

**Concejo Nacional de Energía (CNE)  
República de El Salvador**

**República de El Salvador**

**Proyecto del Plan Maestro para el Desarrollo  
de Energías Renovables**

**Informe Final**

**Marzo 2012**

**Japan International Cooperation Agency**

**Nippon Koei Co., Ltd.  
Japan Metals & Chemicals Co., Ltd.  
KRI International Corp.**

ILD
JR
12-059

**Concejo Nacional de Energía (CNE)  
República de El Salvador**

**República de El Salvador**

**Proyecto del Plan Maestro para el Desarrollo  
de Energías Renovables**

**Informe Final**

**Marzo 2012**

**Japan International Cooperation Agency**

**Nippon Koei Co., Ltd.  
Japan Metals & Chemicals Co., Ltd.  
KRI International Corp.**

Tasa de conversión de divisas

1 US \$ = 80,0 yenes

(Al 22 de febrero de 2012)



Área de estudio (República de El Salvador)

## República de El Salvador

### Proyecto del Plan Maestro para el Desarrollo de Energías Renovables

#### Informe Final

#### Tabla de Contenido

#### Mapa de Ubicación

	Pág.
<b>Capítulo 1 Introducción</b>	
1.1 Antecedentes .....	1-1
1.2 Objetivos del Estudio .....	1-2
1.3 Agencias de Contraparte .....	1-2
1.4 Área de Estudio .....	1-3
1.5 Cronograma de Actividades .....	1-3
1.6 Resultado del Estudio.....	1-3
<b>Capítulo 2 Aspectos Generales del Sector Eléctrico y el papel de las Energías Renovables</b>	
2.1 Aspectos Generales del Sector Eléctrico.....	2-1
2.1.1 Organización y Funciones del Gobierno para el Sector Eléctrico .....	2-1
2.1.2 Sistema de Generación de Energía Eléctrica .....	2-3
2.1.2.1 Organizaciones para el Sector Eléctrico .....	2-3
2.1.2.2 Capacidad Instalada y Generación Eléctrica .....	2-6
2.1.2.3 Subestaciones de Transmisión y Distribución .....	2-10
2.1.3 Tarifa de Electricidad .....	2-14
2.1.4 Índice de Electrificación .....	2-16
2.2 Situación Actual de las Instituciones Gubernamentales del Sector Eléctrico .....	2-16
2.2.1 Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL).....	2-16
2.2.1.1 Actividades desde su creación hasta 1980.....	2-16
2.2.1.2 Actividades desde 1996 hasta la fecha .....	2-18
2.3 Situación Actual de las Empresas Eléctricas Privadas .....	2-18
2.3.1 Empresas Generadoras .....	2-18
2.3.2 Empresa de Transmisión .....	2-19
2.3.3 Empresas de Distribución.....	2-19
2.3.4 Empresas Comercializadoras.....	2-20
2.4 Situación de cooperación por parte de los Donantes.....	2-22
2.5 El Papel de las Energías Renovables en el Sector Eléctrico .....	2-22
2.5.1 En función de la capacidad instalada.....	2-22
2.5.2 En función de la generación de energía eléctrica .....	2-24
2.5.2.1 En función de generación de energía eléctrica anual.....	2-24
2.5.2.2 En función de generación mensual .....	2-25

2.5.2.3	Curva de carga diaria.....	2-29
2.5.2.4	Recursos de Energía Renovables.....	2-31
<b>Capítulo 3 Leyes y Reglamentos y Normas relacionadas con el Sector Eléctrico.</b>		
3.1	Leyes, Reglamentos y Normas Medioambientales .....	3-1
3.1.1	Normativas y Legislaciones.....	3-1
3.1.2	Instituciones relacionadas con el ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales .....	3-5
3.1.2.1	Estructura del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales MARN.....	3-6
3.1.3	Instituciones relacionadas con las Energías Renovables y el Medio Ambiente ....	3-9
3.2	Procedimientos para el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) .....	3-11
3.2.1	Categorización del Proyecto .....	3-11
3.2.2	EsIA y Permiso Ambiental .....	3-12
3.2.3	Conservación del Patrimonio Cultural.....	3-13
3.2.4	Manejo Ambiental en las Energías Renovables .....	3-14
3.2.4.1	Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.....	3-14
3.2.4.2	Eólica / Paneles Solares FV / Solar Térmica .....	3-14
3.2.4.3	Geotérmica .....	3-15
3.2.4.4	Biomasa .....	3-16
3.3	Leyes, Reglamentos y Normas sobre el Uso del Suelo, relacionadas con proyectos de Energías Renovables .....	3-16
3.3.1	Uso del suelo en el Área Metropolitana de San Salvador, AMSS.....	3-16
3.3.2	Áreas Naturales Protegidas.....	3-17
3.3.3	Permiso Ambiental .....	3-19
3.4	Leyes, Reglamentos y Normas que regulan la participación de los Generadores Privados de Energía Eléctrica.....	3-19
3.4.1	Flujograma del Desarrollo de Energía Renovable.....	3-19
3.4.2	Procedimientos Requeridos .....	3-20
3.4.3	Los Incentivos Actuales.....	3-31
<b>Capítulo 4 Proyectos Existentes y en Desarrollo con Energías Renovables</b>		
4.1	Generalidades de las energías renovables .....	4-1
4.1.1	Situación actual .....	4-1
4.1.2	Barreras en la Implementación .....	4-2
4.1.3	Estudios Relacionados y Proyectos Existentes y en Desarrollo .....	4-2
4.1.3.1	UNDP/GEF Proyecto de Electrificación basado en Fuentes de Energías Renovables (Octubre 2002).....	4-2
4.1.3.2	Análisis del Mercado Salvadoreño de Energías Renovables (ARECA/BCIE, 2009).....	4-3
4.1.3.3	Estudio y Propuesta del Marco Regulatorio para Promover la Energía Renovable	

	en El Salvador (Diciembre 2009, Comisión Económica para Latino América y el Caribe (CEPAL)) .....	4-3
4.1.3.4	Guía para desarrollar proyectos de energía renovables en El Salvador, Centro América (Enero 2010 por BCIE y KfW) .....	4-4
4.1.3.5	Consultoría para recolectar información y estudios realizados en cuanto al desarrollo de energía renovable para la validación y estimación de proyectos potenciales de generación eléctrica hasta 20 MW de capacidad en El Salvador (Marzo 2011, CNE/GIZ) .....	4-4
4.1.3.6	Estudio y propuesta del Marco Regulatorio para la promoción de energías renovables en El Salvador (Marzo 2011, CNE/AEA) .....	4-5
4.1.4	Planes de Proyectos Futuros .....	4-5
4.1.5	Enfoque para la Formulación del Plan Maestro .....	4-5
4.2	Pequeñas centrales hidroeléctricas .....	4-6
4.2.1	Situación actual .....	4-7
4.2.2	Barreras en la Implementación .....	4-10
4.2.3	Estudios relacionados, proyectos existentes y en desarrollo .....	4-11
4.2.3.1	Estudio del Potencial Hidroeléctrico A la fecha se han realizado diversos estudios del potencial de energía hidroeléctrica los cuales se detallan a continuación .....	4-11
4.2.3.2	Estudios y proyectos en desarrollo .....	4-12
4.2.4	Plan de Desarrollo a Futuro .....	4-28
4.3	Energía eólica .....	4-33
4.3.1	Situación actual .....	4-33
4.3.2	Barreras en la Implementación .....	4-36
4.3.2.1	Reglamento/Directriz técnica .....	4-36
4.3.2.2	Ingenieros .....	4-37
4.3.2.3	Costos de operación y mantenimiento .....	4-38
4.3.3	Estudios relacionados, proyectos existentes y en desarrollo .....	4-38
4.3.3.1	Mapa eólico nacional .....	4-38
4.3.3.2	Estudio de factibilidad .....	4-39
4.3.4	Plan de desarrollo a futuro .....	4-39
4.4	Energía solar Fotovoltaica .....	4-40
4.4.1	Situación actual .....	4-40
4.4.2	Barreras en la Implementación .....	4-45
4.4.2.1	Costo del sistema fotovoltaico .....	4-45
4.4.2.2	Directriz técnica .....	4-46
4.4.2.3	Ingenieros .....	4-46
4.4.3	Estudios relacionados y proyectos existentes y en desarrollo .....	4-46
4.4.3.1	CEL .....	4-46
4.4.3.2	SWERA .....	4-46
4.4.3.3	Electrificación rural .....	4-47

4.4.3.4	USTDA, Agencia para el Desarrollo y el Comercio de los E.E.U.U.....	4-47
4.4.4	Plan de Desarrollo Futuro.....	4-47
4.5	Energía Solar térmica.....	4-48
4.5.1	Situación actual .....	4-48
4.5.2	Barreras en la Implementación.....	4-50
4.5.3	Estudios relacionados y proyectos existentes y en desarrollo .....	4-51
4.5.4	Plan de Desarrollo Futuro.....	4-51
4.6	Energía Geotérmica.....	4-52
4.6.1	Situación actual .....	4-52
4.6.1.1	Antecedentes y situación actual de la generación eléctrica por energía geotérmica en El Salvador.....	4-52
4.6.1.2	Recursos geotérmicos de El Salvador.....	4-56
4.6.2	Barreras en la Implementación .....	4-63
4.6.3	Estudios Relacionados y Proyectos Existentes y en Desarrollo .....	4-64
4.7	Biomasa.....	4-70
4.7.1	Situación actual .....	4-70
4.7.1.1	Caña de azúcar.....	4-71
4.7.1.2	Café.....	4-76
4.7.1.3	Arroz.....	4-79
4.7.2	Barreras en la Implementación .....	4-82
4.7.2.1	Biomasa forestal .....	4-82
4.7.2.2	Residuos agrícolas .....	4-82
4.7.2.3	Tecnología .....	4-82
4.7.3	Estudios relacionados y proyectos existentes y en desarrollo .....	4-82
4.7.4	Planes de proyectos futuros .....	4-83
4.8	Biogás.....	4-84
4.8.1	Situación Actual .....	4-84
4.8.1.1	Biogás de rellenos sanitarios.....	4-84
4.8.1.2	Desechos de animales .....	4-90
4.8.1.3	Desechos Industriales.....	4-100
4.8.1.4	Aguas Residuales .....	4-102
4.8.2	Barreras para la introducción.....	4-104
4.8.3	Estudios relacionados y proyectos existentes y en funcionamiento .....	4-105
4.8.4	Planes de desarrollo futuros.....	4-105

## Capítulo 5 Revisión del Pronóstico de la Oferta y Demanda de Energía Eléctrica

5.1	Revisión del Pronóstico de la Oferta y Demanda de Energía Eléctrica elaborado por el Gobierno.....	5-1
5.1.1	Pronóstico de la Demanda de Energía.....	5-1
5.1.2	Plan de Expansión de la Generación .....	5-4



5.1.2.1	Condiciones aplicadas en el Plan de Expansión de la Generación .....	5-4
5.1.2.2	Plan de Expansión de la Generación para el Escenario de Referencia .....	5-5
5.1.2.3	Otros escenarios para el Plan de Expansión de la Generación .....	5-9
5.1.2.4	Plan de Adquisición de Energía a 350 MW.....	5-10
5.2	Evaluación preliminar para determinar cuántos proyectos en Energías Renovables pueden introducirse en la matriz energética .....	5-11
5.3	Consistencia entre los Planes de Proyectos de Desarrollo de Electricidad y la Introducción de las Energías Renovables.....	5-11
<b>Capítulo 6</b>	<b>Revisión de las Leyes, Reglamentos y Normas de las Redes de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica relacionadas con las Energías Renovables</b>	
6.1	Líneas Generales de las Leyes, Reglamentos y Normas de las Redes de Transmisión y Distribución.....	6-1
6.1.1	Ley General de Electricidad (Decreto Legislativo No. 843, 1996) .....	6-2
6.1.2	Reglamento de la LGE (Decreto Ejecutivo No. 70, 1997).....	6-3
6.1.3	Norma Técnica de Interconexión Eléctrica y Acceso de Usuarios Finales a la Red de Transmisión (Acuerdo SIGET No. 30-E-2011, Enero 2011) .....	6-3
6.1.4	Reglamento de Operación del Sistema de Transmisión y del Mercado Mayorista basado en Costos de Producción (Acuerdo SIGET No. 335-E-2011, Julio 2011) .....	6-4
6.1.5	Normas de Calidad del Servicio de los Sistemas de Distribución (Acuerdo SIGET No. 192-E-2004, Diciembre 2004).....	6-5
6.1.6	Código Eléctrico Nacional de los Estados Unidos de América (NEC, en inglés), edición en español del 2008 (NFPA, 2008).....	6-5
6.1.7	Normativa de Construcción para Redes de 46 kV, 23 kV, 13.2 kV, 4.16 kV y 120/240 V (Acuerdo SIGET No. 66-E-2001, Marzo 2001) .....	6-5
6.2	Problemas en las Leyes, Reglamentos y Normas Actuales de las Redes de Transmisión y Distribución Eléctricas al conectar proyectos de Energía Renovable en las redes.....	6-6
6.2.1	Problemas al conectar pequeñas centrales hidroeléctricas .....	6-6
6.2.1.1	Permisos para la conexión a las redes eléctricas .....	6-6
6.2.1.2	Operación normal .....	6-6
6.2.1.3	Operación anormal .....	6-7
6.2.1.4	Calidad de la Energía.....	6-8
6.2.1.5	Otros problemas.....	6-8
6.2.2	Problemas al conectar fuentes de energía inestables como solar FV y eólica.....	6-9
6.2.2.1	Permisos para la conexión a las redes eléctricas .....	6-9
6.2.2.2	Operación normal .....	6-9
6.2.2.3	Operación anormal .....	6-10
6.2.2.4	Calidad de la Energía.....	6-11
6.2.2.5	Problemas adicionales .....	6-12
6.2.3	Problemas al conectar otras fuentes de energía (geotérmica, biomasa, etc.).....	6-12

6.2.3.1	Permisos para la conexión a las redes eléctricas .....	6-12
6.2.3.2	Operación normal .....	6-12
6.2.3.3	Operación anormal .....	6-13
6.2.3.4	Calidad de la Energía.....	6-13
6.2.3.5	Otros problemas.....	6-14
6.3	Delimitación de Funciones y Áreas de la Generación, Transmisión y Distribución.....	6-15
6.3.1	Generador conectado a la Red de Transmisión .....	6-16
6.3.2	Generador conectado a las Redes de Distribución .....	6-17
6.4	Pérdidas de Transmisión y Distribución .....	6-18
6.4.1	Situación Actual .....	6-18
6.4.1.1	Pérdidas de Transmisión .....	6-18
6.4.1.2	Pérdidas de Distribución .....	6-20
6.4.2	Medidas para Reducir las Pérdidas de Transmisión y Distribución .....	6-21
6.4.2.1	Pérdidas de transmisión .....	6-22
6.4.2.2	Pérdidas de Distribución .....	6-22
6.5	Recomendaciones sobre como promover la introducción de las energías renovables ..	6-23
6.5.1	Recomendaciones relacionadas a las Redes de Transmisión.....	6-23
6.5.2	Recomendaciones relacionadas a las Redes de Distribución.....	6-24
6.5.3	Recomendaciones relacionadas con la Interconexión a las Redes de Transmisión y Distribución .....	6-25

## Capítulo 7 Examen del uso de Energía Renovable en El Salvador

7.1	Preparación del Mapa con el Potencial Eólico en todo el país.....	7-1
7.1.1	Especificaciones técnicas del Mapa del Potencial Eólico .....	7-1
7.1.1.1	Alcance del trabajo .....	7-1
7.1.1.2	Fecha de entrega asignada .....	7-2
7.1.1.3	Programación.....	7-3
7.1.2	Preparación del Mapa con el Potencial Eólico .....	7-3
7.1.2.1	Modelo de Simulación del tiempo para evaluar el potencial eólico .....	7-4
7.1.2.2	Mapa del Potencial Eólico.....	7-7
7.1.3	Análisis de Resultados.....	7-11
7.1.3.1	Potencial Eólico.....	7-11
7.1.3.2	Sitios con Potencial Eólico.....	7-11
7.1.3.3	Comparación de Datos Monitoreados .....	7-14
7.1.4	Recomendaciones .....	7-14
7.2	Preparación de la Guía para la Promoción de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (menores de 20 MW).....	7-15
7.2.1	Lineamientos Generales de la Guía .....	7-15
7.2.2	Escenario de Referencia para las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas en el Plan Indicativo .....	7-15

7.2.3	Guía para la Promoción de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas .....	7-17
7.2.3.1	Consideraciones básicas sobre los Aspectos Técnicos .....	7-17
7.2.3.2	Procedimientos relacionados a los aspectos regulatorios .....	7-28
7.2.3.3	Contenido preliminar de la Guía de Promoción .....	7-28
7.3	Análisis de los Sistemas Fotovoltaicos montados en techo en aéreas urbanas .....	7-31
7.3.1	Situación Actual y Perspectivas Futuras.....	7-31
7.3.1.1	Potencial .....	7-31
7.3.1.2	Estimación del precio e instalación de un sistema FV .....	7-34
7.3.2	Tendencias del costo FV.....	7-34
7.3.2.1	Tendencias del costo en el pasado.....	7-35
7.3.2.2	Tendencias Futuras esperadas en el costo de los sistemas FV .....	7-36
7.3.3	Problemas y contramedidas para los Aspectos Técnicos.....	7-39
7.3.3.1	Problemas y contramedidas para mantener la calidad de la energía.....	7-39
7.3.3.2	Problemas y Contramedidas para la instalación .....	7-40
7.3.4	Temas previstos para la futura introducción.....	7-42
7.3.4.1	Problemas y contramedidas de aspectos Institucionales.....	7-43
7.3.4.2	Desarrollo del Recurso Humano.....	7-44
7.3.4.3	Acumulación de datos y experiencia operativa. ....	7-47
7.3.5	Mapa de ruta para la introducción .....	7-47

## Capítulo 8 Enfoques para Examinar la Posibilidad de Implementación de las Energías Renovables

8.1	Aspectos Técnicos.....	8-1
8.1.1	Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.....	8-3
8.1.2	Energía Eólica .....	8-3
8.1.3	Energía Solar Fotovoltaica .....	8-4
8.1.4	Energía Solar Térmica.....	8-4
8.1.5	Energía Geotérmica .....	8-5
8.1.6	Energía de la Biomasa .....	8-5
8.1.7	Energía del Biogás.....	8-6
8.2	Análisis Económico y Financiero.....	8-7
8.2.1	Flujograma de Estudio.....	8-8
8.2.2	Propósito del Análisis.....	8-8
8.2.3	Precondiciones de Análisis .....	8-8
8.2.3.1	Política de Promoción Energética.....	8-8
8.2.3.2	Precondiciones del Análisis.....	8-8
8.2.3.3	Índice de Rentabilidad .....	8-9
8.2.3.4	Precondiciones del Flujo de Caja para el Desarrollo de Proyectos .....	8-9
8.2.3.5	Supuestos en los ingresos del proyecto .....	8-10
8.2.3.6	Estimación de Costos de Desarrollo.....	8-12

8.2.3.7	Premisas para el Caso de Estudio .....	8-14
8.2.4	Evaluación de la rentabilidad del proyecto.....	8-16
8.2.4.1	Flujo de Caja por Caso .....	8-16
8.2.4.2	Evaluación de la Comercialización .....	8-20
8.2.5	Factores que Incremento el Costo .....	8-20
8.3	Aspectos Ambientales .....	8-22
8.3.1	Identificación de barreras para promover Energía Renovables .....	8-22
8.3.2	Impactos Esperados en el entorno Socio-ambiental debido a la implementación de Energías Renovables (alcance).....	8-23
8.3.3	Prioridades para las Energías Renovables dentro del marco de las Consideraciones Ambientales y Sociales.....	8-36
<b>Capítulo 9 Propuestas para la Promoción del use de las Energías Renovables</b>		
9.1	Propuestas para el desarrollo de las energías renovables .....	9-1
9.2	Apoyos gubernamentales e incentivos para los desarrolladores de proyectos de energía eléctrica que utilizan recursos renovables .....	9-4
<b>Capítulo 10 El Plan Maestro de Energías Renovables</b>		
10.1	Definición del Plan Maestro.....	10-1
10.1.1	Fuentes de energías analizadas .....	10-1
10.2	El Plan Indicativo del Desarrollo .....	10-1
10.3	El Plan Maestro por Fuentes de Energía .....	10-4
10.3.1	Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.....	10-5
10.3.1.1	Programa de trabajo para la formulación del Plan Maestro de pequeñas centrales hidroeléctricas.....	10-7
10.3.1.2	Revisión del estudios previos de pequeñas centrales hidroeléctricas .....	10-9
10.3.1.3	Hallazgo y evaluación de nuevos sitios potenciales .....	10-9
10.3.1.4	Evaluación técnica de sitios potenciales.....	10-9
10.3.1.5	Estimación de costo de sitios potenciales .....	10-18
10.3.1.6	Evaluación financiera de los sitios potenciales .....	10-21
10.3.1.7	Optimización del caudal de diseño para sitios potenciales.....	10-23
10.3.1.8	Sitios potenciales para pequeñas centrales hidroeléctricas.....	10-24
10.3.1.9	Plan maestro para pequeñas centrales hidroeléctricas .....	10-28
10.3.1.10	Recomendaciones para llevar a cabo el Plan Maestro .....	10-36
10.3.2	Energía Eólica .....	10-40
10.3.2.1	Selección de Sitios Potenciales.....	10-40
10.3.2.2	Capacidad máxima de energía admisible para inter conexión co la red.....	10-40
10.3.2.3	Consideración de Aspectos Técnicos .....	10-42
10.3.2.4	Plan Maestro .....	10-68
10.3.2.5	Recomendaciones para llevar a cabo el Plan Maestro .....	10-68

10.3.3	Energía Solar Fotovoltaica .....	10-70
10.3.3.1	Selección de Sitios Potenciales.....	10-70
10.3.3.2	Capacidad Admisible para conectarse en la Red de electricidad.....	10-70
10.3.3.3	Consideración de Aspectos Técnicos .....	10-70
10.3.3.4	Plan Maestro .....	10-90
10.3.4	Energía Solar Térmica .....	10-91
10.3.4.1	Potencial Solar Térmico .....	10-92
10.3.4.2	Estado Actual y Prospectiva Futura.....	10-94
10.3.4.3	Plan Maestro .....	10-106
10.3.5	Geotermia .....	10-107
10.3.6	Biomasa .....	10-110
10.3.6.1	Gasificación de Biomasa .....	10-110
10.3.6.2	Sistema de Generación Micro-binario .....	10-119
10.3.6.3	Consideraciones para la Introducción de Tecnología de la Biomasa .....	10-122
10.3.7	Biogás .....	10-123
10.3.7.1	Desechos Animales.....	10-123
10.3.7.2	Aguas Residuales.....	10-131
10.3.7.3	Energía de los Desechos Solidos .....	10-138
10.3.7.4	Consideraciones para la introducción de la Tecnología de Biogás .....	10-142
<b>Apéndice – A</b>	<b>Evaluación de la capacidad de generación distribuida</b>	
<b>Apéndice – B</b>	<b>Procedimiento de cálculo de pérdidas eléctricas para generadores conectados en sistemas de distribución</b>	
<b>Apéndice – E</b>	<b>Análisis Económico y Financiero</b>	
<b>Apéndice – S</b>	<b>Pequeñas Centrales Hidroeléctricas</b>	

### Lista de Tablas

Tabla 1.6.1	Informes a ser preparados .....	1-4
Tabla 2.1.1	Misión y Tareas del Sector Eléctrico Relacionadas a los Ministerios y Departamentos.....	2-2
Tabla 2.1.2	Función del gobierno y el sector privado en el mercado mayorista.....	2-4
Tabla 2.1.5	Información de Costos de Líneas de Transmisión en El Salvador.....	2-12
Tabla 2.1.6	Información de Costos de Líneas de Distribución .....	2-13
Tabla 2.1.7	Información de Costos de Transformadores de Potencia.....	2-13
Tabla 2.1.8	Ejemplo de tarifa eléctrica de cada Distribuidor .....	2-15
Tabla 2.3.1	Número de Clientes y la Participación en Ventas de las Empresas de Distribución .....	2-20
Tabla 2.3.2	Comercialización de Energía de Empresas de Marketing (comercializadoras).....	2-20
Tabla 2.5.1	Tipo de Recursos, capacidad instalada y capacidad efectiva de centrales eléctricas en El Salvador .....	2-23
Tabla 2.5.2	Generación de energía eléctrica anual por tipo de fuente de energía 2006 - 2010.	2-25
Tabla 2.5.3	Generación de Energía Eléctrica Mensual en 2009 (GWh) .....	2-26
Tabla 2.5.4	Generación de Energía Eléctrica Mensual en 2010 (GWh) .....	2-26
Tabla 3.1.1a	Normativa y Legislación relacionada a la Gestión ambiental.....	3-1
Tabla 3.1.1b	Normativa y Legislación relacionada a la Gestión ambiental.....	3-2
Tabla 3.1.1c	Normativa y Legislación relacionada a la Gestión ambiental.....	3-3
Tabla 3.1.1d	Normativa y Legislación relacionada a la Gestión ambiental.....	3-4
Tabla 3.1.1e	Normativa y Legislación relacionada a la Gestión ambiental.....	3-4
Tabla 3.1.1f	Normativa y Legislación relacionada a la Gestión ambiental.....	3-5
Tabla 3.1.2	Instituciones que guardan relación con el MARN para el desarrollo de las energías renovables .....	3-6
Tabla 3.2.1	Pasos y tiempo estimados para Obtener Permiso Ambiental .....	3-13
Tabla 3.2.3	Pasos para obtener la Licencia de Obras de la Secretaría de Cultura.....	3-14
Tabla 4.1.1	Capacidad instalada en cada central eléctrica fuente de energía renovable .....	4-1
Tabla 4.2.1	Centrales hidroeléctricas existentes (2011).....	4-8
Tabla 4.2.2	Sitios con potencial hidroeléctrico de acuerdo al estudio de CEL (1988) .....	4-11
Tabla 4.2.3	Sitios con potencial hidroeléctrico de acuerdo al estudio de CEL-UCA (1989)....	4-12
Tabla 4.2.4	Estudios de pequeñas centrales hidroeléctricas financiados por AEA.....	4-15
Tabla 4.2.5	Centrales hidroeléctricas de CECSA.....	4-21
Tabla 4.2.6	Proyecto de reconversión para PCH existentes de CECSA .....	4-24
Tabla 4.2.7	Estudios de centrales hidroeléctricas de CECSA .....	4-25
Tabla 4.2.8	Estado del proyecto de energía hidroeléctrica de SABES .....	4-27
Tabla 4.2.9	Proyectos de energía hidroeléctrica menores de 5 MW descalificados por SABES .....	4-27
Tabla 4.2.10	Lista de proyectos medianos y grandes con potencial hidroeléctrico	

	mayor o igual a 20 MW .....	4-29
Tabla 4.2.11	Lista de proyectos pequeños con potencial hidroeléctrico menor de 20 MW (1/2)	4-30
Tabla 4.2.11	Lista de proyectos pequeños con potencial hidroeléctrico menor de 20 MW (2/2)	4-31
Tabla 4.2.12	Resumen del potencial hidroeléctrico en El Salvador.....	4-33
Tabla 4.3.1	Sitios de monitoreo del viento por el proyecto finlandés.....	4-35
Tabla 4.3.2	Resumen del monitoreo de viento.....	4-35
Tabla 4.3.3	Producción de energía anual estimada .....	4-36
Tabla 4.3.4	Parques eólicos candidatos de CEL .....	4-39
Tabla 4.3.5	Velocidad promedio mensual del viento sobre el nivel del suelo (m/s).....	4-39
Tabla 4.4.1	Sistemas fotovoltaicos en El Salvador .....	4-43
Tabla 4.4.2	Precio de sistemas FV solares conectados a la red eléctrica (USD por W) .....	4-46
Tabla 4.4.3	Plan de Desarrollo futuro de CEL en sistemas solares FV.....	4-47
Tabla 4.6.1	Listado de 28 áreas de aguas termales y 7 áreas de fumarolas de El Salvador (Campos, 1988).....	4-59
Tabla 4.6.2	Inventario de recursos geotérmicos de alta entalpía en El Salvador (Campos, 1988).....	4-60
Tabla 4.6.3	Inventario de recursos geotérmicos de moderada-baja entalpía en El Salvador (Campos, 1988).....	4-62
Tabla 4.6.4	Relación de la capacidad instalada con respecto al potencial geotérmico a nivel mundial.....	4-63
Tabla 4.6.5	Plan de proyectos nuevos, expansión y modificación de LaGeo .....	4-65
Tabla 4.6.6	Potencial de los recursos explotables de 12 campos de exploración de alta entalpía en El Salvador .....	4-67
Tabla 4.6.7	Plan de desarrollo de generación eléctrica con recursos geotérmicos (Nuevos proyectos, Expansión, Modificación, etc.) de LaGeo en El Salvador (Campos, 1988).....	4-68
Tabla 4.7.1	Producción agrícola en El Salvador .....	4-70
Tabla 4.7.2	Análisis químico del combustible sólido .....	4-71
Tabla 4.7.3	Producción de caña de azúcar por departamento (2009-2010) .....	4-72
Tabla 4.7.4	Lista de ingenios azucareros .....	4-74
Tabla 4.7.5	Capacidad instalada generada por la biomasa proveniente del bagazo de caña de azúcar en El Salvador .....	4-75
Tabla 4.7.6	Producción de energía, autoconsumo y energía vendida por los ingenios azucareros en el 2010.....	4-75
Tabla 4.7.7	Producción de café y Potencial de Generación Eléctrica en cada departamento (2010/2011).....	4-78
Tabla 4.7.8	Producción de arroz y potencial de Generación Eléctrica por departamento (2009/2010).....	4-80
Tabla 4.7.9	Planes de proyectos futuros.....	4-83
Tabla 4.8.1	Rellenos sanitarios en El Salvador .....	4-85
Tabla 4.8.2	Peso de los desechos sólidos por día.....	4-85

Tabla 4.8.3	Resumen de la Información de la Central Eléctrica de Nejapa .....	4-87
Tabla 4.8.4	Potenciales de Generación Eléctrica en Rellenos Sanitarios (Excluyendo Nejapa)	4-90
Tabla 4.8.5	Cabezas de Animales .....	4-93
Tabla 4.8.6	Número de ganado en El Salvador .....	4-94
Tabla 4.8.7	Potencial de Generación Eléctrico a partir del Ganado.....	4-95
Tabla 4.8.8	Número de cerdos en El Salvador .....	4-96
Tabla 4.8.9	Generación Estimada de Electricidad y Potencial de Generación por Cerdos .....	4-97
Tabla 4.8.10	Numero de Aves de corral en El Salvador .....	4-99
Tabla 4.8.11	Estimación de Generación Eléctrica y Potencial de Potencia del estiércol de Aves de corral .....	4-100
Tabla 4.8.12	Desechos del Beneficio de Café.....	4-101
Tabla 4.8.13	Parámetros del ICA y el Peso.....	4-102
Tabla 4.8.14	Rango del ICA .....	4-103
Tabla 4.8.15	Plantas de Tratamiento del Agua (Más de 10,000 Beneficiarios) .....	4-104
Tabla 4.8.16	Plan a Futuro de la Estación Generadora de Biogás de Nejapa .....	4-105
Tabla 5.1.1	Proyectos de Generación de Energías Renovables a Corto y Mediano Plazo.....	5-4
Tabla 5.1.2	Proyectos Candidatos de Energía Térmica para satisfacer el incremento de Demanda.....	5-5
Tabla 5.1.3	Plan Indicativo de Desarrollo de Energía (Escenario de Referencia) .....	5-5
Tabla 5.1.4	Lista de Escenarios del Plan de Expansión de la Generación y los Costos Marginales de la Operación.....	5-9
Tabla 5.1.5	Plan de Desarrollo para el Escenario de Energías Renovables .....	5-10
Tabla 6.1.1	Leyes, reglamentos y normas relacionadas a las redes eléctricas de transmisión y distribución .....	6-2
Tabla 6.5.1	Problemas y Recomendaciones para Promover la Introducción de Energías Renovables relacionado con Norma Técnica de Interconexión de la SIGET.....	6-25
Tabla 7.1.1	Programación de los trabajos .....	7-3
Tabla 7.1.2	Área de Cálculo (Modelo WRF) .....	7-6
Tabla 7.1.3	Cálculo del Área (Modelo MASCON).....	7-7
Tabla 7.1.4	Clasificación de las definiciones estándar de energía eólica.....	7-7
Tabla 7.1.5	Datos eólicos de los sitios (velocidad y potencial del viento).....	7-13
Tabla 7.1.6	Datos del potencial en los sitios (Weibull (c, k)) .....	7-13
Tabla 7.1.7	Cálculo y Monitoreo de datos .....	7-14
Tabla 7.2.1	Planes de expansión energética del CNE .....	7-16
Tabla 7.2.2	Fórmula de estimación aproximada del costo de construcción de una PCH.....	7-18
Tabla 7.2.3a	Duración del caudal específico por departamento (1/2).....	7-21
Tabla 7.2.3b	Duración del caudal específico por departamento (2/2).....	7-22
Tabla 7.2.4	Estaciones Hidrológicas y Período Observado por el SNET .....	7-25
Tabla 7.3.1	Producción mensual de energía estimada en San Salvador (2 kW) .....	7-32



Tabla 7.3.2	Sistemas fotovoltaicos conectados en la red de El Salvador.....	7-34
Tabla 7.3.3	Mapa de ruta para la tecnología fotovoltaica (NEDO).....	7-36
Tabla 7.3.4	Meta en el costo de producción de la industria fotovoltaica japonesa .....	7-38
Tabla 7.3.5	Plan Maestro para Módulos FV (Montados en techo) .....	7-38
Tabla 7.3.6	Lista de verificación para sistemas FV montados en techo.....	7-40
Tabla 7.3.7	Clasificación de las sombras .....	7-42
Tabla 7.3.8	Situación Actual de las Universidades en El Salvador.....	7-44
Tabla 7.3.9	Situación actual de empresas privadas en el negocio de sistemas FV (Nov. 2011) .....	7-46
Tabla 8.2.1	Escala de Desarrollo por Tipo de Energía.....	8-9
Tabla 8.2.2	Índice de Rentabilidad.....	8-9
Tabla 8.2.3	Precondiciones para las Estimaciones de Rentabilidad.....	8-10
Tabla 8.2.4	Factor de Planta por Tipo de Energía.....	8-11
Tabla 8.2.5	Costos de Desarrollo por Tipo de Energía .....	8-12
Tabla 8.2.6	Costos de Operación y Mantenimiento (O/M).....	8-13
Tabla 8.2.7	Premisas para la simulación ingresos y egresos.....	8-15
Tabla 8.2.8	Resultados de la Evaluación por Caso de Estudio .....	8-19
Tabla 8.3.1	Alcance para los proyectos de Energía Renovable <PCH> .....	8-24
Tabla 8.3.2	Alcance para los proyectos de Energía Renovable <EÓLICA> .....	8-26
Tabla 8.3.3	Alcance para los proyectos de Energía Renovable <SOLAR FV>.....	8-28
Tabla 8.3.4	Alcance para los proyectos de Energía Renovable <SOLAR TÉRMICA>.....	8-30
Tabla 8.3.5	Alcance para los proyectos de Energía Renovable <GEOTÉRMICA>.....	8-32
Tabla 8.3.6	Alcance para los proyectos de Energía Renovable <BIOMASA>.....	8-34
Tabla 9.1.1	Propuestas sobre el rumbo del desarrollo de energías renovables basado en los resultados del estudio .....	9-1
Tabla 10.2.1	Plan Indicativo de Desarrollo (2012 a 2026) .....	10-2
Tabla 10.3.1.1	Resumen de plan maestro de desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas.....	10-6
Tabla 10.3.1.2	Selección asumida del tipo de turbina.....	10-15
Tabla 10.3.1.3	Resumen de sitios potenciales para pequeñas centrales hidroeléctricas con una relación B/C $\geq$ 1.0.....	10-28
Tabla 10.3.1.4	Criterios de selección .....	10-29
Tabla 10.3.1.5	Resumen de plan maestro de desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas.....	10-30
Tabla 10.3.1.6	Sitios potenciales seleccionados para pequeñas centrales hidroeléctricas para el Plan Maestro (1/2).....	10-34
Tabla 10.3.1.6	Sitios potenciales seleccionados para pequeñas centrales hidroeléctricas para el Plan Maestro (2/2).....	10-35
Tabla 10.3.2.1	Parámetros Básicos .....	10-48
Tabla 10.3.2.2	Exponente de Corte de Viento .....	10-50
Tabla 10.3.2.3	Listado de datos de viento para su evaluación .....	10-52
Tabla 10.3.2.4	Lista de requisitos a considerar con anticipación.....	10-56

Tabla 10.3.2.5	Producción Estimada de la Energía Producida .....	10-59
Tabla 10.3.2.6	Vehículos de servicio pesado para la instalación eólica.....	10-62
Tabla 10.3.2.7	Calendarización.....	10-64
Tabla 10.3.2.8	Operación y Mantenimiento.....	10-65
Tabla 10.3.2.9	Inspección Periódica .....	10-67
Tabla 10.3.2.10	Tabla del Parques Eólicos en Costa Rica .....	10-68
Tabla 10.3.2.11	Plan Maestro de desarrollo para la Energía Eólica.....	10-68
Tabla 10.3.3.1	Datos de irradiación solar en El Salvador (kWh/m <sup>2</sup> /día) .....	10-72
Tabla 10.3.3.2	Velocidad máxima instantánea del viento.....	10-76
Tabla 10.3.3.3	Lista del equipo necesario.....	10-77
Tabla 10.3.3.4	Lista de señales del sistema FV .....	10-84
Tabla 10.3.3.5	Inspección Diaria .....	10-86
Tabla 10.3.3.6	Servicio Periódico .....	10-87
Tabla 10.3.3.7	Funciones en la Operación y Administración de datos .....	10-88
Tabla 10.3.3.8	Ejemplo de la calendarización del trabajo.....	10-89
Tabla 10.3.3.9	Plan Maestro para la tecnología Fotovoltaica .....	10-90
Tabla 10.3.4.1	Alternativas de instalación para una planta solar térmica. (LaGeo).....	10-96
Tabla 10.3.4.2	DNI monitoreado (INE).....	10-99
Tabla 10.3.4.3	Especificaciones del colector solar Eurotrough-100.....	10-103
Tabla 10.3.4.4	Energía Solar Térmica.....	10-106
Tabla 10.3.5.1	Plan de nuevos Desarrollos, ampliación y modificación de LaGeo.....	10-107
Tabla 10.3.5.2	Programa general de desarrollo y costo estimado para un proyecto de energía geotérmica de 30MW (elaborado por LaGeo en El Salvador).....	10-109
Tabla 10.3.6.1	Información Resumida de la serie BioMax.....	10-118
Tabla 10.3.6.2	Especificaciones del Micro binario.....	10-120
Tabla 10.3.7.1	Componentes típicos del Biogás .....	10-124
Tabla 10.3.7.2	Lista de Precios de biogás: Grameen Shakti .....	10-128
Tabla 10.3.7.3	Costo Inicial de construcción en Miravalle.....	10-130
Tabla 10.3.7.4	Costo mensual de Operación.....	10-131
Tabla 10.3.7.5	Costo de Mantenimiento Mensual .....	10-131
Tabla 10.3.7.6	Rendimiento Normal de un motor CAT 352.....	10-135
Tabla 10.3.7.7	Cantidad producida de biogás .....	10-135
Tabla 10.3.7.8	Energía disponible y capacidad instalada.....	10-136
Tabla 10.3.7.9	Información resumida producción de biogás en las cervecerías de Chile .....	10-136
Tabla 10.3.7.10	Costo de inversión para cogenerar (4 MW) en una industria cervecera.....	10-137
Tabla 10.7.3.11	Cronograma preliminar .....	10-140

## Lista de Figuras

Figura 1.1.1	Generación de Energía por Tipo de Recurso (2010).....	1-1
Figura 1.1.2	Evolución Anual de la Capacidad Instalada por Tipo de Recurso .....	1-1
Figura 1.5.1	Cronograma General del Estudio .....	1-3
Figura 2.1.1	Organigrama del Órgano Ejecutivo de El Salvador .....	2-1
Figura 2.1.2	Función del gobierno y el sector privado en el mercado mayorista .....	2-5
Figura 2.1.3	Capacidad Instalada y Generación de Energía Anual (2010).....	2-7
Figure 2.1.4	Ubicación de las Centrales en El Salvador y su Capacidad Instalada.....	2-8
Figura 2.1.5	Ubicación de las Centrales y Diagrama Unifilar de las Líneas de Transmisión ....	2-10
Figura 2.2.1	Central Hidroeléctrica 5 de Noviembre .....	2-17
Figura 2.3.1	Áreas de Servicio, Número de Clientes y la Participación en Ventas (%) de las Empresas de Distribución .....	2-21
Figura 2.5.1	Evolución Anual de la Capacidad Instalada por Tipo de Recurso .....	2-24
Figura 2.5.2	Generación de energía eléctrica anual por tipo de recurso de energía 2006 - 2010 .....	2-25
Figure 2.5.3	Generación de Energía Eléctrica Mensual (2009).....	2-27
Figura 2.5.4	Generación de Energía Eléctrica Mensual (2010).....	2-28
Figura 2.5.5	Curvas de Carga Diaria por Tipo de Fuente.....	2-30
Figura 3.1.1	La Estructura Organizativa del MARN.....	3-7
Figura 3.1.2	Estructura Organizativa de la Unidad Ambiental de LaGeo.....	3-9
Figura 3.1.3	Estructura Organizativa de la Unidad Ambiental de CEL .....	3-10
Figura 3.2.1	Categorización de proyectos según el nivel con Potencial Impacto Ambiental.....	3-12
Figura 3.3.1	Ubicación de Áreas Protegidas .....	3-18
Figura 3.4.1	Flujo grama para la implementación del proyecto .....	3-19
Figura 3.4.2	Flujograma del registro de productores de energía en el Mercado eléctrico.....	3-21
Figura 3.4.3	Procesos para obtener el permiso ambiental .....	3-23
Figura 3.4.4	Proceso para obtener permiso para la realización de estudios de recursos geotérmicos o hidroeléctricos .....	3-24
Figura 3.4.5	Procedimientos para obtener concesión para proyectos mayores de 5 MW .....	3-26
Figura 3.4.6	Procesos para la obtención de concesión para proyectos con capacidad igual o menor a 5 MW .....	3-28
Figura 3.4.7	Procedimientos para el registro en la participación del mercado mayorista .....	3-30
Figura 4.2.1	Ubicación de las centrales hidroeléctricas existentes.....	4-9
Figura 4.2.2	Estudios de pequeñas centrales hidroeléctricas realizados con fondos de AEA ....	4-16
Figura 4.2.3	Sitios de estudio para pequeñas centrales hidroeléctricas (<10 MW) por CEL-ACCIONA (2011) .....	4-19
Figura 4.2.4	Proyectos de energía hidroeléctrica planificados por CEL (>20 MW).....	4-20
Figura 4.2.5	Estado de las centrales hidroeléctricas de CECSA (2011).....	4-22
Figura 4.2.6	Plan de expansión para la producción de energía de CECSA .....	4-26

Figura 4.2.7	Centrales hidroeléctricas existentes y sitios con potencial hidroeléctrico.....	4-32
Figura 4.3.1	Mapa del potencial de energía eólica (SWERA) .....	4-34
Figura 4.3.2	Velocidad del viento (en Metapán) y factor de capacidad (15 de Septiembre, energía hidroeléctrica) .....	4-40
Figura 4.4.1	Mapa de irradiación solar en El Salvador .....	4-41
Figura 4.4.2	Irradiación solar mensual en San Salvador .....	4-42
Figura 4.4.3	Sistemas solares fotovoltaicos instalados en El Salvador .....	4-44
Figura 4.4.4	Sistema fotovoltaico instalado en el campamento base de EE. UU. (91 kW).....	4-45
Figura 4.5.1	Concepto del sistema híbrido solar térmico y geotérmico .....	4-48
Figura 4.5.2	Colectores cilíndrico parabólicos .....	4-49
Figura 4.5.3	Sistemas térmicos solares (izquierda: torre solar, derecha: platos parabólicos) ....	4-50
Figura 4.5.4	Costo proyectado de electricidad para los sistemas CSP .....	4-51
Figura 4.6.1	Mapa de Ubicación de las Centrales Geotérmicas en El Salvador.....	4-53
Figura 4.6.2	Evolución de la Capacidad Instalada de las Centrales Geotérmicas en El Salvador .....	4-54
Figura 4.6.3	Evolución de la Generación Eléctrica de las Centrales Geotérmicas en El Salvador .....	4-55
Figura 4.6.4	Cinturones Geotérmicos Norte y Sur en El Salvador.....	4-57
Figura 4.6.5	Ubicación de 28 áreas de aguas termales y 7 áreas de fumarolas de El Salvador..	4-58
Figura 4.6.6	Ubicación de 12 áreas con recursos geotérmicos de alta entalpía en El Salvador .	4-61
Figura 4.7.1	Producción de caña de azúcar por departamento .....	4-73
Figura 4.7.2	Ingenio azucarero (La Cabaña) .....	4-74
Figura 4.7.3	Generador de turbina a vapor .....	4-76
Figura 4.7.4	Producción de arroz por departamento.....	4-81
Figura 4.8.1	Concepto de Planta de Generación de un relleno sanitario .....	4-86
Figura 4.8.2	Bomba de succión de gas del relleno sanitario .....	4-87
Figura 4.8.3	Vista de la Central Eléctrica de Biogás .....	4-88
Figura 4.8.4	Plan de desarrollo y expansión de rellenos sanitarios .....	4-89
Figura 4.8.5	Modelo Típico de Digestor a Pequeña Escala.....	4-92
Figura 4.8.6	Biodigestor de Granja de los Hermanos Jovel .....	4-98
Figura 4.8.7	UASB .....	4-101
Figura 5.1.1	Tendencia de los parámetros utilizados para el pronóstico de la demanda.....	5-2
Figura 5.1.2	Pronóstico de la demanda para tres escenarios y valores para el escenario de Referencia.....	5-3
Figura 5.1.3	Cambio de la Matriz Energética a corto plazo propuesto por el Plan de Expansión de la Generación Eléctrica .....	5-6
Figura 5.1.4	Cambio de cantidad de generación eléctrica por tipo de fuente de energía .....	5-7
Figura 5.1.5	Resultados de Simulación de los costos marginales para la operación anual .....	5-8
Figura 6.3.1	Relación entre el Transmisor, Distribuidor y el Generador .....	6-15
Figura 6.3.2	Generador interconectado a la Red de Transmisión.....	6-16

Figura 6.3.3	Generador interconectado a las Subestaciones de Distribución.....	6-17
Figura 6.4.1	Pérdidas Anuales de la Red de Transmisión, 1980 – 2010 .....	6-19
Figura 6.4.2	Pérdidas Mensuales de la Red de Transmisión, 2010 .....	6-19
Figura 6.4.3	Pérdidas técnicas de energía de las redes de distribución, 2010 .....	6-20
Figura 6.4.4	Pérdidas técnicas y no técnicas de las redes de distribución, 2010.....	6-21
Figura 7.1.1	Ejemplo de datos FNL (Temperatura y viento) .....	7-5
Figura 7.1.2	Mapa de Potencial eólico de El Salvador (30 m sobre nivel de suelo) .....	7-8
Figura 7.1.3	Mapa de Potencial eólico de El Salvador (50 m sobre nivel de suelo) .....	7-9
Figura 7.1.4	Mapa de Potencial eólico de El Salvador (80 m sobre nivel de suelo) .....	7-10
Figura 7.1.5	Sitios con potencial eólico .....	7-12
Figura 7.2.1	Flujograma de la formulación de Guía y aspectos técnicos relacionados.....	7-17
Figura 7.2.2	Curva de duración de caudales por departamento (1/2).....	7-19
Figura 7.2.2	Curva de duración del caudal adimensional por departamento (2/2).....	7-20
Figura 7.2.3	Mapa de Ubicación de Estaciones Hidrológicas por el SNET.....	7-24
Figura 7.2.4	Caudal promedio anual a Largo Plazo en las Estaciones Hidrológicas Principales	7-26
Figura 7.2.5	Curva de Duración de Caudales Deseada para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas	7-27
Figura 7.3.1	Concepto de un sistema Fotovoltaico montado en techo .....	7-31
Figura 7.3.2	Energía mensual producida en el área Metropolitana de San Salvador (2 kW).....	7-33
Figura 7.3.3	Caída de costos para los módulos FV (1976 - 2010).....	7-35
Figura 7.3.4	Mapa de ruta para los módulos FV .....	7-37
Figura 7.3.5	Porcentaje de edificios de escuelas públicas según año de construcción.....	7-41
Figura 7.3.6	Mapa de ruta para la introducción de Sistemas FV.....	7-49
Figura 8.1.1	Relación entre el avance en tecnologías y planeación, métodos de planeación y estado de las energías renovables en El Salvador .....	8-2
Figura 8.1.2	Flujo de Análisis Técnico sobre la energía hidroeléctrica pequeña .....	8-3
Figura 8.1.3	Flujo de Análisis Técnico en Energía Eólica .....	8-3
Figura 8.1.4	Flujo de Análisis Técnico en energía solar fotovoltaica .....	8-4
Figura 8.1.5	Flujo de Análisis Técnico en energía solar térmica .....	8-4
Figura 8.1.6	Flujo de Análisis Técnico en energía Geotérmica .....	8-5
Figura 8.1.7	Flujo de Análisis Técnico en energía Biomasa .....	8-5
Figura 8.1.8	Flujo de Análisis Técnico en energía del Biogás .....	8-6
Figura 8.2.1	Flujograma de Estudio del Análisis Económico y Financiero .....	8-8
Figura 8.2.2	Cambios en el Precio 2010 y 2011 .....	8-11
Figura 8.2.3	Resultados de Simulación para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.....	8-16
Figura 8.2.4	Resultados de Simulación para Energía Eólica.....	8-17
Figura 8.2.5	Resultados de Simulación para Energía FV (conectada a la red eléctrica).....	8-17
Figura 10.2.1	Capacidad estimada para cada fuente de energía renovables en el Plan Maestro ..	10-3
Figura 10.3.1.1	Flujo de trabajo para la formulación del plan maestro para pequeñas centrales hidroeléctricas .....	10-8

Figura 10.3.1.2	Ejemplo de estudio de mapa para trazo de pequeña central hidroeléctrica.....	10-11
Figura 10.3.1.3	Estimación del caudal en el sitio de toma propuesto.....	10-13
Figura 10.3.1.4	Eficiencia combinada por tipo de turbina .....	10-15
Figura 10.3.1.5	Diagrama para selección de turbinas.....	10-16
Figura 10.3.1.6	Cálculo de la energía (Caso $Q_d=Q_{30\%}$ ) .....	10-17
Figura 10.3.1.7	Costo de tubería de conducción GRP.....	10-19
Figura 10.3.1.8	Costo de equipo electromecánico.....	10-20
Figura 10.3.1.9	Optimización del caudal de diseño (Ejemplo) .....	10-24
Figura 10.3.1.10	Mapa de ubicación de sitios potenciales para el desarrollo de pueñas hidroeléctricas .....	10-25
Figura 10.3.1.11	Sitios potenciales para desarrollo de pequeñas hidroeléctricas (<20MW) y Áreas Naturales Protegidas (SANP) .....	10-27
Figura 10.3.1.12	Mapa de ubicación de sitios seleccionados para pequeñas centrales hidroeléctricas para el Plan Maestro 2012-2027 .....	10-32
Figura 10.3.1.13	Muestra la correlación entre B-C y el potencial de sitios potenciales seleccionados para pequeñas centrales hidroeléctricas por fase.....	10-33
Figura 10.3.1.14	Mapa de ubicación de estaciones hidrológicas de SNET .....	10-38
Figura 10.3.2.1	Flujograma del proceso de preparación para el proyecto eólico .....	10-45
Figura 10.3.2.2	Proceso del desarrollo de energía eólica .....	10-46
Figura 10.3.2.3	Ejes del Viento .....	10-53
Figure 10.3.2.4	Curva de Potencia Típica de una Turbina de Viento .....	10-58
Figura 10.3.2.5	Dimensiones de espacio requerido durante la construcción.....	10-60
Figura 10.3.2.6	Distribución en planta de varias Turbinas de viento .....	10-61
Figura 10.3.3.1	Proceso de desarrollo de la energía fotovoltaica.....	10-71
Figura 10.3.3.2	Tipos de sistemas FV conectados a la red.....	10-73
Figura 10.3.3.3	Ejemplo de sistema FV conectado de la red .....	10-73
Figura 10.3.3.4	Sistema PCS del tipo distribuido.....	10-74
Figura 10.3.3.5	Sistema PCS del tipo concentrado .....	10-75
Figura 10.3.4.1	Mediciones de Potencial radiación solar directa normal y posibles plantas termosolares 2015-2025 .....	10-98
Figura 10.3.6.1	Reactor de gasificación de biomasa de corriente descendiente.....	10-112
Figura 10.3.6.2	Flujo esquemático de un sistema de gasificación de biomasa para generar electricidad .....	10-113
Figura 10.3.6.3	Flujograma de gasificación de biomasa .....	10-115
Figure 10.3.6.4	Planta Gasificadora de biomasa para generar energía.....	10-117
Figura 10.3.6.5	BioMax 25.....	10-118
Figura 10.3.6.6	Microbinario.....	10-121
Figura 10.3.6.7	Micro binario usando Energía Solar y Biomasa.....	10-121
Figura 10.3.7.1	Digestor de Domo Fijo.....	10-125
Figura 10.3.7.2	Digestor de domo flotante.....	10-126

Figura 10.3.7.3	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Convencional .....	10-133
Figura 10.3.7.4	Planta Generadora a partir de desechos.....	10-141

## Acrónimos

Acrónimo	Español	Inglés
AEA	Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica	Energy and Environment Partnership (EEP) in Central America
ANDA	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados	National Administration of Aqueducts and Sewers
ARECA	La aceleración de Energía Renovable en Centroamérica	Accelerating Renewable Energy in Central America
B/C	Razón Beneficio / Costo	Benefit / Cost Ratio
BCIE(CABEI)	Banco Centroamericano de Integración Económica	Central American Bank for Economic Integration (CABEI)
CAESS	Compañía de Alumbrado Público de San Salvador S. A. de C. V.	Public Lighting Company of San Salvador Inc.
CASSA	Compañía Azucarera Salvadoreña S.A	El Salvador Sugar Company
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo	Central American Commission for Environment and Development
CDM	Mecanismo de Desarrollo limpio	Clean Developemnt Mechanism
CECSA	Compañía Eléctrica Cucumacayán S.A. de C.V.	Cucumacayán Electric Company Inc
CEL	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa	Hydroelectric Executive Committee of the Lempa River
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe	Economic Commission of Latin America and Caribbean
CIDA		Canadian International Development Agency
CLESA	Compañía de Alumbrado Eléctrico de Santa Ana	Electric Lighting Company of Santa Ana
CNE	Consejo Nacional de Energía	National Energy Commision
CNR	Centro Nacional de Registros	National Registration Center
CRS	Los sistemas centrales de receptor	Central Receiver Systems
CSP	Energía solar por concentración	Concentrating Solar Power
DEE	Dirección de Energía Eléctrica	Office of Electricity Energy
DELSUR	Distribuidora de Electricidad del Sur, S.A. de C.V.,	Distributor of electricity of South Variable Capital Company
EE	Energía Eólica	Wind Energy



Acrónimo	Español	Inglés
EG	Energía Geotérmica	Geothermal Energy
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental	Environmental Impact Assessment
ENEL	Ente Nazionale per l'Energia eLettrica	Ente Nazionale per l'Energia eLettrica
ER	Energía Renovable	Renewable Energy
EsIA	Estudio de Impacto Ambiental	Environmental Impact Study
ETESAL	Empresa Transmisora de El Salvador S.A. de C.V.	El Salvador Transmission Company
F/S	Estudio de factibilidad	Feasibility Study
FA	Formulario Ambiental	Environmental Form
FINET	Fondo de Inversión Nacional en Electricidad y Telefonía	National Investment Fund for Electricity and Telephone
GDP (PIB)	Producto Interno Bruto	Gross Domestic Product
GEF	Fondo para el Medio Ambiente Mundial	Global Environment Facility
GEL	Ley General de Electricidad (LGE)	General Electricity Law (GEL)
GHG	Gases de efecto invernadero	Green House Gas
GIS (SIG)	Sistema de Información geográfica (SIG)	Geographical Information System
GIZ	Cooperación Alemana para el Desarrollo	German Society for International Cooperation (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit)
GW	Gigawatts (=1,000,000 kW)	gigawatt (=1,000,000 kW)
GWh	Gigawatts hora	gigawatt hour
HHV		Higher Heating Value
IDB (BID)	Banco Interamericano de Desarrollo	Inter-American Development Bank
IEA		International Energy Agency
INE	Inversiones Energéticas S. A.	Energy Investment
IRR	Tasa Interna de Retorno (TIR)	Internal Rate of Return
KfW	Reconstrucción Instituto de Crédito	Kreditanstalt für Wiederaufbau (Reconstruction Credit Institute)
kW	Kilowatt	kilowatt
kWh	Kilowatt hora	kilowatt hour
LaGeo	La Geotérmica	
LFG		Landfill Biogas

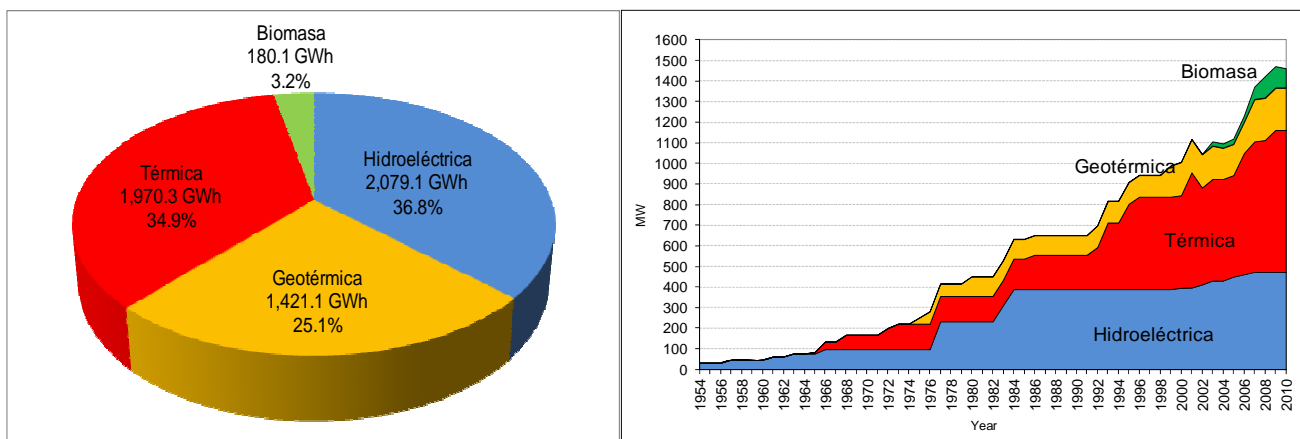
Acrónimo	Español	Inglés
LMA	Ley del Medio Ambiente	Environmental Law
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales	Ministry of Environment and Natural Resources
MINEC	Ministerio de Economía	Ministry of Economy
MRS	Mercado Regulador del Sistema	Market System Controller
MW	Megawatts (=1,000 kW)	megawatt (=1,000 kW)
MWh	Megawatts hora	megawatt hour
NEC	Código Eléctrico Nacional	National Electric Code
NFPA		National Fire Protection Association
NGO	Organización no gubernamental	Non-Governmental Organization
NPV	Valor Actual Neto (VAN)	Net Present Value
NREL	Laboratorio Nacional de Energías Renovables en EE.UU.	National Renewable Energy Laboratory in US
NRV	Valor Nuevo de Re-emplazo (VNR)	New Replacement Value (NRV)
OCAD	Cooperación Austriaca para el Desarrollo	Austrian Development Cooperation (ADC)
OPAMSS	Office of Planning for San Salvador Metropolitan Area	Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador
PCH (SHP)	Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH)	Small Hydropower (SHP)
PMA	Programa de Manejo Ambiental	Environmental Management Program
PMASISO	Programa de Manejo Ambiental y Seguridad Industrial y Salud Ocupacional	Environmental Management and Industrial Safety and Occupational Health Program
Pre-F/S	Estudio de Pre-factibilidad	Pre-Feasibility Study
PSFV	Paneles Solares Fotovoltaicos	Solar Photovoltaic Panel
RPS	Energías Renovables Portfolio Standard	Renewables Portfolio Standard
SABES	Asociación Saneamiento Básico, Educación Sanitaria y Energías Renovables (ONG)	Sanitation, Health Education and Renewable Energy Association (NGO)
SHS	Sistemas Solares Domésticos	Solar Home System
SIA	Sistema de Información Ambiental	Environment Information System

Acrónimo	Español	Inglés
SICA	Sistema de Integración Centroamericana	Central American Integration System
SIGET	Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones	General Superintendency of Electricity and Telecommunications
SINAMA	Sistema Nacional de Gestión Ambiental	National Environmental Management System
SNET	Servicio Nacional de Estudios Territoriales	National Service of Territorial Studies
ST	Solar Térmica	Solar Thermal
SWERA	Evaluación de Recursos de Energía Eólica y Solar	Solar and Wind Energy Resource Assessment
TOR	Términos de referencia	Terms of Reference
UCA	Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas"	Central American University "José Simeón Cañas"
UNDP (PNUD)	Programas de las Naciones Unidas para el Desarrollo	United Nations Development Programme
UNEP	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente	United Nations Environmental Programme
US DOE	Estados Unidos Departamento de Energía	United States Department of Energy
USGS	Centro geológico de los Estados Unidos	United States Geological Survey
USTDA		United States Trade and Development Agency
UT	Unidad de Transacciones, S.A.	Transactions Unit
WGC	Congreso Geotérmico Mundial	World Geothermal Congress

## Capítulo 1 Introducción

### 1.1 Antecedentes

De acuerdo al estudio realizado por el Consejo Nacional de Energía (CNE), se espera que la demanda de energía eléctrica se incremente a una tasa promedio anual de 4.7% en el escenario de referencia hacia 2026<sup>1</sup>. En el año 2010 la generación total de energía fue de 5,650.6 GWh y quedó compuesta por: Energía Hidroeléctrica 2,079.1 GWh (36.8%), Energía Térmica 1,970.3 GWh (34.9%), Energía Geotérmica 1,421.1 GWh (25.5%), Biomasa 180.1 GWh (3.2%)<sup>2</sup>, como lo mostrado en la Figura 1.1.1. A pesar que el porcentaje de generación con fuentes de energía renovables (actualmente compuesto por: hidroeléctrica, geotérmica y biomasa) es más alto que el porcentaje de generación con fuentes de energía térmica, la dependencia de la generación térmica aumenta año a año. La dependencia en la energía térmica es más significativa al comparar las capacidades instaladas de las fuentes de energía, como mostrado en la Figura 1.1.2.



(Fuente: Datos del Boletín de Estadísticas Eléctricas No 12, (SIGET, 2010))

**Figura 1.1.1 Generación de Energía por Tipo de Recurso (2010)**

(Fuente: Datos del Boletín de Estadísticas Eléctricas No 12, (SIGET, 2010))

**Figura 1.1.2 Evolución Anual de la Capacidad Instalada por Tipo de Recurso**

En El Salvador el consumo de petróleo depende en un 100% de la importación. La expansión en la introducción de energía renovable se vuelve cada vez más importante debido a la crisis de energía causada por el aumento acelerado de los precios del petróleo. Este enfoque encaja con la tendencia global, la cual prioriza la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Por otro lado, tras de la liberalización del mercado de energía eléctrica en 1999 a través de la separación de la generación y la transmisión, la tasa de uso de los combustibles fósiles ha aumentado. A pesar de los esfuerzos del gobierno de introducir fuentes de energía renovables por medio de productores estatales o privados, la tasa de introducción de energía renovable todavía es limitada.

Una de las razones por la que se tiene una tasa limitada de fuentes de energías renovables es la falta de un plan maestro para la introducción de este tipo de energías. La alta tasa de generación de energía con combustibles fósiles se obtiene porque posee un menor costo inicial de inversión y a su vez establece un

<sup>1</sup> Informe Final – Plan Indicativo de la Expansión de la Generación de El Salvador 2012 - 2026 (CNE, 2011).

<sup>2</sup> Boletín de Estadísticas Eléctricas N° 12 (SIGET, 2010)

ingreso estable para los productores de energía independientes (PEIs).

En este contexto, la Asamblea Legislativa aprueba la creación del Consejo Nacional de Energía (CNE) en 2007 como institución rectora y normativa de la Política Energética Nacional para desarrollar políticas y estrategias para el desarrollo económico y social mediante el incremento de la producción, la productividad y el uso racional de los recursos energéticos. En la Política Energética Nacional anunciada en junio de 2010, se destacaron como los más importantes los siguientes seis puntos:

- (1) Diversificación de la matriz energética y fomento a las fuentes de energía renovables.
- (2) Fortalecimiento de la institucionalidad del sector energético y protección al usuario.
- (3) Promoción de una cultura de eficiencia y ahorro energético.
- (4) Ampliación de cobertura y tarifas sociales preferentes.
- (5) Innovación y desarrollo tecnológico.
- (6) Integración Energética Regional.

En vista de la necesidad de la introducción de energías renovables en los sectores público y privado, el gobierno de El Salvador hizo una solicitud al gobierno de Japón para la formulación de un plan maestro de energías renovables en El Salvador, que incluye la determinación de los potenciales de cada fuente de energía y la preparación de los lineamientos necesarios para la promoción de las energías renovables.

En respuesta a la solicitud, el JICA desarrolló un estudio de planificación detallada en marzo de 2010, a fin de confirmar si era posible la implementación de la cooperación en el desarrollo de este estudio técnico. Este se desarrolla en base al Alcance de los Trabajos (A/T) y las minutas de las reuniones (M/R) concluidas entre el CNE y JICA en Julio de 2011.

## **1.2 Objetivos del Estudio**

El objetivo del estudio es formular un plan maestro para el uso de energías renovables para la generación de energía eléctrica en El Salvador por un período de 15 años, desde 2012 hasta 2026.

Además, para el fomento en la introducción de las energías renovables en El Salvador, se organizarán seminarios que introducirán tecnologías, políticas institucionales y medidas de promoción de energías renovables desarrolladas en el Japón, con el objetivo de compartir esta información y transferirla a las organizaciones relacionadas.

## **1.3 Agencias de Contraparte**

El Consejo Nacional de Energía (CNE) funcionará como agencia de contraparte para el equipo de estudio de JICA.

## 1.4 Área de Estudio

El área de estudio abarca todo el territorio de El Salvador. Deberá ser confirmada la seguridad de la zona, tanto por el CNE como por JICA, antes de cualquier visita de campo.

## 1.5 Cronograma de Actividades

El período del estudio está previsto desde finales de agosto del 2011 hasta inicios de marzo del 2012, alrededor de siete meses. La siguiente tabla nos muestra el cronograma general del estudio.



(Fuente: Equipo de Estudio JICA)

**Figura 1.5.1 Cronograma General del Estudio**

## 1.6 Resultado del Estudio

Los siguientes informes serán preparados por el equipo de estudio. Estos serán entregados a JICA (Oficinas Centrales y Oficinas de El Salvador) y al gobierno de El Salvador (CNE) para su explicación y discusión. El número de copias a ser presentadas y los contenidos principales de los informes están establecidos en la Tabla 1.6.1.

**Tabla 1.6.1 Informes a ser preparados**

Informes del Estudio	Asunto					Contenidos Generales
	JICA			CNE		
	JPN	ESP	ING	ESP	ING	
1 Inicial	5(2)	1(1)	-	4	-	Conceptos básicos, metodología, cronograma de trabajo, temas a trabajar y tareas compartidas del estudio.
2 Intermedio	5(2)	1(1)	-	4	-	Describe el concepto del estudio en la posibilidad de la introducción de las energías renovables tomando en cuenta aspectos económicos, financieros, técnicos y medioambientales basados en los resultados del estudio del primer trabajo de campo.
3 Borrador Final (Resumen) (Principal)						Describe los resultados completos del estudio y la propuesta del plan maestro.
	5(2)	1(1)	2(1)	4	1	
4 Final (Resumen) (Principal)					1	El resultado final compilado con los comentarios del CNE realizados al Borrador del Informe Final.
	10(2)	8(8)	2(1)	2	1	
	10(2)	8(8)	2(1)	2	1	
Datos en medio electrónico	3(2) juegos			-		Español, inglés y japonés.

Nota: Números en () muestran la distribución para la Oficina de JICA El Salvador.

Idiomas: Japonés (JPN), Español (ESP), Inglés (ING).

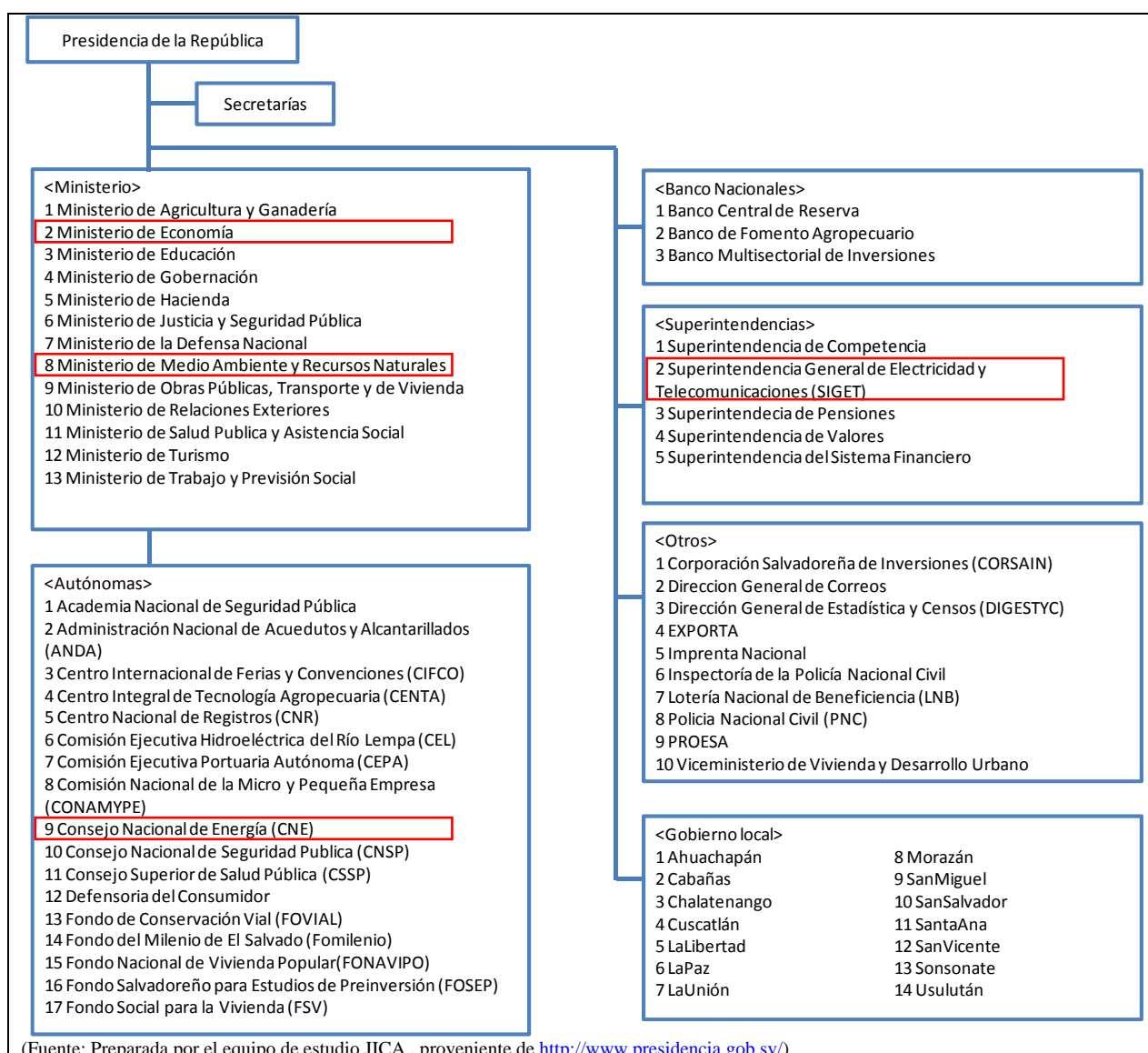
(Fuente: Equipo de Estudio JICA)

## Capítulo 2 Aspectos Generales del Sector Eléctrico y el papel de las Energías Renovables

### 2.1 Aspectos Generales del Sector Eléctrico

#### 2.1.1 Organización y Funciones del Gobierno para el Sector Eléctrico

De acuerdo a la Constitución de la República, en El Salvador existen tres órganos fundamentales, los cuales son el Legislativo, el Ejecutivo y el Judicial. El Órgano Ejecutivo se encuentra conformado por el presidente y vice presidente de la República, los ministros y viceministros junto a sus funcionarios dependientes. Para su administración política, el territorio se divide en departamentos, y en cada uno de ellos existe un gobernador nombrado por el órgano Ejecutivo; dichos funcionarios ejercen labores administrativas.



**Figura 2.1.1 Organigrama del Órgano Ejecutivo de El Salvador**

Para la organización territorial El Salvador se divide en 14 departamentos, cada departamento está



fraccionado en municipios, que hacen un total de 262, los cuales tienen autonomía en lo económico, técnico y en lo administrativo. Y Son regidos por un concejo municipal presidido por el alcalde.

El Órgano Ejecutivo está compuesto por trece (13) ministerios. Con la finalidad de garantizar a los ciudadanos la prestación de servicios esenciales a la comunidad en las mejores condiciones se han creado diversas instituciones estatales de derecho público y carácter autónomo en diferentes aspectos, dentro de las que se incluyen la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET) y el Consejo Nacional de Energía (CNE)

De las organizaciones gubernamentales antes mencionadas, los siguientes ministerios y agencias están vinculados con el sector eléctrico, especialmente para promover la introducción de las energías renovables.

#### Ministerios Principales

- Ministerio de Economía
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

#### Instituciones Autónomas Relacionadas

- Consejo Nacional de Energía (CNE)
- Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET)

La misión y tareas de los ministerios y departamentos administrativos que se enfocan en las actividades del sector eléctrico, se encuentran resumidas a continuación:

**Tabla 2.1.1 Misión y Tareas del Sector Eléctrico Relacionadas a los Ministerios y Departamentos**

Ministerio/ Institución	Misión y Tareas
Ministerio de Economía (MINEC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover el desarrollo económico y social mediante el incremento de la producción, la productividad la racional utilización de los recursos.</li> <li>• Contribuir al desarrollo de la competencia y competitividad de actividades productivas tanto para el mercado interno como para el externo a través de la promoción de las inversiones y del crecimiento de las exportaciones mediante un esquema claro y transparente de acción que impida la existencia de barreras discrecionales a los agentes económicos.</li> </ul>
Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guiar y tomar decisiones sobre el bienestar del medio ambiente.</li> <li>• Desarrollar políticas y regulaciones para proteger, conservar y restaurar el ecosistema.</li> <li>• Preparar planes y proyectos concernientes al medio ambiente o en conexión con recursos naturales renovables</li> </ul>

Ministerio/ Institución	Misión y Tareas
Consejo Nacional de Energía (CNE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene por finalidad el establecimiento de la política y estrategia que promueva el desarrollo eficiente del sector energético</li> <li>• Elaborar la planificación de corto, mediano y largo plazo en materia energética; así como, la correspondiente Política Energética del país</li> <li>• Propiciar la existencia de marcos regulatorios que promuevan la inversión y el desarrollo competitivo del sector energético; además, que permitan la vigilancia del buen funcionamiento de los mercados energéticos por parte de las instituciones competentes.</li> <li>• Promover el uso racional de la energía y todas las acciones necesarias para el desarrollo y expansión de los recursos de energía renovable, considerando las políticas de protección al medioambiente establecidas por el órgano competente</li> <li>• Impulsar la integración de mercados energéticos regionales, sobre la base de la libre competencia y el trato justo, equitativo y no discriminatorio de los distintos actores y agentes del mercado</li> </ul>
Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es la entidad competente para aplicar las normas contenidas en tratados internacionales sobre electricidad y telecomunicaciones vigentes en El Salvador; en las Leyes que rigen a los sectores de Electricidad y Telecomunicaciones; y sus reglamentos; así como para conocer del incumplimiento de las mismas.</li> <li>• Aplicar y velar por el cumplimiento del marco jurídico que rige los sectores de electricidad y telecomunicaciones, garantizando los derechos de usuarios y operadores, para generar la seguridad jurídica que propicie la inversión y el desarrollo de un mercado competitivo.</li> </ul>

(Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio JICA sobre la base de la Ley de creación del CNE)

De las organizaciones antes mencionadas, en términos del desarrollo de las energías renovables, el CNE es el encargado de la formulación de las políticas, la SIGET es la encargada de la regulación y la supervisión, y el MARN es el encargado de los procedimientos requeridos para el desarrollo de energías renovables y otros aspectos relacionados al medioambiente.

En septiembre de 2007, se aprueba la Ley de Creación del Consejo Nacional de Energía (CNE), como la autoridad superior, rectora y normativa en materia de Política Energética y como coordinadora de los distintos actores del sector energético. El CNE inició funciones en el 2009 y para cumplir su misión de ser el Ente Rector de la Política Energética Nacional debe contar con los recursos tecnológicos adecuados para el logro de sus atribuciones en su marco legal. La formulación del plan maestro para el desarrollo de las energías renovables es muy importante tanto para el equipo de estudio de JICA como para el CNE.

## 2.1.2 Sistema de Generación de Energía Eléctrica

### 2.1.2.1 Organizaciones para el Sector Eléctrico

El sistema de generación de energía eléctrica en El Salvador tuvo un cambio drástico a partir de la reforma del sector eléctrico, la cual empezó en 1996. La generación eléctrica paso de ser responsabilidad de una entidad estatal llamada Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) a un sistema de Mercado Mayorista, en consecuencia la CEL tuvo un cambio en sus funciones y el sector eléctrico fue dividido en: generación, transmisión, distribución y comercialización.

La operación del mercado mayorista es manejada por una empresa privada llamada “Unidad de Transacciones” (UT). El mercado mayorista está compuesto principalmente de dos tipos de segmentos:

mercado de contratos, realizado entre los “participantes del mercado” (PM), como por ejemplo entre generadores y distribuidores o entre generadores y comercializadores, etc. y el Mercado Spot en base a un despacho horario ó de corto plazo.

La función del gobierno y el sector privado en el mercado mayorista son ejemplificados a continuación en la Tabla 2.1.2 y la Figura 2.1.2.

**Tabla 2.1.2 Función del gobierno y el sector privado en el mercado mayorista**

Función	Instituciones a cargo
Formulación de políticas, Pronóstico de Generación y Demanda, y Planeamiento.	Consejo Nacional de Energía (CNE)
Registro, Regulación, Supervisión del Mercado	Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET)
Administración del mercado	Unidad de Transacciones (UT)
Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización	Empresa Privada

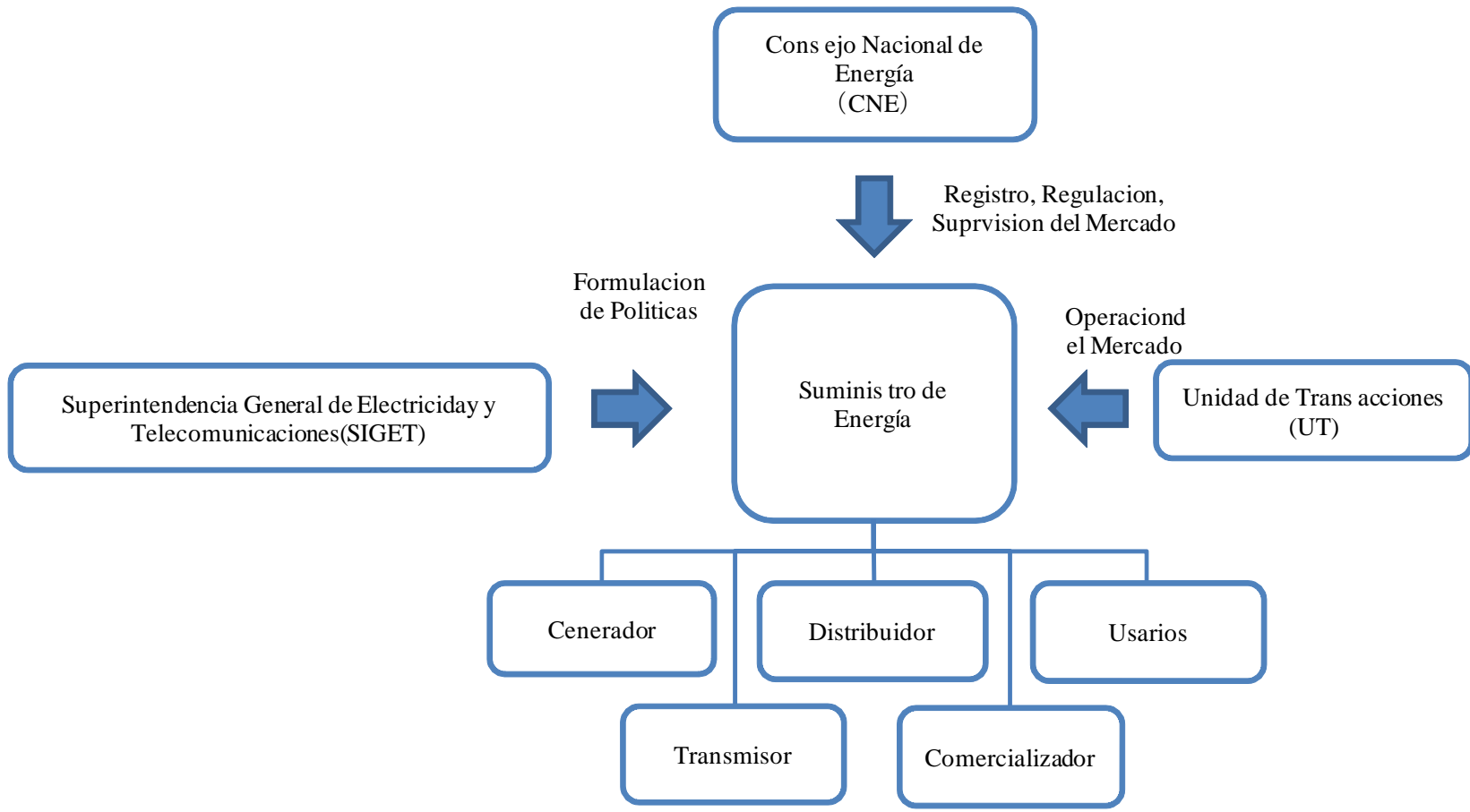
(Fuente: Equipo de Estudio JICA)

Además existen varios contratos entre los distribuidores y generadores de energía a pequeña escala (básicamente a menos 5 MW), así los contratos bilaterales que utilizan redes de distribución de Medio o Bajo Voltaje se denominan mercados minoristas. La mayoría de las pequeñas centrales hidroeléctricas utilizan este tipo de contratos, sin embargo, la cantidad de transacciones provenientes de las mismas son mucho menores comparadas con el mercado mayorista que es operado por UT.

### **2.1.2.2 Capacidad Instalada y Generación Eléctrica**

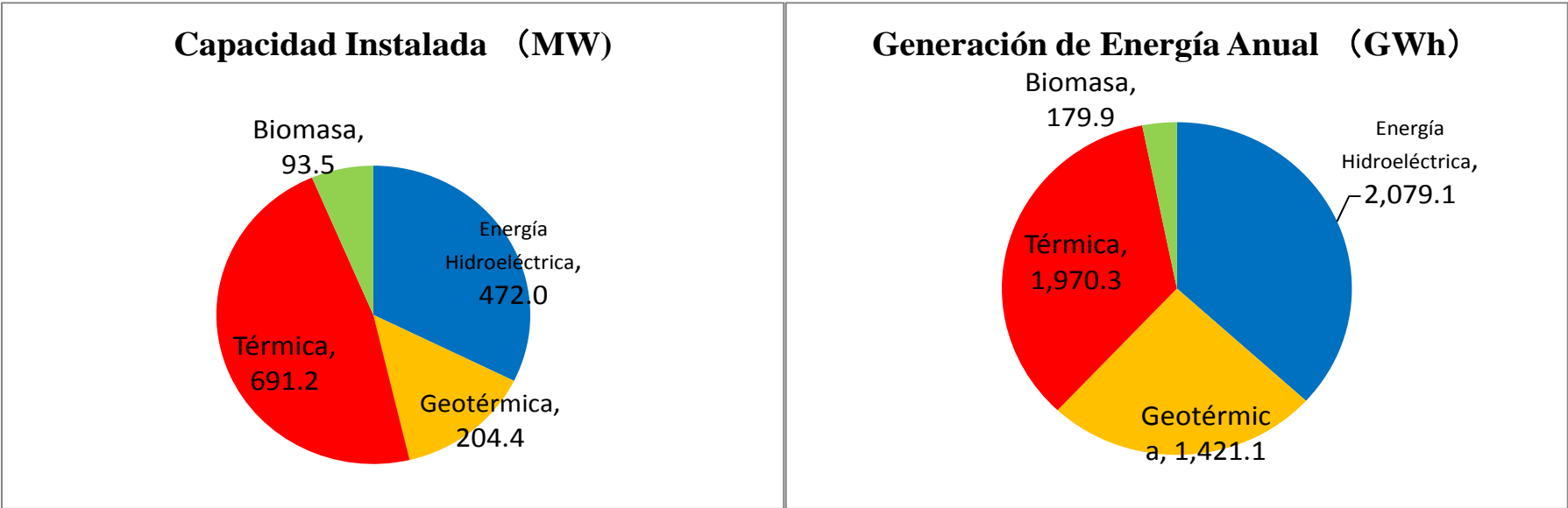
De acuerdo al Boletín de Estadísticas Eléctricas de la SIGET (2010), la cantidad de energía generada que fue inyectada al mercado mayorista de Electricidad en el 2010 fue de 5,650.4 GWh. La capacidad instalada y la cantidad de energía generada por las distintas fuentes renovables se mencionan a continuación:

- Energía Hidroeléctrica: 4 centrales, Capacidad Instalada 472.0 MW (32.3%), Generación 2,079.1 GWh (36.8%)
- Geotérmica: 2 centrales, Capacidad Instalada 204.4 MW (14.0%), Generación 1,421.1 GWh (25.1%)
- Térmica: 9 centrales, Capacidad Instalada 691.2 MW (47.3%), Generación 1,970.3 GWh (34.9%)
- Biomasa: 3 centrales, Capacidad Instalada 93.5 MW (6.4%), Generación 179.9 GWh (3.2%)



(Fuente: Equipo de Estudio JICA)

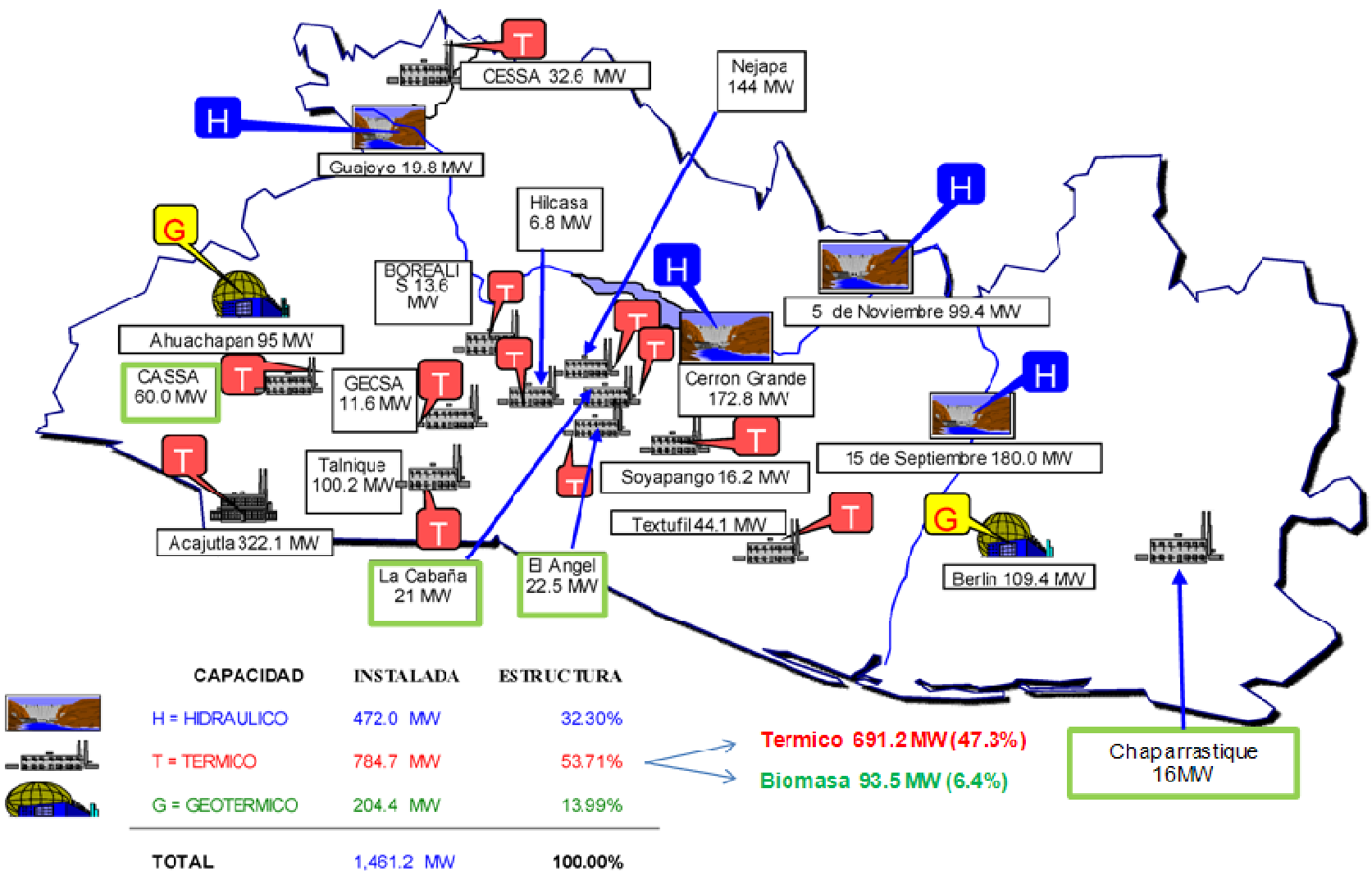
**Figura 2.1.2 Función del gobierno y el sector privado en el mercado mayorista**



(Fuente: Boletín de Estadísticas Eléctricas N° 12 (SIGET, 2010))

**Figura 2.1.3 Capacidad Instalada y Generación de Energía Anual (2010)**

En la Figura 2.1.4 se muestra la ubicación aproximada y la capacidad instalada (MW) de las centrales presentadas en el Boletín de Estadísticas Eléctricas de la SIGET (2010).



(Fuente: Boletín de Estadísticas Eléctricas N° 12 (SIGET, 2010))

**Figure 2.1.4 Ubicación de las Centrales en El Salvador y su Capacidad Instalada**

Las cuatro (4) centrales hidroeléctricas pertenecen a la compañía estatal CEL. Las otras centrales con distinto tipo de energía renovable, como Geotérmica y Biomasa, pertenecen a empresas privadas. En la Figura 2.1.4 se ubican tres (3) centrales, las cuales están marcadas con un recuadro verde, estas centrales aunque están marcadas como Térmicas en realidad son de Biomasa, (CASSA, La Cabaña y El Ángel). Estas centrales hacen uso del bagazo (residuo de la caña de azúcar) como fuente de energía y provienen de los ingenios de azúcar.



2.1.2.3 Subestaciones de Transmisión y Distribución

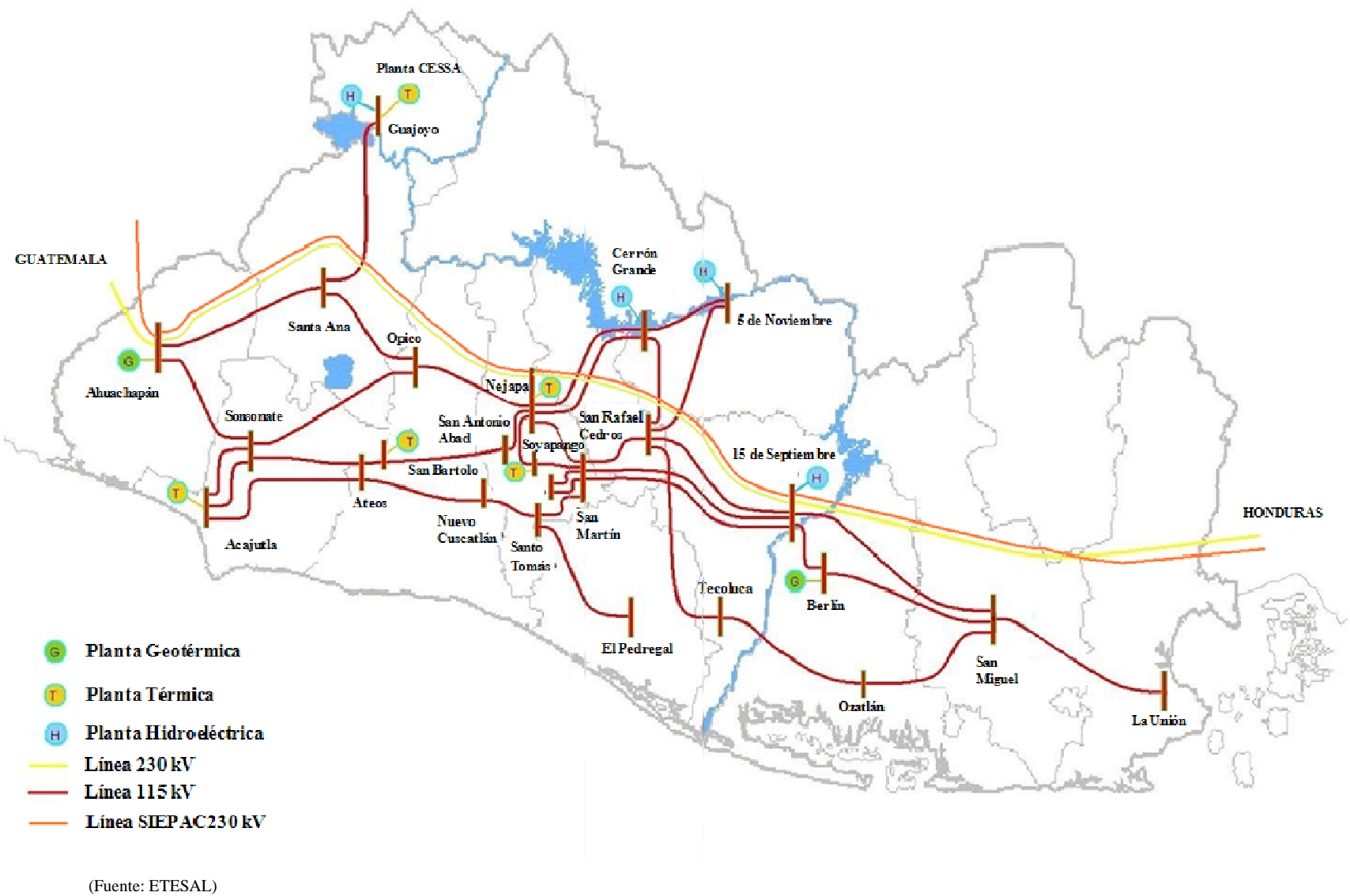


Figura 2.1.5 Ubicación de las Centrales y Diagrama Unifilar de las Líneas de Transmisión

En la Figura 2.1.5 se muestra la red de transmisión de El Salvador, esta se compone de líneas de transmisión de Alta Tensión de 115 kV y 230 kV. Un circuito de las líneas de 230 kV pertenece al SIEPAC1, el cual está bajo concesión de la Empresa Propietaria de la Red (EPR). Solo una empresa de transmisión se encarga del mantenimiento de las líneas y la red de transmisión, esta es “ETESAL” (Empresa Transmisora de El Salvador S.A de C.V). La unidad de Transacciones (UT) está encargada de las operaciones de la red de transmisión.

### **A. Categorización de las líneas de transmisión y distribución**

En general las líneas de transmisión y distribución de El Salvador se clasifican de la siguiente manera:

#### **a. Línea de transmisión de alta tensión:**

230 kV: (EPR y ETESAL) Red de transmisión y conexión internacional (con Guatemala y Honduras).

- Línea Ahuachapán – Nejapa – 15 de Septiembre (longitud total: 191.9 km)
- Conexión con Guatemala: Ahuachapán – Este de Guatemala (longitud total: 112.6 km)
- Conexión con Honduras: 15 de Septiembre – Agua Caliente (longitud total: 147 km)

115 kV: (ETESAL) Red de transmisión nacional (longitud total: 1,072 km)

**b. Línea de distribución de media tensión (46 kV, 34.5 kV, 23 kV, 13.2 kV, 4.16 kV, 2.4 kV):** Redes eléctricas pertenecientes a las empresas distribuidoras.

**c. Línea de distribución de baja tensión (120/240V):** Para conexión eléctrica a los usuarios finales.

### **B. Niveles de Costo de las Instalaciones de Transmisión y Distribución**

En esta sección se recoge la información relacionada con los costos de las instalaciones de transmisión en 115 kV<sup>2</sup>, y distribución en 46 kV, 23 kV y 13.2 kV. Dado que no existen fuentes estadísticas sobre dichos costos, se ha recogido información de funcionarios y técnicos involucrados en el desarrollo de proyectos recientes.

#### **a. Costos de Líneas de Transmisión y Distribución**

Los costos aquí recopilados relacionados con los proyectos de líneas de transmisión y distribución incluyen el suministro de material, equipo y mano de obra para el montaje, pero no así el costo de la servidumbre.

En el cuadro siguiente se muestran los costos de líneas de transmisión en El Salvador. El costo promedio de una línea de transmisión de 115 kV alcanza el valor de 173,700 US \$/km, valor cercano al informado por IASA. También, este costo es la mitad de los costos de línea de transmisión de 115 kV en Estados Unidos (325,000 US \$/km). El costo de la línea 15 de Septiembre – San Miguel equivale al 46% del costo promedio, esto debido que la línea fue mal presupuestada y hubo pérdidas para el constructor. El costo de la línea San Miguel – La Unión equivale al 153% del costo promedio, esto debido diversos factores técnicos como adaptación a regiones montañosas con dificultad de acceso que incrementaron el

<sup>1</sup> Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central. En El Salvador este sistema de transmisión se utiliza para la conexión internacional regional con Guatemala y Honduras.

<sup>2</sup> No se tiene información de costos de líneas de transmisión en 230 kV.

tamaño de los equipos (torres, pararrayos, entre otros).

**Tabla 2.1.5 Información de Costos de Líneas de Transmisión en El Salvador**

Nombre del Proyecto	Tipo de Estructura	Año	Compañía	Potencia (MVA)	Voltaje (kV)	Longitud (km)	Costo Total (Millones de US \$)	Costo Unitario (US \$/km)
Proyectos diversos <sup>1</sup>	Torre de Celosía	Varios	IASA	100	115	----	---	175,000
15 de Septiembre – San Miguel <sup>2</sup>	Poste de Acero	2005	ETESAL	100	115	44	3.50	79,545
San Miguel – La Unión <sup>2</sup>	Torre de Celosía	2008	ETESAL	100	115	45	12.00	266,667

Fuente:

1 – Ing. Nelson Hidalgo, Gerente General de IASA (Ingeniería Asociada S.A., empresa constructora de instalaciones de alta tensión).

2 – Ing. Julio Posada, Supervisor de Proyectos de ETESAL.

En el cuadro siguiente se muestran los costos de líneas de distribución típicas en El Salvador para los niveles de tensión de 13.2 kV, 23 kV y 46 kV. Los costos unitarios de una línea de distribución (US \$/km) se incrementan al aumentar el nivel de tensión, esto debido a la utilización de mayor tamaño de conductores como mostrado en la tabla.

**Tabla 2.1.6 Información de Costos de Líneas de Distribución**

Especificaciones Técnicas	Tipo de Estructura	Año	Compañía	Voltaje (kV)	Costo Unitario (US \$/km)
3 fases, 477 MCM, vano de 70 m.	Poste de Concreto de 40 pies	2011	EDESAL	46	61,300
3 fases, 4/0 AWG, vano de 70 m.	Poste de Concreto de 40 pies	2011	EDESAL	23	55,300
3 fases, 1/0 AWG, vano de 70 m.	Poste de Concreto de 40 pies	2011	EDESAL	13.2	37,000

(Fuente: Ing. Leonel Bolaños, Gerente Técnico de EDESAL (Empresa Distribuidora Eléctrica Salvadoreña))

### b. Costos de Transformadores de Potencia

Los costos de los transformadores de potencia aquí mencionados no incluyen los costos de montaje, tratamiento del aceite y los repuestos sugeridos, sino únicamente los costos por suministro del equipo. También, el desembarco de transformadores de potencia se realiza hasta la fecha por el puerto de Acajutla, por lo tanto, la ruta para llegar al lugar de montaje debe ser la menos complicada considerando el paso de ciudades, puentes, etc. Esto, el transporte, puede aumentar los costos en los transformadores de 115 kV o mayores.

En el cuadro siguiente se muestran los costos de transformadores de potencia en El Salvador para diferentes tipos de proyectos de transmisión, distribución y generación. El costo promedio de transformadores para proyectos de transmisión resulta aproximadamente en 18,500 US \$/MVA, menor que los costos para proyectos en distribución y generación. En el cuadro se muestran ejemplos de transformadores de potencia que serían usados en pequeños proyectos de generación, estos pueden ser conectados a la red de distribución en 13.2 kV o mayores niveles de voltaje, dependiendo de la capacidad de generación, y presentan un costo promedio de 26,667 US \$/MVA. Los precios mostrados son aproximados, ya que dependen de la tensión, capacidad y cantidad de los transformadores.

**Tabla 2.1.7 Información de Costos de Transformadores de Potencia**

Subestación Eléctrica	Tipo de Proyecto	Año	Compañía	Capacidad Nominal (MVA) P/S/T	Voltaje (kV) P/S/T	Costo Total (Millones de US \$)	Costo Unitario (US \$/MVA)
La Unión <sup>1</sup>	Transmisión	2008	ETESAL	45/60/75	115/46/23	1.20	16,000
Nejapa <sup>1</sup>	Transmisión	2010	ETESAL	75/115/155	230/115/46-23	3.25	20,968
S/E EEO <sup>2</sup>	Distribución	2010	EEO	10/12	46/13.2	0.356	29,667
San Luis II <sup>3</sup>	Generación	2010	CECSA	1.2	2.3/13.2	0.032	26,667

Fuente:

1 – Ing. Julio Posada, Supervisor de Proyectos de ETESAL.

2 – Ing. Erasmo Hércules del Cid, Contratista de EEO (Empresa Eléctrica de Oriente, empresa de distribución de El Salvador).

3 – Ing. José Hermes Landaverde, Director Financiero Corporativo de INGENDEHSA (empresa consultora de proyectos de pequeñas centrales hidroeléctricas).

Abreviaturas:

P/S/T – Primario/Secundario/Terciario

### 2.1.3 Tarifa de Electricidad

La tarifa de electricidad es monitoreada por la SIGET cada tres meses y se basa en el costo promedio del periodo trimestral anterior de generación eléctrica determinado en el mercado mayorista. Existen tres categorías en la tarifa de electricidad, las cuales se determinan a partir de la máxima demanda; por ejemplo: los usuarios de la categoría baja demandan menos de 10 kW, en la categoría media entre 10 a 50 kW y en la categoría alta más de 50 kW.

La tarifa de electricidad es calculada en base a las tres categorías anteriores, adicionando el cargo de uso, el cargo por distribución y el cargo por comercialización. Existen tasas establecidas acorde al consumo de energía mensual y en función de los siguientes intervalos: 1 a 99 kWh, 100 a 199 kWh e igual o mayor a 200 kWh. Dependiendo de consumo de energía mensual, los costos serán calculados en cada intervalo (si son aplicables a estos intervalos) para finalmente ser sumados y facturados al usuario. La tarifa base que proviene del intervalo de consumo, del cargo por uso y del cargo por distribución, es tabulado por las compañías de distribución y la SIGET. Tabla 2.1.3 se muestra un ejemplo de la tarifa eléctrica.

Tabla 2.1.8 Ejemplo de tarifa eléctrica de cada Distribuidor

No.	Tarifa Categoría	Tarifa por la Compañía de Distribución							
1	<b>Tarifa Residencial para consumos mayores de 99 kWh/mes - BT</b>	Nombre de la Empresa de Distribución							
	Cargo de Comercialización	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
	Cargo Fijo US\$/Usuario	0.813531	0.967705	0.879995	0.86499	1.021556	0.756047	0.754195	0.799957
2	<b>Bloque 1: Primeros 99 kWh/mes</b>	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
	Cargo de Energía US\$/kWh	0.183679	0.178227	0.182361	0.183895	0.181902	0.191045	0.173273	0.189102
	Cargo de Distribución US\$/kWh	0.023168	0.044442	0.043942	0.055315	0.059613	0.049321	0.02238	0.035486
3	<b>Bloque 2: Consumos entre 100 kWh/mes y 199 kWh/mes</b>	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
	Cargo de Energía US\$/kWh	0.182791	0.177599	0.181461	0.182245	0.181168	0.191225	0.175644	0.187513
	Cargo de Distribución US\$/kWh	0.040409	0.053178	0.059401	0.061387	0.064555	0.05071	0.024009	0.038841
4	<b>Bloque 3: Consumos mayores o iguales a 200 kWh/mes</b>	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
	Cargo de Energía US\$/kWh	0.182141	0.177426	0.18077	0.180696	0.180283	0.191407	0.178761	0.186885
	Cargo de Distribución US\$/kWh	0.046854	0.059186	0.064141	0.065951	0.066662	0.052101	0.025928	0.040434

(Fuente: SIGET)

Por ejemplo, en caso de que el consumo mensual es de 120 kWh en el área de distribución de DEL SUR, la tarifa se calcula en alrededor de 31 dólares por mes.

A los usuarios clasificados en la categoría baja y con un consumo mensual menor a 200 kWh se les concede un subsidio permanente por parte del gobierno. Este subsidio solía ser para los usuarios con un consumo menor a 300 kWh, sin embargo este fue reevaluado y se reconoció que solo los usuarios con un consumo menor a 200 kWh gozarían de este subsidio. Esta nueva medida fue publicada en el Diario Oficial tomo 393 el día 10 de octubre de 2011 como disposición transitoria al reglamento de la ley del fondo de inversión nacional en electricidad y telefonía, el Decreto Ejecutivo No 149

Los recursos para el subsidio provienen del gobierno de El Salvador. El subsidio se paga a través del Fondo de Inversión Nacional para Electricidad y Telefonía (FINET). En el año 2011 los subsidios fueron financiados por la CEL, esta fue una medida transitoria. El presupuesto para el subsidio no se refleja en el informe porque los datos financieros de la CEL no pueden ser divulgados o provistos.

#### **2.1.4 Índice de Electrificación**

El índice de electrificación de El Salvador es del 96,9% en las zonas urbanas, el 81,5% en el área rural y el 91,6% en total. El Salvador es el segundo país en Centro América con mayor índice de electrificación después de Costa Rica. El Gobierno apunta a aumentar la proporción, y se encuentra ejecutando el programa de electrificación con la instalación de energía solar fotovoltaica en el área no electrificada.

## **2.2 Situación Actual de las Instituciones Gubernamentales del Sector Eléctrico**

Debido a la reforma del aparato estatal en el sector eléctrico iniciada en 1996, el sistema eléctrico de El Salvador pasó de ser responsabilidad del gobierno en su totalidad, al ser diversificada en diferentes empresas las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización. El Mercado Mayorista de Electricidad empezó a operar en 1999. Acorde al boletín estadístico de SIGET, la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) es la única institución del sector eléctrico perteneciente al gobierno.

### **2.2.1 Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL)**

#### **2.2.1.1 Actividades desde su creación hasta 1980**

CEL fue creada en 1945 y fue el primer proyecto energético desarrollado por gobierno. La primera central hidroeléctrica fue construida entre los años 1951 a 1954 y fue llamada “Central Hidroeléctrica 5 de Noviembre” en conmemoración al primer grito de independencia.

En los primeros 20 años desde 1951 a 1970 se llevaron a cabo los siguientes proyectos de desarrollo energético:

- Central Hidroeléctrica 5 de Noviembre 82 MW (proyecto completado en 1954)
- Central Hidroeléctrica de GUAJOYO 15 MW (proyecto completado en 1963)
- Centrales Térmicas de Acajutla 70 MW

- Construcción de las líneas de transmisión de 115 kV y 69 kV
- Sistemas de transmisión en 115 kV y 69 kV, las cuales interconectan todas las plantas generadoras y todos los centros de consumo del país.
- Sistema de subtransmisión, el cual provee energía eléctrica a las ciudades principales y áreas de agricultura y ganadería.
- Sistemas rurales de distribución, los cuales atienden a pequeñas poblaciones, industrias, fincas agrícolas, granjas y comunidades rurales.



(Fuente: <http://www.cel.gob.sv/>)

**Figura 2.2.1 Central Hidroeléctrica 5 de Noviembre**

CEL continuó con su ritmo constante de expansión y crecimiento, comenzó con estudios para la construcción de otra central y el desarrollo de la energía geotérmica, recurrió a la producción de energía proveniente de combustibles fósiles y ejecutó dos grandes proyectos para el desarrollo de fuentes propias de energía: Planta Geotérmica de Ahuachapán 95 MW y la Central Hidroeléctrica Cerrón Grande 172.8 MW en 1976.

En 1978 comenzó un período difícil para el país, y se desarrolló un conflicto armado desde 1980 hasta 1992; como resultado de esto, la propiedad de CEL sufrió daños, en especial las líneas de transmisión y distribución. A pesar de la situación, CEL continuó con los trabajos y estudios en la central hidroeléctrica de San Lorenzo, en el sistema de transmisión y en la investigación de la energía geotérmica en varias partes del país, además de muchos más trabajos de electrificación. Durante este período, CEL terminó la construcción de la Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre en 1983, la cual se convirtió en la mayor capacidad instalada en el país (180 MW).



### 2.2.1.2 Actividades desde 1996 hasta la fecha

Debido a la reestructuración a gran escala del sector eléctrico en 1996, las principales actividades de CEL se dividieron en generación, transmisión, distribución y comercialización. Posteriormente, tres empresas se constituyeron para realizar algunas de estas actividades: la compañía geotérmica LaGeo (creada en 1999), la compañía de transmisión ETESAL (creada en 1999) y la institución operadora del mercado mayorista UT.

A partir de este proceso de modernización, las funciones de CEL se reducen a: 1) La operación de cuatro Centrales Hidroeléctricas del país, 2) Administrar empresas subsidiarias y 3) A la realización de estudios y proyectos para ampliar la capacidad instalada de tan importante fuente energética. La CEL está actualmente expandiendo sus actividades considerando políticas de calidad y responsabilidad social dedicándose a la investigación de nuevos sitios y formas alternativas de generación eléctrica, tales como la energía solar fotovoltaica y eólica. Al ser sus actividades primarias la generación y la comercialización de energía, CEL está a cargo de la administración general del Río Lempa, así como del desarrollo de nuevos proyectos para las fuentes de energías renovables

## 2.3 Situación Actual de las Empresas Eléctricas Privadas

Acorde a los datos estadísticos provenientes de SIGET (2010), las empresas eléctricas privadas pertenecientes al sector eléctrico de El Salvador y operadores en el Mercado Mayorista de energía eléctrica, están compuestas por subsectores divididos de la siguiente manera: doce (12) empresas generadoras, una (1) empresa de transmisión, ocho (8) empresas de distribución y trece (13) empresas de comercialización.

La situación actual de cada subsector es descrito a continuación:

### 2.3.1 Empresas Generadoras

De las doce empresas generadoras, las siguientes empresas están encargadas de generar energía usando fuentes de energía renovable.

- CEL
- La Geo: Posee dos (2) centrales de energía geotérmica (Ahuachapán y Berlín)
- CASSA: Compañía Azucarera Salvadoreña S.A.
- El Ángel
- La Cabaña

La Geo es la empresa especializada en el desarrollo de energía geotérmica y antes de 1999 formaba parte de la CEL. Esta empresa comprende la Central Geotérmica de Ahuachapán, la cual genera 95 MW, y la Central Geotérmica de Berlín, la cual genera 109 MW, con un total de 14% de la cuota de la capacidad instalada y 25% de participación en la generación eléctrica.

CASSA, El Ángel y La Cabaña emplean directamente el bagazo de la caña de azúcar como combustible para generar energía a través de turbinas a vapor. Estas centrales generan energía durante el período de

zafra, es decir, entre Noviembre y Abril. De las doce empresas generadoras, ocho trabajan con fuentes de energía no renovables, y son: Duke Energy International, Nejapa Power Company, Cemento de El Salvador, Textufil, Inversiones Energéticas, Energía Borealis, Generadora Eléctrica Central (GECSA) e HILCASA Energy.

### **2.3.2 Empresa de Transmisión**

Existe solo una empresa de transmisión llamada Empresa Transmisora de El Salvador S.A. de C.V (ETESAL). ETESAL no solo está encargada de la transmisión eléctrica y el mantenimiento de la red de líneas de transmisión, sino también de la expansión, ampliación y refuerzo de la red de transmisión.

ETESAL posee dos líneas de transmisión internacional de 230 kV con Guatemala y Honduras, y dos subestaciones para esta conexión, Ahuachapán y la 15 de Septiembre. ETESAL también posee 37 líneas de transmisión internas de 115 kV y 22 subestaciones. Las líneas de transmisión internas tienen una longitud total de 1,204 km.

### **2.3.3 Empresas de Distribución**

Las siguientes ocho empresas son las encargadas de la distribución eléctrica y se ubican estratégicamente por regiones:

(1) CAESS, (2) AES-CLESSA, (3) AES-EEO, (4)AES- DEUSEM, (5) DELSUR, (6) EDESAL, (7) B&D, (8) Abruzzo

las primeras cuatro pertenecen a la Corporación AES, empresa privada trasnacional. En la Tabla 2.3.1 podemos observar un listado de las empresas, con su número de clientes y su participación en las ventas de energía a nivel Nacional; y en la Figura 2.3.1 se muestran las áreas donde estas empresas principalmente operan. La participación en ventas de la Corporación AES es mayor al 70%. La siguiente empresa con mayor porcentaje de participación en ventas es DELSUR.

**Tabla 2.3.1 Número de Clientes y la Participación en Ventas de las Empresas de Distribución**

No.	Empresas de Distribucion	Numero de Clientes	Porcentaje de participacion de las ventas totales (%)	Observaciones
1	CAESS	529,842	44.0	Grupo AES
2	AES-CLESSA	317,395	17.5	Grupo AES
3	AES-EEO	242,705	10.5	Grupo AES
4	AES-DEUSEM	64,367	2.4	Grupo AES
5	DELSUR	320,706	24.7	
6	EDESAL	9,736	0.6	
7	B&D, Abruzzo	93	0.4	
	Total	1,484,844	100.0	

(Fuente: Boletín de Estadísticas Eléctricas N° 12 (SIGET, 2010))

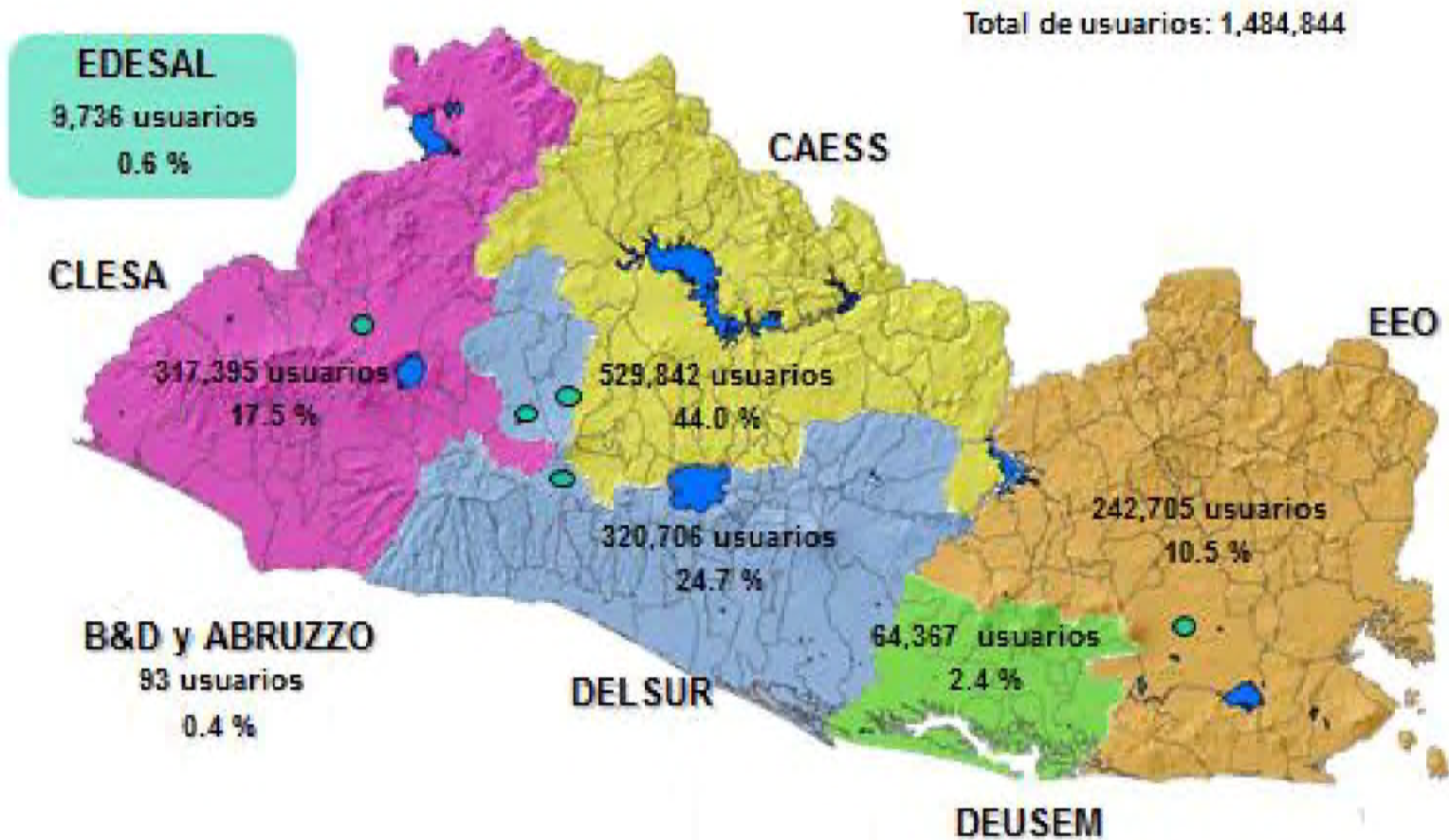
### 2.3.4 Empresas Comercializadoras

De acuerdo al boletín estadístico de la SIGET del 2010, algunas empresas comercializadoras están registradas. La principal actividad de estas empresas es el comercio de energía eléctrica con los países vecinos de acuerdo con el mismo boletín. Las ocho empresas de comercio de energía eléctrica que se muestran en la tabla 2.3.2. son las que reportaron movimientos de exportación e importación de energía eléctrica para el año antes citado. El registro real de la comercialización fue: importaciones totales de 74,2 GWh, exportaciones totales de 89,0 GWh, y la relación en el mercado mayorista fue de 1% a 3% del total de la energía inyectada, la cual fue de 5,650.6 GWh.

**Tabla 2.3.2 Comercialización de Energía de Empresas de Marketing (comercializadoras)**

No.	Nombre de Compañía	Energía (GWh)	
		Importación	Exportación
1	CLESA	3.1	-
2	EXCELERGY	21.1	13.4
3	Cenérgica	16.9	7.4
4	Merceléc	44.0	40.0
5	ORIGEM	11.7	2.3
6	CECAM	63.7	25.7
7	CENER	2.8	-
8	INE-COM	10.9	0.2
	Total	174.2	89.0

(Fuente: Statistic bulletin of SIGET in 2010)



(Fuente: Boletín de Estadísticas Eléctricas N° 12 (SIGET, 2010))

**Figura 2.3.1 Áreas de Servicio, Número de Clientes y la Participación en Ventas (%) de las Empresas de Distribución**

## 2.4 Situación de cooperación por parte de los Donantes

Los proyectos relacionados con el desarrollo de las energías renovables en El Salvador son descritos en el Capítulo 4 (Proyectos Existentes y en Desarrollo con fuentes de Energía Renovable) de este informe. De estos el proyecto que más se relaciona con el plan maestro es el siguiente: Estudio y Propuesta del Marco Regulatorio para la promoción de Energías Renovables en El Salvador (AEA-CNE, 2011), y en adelante será denominado como “Estudio del Marco Regulatorio”.

El consultor encargado del Estudio del Marco Regulatorio informó sobre los lineamientos y los resultados provisionales que el estudio generó al equipo de estudio de JICA en Septiembre 2011. Los resultados son presentados a continuación.

El Estudio del Marco Regulatorio empezó en Enero 2011 y fue ejecutado siguiendo las cuatro etapas de:

- A. Diagnóstico
- B. Diseño
- C. Desarrollo de Estándares
- D. Implementación

De las cuatro etapas, las primeras tres (1) Diagnóstico, (2) Diseño y (3) Desarrollo de Estándares se concluyeron en Agosto del 2011, con la ayuda financiera de AEA. En este momento el estudio se encuentra en la etapa de implementación, la cual dio inicio en Octubre 2001 con la ayuda financiera del Banco Interamericano para el Desarrollo (BID).

La etapa de implementación está prevista para que continúe hasta septiembre de 2012. En el estudio de plan maestro, la recomendación se preparará teniendo en cuenta tres aspectos, es decir, el aspecto técnico, económico y los aspectos financieros y ambientales con respecto a los requisitos de las energías renovables. Para la preparación, el equipo de estudio también prestará atención a que la recomendación será útil para el en curso paralelo del Marco Regulatorio. Los detalles se describen en el capítulo 9.

## 2.5 El Papel de las Energías Renovables en el Sector Eléctrico

En esta sección se evalúa el papel de las energías renovables en el Sector Eléctrico de El Salvador en términos de capacidad instalada y generación de energía eléctrica. La evaluación se hace tomando como base las informaciones estadísticas de SIGET y la UT.

### 2.5.1 En función de la capacidad instalada

De acuerdo con las estadísticas de la SIGET, en la Tabla 2.5.1 se muestran las Centrales Eléctricas existentes en El Salvador al 31 de Diciembre del 2010.

En términos de capacidad efectiva, la proporción de recursos de energía queda definida como: energía hidroeléctrica 34.0%; geotérmica 13.2%, térmica 47.3% y biomasa 5.5%. El porcentaje de energía renovable (incluyendo la energía hidroeléctrica con capacidad instalada mayor a 20 MW) es 52.7% respecto al total de capacidad efectiva. Sin embargo, como se muestra en la Figura 2.5.2 (similar a la Figura 1.1.2 del Capítulo 1), las tendencias más recientes muestran que la introducción de centrales

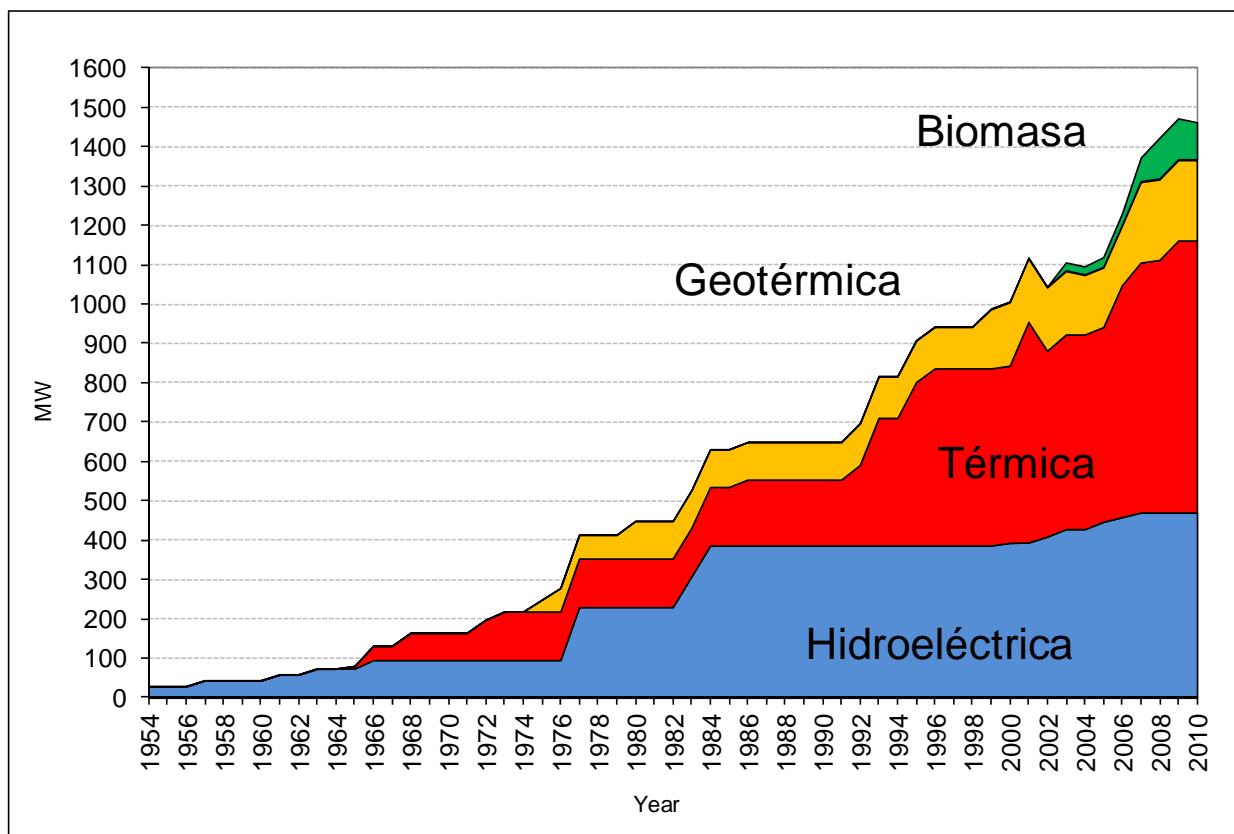
térmicas se aceleró después de la liberalización del mercado eléctrico en los años 90 para afrontar el rápido crecimiento de la demanda. La introducción de las centrales térmicas, por empresas privadas, parece haber sido acelerada debido a su relativo bajo costo de instalación y su bajo nivel riesgo.

El papel de las energías renovables en función de capacidad instalada puede ser dirigido para obtener una reducción del porcentaje de centrales térmicas, las cuales basan el 100% de su producción de energía en combustibles importados. Debido al aumento acelerado de los precios de los combustibles fósiles, la reducción del porcentaje de energía proveniente de centrales térmicas, contribuirá a reducir el precio de la tarifa eléctrica, lo cual es esencial para el sector eléctrico.

**Tabla 2.5.1 Tipo de Recursos, capacidad instalada y capacidad efectiva de centrales eléctricas en El Salvador**

No.	Nombre de la Central	Número de Unidades	Capacidad Instalada		Capacidad Efectiva	
			(MW)	%	(MW)	%
	<b>Hidroeléctrica</b>		<b>472.0</b>	<b>32.3%</b>	<b>472.0</b>	<b>34.0%</b>
1	Guajoyo	(1x19.8)	19.8	1.36	19.8	1.43
2	Cerrón Grande	(2x86.4)	172.8	11.83	172.8	12.44
3	5 de Noviembre	(3x20)+(1x18.0)+(1x21.40)	99.4	6.8	99.4	7.15
4	15 de Septiembre	(2x90)	180	12.32	180	12.96
	<b>Geotérmica</b>		<b>204.4</b>	<b>14.0%</b>	<b>183.8</b>	<b>13.2%</b>
1	Ahuachapán	(2x30.00)+(1x35.00)	95	6.5	80	5.76
2	Berlín	(2x 28.12)+(1x44)+(1x9.2)	109.4	7.49	103.8	7.47
	<b>Térmica</b>		<b>691.2</b>	<b>47.3%</b>	<b>657.5</b>	<b>47.3%</b>
1	Duke Energy		338.3	23.2	312.0	22.5
	(a) Acajutla	Vapor (1x30.0)+(1x33.0)	63	4.31	61	4.39
		Gas (1x82.1)	82.1	5.62	64	4.61
		Diesel (6x16.5)+(3x17.0)	150	10.27	145	10.44
		Diesel (1x27)	27	1.85	27	1.94
	(b) Soyapango	Diesel (3x5.4)	16.2	1.11	15	1.08
2	Nejapa Power	Diesel (27x5.33)	144	9.86	141	10.15
3	Cemento de El Salvador	Diesel (3x6.40)+(2x6.70)	32.6	2.23	32.6	2.35
4	Inversiones Energéticas	Diesel (3x16.5) + (6x8.45)	100.2	6.9	100.2	7.2
5	Textufil	Diesel (2x3.6)+(2x7.05)+(1x7.38)+(2x7.72)	44.1	3.0	40.5	2.9
6	GECSA	Diesel (3x3.8704)	11.6	0.8	11.0	0.8
7	Energía Borealis	Diesel (8x1.7)	13.6	0.9	13.4	1.0
8	HILCASA Energy	Diesel (4x1.7)	6.8	0.5	6.8	0.5
	<b>Biomasa</b>		<b>93.5</b>	<b>6.4%</b>	<b>76.0</b>	<b>5.5%</b>
1	CASSA	(1x25)+(1x20)+(2x7.5)	50.0	3.4	45.0	3.2
2	Ingenio El Angel	(1x10)+(1x12.5)	22.5	1.5	13.0	0.9
3	Ingenio La Cabaña	(1x1.5)+(1x2)+(1x7.5)+(1x10)	21.0	1.4	18.0	1.3
	<b>Total</b>		<b>1,461.1</b>	<b>100.0%</b>	<b>1,389.3</b>	<b>100.0%</b>

(Fuente: Boletín de Estadísticas Eléctricas N° 12 (SIGET, 2010))



(Fuente: Boletín de estadísticas de electricidad No. 12 (SIGET, Junio2010))

**Figura 2.5.1 Evolución Anual de la Capacidad Instalada por Tipo de Recurso**

## 2.5.2 En función de la generación de energía eléctrica

### 2.5.2.1 En función de generación de energía eléctrica anual

#### (1) Generación de energía eléctrica anual

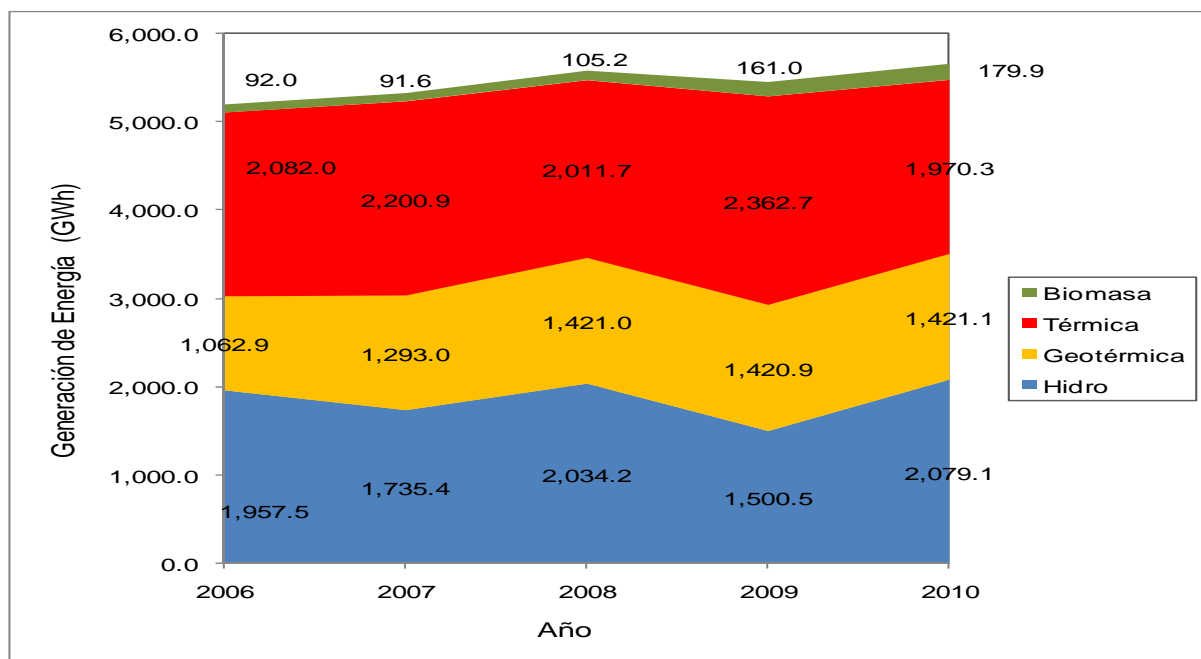
La Figura 2.5.2 y la Tabla 2.5.2 muestran el comportamiento de la generación de energía eléctrica anual por tipo de recurso de energía que fue inyectado al mercado mayorista durante el período de 2006 a 2010. La generación de energía eléctrica anual aumento alrededor de 1.7% por año en los últimos cinco años. Los recursos de energía comprenden: energía hidroeléctrica y térmica (30 a 40% cada una), geotérmica (cerca de 25%) y biomasa (el resto).

Se puede observar un aumento de generación geotérmica, en la producción de la energía desde 2006 hasta 2008, y esto se debe a: la recuperación de la potencia de salida de la Central de Energía Geotérmica de Ahuachapán, y las ampliaciones de la unidad número 3 (44 MW) y la unidad número 4 (9.4 MW) de la central geotérmica de Berlín. Desde 2008, la geotermia produce continuamente energía estable de 1,421 GWh por año.

Al analizar cada fuente de energía a nivel global podemos observar lo siguiente:

- La energía geotérmica y biomasa inyectan energía continua para atender la carga base.
- La energía hidroeléctrica fluctúa en cierta medida debido a las condiciones hidrológicas.

- La fluctuación de la energía hidroeléctrica es compensada por la energía térmica.



(Fuente: Reporte Anual de la UT 2006 a 2010)

**Figura 2.5.2 Generación de energía eléctrica anual por tipo de recurso de energía 2006 – 2010**

**Tabla 2.5.2 Generación de energía eléctrica anual por tipo de fuente de energía 2006 - 2010**

	2006	2007	2008	2009	2010
Hidroeléctrica	1,957.5	1,735.4	2,034.2	1,500.5	2,079.1
Geotérmica	1,062.9	1,293.0	1,421.0	1,420.9	1,421.1
Térmica	2,082.0	2,200.9	2,011.7	2,362.7	1,970.3
Biomasa	92.0	91.6	105.2	161.0	179.9
Total	5,194.4	5,320.9	5,572.1	5,445.1	5,650.4

(Fuente: Reporte Anual de la UT 2006 a 2010)

### 2.5.2.2 En función de generación mensual

Las Tablas 2.5.3 y 2.5.4 muestran la situación actual de la generación de energía eléctrica mensual de los años 2009 y 2010, respectivamente. Las gráficas correspondientes son presentadas en las Figuras 2.5.3 y 2.5.4, respectivamente.



**Tabla 2.5.3 Generación de Energía Eléctrica Mensual en 2009 (GWh)**

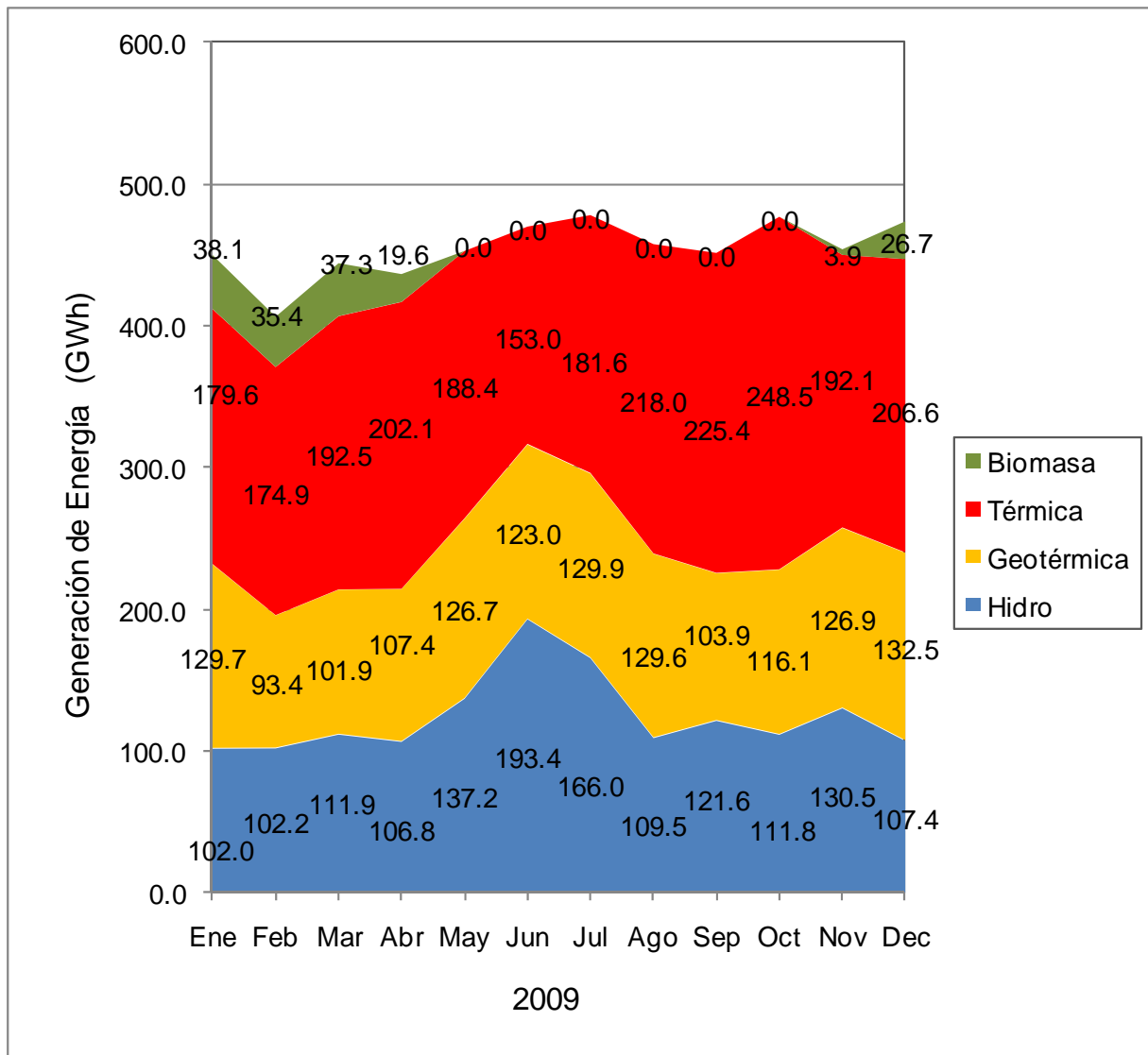
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Hydro	102.0	102.2	111.9	106.8	137.2	193.4	166.0	109.5	121.6	111.8	130.5	107.4	1,500.3
Geothermal	129.7	93.4	101.9	107.4	126.7	123.0	129.9	129.6	103.9	116.1	126.9	132.5	1,421.0
Thermal	179.6	174.9	192.5	202.1	188.4	153.0	181.6	218.0	225.4	248.5	192.1	206.6	2,362.7
Biomass	38.1	35.4	37.3	19.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	26.7	161.0
Total	449.4	405.9	443.6	435.9	452.3	469.4	477.5	457.1	450.9	476.4	453.4	473.2	5,445.0

(Fuente: Reporte Anual de la UT 2009)

**Tabla 2.5.4 Generación de Energía Eléctrica Mensual en 2010 (GWh)**

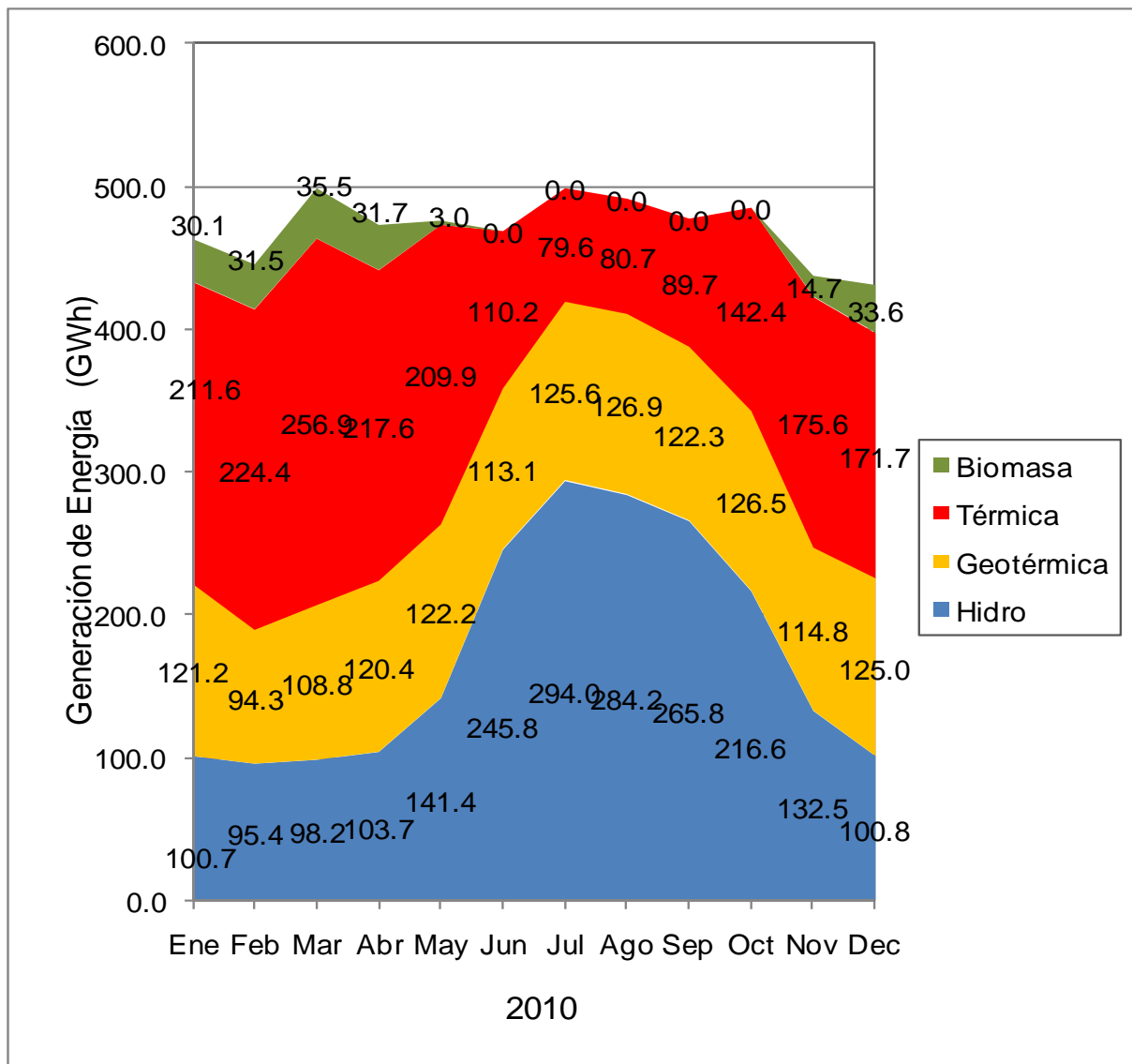
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Hydro	100.7	95.4	98.2	103.7	141.4	245.8	294.0	284.2	265.8	216.6	132.5	100.8	2,079.1
Geothermal	121.2	94.3	108.8	120.4	122.2	113.1	125.6	126.9	122.3	126.5	114.8	125.0	1,421.1
Thermal	211.6	224.4	256.9	217.6	209.9	110.2	79.6	80.7	89.7	142.4	175.6	171.7	1,970.3
Biomass	30.1	31.5	35.5	31.7	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.7	33.6	180.1
Total	463.6	445.6	499.4	473.4	476.5	469.1	499.2	491.8	477.8	485.5	437.6	431.1	5,650.6

(Fuente: Reporte Anual de la UT 2010)



(Fuente: Reporte Anual de la UT 2009)

**Figure 2.5.3 Generación de Energía Eléctrica Mensual (2009)**



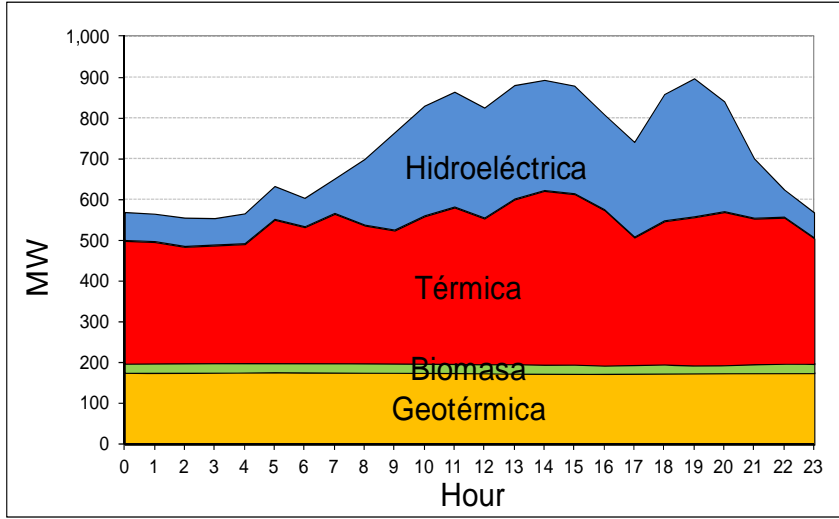
(Fuente: Reporte Anual de la UT 2009)

**Figura 2.5.4 Generación de Energía Eléctrica Mensual (2010)**

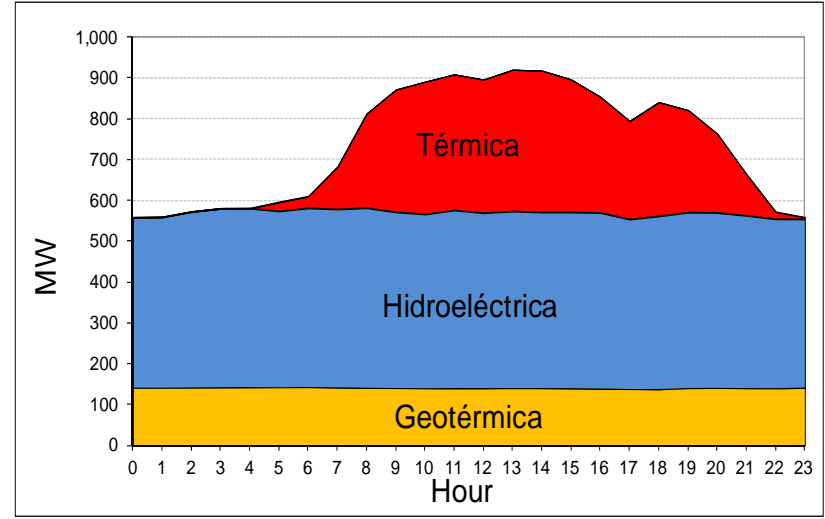
Como se describió en la sección anterior (Generación de energía eléctrica anual), la generación hidroeléctrica en 2009 fue de 1,500.5 GWh, lo cual representa un 25% menos respecto al 2010 (2,079.1 GWh) y este déficit fue cubierto por la energía térmica. Debido que el costo unitario de generación por energía hidroeléctrica es más barato que la generación por energía térmica, la energía hidroeléctrica se inyecta primero a la red, en el mercado mayorista. Al final, el balance de energía será cubierto por la energía térmica. Por otro lado, la generación por energía geotérmica mantiene una inyección constante durante del año. La generación por biomasa es inyectada solamente en el período comprendido desde Noviembre hasta Abril, el cual es el período de cosecha de la caña de azúcar. Dicho período es la época seca en El Salvador y la producción de la energía hidroeléctrica tiende a disminuir. La biomasa podría intentar cubrir el déficit de la energía hidroeléctrica aunque la cantidad de energía producida no es significativa.

### **2.5.2.3 Curva de carga diaria**

La Figura 2.5.5 muestra la curva de carga diaria típica (en un día laboral - martes) para la época seca y lluviosa del 2011. Las formas de las curvas de carga diaria son similares. Hay dos picos en el día (10 a.m. a 3 p.m.) y por la tarde (7 p.m. a 8 p.m.). En la época lluviosa (Octubre), la energía geotérmica e hidroeléctrica suministran cargas base de aproximadamente 550 MW y la cantidad adicional de energía en las horas pico es suministrada por la energía térmica. En la época seca (Marzo), la energía geotérmica, térmica y biomasa proveen la carga base. Debido a la disminución de la descarga del río, la potencia de salida de la energía hidroeléctrica también disminuye, sin embargo las centrales hidroeléctricas de tipo reservorio son operadas para satisfacer los picos de la demanda. Como las centrales de biomasa usan bagazo, la generación está limitada al período que comprende desde Noviembre hasta Abril. No hay generación de energía en otros períodos.



(a) Curva de Carga Diaria en época seca  
8 de Marzo (Martes), 2011



(b) Curva de Carga Diaria en época lluviosa  
4 de Octubre (Martes), 2011

(Fuente: Reporte de Inyecciones y Exportaciones, Unidad de Transacciones, 2011)

Figura 2.5.5 Curvas de Carga Diaria por Tipo de Fuente

Las curvas de carga diaria anteriores muestran la cantidad de energía (en MW) inyectada al mercado mayorista, las cuales no incluyen la inyección del mercado minorista.

#### **2.5.2.4 Recursos de Energía Renovables**

En términos de capacidad instalada y generación de energía eléctrica, el papel de las energías renovables puede ser resumido de la siguiente manera:

##### **A) Energía Hidroeléctrica**

Durante el Período de lluvia, cuando el recurso de agua es abundante, la energía hidroeléctrica es inyectada al mercado mayorista antes que la energía proveniente de los otros recursos, ya que, tiene un costo de generación más barato. Sin embargo, durante el Período de escasez de agua, como en la época seca, el déficit es cubierto por la energía térmica y otros recursos.

##### **B) Energía Geotérmica**

Hay un suministro de energía geotérmica constante durante todo el año y cubre cerca de una cuarta parte del total de la energía inyectada. La Energía Geotérmica es considerada como uno de los recursos más importantes de energía.

##### **C) Energía por Biomasa**

En términos de proporción la capacidad instalada y la generación de energía eléctrica con recursos de biomasa es relativamente pequeña. Las plantas de energía existentes usan bagazo de caña de azúcar para la generación de energía, lo cual, solamente es posible durante los seis meses del período de zafra de la caña de azúcar (desde el mes de Noviembre hasta el mes de Abril). Durante ese período, la biomasa cubre el déficit dejado por la energía hidroeléctrica aunque la cantidad no es significativa.

## Capítulo 3 Leyes, Reglamentos y Normas relacionadas con el Sector Eléctrico

### 3.1 Leyes, Reglamentos y Normas Medioambientales

#### 3.1.1 Normativas y Legislaciones

Para el desarrollo de proyectos de energías renovables en El Salvador se deben tomar en cuenta las leyes y los reglamentos relacionados a la protección del medio ambiente. Bajo norma constitucional, la Ley de Medio Ambiente establece el marco legal, como: políticas, procedimientos e instituciones encargadas de su regulación. A continuación se presentan la normativa y legislación relacionadas a la gestión ambiental.

**Tabla 3.1.1a Normativa y Legislación relacionada a la Gestión ambiental**

Legislación	Función
<b>&lt; Medio Ambiente en general &gt;</b>	
Constitución de la República de El Salvador	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regula todo lo relacionado al medio ambiente de manera general (Art. 36, 60, 65, 69, 101, 102, 113, 117)</li> <li>- Reconoce la propiedad como un derecho inviolable y establece los casos en que una persona puede ser privada de sus bienes por asunto de interés público legalmente comprobado y con indemnización justa.</li> </ul>
Ley del Medio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establece: Proteger, conservar y recuperar el medio ambiente.</li> <li>- Los Art. 16-27 y 29 se refieren a todo lo relacionado con el Estudio de Impacto Ambiental, el Art. 62-65 sobre aprovechamiento de recursos naturales, el Art. 86 contempla todas aquellas acciones consideradas como infracciones ambientales, etc.</li> </ul>
Reglamento General de la Ley del Medio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establece que el MARN es el responsable de elaborar los términos de referencias (TDR); de acuerdo a la envergadura de las actividades obras o proyectos, el titular deberá elaborar o no el estudio de impacto ambiental (EsIA). Art. 20. Arts. 12 y 32 sobre Consulta pública, Art. 22 Categorización ambiental Art. 19 proceso de evaluación ambiental, Art. 21 contenido del Formulario ambiental, Art. 23-28 Contenido del EsIA y sus componentes. Art. 34-39 permiso ambiental, fianza y auditorias.</li> </ul>
Categorización de actividades, obras o proyectos conforme a la Ley del Medio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presenta los criterios para clasificar ambientalmente proyectos nuevos. Art. 21, 22, etc. Las pequeñas centrales hidroeléctricas (Las PCHs) no están categorizadas por el MARN</li> <li>- (está en fase de aprobación)</li> </ul>
Ley de Riego y Avenamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regula el uso de aguas, suelos, flora y fauna, recursos minerales y energéticos, saneamiento ambiental y recursos naturales.</li> </ul>
Código Municipal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regula el ordenamiento territorial del municipio, cubriendo los bosques, aguas, suelos, flora y fauna, recursos minerales y energéticos y el saneamiento ambiental.</li> <li>- Todas las ordenanzas municipales que emita el municipio donde se desarrolle el proyecto, las cuales pueden involucrar: ordenanzas para la gestión ambiental, ordenanzas sobre impuestos específicos hacia la actividad a desarrollar, etc.</li> </ul>
Código Penal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establece las sanciones correspondientes por violar la legislación ambiental.</li> </ul>

(Fuente: Equipo de Estudio JICA)

**Tabla 3.1.1b Normativa y Legislación relacionada a la Gestión ambiental**

<b>&lt; Contaminación y Residuos &gt;</b>	
Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental	- Establece los estándares de calidad ambiental, control de ruido, control de olores contaminantes, calidad del agua, calidad del suelo y disposiciones finales. Art. 6 límite de vertido y emisiones, Art. 19 calidad del agua del medio receptor. Art. 20 y 21 aguas
Reglamento especial de aguas residuales	- Tiene por objeto velar porque las aguas residuales no alteren la calidad de los medios receptores, para contribuir a la recuperación, protección y aprovechamiento sostenibles del recurso hídrico respecto de los efectos de la contaminación.
Reglamento sobre la calidad del agua el control de vertidos y las zonas de protección	- Art. 19 Establece que las descargas de residuos sólidos, líquidos o gaseosos a los diferentes medios acuáticos, alcantarillado sanitario y obras de tratamiento no podrán ser efectuados sin la previa autorización de la Autoridad Competente.
NSO 13.11.01:01 Norma Salvadoreña Obligatoria para Calidad del aire ambiental. Inmisiones atmosféricas	- Oficializada en el Diario Oficial 156 Tomo 360 el 26/08/2003. Esta norma tiene como objetivo establecer los límites de inmisión de los principales contaminantes del aire, que garantizan una calidad del aire ambiental aceptable para la salud y la vida humana en particular y para la vida silvestre en general.
NSO 13.49.01:09 Norma Salvadoreña Obligatoria para agua. Aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor	- Oficializada en el Diario Oficial 48 Tomo 382 el 11/03/2009. Esta norma tiene como objetivo establecer las características y valores físico-químicos, microbiológicos y radioactivos permisibles que debe presentar el agua residual para proteger y rescatar los cuerpos receptores.
Ley de ANDA	- Art. 70. ANDA. gozará de preferencia, para el uso o aprovechamiento de cualquier cuerpo de aguas u otros bienes de propiedad nacional o privada, que sean considerados necesarios para abastecimiento de aguas de descarga de alcantarillados sanitarios, sobre cualquier derecho que con las mismas finalidades tuvieren o alegaren personas naturales o jurídicas, organismos oficiales o semioficiales.
Código Civil	- Regula la descarga de aguas.
Reglamento especial en materia de sustancias, residuos y desechos peligrosos	- Tienen por objeto reglamentar la Ley del Ambiente, en lo que se refiere actividades relacionadas con sustancias, residuos y desechos peligrosos.
Reglamento especial sobre el manejo integral de los desechos sólidos	- Tiene por objeto regular el manejo de los desechos sólidos. El alcance del mismo será el manejo de desechos sólidos de origen domiciliario, comercial, de servicios o institucional; sean procedentes de la limpieza de áreas públicas, o industriales similares a domiciliarios, y de los sólidos sanitarios que no sean peligrosos.
Manual de Operaciones del Banco Mundial. Políticas operacionales del Banco Mundial.	OP 4.01, Evaluación Ambiental, de enero de 1999, que contiene el texto autorizado de esta directriz según fue aprobada por el Banco Mundial.

(Fuente: Equipo de Estudio JICA)



**Tabla 3.1.1c Normativa y Legislación relacionada a la Gestión ambiental**

<b>&lt;Áreas Naturales Protegidas y Forestal &gt;</b>	
Ley de Áreas Naturales Protegidas	- Regula el establecimiento, administración, manejo e incremento de las Áreas Naturales Protegidas con el fin de conservar la biodiversidad.
Ley Forestal y su Reglamento	- Establece las disposiciones que permiten el incremento, manejo y aprovechamiento en forma sostenible de los recursos forestales. Art. 23 áreas de uso restringido. Art. 21 del Reglamento: transporte-almacenamiento de productos forestales: extracción de vegetación
Listado Oficial de Especies de Vida Silvestre Amenazadas o en Peligro de Extinción y Lista Roja Especies Amenazadas y en Peligro UICN 2010	- Protege el estatus de las especies, en peligro de extinción, amenazadas, etc. - Listado oficial del MARN 2009. Diario Oficial No. 103, Tomo 383, del 5 de junio de 2009.
Ley de Conservación de la Vida Silvestre	- Establece la protección de toda especie que sea parte de la diversidad biológica del país.

(Fuente: Equipo de Estudio JICA)

**Tabla 3.1.1d Normativa y Legislación relacionada a la Gestión ambiental**

<b>&lt; Desarrollo Urbano y Uso de la Tierra &gt;</b>	
Ley de Urbanismo y Construcción y su Reglamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regula y controla el desarrollo urbano, solicitando los permisos ambientales o el cumplimiento del trámite ambiental.</li> <li>- Establece la necesidad de implementación de reasentamientos humanos colectivos.</li> </ul>
Ley de Expropiación y de Ocupación de Bienes por el Estado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dispone la expropiación y ocupación de bienes a fin de utilidad pública.</li> </ul>
Ley Especial de Protección al Patrimonio Cultural de El Salvador y su Reglamento	Establece la necesidad de conservación del patrimonio cultura salvadoreño, así como el procedimiento para la obtención de una licencia del proyecto, en caso de hallazgos arqueológicos en el área del proyecto. Este procedimiento se tiene que canalizar a través de la Secretaria de Cultura.
Ley de Ordenamiento y Desarrollo territorial. Decreto No. 644, Tomo No. 392, publicado en el Diario Oficial No. 143, en fecha 29 de Julio de 2011.	El Objeto es desarrollar los principios Constitucionales relacionados con el ordenamiento y desarrollo territorial; establecer las disposiciones que regirán los procesos de ordenamiento y desarrollo territorial; enumerar los principios rectores de la administración pública y municipal; organizar la institucionalidad que implementara la ley y sus funciones; regular los instrumentos de planificación, programación, evaluación y gestión territorial; así como, el régimen sancionatorio aplicable a la violación de sus disposiciones.
Ley de Ordenamiento y Desarrollo territorial del Área Metropolitana de San Salvador y Municipios aledaños, AMSS. Decreto Legislativo 855, publicado en el Diario Oficial No. 88, Tomo No. 383, de fecha 15 de mayo de 2009.	La presente Ley tiene por objeto regular el ordenamiento territorial y el desarrollo urbano y rural del Área Metropolitana de San Salvador y Municipios Aledaños, mediante el mejor aprovechamiento de los recursos de las distintas zonas y la plena utilización de los instrumentos de planeación.
Reglamento a la Ley de Ordenamiento y Desarrollo Territorial del AMSS y municipios aledaños. Decreto No. 4 del 4 de diciembre de 2008, Tomo 382 del 21 de enero de 2009.	El presente Reglamento tiene por objeto establecer las disposiciones que regularán el funcionamiento de las Instituciones creadas por la Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador y Municipios aledaños; establecer los procedimientos para la formulación de los diferentes Instrumentos de Planificación del Desarrollo Urbano del AMSS.
Ley de la Reforma Agraria	Describe la ley de reforma agraria como la transformación de la estructura agraria en el país, mediante la incorporación de la población rural al desarrollo económico, social y político de la nación y con la equitativa distribución de la tierra con el sistema de propiedad, tenencia y explotación que permita una adecuada organización para créditos y asistencia a los productores. La reforma agraria es de aplicación nacional y afecta todos los inmuebles por naturaleza, adherencia y destinación de uso agrícola, ganadero y forestal. El ISTA (Instituto Salvadoreño de Transformación Agraria) es el encargado de administrar esta ley.

(Fuente: Equipo de Estudio JICA)

**Tabla 3.1.1e Normativa y Legislación relacionada a la Gestión ambiental**

<b>&lt; Salud y Saneamiento &gt;</b>	
Código de Salud	Regula lo relativo al saneamiento ambiental, rige lo referente a la disposición adecuada de excretas y aguas servidas, la eliminación de basuras y otros desechos, la eliminación y control de insectos vectores, roedores, y otros animales dañinos, así como la higiene de los alimentos, el saneamiento y buena calidad de las construcciones en general, la higiene y seguridad en el trabajo, la eliminación y control de contaminantes del agua de consumo, del suelo y del aire, y la eliminación y control de riesgos ambientales.

(Fuente: Equipo de Estudio JICA)

**Tabla 3.1.1f Normativa y Legislación relacionada a la Gestión ambiental**

<b>&lt; Energía y Electricidad &gt;</b>	
Ley General de Electricidad. SIGET	La Ley General de Electricidad es la ley fundamental en materia de electricidad. La Ley norma las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica. Sus disposiciones son aplicables a todas las entidades que desarrollen las actividades mencionadas, sean estas de naturaleza pública o privada, independientemente de su grado de autonomía y régimen de constitución. Art. 13, para obtener las concesiones se requiere el estudio de impacto ambiental, previamente aprobado por las autoridades competentes en la materia. Art. 106. Las infracciones graves serán sancionadas por la SIGET con multa de hasta cincuenta mil colones y las muy graves con multa de hasta quinientos mil colones. Para la determinación de las sanciones, se tendrán en cuenta lo siguiente: a) El peligro resultante de la infracción para la vida y salud de las personas, la seguridad de las cosas y el medio ambiente.
Ley de Creación del Consejo Nacional de Energía. CNE	Decreto Legislativo No. 404, de enero de 2007. Consejo Nacional de Energía, que tiene por objeto proponer, gestionar y coadyuvar con los organismos correspondientes, la aprobación de estrategias energéticas que contribuyan al desarrollo socio económico del país, en armonía con el medio ambiente. Con base en el art. 5 de La Ley de Creación del CNE y por su carácter estratégico es conducido por una Junta Directiva de carácter ministerial presidida por el Ministerio de Economía e integrada por los ministros de Hacienda; Medio Ambiente; Obras Publicas; Secretaria Técnica de la Presidencia y la Defensoría del Consumidor.

(Fuente: Equipo de Estudio JICA)

**3.1.2 Instituciones relacionadas con el ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales**

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) es la institución responsable del Gobierno Central, en lo referente a la gestión ambiental. En el siguiente cuadro se listan algunas instituciones relacionadas a esta cartera de estado para el desarrollo de las energías renovables en El Salvador.

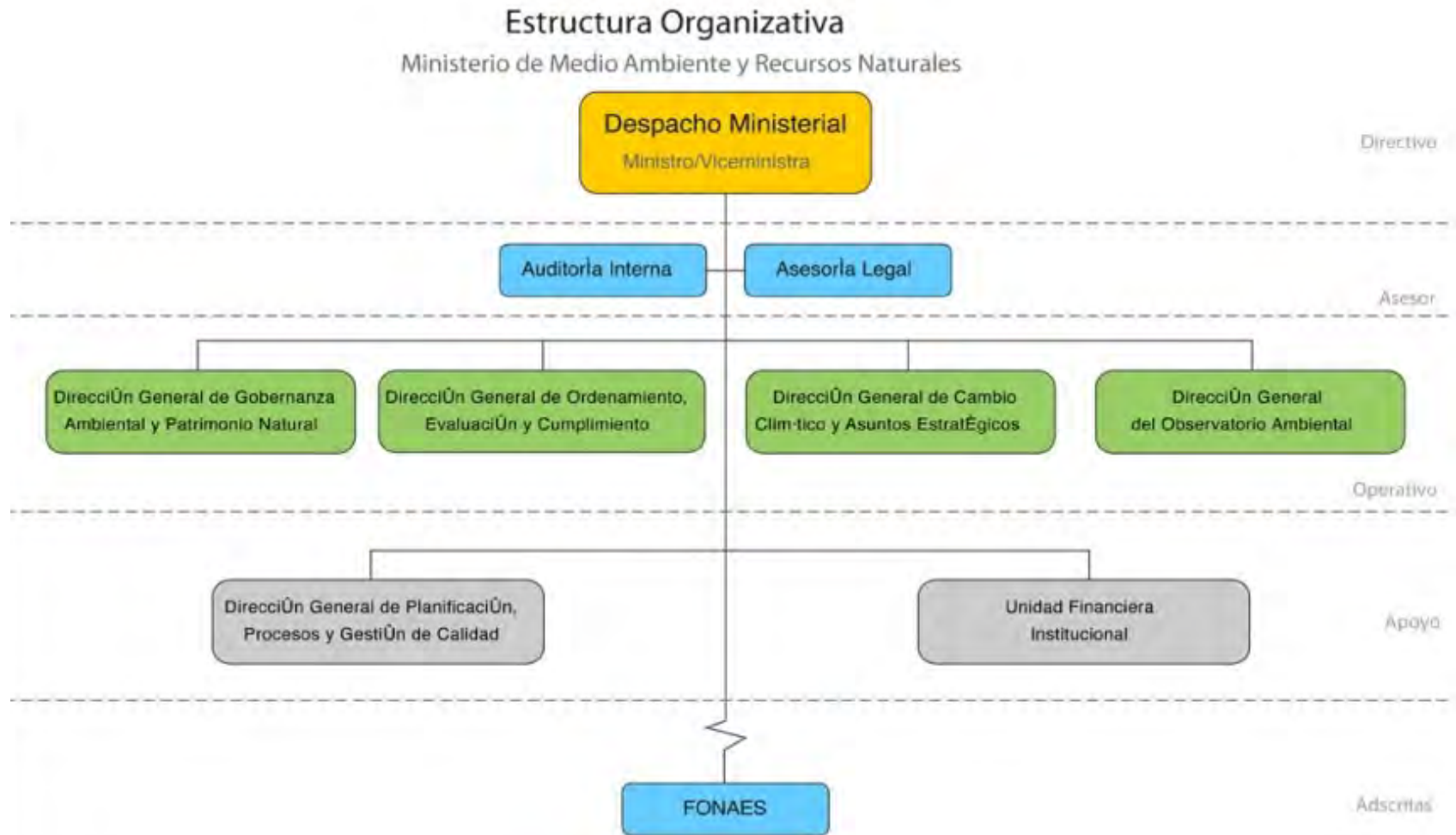
**Tabla 3.1.2 Instituciones que guardan relación con el MARN para el desarrollo de las energías renovables**

Entidad	Responsabilidad
Departamento de Control de Bienes del Estado de la Fiscalía General de la República	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Participación en los procesos voluntarios para la aprobación de anteproyectos de escrituración</li> <li>- Inscripción a favor del Estado los inmuebles adquiridos en el Registro de Propiedad respectivo</li> </ul>
Unidad Civil de la Fiscalía General de la República	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Participación en los trámites de titulación de inmuebles que no poseen escrituras de propiedades debidamente inscritas</li> <li>- Participación en los juicios de expropiación cuando sea necesario</li> </ul>
Juzgados con jurisdicción territorial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Participación para resolver los casos de litigio o conflicto, cuando los propietarios o poseedores no llegan a acuerdos sobre los términos de indemnización del inmueble a ser ocupado</li> <li>- Participación en los procesos de solución de problemas legales de los inmuebles</li> </ul>
Centro Nacional de Registros	- Institución responsable del registro catastral, provee documentación acerca de: Estado actualizado del inmueble, aprobación de planos de segregación simple, inscripción y desgravación de gravámenes, inscripción de traspaso de inmuebles a favor del Estado.
VMVDU	- Permisos de construcción y recepción de obra
Consejo Nacional de Energía	- Es el encargado de establecer e impulsar una política y estrategia energética, que contribuya al desarrollo sostenible de El Salvador.
Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET)	- La SIGET es la entidad competente para aplicar las normas sobre electricidad y telecomunicaciones contenidas en tratados internacionales vigentes en El Salvador, en las leyes y sus reglamentos, así como para conocer del incumplimiento de las mismas. Realizar todos los actos, contratos y operaciones que sean necesarios para cumplir con los objetivos que le impongan las leyes, reglamentos y demás disposiciones que rigen los sectores de Electricidad y de Telecomunicaciones. Otorga permisos de concesión.
Gobiernos Municipales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es la Unidad Política Administrativa primaria dentro de la organización estatal y realiza gestiones en cuanto a: <ul style="list-style-type: none"> <li>- La regulación y el desarrollo de planes y programas destinados a la preservación, restauración, aprovechamiento racional y mejoramiento de los recursos naturales, de acuerdo a la ley.</li> <li>- El decreto de ordenanzas y reglamentos locales.</li> <li>- La elaboración de sus tarifas de impuestos y reformas a las mismas para proponerlas como ley a la Asamblea Legislativa.</li> </ul> </li> <li>- Otorga permisos de construcción.</li> </ul>

(Fuente: Equipo de Estudio JICA)

### 3.1.2.1 Estructura del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales MARN

La estructura del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), está compuesta por cinco direcciones que son: la Dirección General de Gobernanza Ambiental y Patrimonio Natural (que organiza las consultas públicas); la Dirección General de Ordenamiento, Evaluación y Cumplimiento (que revisa y aprueba el Formulario Ambiental, y dictamina los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto Ambiental de acuerdo a la envergadura del proyecto); la Dirección General de Cambio Climático y Asuntos Estratégicos; la Dirección General de Observatorio Ambiental y la Dirección General de Planificación, Procesos y Gestión de Calidad.



(Fuente: [www.marn.gob.sv](http://www.marn.gob.sv), 19 de julio de 2011)

**Figura 3.1.1 La Estructura Organizativa del MARN**

En el marco de “La Visión Estratégica 2009 – 2014” del MARN, se considera de importancia mencionar los instrumentos de gestión pública para el rescate ambiental y la reducción de riesgos a los que esta Cartera de Estado les esta apostando en estos cinco años. Estos instrumentos son:

- Una información amplia y accesible
- La evaluación ambiental estratégica
- Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente (SINAMA)
- El informe nacional del estado del medio ambiente
- La política nacional del medio ambiente
- El plan nacional de prevención y contingencia ambiental
- El ordenamiento ambiental dentro de los planes de desarrollo y ordenamiento territorial

Entre los temas prioritarios comprendidos en la visión estratégica 2009 – 2014 están: Riesgos, Contaminación, Gobernanza Territorial y Energía. En este último tema se hace mención de los siguientes aspectos:

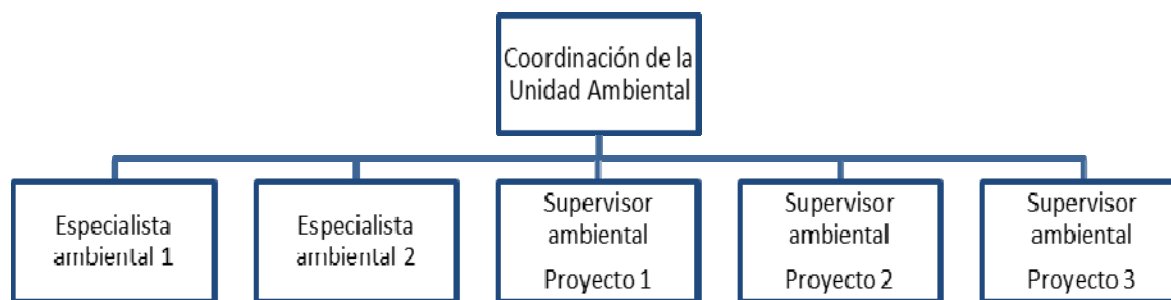
- El Salvador ha carecido de una política pública en materia de energía, se abrió a proyectos públicos y privados de generación de energía eléctrica sin contemplar adecuadamente sus *impactos ambientales* y no ha aplicado programas serios de eficiencia energética.
- El Consejo Nacional de Energía debe apuntar a ese objetivo, incorporando estratégicamente la dimensión ambiental en la política energética, a fin de facilitar el tránsito hacia un sistema energético sustentable.
- Además de ser parte de dicho Consejo, al MARN le corresponde emitir los lineamientos para la evaluación ambiental estratégica de la política energética, y facilitará su ejecución apoyando programas de conservación y uso eficiente de energía, promoviendo fuentes renovables de energía a escalas que minimicen sus impactos ambientales.
- Los programas de eficiencia energética dirigidos a los hogares serán prioritarios y pueden posibilitar una racionalización de los subsidios a corto plazo, liberando recursos para otras prioridades.

### 3.1.3 Instituciones relacionadas con las Energías Renovables y el Medio Ambiente

A continuación se presenta la estructura organizativa de las Unidades Ambientales de LaGeo y de CEL, actualmente estas instituciones son consideradas en El Salvador las más importantes en esta actividad:

#### A. Unidad Ambiental de LaGeo

La estructura de la Unidad Ambiental de LaGeo, se basa en seis ejes de acción en el plan estratégico 2011-2013. A continuación se presenta el organigrama y se describen las acciones de dichos ejes, los que incluyen también el aspecto social.



(Fuente: LaGeo)

**Figura 3.1.2 Estructura Organizativa de la Unidad Ambiental de LaGeo**

#### a. Proceso de evaluación ambiental

- En este eje se busca el cumplimiento de la legislación ambiental aplicable al desarrollo de los proyectos.
- Dentro de este eje se encuentra la elaboración de las evaluaciones ambientales y programas de manejo ambiental para cada actividad o proyecto y ejecución de los trámites requeridos ante el MARN.

#### b. Seguimiento y control de proyectos

- En este eje se realizan el seguimiento y control a los programas de manejo ambiental, seguridad y salud ocupacional de los proyectos en ejecución.
- Se busca detectar las no conformidades y llevar a cabo las correspondientes acciones preventivas y/o correctoras.

#### c. Sistematización de la gestión ambiental

- En este eje se trabaja en la estandarización y sistematización de la gestión ambiental de los proyectos geotérmicos.

#### d. Investigación y desarrollo

- En este eje se busca desarrollar la investigación enfocada al manejo o control de los aspectos ambientales identificados en el desarrollo de los proyectos geotérmicos.

### e. Comunicación y divulgación

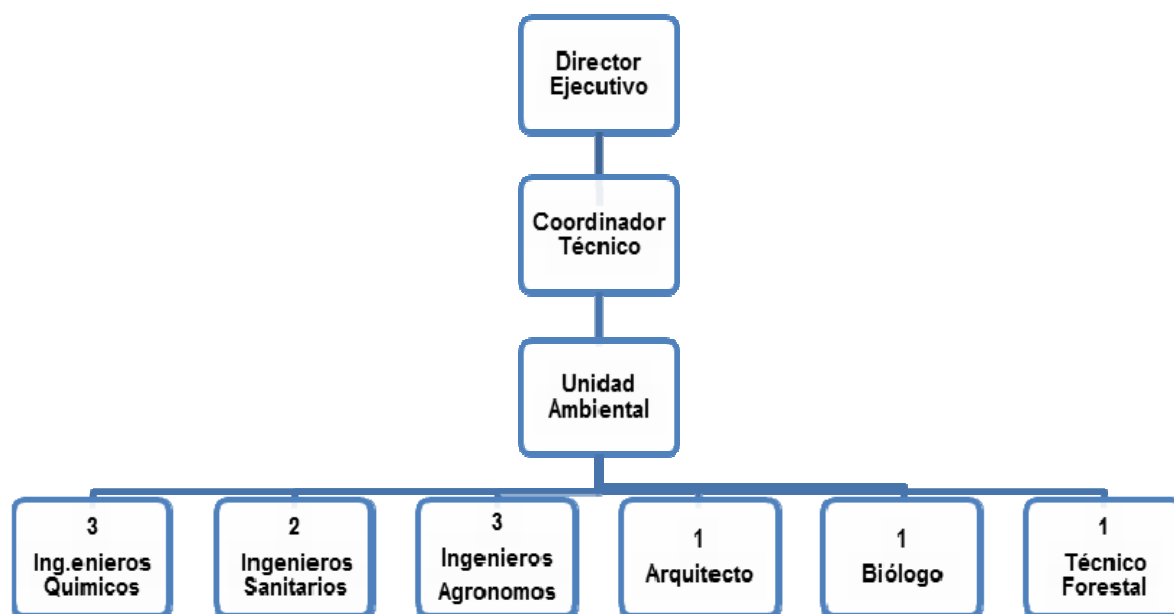
- Este eje busca la participación de la empresa en los diferentes espacios de interés para dar a conocer la gestión ambiental realizada en los proyectos geotérmicos. Esta actividad se realiza con el propósito de concientizar a las personas acerca de los beneficios ambientales del desarrollo geotérmico.

### f. Atención a imprevistos

- Dar soporte a otras actividades o requerimientos de la empresa relacionados con el medio ambiente.

## B. Unidad Ambiental de CEL

La estructura de la Unidad Ambiental de CEL, está basada en la coordinación, asesoría, apoyo, supervisión y seguimiento de las políticas, planes, programas, objetivos y acciones de la institución. A continuación se presenta el organigrama y las funciones de dicha unidad.



(Fuente: CEL)

**Figura 3.1.3 Estructura Organizativa de la Unidad Ambiental de CEL**

- Planificar y ejecutar los programas de adecuación, Planes de monitoreo, resultantes de los diagnósticos ambientales.
- Velar porque en la ejecución de los proyectos de CEL, se incorpore adecuadamente el componente ambiental.
- Ejercer la contraparte en los estudios de impacto ambiental de proyectos de CEL, y gestionar las respectivas aprobaciones ante el Ministerio de medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), y ante otras instituciones relacionadas.
- Participar en actividades de consulta pública que sean requeridas en el proceso de aprobación de estudios de impacto ambiental, de proyectos de CEL.



- Asistir y participar en reuniones y actividades de carácter ambiental, promovidas por instituciones externas a CEL.
- Contribuir en el desarrollo de actividades de normativa y manejo sostenido en la cuenca del Río Lempa, en función de los embalses y futuros proyectos de CEL.
- Organizar y actualizar el sistema de información ambiental (SIA) referente a documentación relacionada con la gestión ambiental de CEL.
- Coordinar con la Gerencia de Energías Renovables todos aquellos proyectos que involucren impacto ambiental.
- Aplicar la mejora continua en las actividades desarrolladas por la unidad.

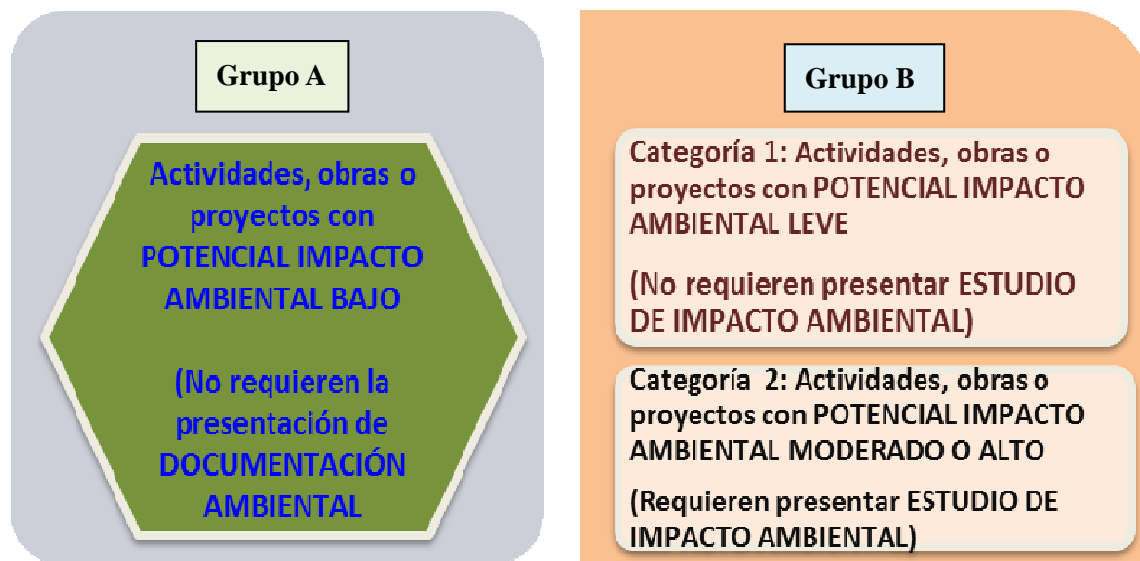
### **3.2 Procedimientos para el Estudio de Impacto Ambiental (EIA)**

Los artículos 19, 20, 21, 22 y 23 de la Ley del Medio Ambiente definen que para el inicio y operación de las actividades definidas en esta ley se deberá contar con permiso ambiental. Los proyectos de Energías Renovables requieren realizar un estudio de impacto ambiental (EsIA) y obtener el Permiso Ambiental emitido por el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Sin embargo, el MARN categoriza los proyectos con base al Art. 22 de la ley del medio ambiente. El Art. 23 de la ley dice que el EsIA se realizará por cuenta del titular. En esta sección se explica la categorización del proyecto desde el punto de vista de impacto ambiental y social. A continuación, se resume el sistema de evaluación ambiental y obtención de Permiso Ambiental, se describen los pasos que los ejecutores de proyectos deben seguir en la etapa del estudio de factibilidad del proyecto, en este caso de Energías Renovables. En el Art. 21 de la LMA se indican las actividades obras o proyectos que requieren la presentación de un EsIA y en el literal “f” de dicho artículo están incluidas las siguientes energías renovables: hidroeléctrica, geotérmica, eólica y mareomotriz.

#### **3.2.1 Categorización del Proyecto**

Este apartado se basa en el instrumento de Categorización de Actividades, obras y proyectos elaborado por el MARN. El propósito primordial es dar cumplimiento al Art. 22 de la Ley del Medio Ambiente el cual está relacionado con los artículos 18,19, 20, 21 y 24 de dicha ley. El artículo 22 de la Ley del Medio Ambiente establece que el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales categorizará la actividad obra o proyecto de acuerdo a su envergadura y a la naturaleza del impacto potencial: con ello, técnica y jurídicamente podrá determinarse la clase de documentación ambiental que el titular debe presentar, facilitando así la evaluación de impacto ambiental, entendida como el proceso o conjunto de procedimientos, que permite al Estado, en base a un Estudio de Impacto Ambiental, evaluar los impactos ambientales que la ejecución de una determinada obra, actividad o proyecto puedan causar sobre el ambiente, así como asegurar la ejecución y seguimiento de las medidas ambientales que puedan prevenir, eliminar, corregir, atender, compensar o potenciar según sea el caso, dichos impactos ambientales. Este instrumento divide las actividades en Grupo A: *Impacto ambiental potencial bajo*, lo que significa que el titular del proyecto *no* deberá presentar documentación ambiental. Grupo B: Categoría 1: Potencial impacto ambiental leve, *no requiere presentar EsIA*, y Categoría 2: Potencial impacto ambiental

moderado o alto, *requiere presentar EsIA.*



(Fuente: Equipo de Estudio JICA con base al Reglamento General de la Ley del Medio Ambiente, documentos MARN)

**Figura 3.2.1 Categorización de proyectos según el nivel con Potencial Impacto Ambiental**

### 3.2.2 EsIA y Permiso Ambiental

En El Salvador, el EsIA se realiza con base a la Ley del Medio Ambiente y sus Reglamentos. Cuando el proyecto requiere de la elaboración de un EsIA, en el cuadro siguiente se presentan los pasos a seguir para obtener Permiso Ambiental y los tiempos estimados requeridos para cada paso. Además en las columnas a la derecha se presenta el caso real de los tiempos experimentados por La Geo y CEL.

**Tabla 3.2.1 Pasos y tiempo estimados para Obtener Permiso Ambiental**

	<b>Pasos para Obtener Permiso Ambiental</b>	<b>Responsable</b>	<b>Tiempos Promedios Caso real LAGEO (días)</b>	<b>Tiempos Promedios Caso real CEL (días)</b>
1	Presentación al MARN de formulario ambiental	Titular del proyecto	30	30
2	Tiempo de espera para la inspección en sitio (MARN)	MARN	50	45
3	Emisión de términos de referencia para EsIA	MARN	50	45
4	Elaboración del EsIA	Titular del proyecto	60	60
5	Entrega del EsIA al MARN	Titular del proyecto	2	2
6	Revisión del EsIA y notificación de observaciones	MARN	55	50
7	Superación de observaciones y remisión al MARN de observaciones superadas	Titular del proyecto	60	45
8	Notificación de formato de publicación de consulta pública	MARN	15	15
9	Solicitud de publicación de formato de consulta pública	Titular del proyecto	10	10
10	Preparación y realización de la consulta pública	Titular del proyecto /MARN	12	12
11	Comentarios a los resultados de la consulta pública	MARN	51	51
12	Respuesta del Ministerio relacionado a observaciones de consulta pública y finalización del informe de EsIA	Titular del proyecto	20	20
13	Notificación de fianza de cumplimiento ambiental	MARN	10	10
14	Proceso de licitación para compra de fianza de cumplimiento ambiental	Titular del proyecto	30	30
15	Presentación de fianza al MARN	Titular del proyecto	2	2
16	Emisión de permiso ambiental	MARN	14	15
Tiempo promedio del proceso			471	442

(Fuente: Equipo de Estudio JICA, La Geo y CEL)

### 3.2.3 Conservación del Patrimonio Cultural

De conformidad con la constitución de la República de El Salvador, el artículo 1 e inciso 3 establece que “es obligación del Estado asegurar a los habitantes el goce de la cultura” y el artículo 63 establece “La riqueza artística, antropológica, histórica y arqueológica del país forma parte del tesoro cultural salvadoreño, el cual queda bajo la salvaguarda del Estado y sujeto a leyes especiales para su conservación”.

Por lo expresado anteriormente se considera de importancia que el titular del proyecto, en caso aplique, gestione la obtención de la licencia de obras, por parte de la Secretaría de Cultura, antes de iniciar la etapa de construcción de los proyectos de energías renovables. El siguiente cuadro muestra los pasos que se deben seguir para la obtención de la licencia de obra.

**Tabla 3.2.3 Pasos para obtener la Licencia de Obras de la Secretaría de Cultura**

	<b>Descripción de los Pasos</b>	<b>Responsable</b>
1	Entrega de la solicitud de inspección de la zona del proyecto a la Secretaría de Cultura, después de definir la zona del proyecto	Titular del proyecto
2	Inspección y elaboración de los términos de referencias	Secretaría de Cultura
3	Publicación de Resolución	Secretaría de Cultura
4	Elaboración del plan de trabajo	Titular del proyecto
5	Aprobación del plan de trabajo	Secretaría de Cultura
6	Realización del Estudio de Patrimonio Cultural	Titular del proyecto /Secretaría de Cultura
7	Publicación de resolución modificativa	Secretaría de Cultura

(Fuente: Equipo de Estudio JICA)

### 3.2.4 Manejo Ambiental en las Energías Renovables

Con base en información levantada en las áreas de los proyectos de energías renovables y con información proporcionada por los responsables del seguimiento al componente socio ambiental de dichos proyectos, a continuación se describe el manejo ambiental por cada energía, el cual se realiza durante la ejecución y operación de dichos proyectos.

#### 3.2.4.1 Pequeñas Centrales Hidroeléctricas

Para la construcción y operación se realiza un estudio de impacto ambiental. Si el Ministerio del Medio ambiente así lo requiere, ya que en el momento de entregar el formulario ambiental el MARN, en su evaluación decide si solicitarlo o no, si así fuere se establecerá en el EIA, el programa de manejo ambiental y Plan de Monitoreo del PMA, que en alguna forma garantiza la factibilidad ambiental del proyecto y la protección del medio ambiente. Hay un compromiso de carácter ambiental del Titular y está sujeto a auditorias o denuncias de la población. Manejo de desechos sólidos y líquidos, prevención de la contaminación del aire, suelo y agua, evitar la erosión de suelo, el vertido de sustancias peligrosas, impermeabilización de áreas, mantenimiento de maquinaria por gases de combustión, adecuado manejo de sustancias peligrosas, como combustibles, explosivos, entre otros, reasentamiento de población afectada y programas de mejoramiento de capacidades a esta población, educación ambiental a trabajadores y población aledaña.

#### 3.2.4.2 Eólica / Paneles Solares FV / Solar Térmica

El seguimiento al componente ambiental en los proyectos de Eólica, Paneles Solares fotovoltaicos (para generación de energía eléctrica) y Solar Térmica, se realiza con base al Plan de Manejo Ambiental elaborado en la etapa de planificación y diseño, el especialista ambiental verifica la ejecución de las medidas contenidas en dicho plan, estas medidas son de cumplimiento obligatorio por parte del titular del proyecto, con el propósito de mantener el proyecto en armonía con las condiciones socio-ambientales.

### 3.2.4.3 Geotérmica

Para los proyectos geotérmicos durante su construcción el manejo se realiza a través de un Programa de Manejo Ambiental y Seguridad Industrial y Salud Ocupacional, al cual denominamos PMASYSO y que en resumen consiste en lo siguiente:

- Primero se identifican las actividades que se van a desarrollar durante la etapa de construcción.
- Se realiza un análisis del entorno ambiental, en el cual se estaría desarrollando la actividad para determinar los posibles impactos que generarían cada actividad.
- Se procede a realizar una evaluación de los impactos potenciales tomando en cuenta la sensibilidad del medio con el que va a interactuar.
- A partir de la evaluación se realiza un Programa de Manejo Ambiental (PMA) que abarca el control de todos los aspectos ambientales de la actividad, así como las medidas de mitigación y/o compensación de los impactos significativos que surgen de la evaluación.
- Al tener definido el PMA se propone un programa de la supervisión y monitoreo de las medidas propuestas en el PMA, esto con el fin de garantizar que las medidas propuestas tengan la efectividad esperada.

Operativamente el manejo ambiental se lleva a cabo ejecutando el programa de manejo ambiental en el sitio de la obra y llevando el control semanal de todo este programa por medio de la supervisión de los encargados de la ejecución y de la unidad ambiental de la empresa.

A continuación se enuncian algunas de las medidas ambientales que se proponen por la construcción de una plataforma de perforación de pozos geotérmicos.

- Por la eliminación de árboles en la zona de construcción: se realiza un inventario de árboles afectados por la construcción y se propone una compensación de siembra de 10 árboles por cada árbol eliminado, el cual incluye el mantenimiento de los árboles sembrados por 2 años.
- Por las emisiones de polvo: se realiza un plan de riego para humedecer el suelo y de esa forma disminuir las emisiones de polvo.
- Por la pérdida de suelo orgánico: Acopio de suelo orgánico para reutilización en creación de vivero forestal.
- Por la modificación del drenaje superficial: Construcción de obras de protección y drenaje
- Por la impermeabilización del suelo: Construcción de sistemas de zanjas de infiltración y pozos de absorción de aguas lluvias.
- Por la generación procesos erosivos: Siembra de zacate vetiver en taludes.
- Por el consumo de agua: Construcción de sistemas Techo y Agua que son donados a familias que viven en la zona de influencia del proyecto.
- Por el incremento de los niveles de ruido por la perforación: Construcción de mamparas fono aislantes.

- Por la contaminación del aire por gases y olores: Absorción de H<sub>2</sub>S por inyección de agua.
- Por la modificación del paisaje: Siembra de cerca viva y cortinas rompe viento.
- Por los accidentes ocupacionales y/o públicos: Capacitación en seguridad vial, ocupacional y riesgos.
- Por la generación de residuos sólidos comunes y Especiales: Se ejecuta un plan de manejo y disposición final de desechos sólidos comunes y especiales.
- Por la generación de residuos líquidos comunes y Especiales: Se ejecuta un plan de manejo y disposición final de desechos líquidos comunes y especiales.

Durante la operación de la planta Geotérmica se llevan a cabo las siguientes acciones:

- Ejecución del Programas de monitoreo de la calidad de agua y aire: se efectúan monitoreos de H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> y Ruido, tanto dentro de la planta como en sus alrededores.
- Monitoreo del manejo de aguas residuales.
- Ejecución del plan de manejo de desechos sólidos comunes y especiales.
- Ejecución del plan de manejo de residuos líquidos comunes y especiales.
- Ejecución de planes de reforestación y mantenimiento forestal del campo geotérmico.
- Ejecución de medidas de protección ambiental.

#### **3.2.4.4 Biomasa**

El manejo ambiental para la instalación y operación se realiza con base en un Programa de Manejo Ambiental (PMA) y Plan de Monitoreo, lo cual garantiza la factibilidad ambiental del proyecto y la protección del medio ambiente. Sin embargo se atienden dudas o denuncias de la población. Se realiza un manejo integral de los desechos sólidos y líquidos, prevención de la contaminación del aire, suelo y agua, se evita la erosión del suelo, se evita el vertido de sustancias peligrosas, impermeabilización de áreas, mantenimiento de maquinaria por gases de combustión, adecuado manejo de sustancias peligrosas, como combustibles, etc., educación ambiental a trabajadores y población del entorno.

### **3.3 Leyes, Reglamentos y Normas sobre el Uso del Suelo, relacionadas con proyectos de Energías Renovables**

Para promover el desarrollo de energías renovables en El Salvador es imprescindible observar la regulación del uso de la tierra. En los siguientes apartados se hace mención a la regulación existente.

#### **3.3.1 Uso del suelo en el Área Metropolitana de San Salvador, AMSS**

La regulación del uso del suelo en el Área Metropolitana de San Salvador y Municipios aledaños, se enmarca el decreto legislativo No. 855, publicado en el Diario Oficial No. 88, Tomo No. 383, de fecha 15 de mayo de 2009, correspondiente a la reforma de la Ley de “Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador y Municipios Aledaños”. La institución encargada de la gestión

del uso del suelo en el AMSS y municipios aledaños, es la Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS).

La Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del AMSS y su reglamento, se aplica a la construcción de cualquier tipo de proyecto que requiera del uso del suelo en el AMSS y municipios aledaños. Los solicitantes deben presentar la solicitud correspondiente con los documentos requeridos a las oficinas encargadas para obtener los permisos y licencias ya sea mediante la adquisición de la tierra o renta.

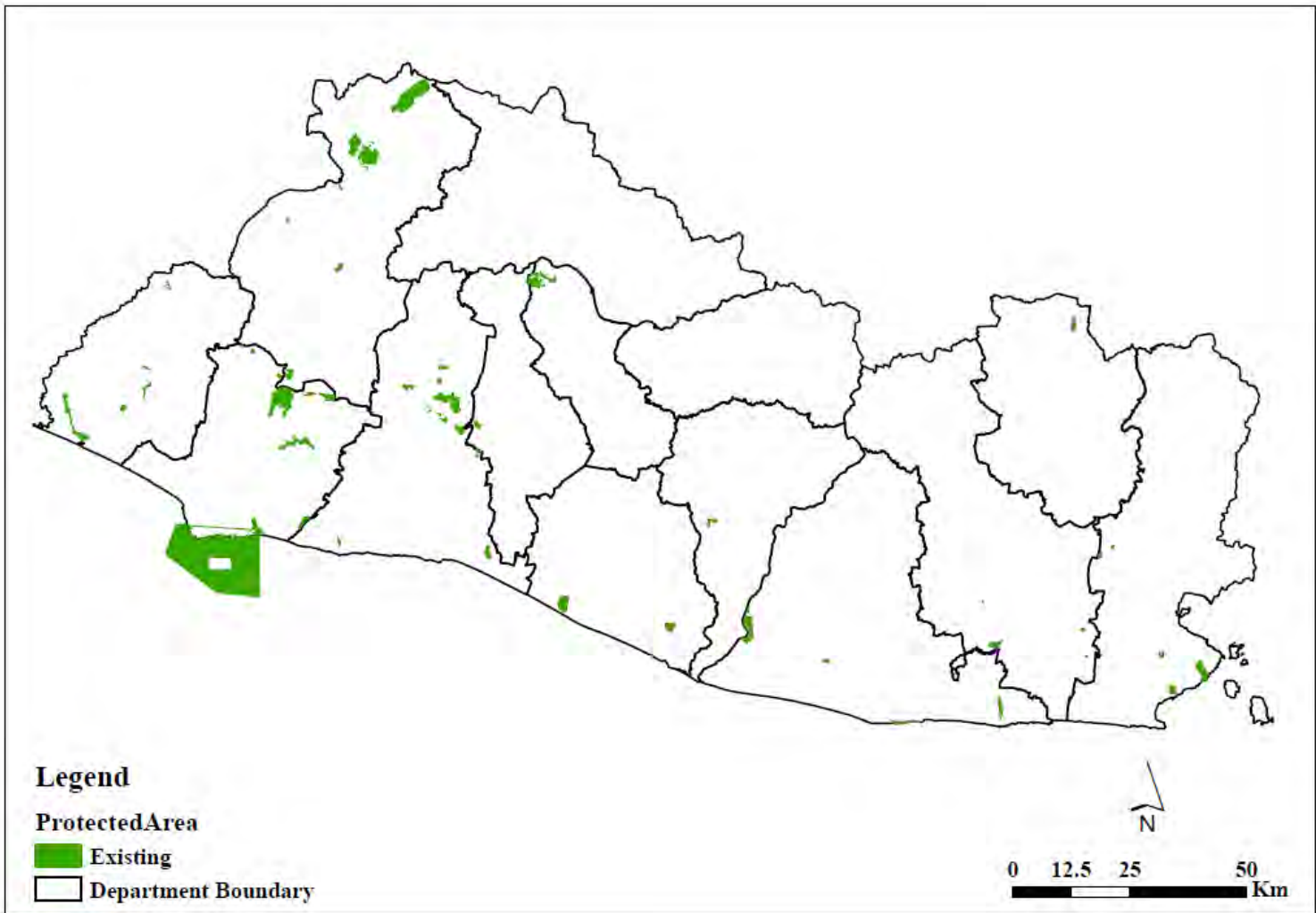
### **3.3.2 Áreas Naturales Protegidas**

La Ley de Medioambiente, fue establecida por Decreto Legislativo No.233, de fecha 2 de marzo de 1998 y la Ley de Áreas Naturales Protegidas fue establecida por Decreto Legislativo No. 579 de fecha 8 de febrero de 2005. La ley de Medio Ambiente, se refiere en los artículos del 78 al 81 a las áreas naturales protegidas. Los siguientes tres puntos son enfatizados en particular.

- Establecer un sistema legal, un sistema de gestión y especificaciones del área neta relacionada con las áreas naturales protegidas para la conservación de la diversidad biológica
- Conservar el ecosistema en la áreas naturales protegidas
- Mejorar la sostenibilidad del ecosistema en las áreas naturales protegidas con un adecuado control

Cualquier proyecto de desarrollo en las áreas naturales protegidas está fuertemente restringido por el MARN, bajo el amparo de la Ley de Medio ambiente, Ley de Áreas Naturales Protegidas y otras regulaciones relacionadas. En el caso del desarrollo de las energías renovables en las áreas naturales protegidas los procedimientos para el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), mencionado en la sección 3.2 de este informe, son realizados bajo la supervisión del MARN para poder obtener un permiso ambiental. Igualmente necesario para el desarrollo de proyectos en otras secciones y en áreas naturales no protegidas.

Hasta enero de 2012 las 69 áreas naturales protegidas son especificadas por el MARN y se muestran en el siguiente mapa.



(Fuente: MARN)

**Figura 3.3.1 Ubicación de Áreas Protegidas**



### 3.3.3 Permiso Ambiental

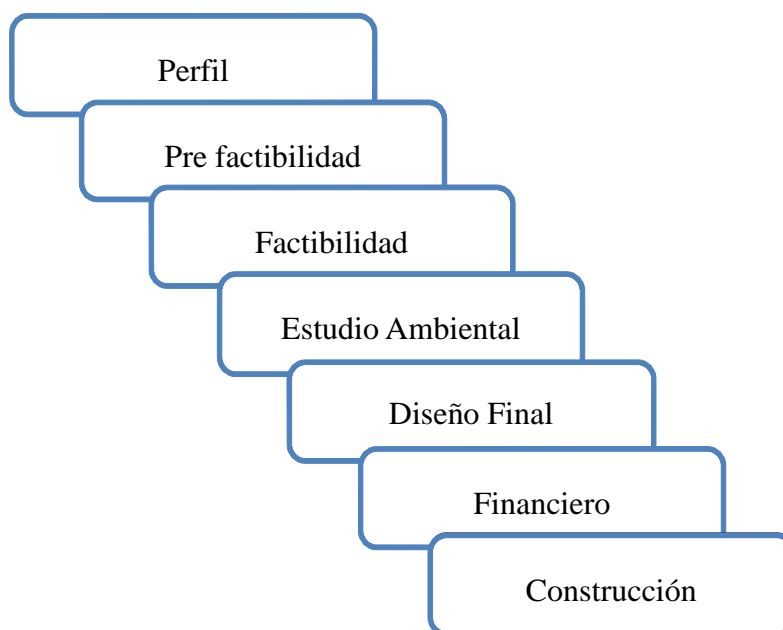
Además del permiso y licencia de uso de la tierra por La ley " Decreto Uso del suelo 855", quienes deseen ejecutar cualquier tipo de proyecto deben obtener el permiso ambiental del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Lineamientos importantes, se indican en el apartado anterior 3.2 del presente capítulo. Específicamente para las energías renovables en el artículo 21, inciso “f,” “g” y” h”, proporciona los procedimientos necesarios para desarrollo de energía: eólica, hidroeléctrica y geotérmica.

### 3.4 Leyes, Reglamentos y Normas que regulan la participación de los Generadores Privados de Energía Eléctrica.

En esta sección, se detallan las leyes y reglas que los desarrolladores requieren para participar en el mercado eléctrico del sector de energía eléctrica de El Salvador. Por lo tanto, cualquier desarrollador privado puede participar en el Mercado eléctrico si sigue las reglas y los procedimientos. Los procedimientos requeridos para participar en una planeación dentro del Mercado eléctrico se proporcionaran en la siguiente sección, la información concerniente fue provista a través de entrevistas a SIGET, CEL, LaGeo y en investigación y análisis de la información existente, generada anteriormente.

#### 3.4.1 Flujograma del Desarrollo de Energía Renovable

Si los desarrolladores privados de energía eléctrica desean participar en el Mercado eléctrico tendrán que seguir los procedimientos listados en la Figura 3.4.1. Los procedimientos cubren el perfil del proyecto y los estudios necesarios para la elaboración del proyecto.



(Fuente: Equipo de Estudio JICA )

**Figura 3.4.1 Flujo grama para la implementación del proyecto**

### 3.4.2 Procedimientos Requeridos

Los procedimientos requeridos para realizar lo antes ya mencionado, el desarrollo de energía eléctrica por medio de energía renovable, se pueden categorizar en cinco procedimientos principales mencionados a continuación:

(Procedimiento 1) Obtención del Permiso Ambiental

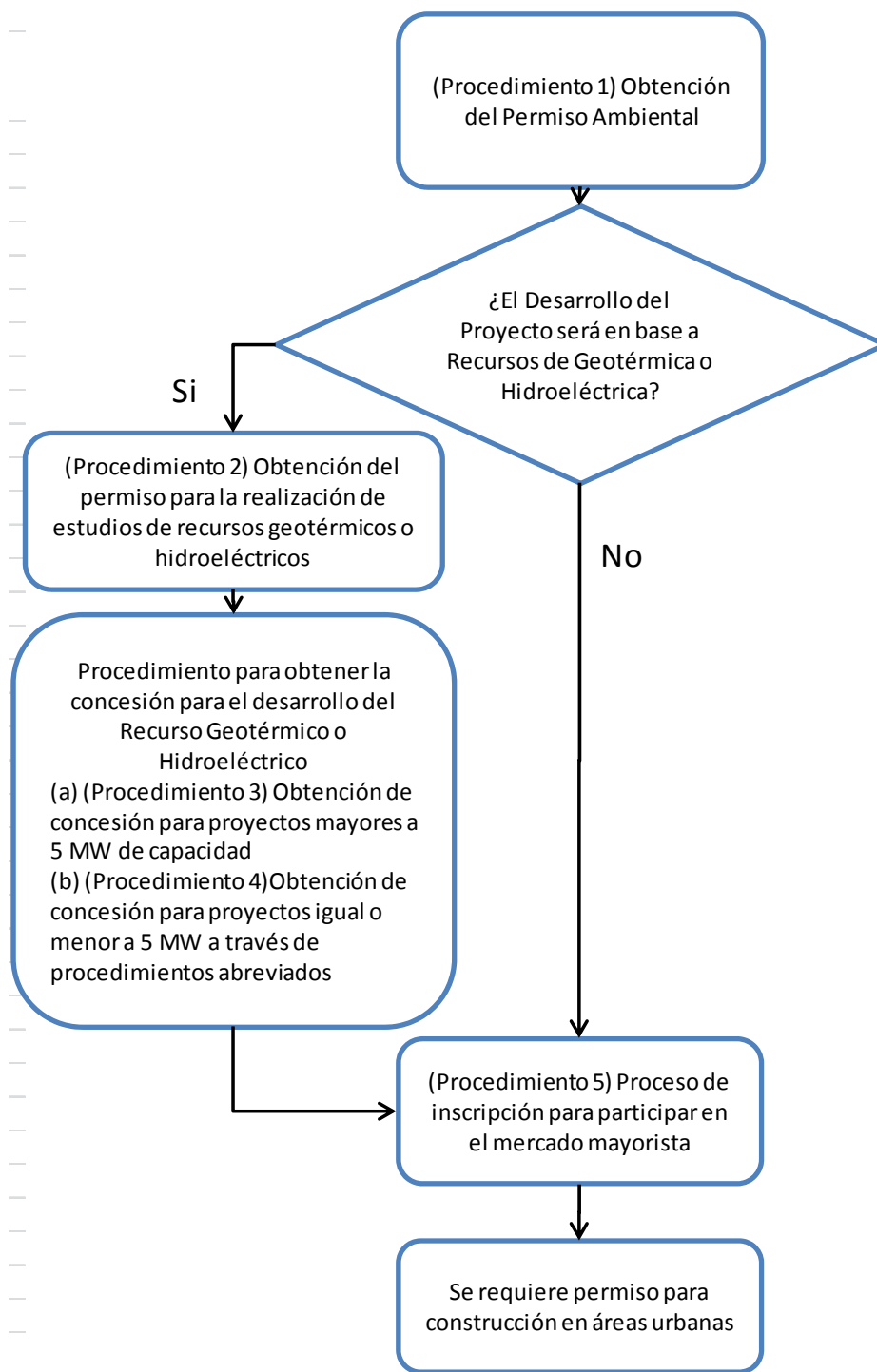
(Procedimiento 2) Obtención del permiso para la realización de estudios de recursos geotérmicos o hidroeléctricos

(Procedimiento 3) Obtención de concesión para proyectos mayores a 5 MW de capacidad

(Procedimiento 4) Obtención de concesión para proyectos igual o menor a 5 MW a través de procedimientos abreviados

(Procedimiento 5) Proceso de inscripción para participar en el mercado mayorista para proyectos mayores o iguales a 5 MW

Los procedimientos antes mencionados fueron confirmados a través de SIGET y otras organizaciones. Las mismas descripciones son proporcionadas en los lineamientos preparados por ARECA, proyecto en colaboración con BCIE y KfW con el título “Guía para el desarrollo de proyectos de energía renovable en EL Salvador, Centro América” Los cinco procedimientos principales son ilustrados en la Figura 3.4.2 acorde al tipo y tamaño del desarrollo de fuentes renovables de energía.



(Fuente: Equipo de Estudio JICA)

**Figura 3.4.2** Flujograma del registro de productores de energía en el Mercado eléctrico

Los procedimientos antes mencionados son independientes. Para proceder al siguiente paso, los procedimientos antes mencionados deberían haber sido antes completados.

Procedimientos requeridos tales como documentos, flujo de procedimientos y resultados en cada paso serán descritos a continuación:

**(Procedimiento 1) Obtención del Permiso Ambiental**

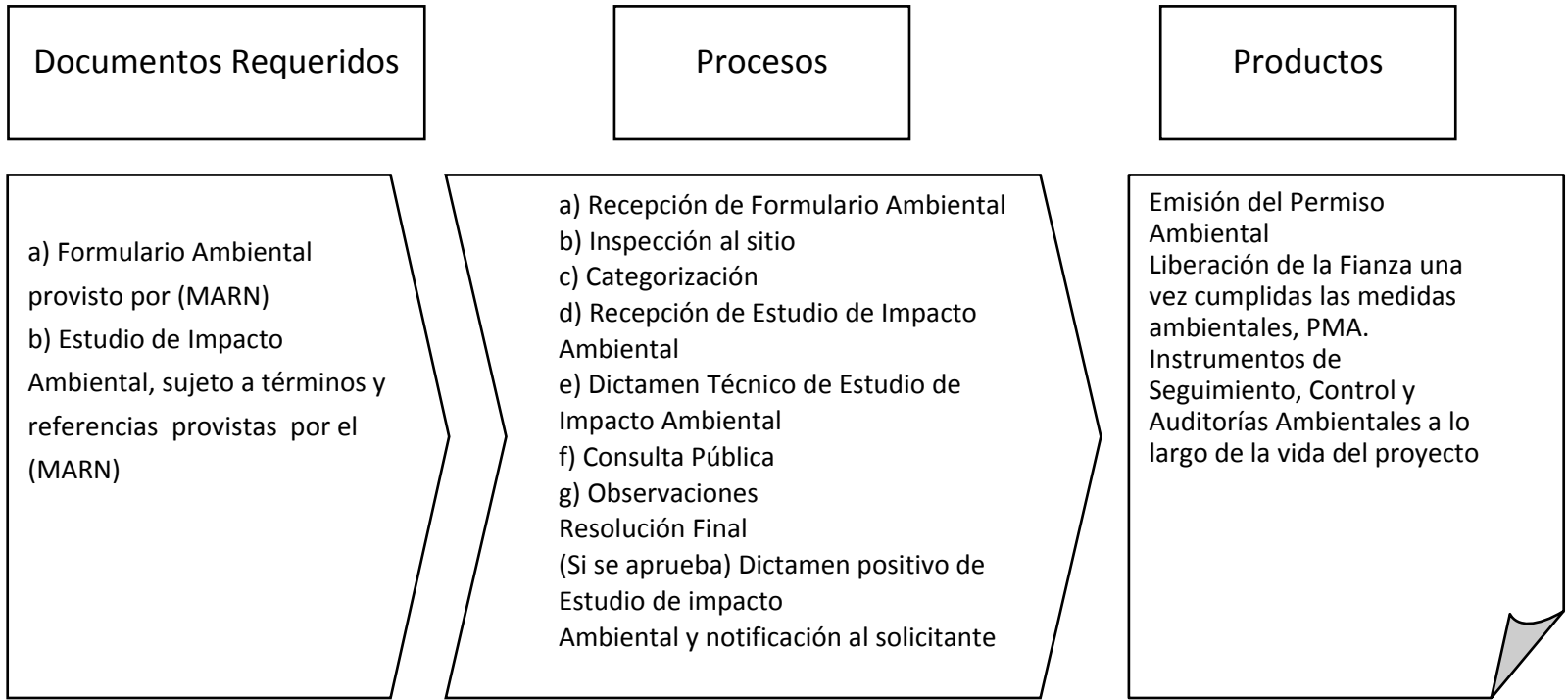
Los procesos se muestran en la Figura 3.4.3 y son descritos a continuación:

(Documento Requerido) Los titulares deben presentar el formulario ambiental, provisto en la página web [www.marn.gob.sv](http://www.marn.gob.sv) del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) como primer paso para iniciar los trámites de obtención del permiso ambiental.

(Procesos) En base a la información contenida en el formulario ambiental, el MARN realizará una inspección del sitio y categorizar el proyecto para determinar si se necesita la elaboración de un estudio de impacto ambiental. De ser necesario el estudio, el titular deberá elaborarlo y presentarlo al MARN, los costos de dicho estudio corren por cuenta del titular del proyecto. El MARN revisará dicho estudio y a la vez realizará una consulta pública, el tiempo que el ministerio se tarde en responder se estima en 60 días, sin embargo, depende de que la información ingresada por el titular sea de calidad y este completa.

(Productos) Se emitirá una resolución por MARN después de la aprobación del EsIA, se emitirá el dictamen técnico favorable y se notificará al titular. El titular deberá rendir la fianza de cumplimiento ambiental previo a obtener el permiso ambiental. El valor de la fianza deberá ser equivalente a los costos totales de las obras físicas e inversiones que se requieren para cumplir con el Programa de Manejo Ambiental, como parte del EsIA.

Los planes de manejo y adecuación ambiental: Esta fianza durará hasta que dichas obras o inversiones se hayan realizado en la forma previamente establecida.

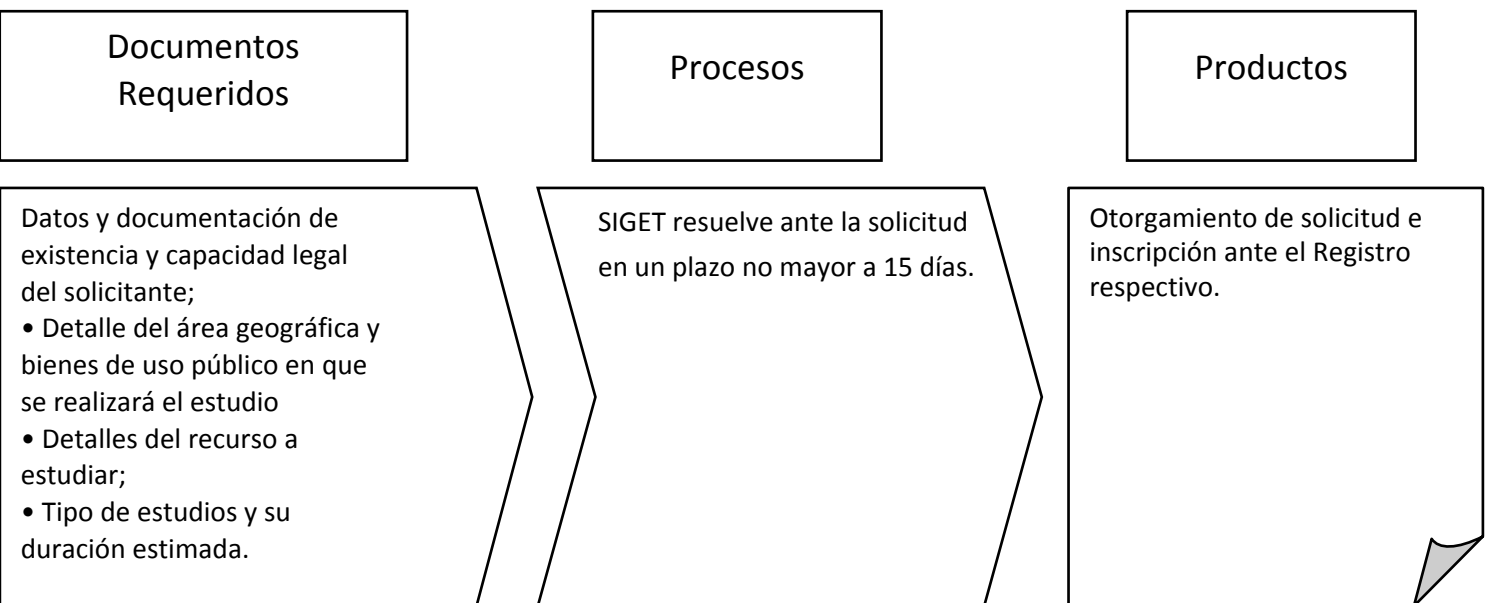


(Fuente: Reporte de SIGET, ARECA)

**Figura 3.4.3 Procesos para obtener el permiso ambiental**

**(Procedimiento 2) Obtención del permiso para la realización de estudios de recursos geotérmicos o hidroeléctricos**

Los procesos se muestran en la Figura 3.4.4 y son descritos a continuación:



(Fuente: Reporte de SIGET, ARECA)

**Figura 3.4.4 Proceso para obtener permiso para la realización de estudios de recursos geotérmicos o hidroeléctricos**

(Documentos Requeridos) Los datos del solicitante relativos a su existencia y su capacidad legal y la documentación que respalde dichos datos; detalle del área geográfica en la que realizará los estudios, incluyendo la nómina de bienes nacionales de uso público o del Estado en los que estos se harán; Naturaleza, tipo y detalle del recurso a estudiar; y descripción del tipo de estudio a realizar y el plazo estimado de duración de los mismos.

(Procesos) La SIGET contará con un plazo de quince días, después de recibida la solicitud, para otorgar el permiso. El plazo del permiso será conforme al plazo solicitado para realizar los estudios, pero no podrá exceder dos años. El interesado puede presentar solicitud de renovación del permiso por una única vez, con al menos noventa días de antelación al vencimiento.

(Productos) De aprobarse la solicitud, la SIGET la inscribirá en el Registro respectivo, donde se hará constar la entidad autorizada para realizar los estudios, el área geográfica donde se realizarán y el plazo de vigencia del permiso.

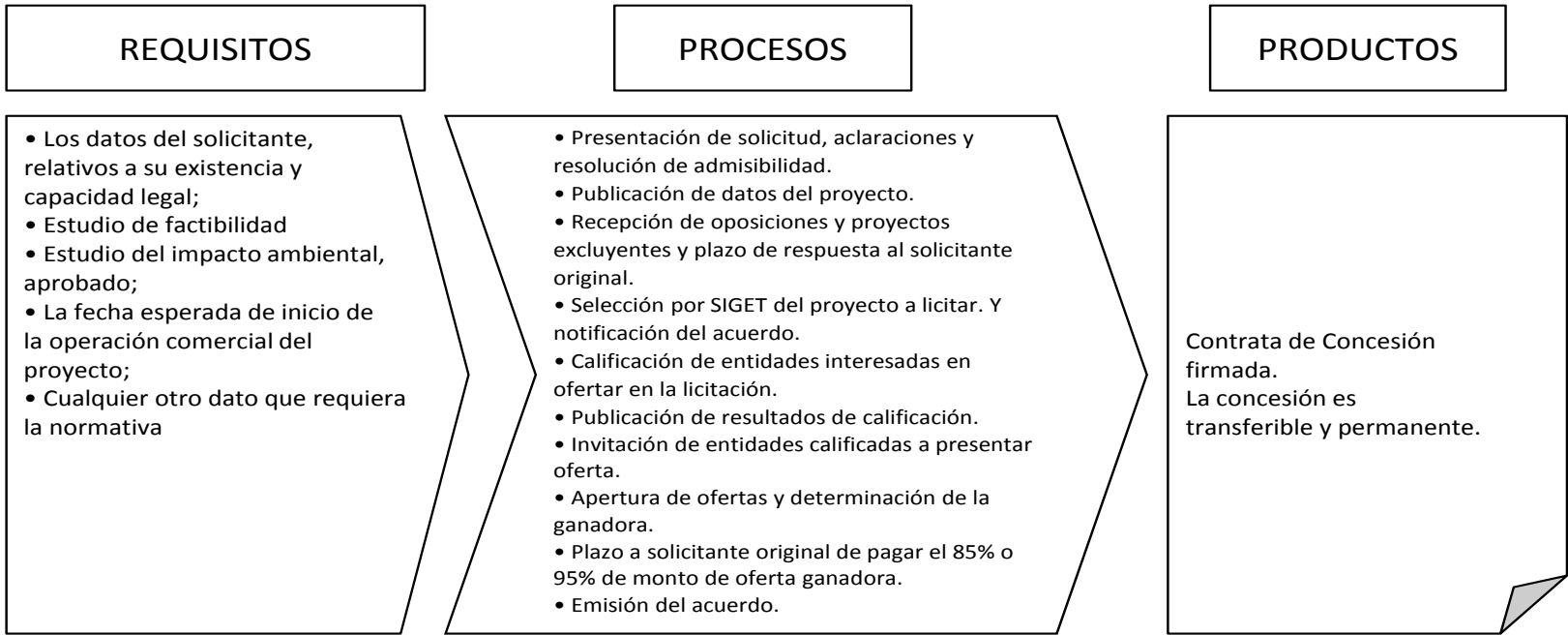
Después del estudio el titular deberá obtener la concesión de explotación. El proceso se describe a continuación:

#### **Proceso para obtener la Concesión para la explotación del recurso geotérmico o hídrico**

El permiso deberá ser solicitado en SIGET. La aplicación deberá ser acompañada por los datos y documentos del solicitante relativos a su existencia y capacidad legal, estudio de factibilidad del proyecto, estudio del impacto ambiental previamente aprobado, la fecha esperada de inicio de la operación comercial del proyecto y cualquier otra información solicitada. La concesión para la explotación del recurso se adjudicará mediante un proceso de licitación. En caso que no existan manifestaciones de interés adicionales para desarrollar la misma concesión, o proyectos excluyentes, la concesión se le podrá otorgar al solicitante sin costo alguno. El procedimiento de solicitud es diferente según las dimensiones del proyecto.

#### **(Procedimiento 3) Obtención de concesión para proyectos mayores a 5 MW de capacidad**

Los procesos se muestran en la Figura 3.4.5 y son descritos a continuación:



(Fuente: Reporte de SIGET, ARECA)

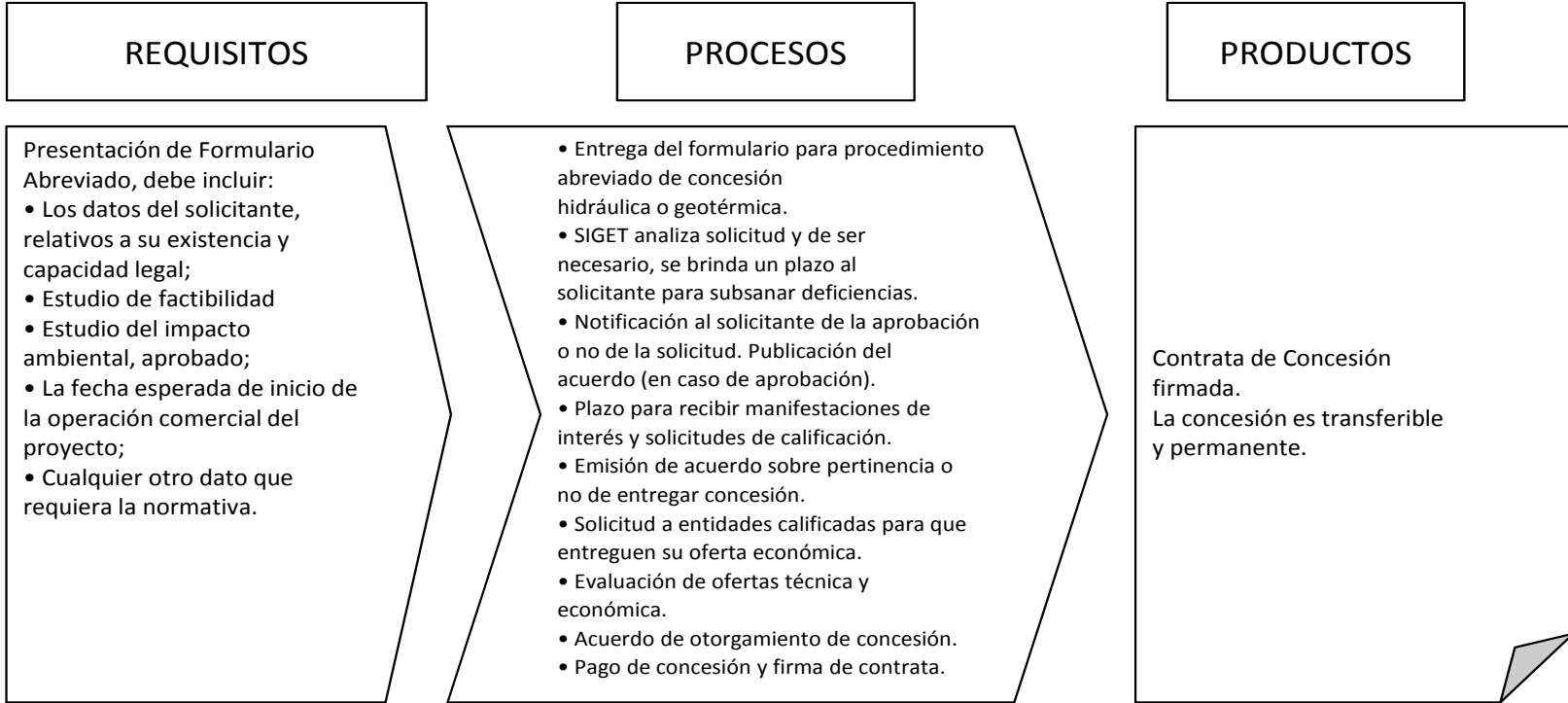
**Figura 3.4.5 Procedimientos para obtener concesión para proyectos mayores de 5 MW**



La SIGET estima que el plazo para completar esta gestión es de al menos 246 días hábiles. Luego que el solicitante presente la aplicación, la SIGET determinará sobre la admisibilidad de la solicitud, los datos del proyecto son publicados para recibir opiniones o proyectos excluyentes. Selección por parte de la SIGET del proyecto a licitar, emisión, publicación y notificación del acuerdo respecto al proyecto que será licitado. Se basará en el análisis por la SIGET de las oposiciones, proyectos excluyentes y respuesta del solicitante original. Calificación de las entidades que deseen participar en la licitación. Incluye la notificación por parte de la SIGET de la fecha en la cual está entidad tendrá a la venta el Documento de Calificación. Invitación a las entidades calificadas a presentar su oferta en sobre sellado. Los oferentes deberán incluir una garantía no menor al 10% del monto total de la oferta. En caso de no ser la oferta ganadora, de comunicar su intención de pagar el 85% (para proyectos geotérmicos) o el 90% (para proyectos hidroeléctricos) del monto de la oferta ganadora. Después de eso se hará la emisión del acuerdo otorgando la concesión, pago de la misma y firma del contrato.

**(Procedimiento 4) Obtención de concesión para proyectos igual o menor a 5 MW a través de procedimientos abreviados**

Los procesos se muestran en la Figura 3.4.6 y son descritos a continuación:



(Fuente: Reporte de SIGET, ARECA)

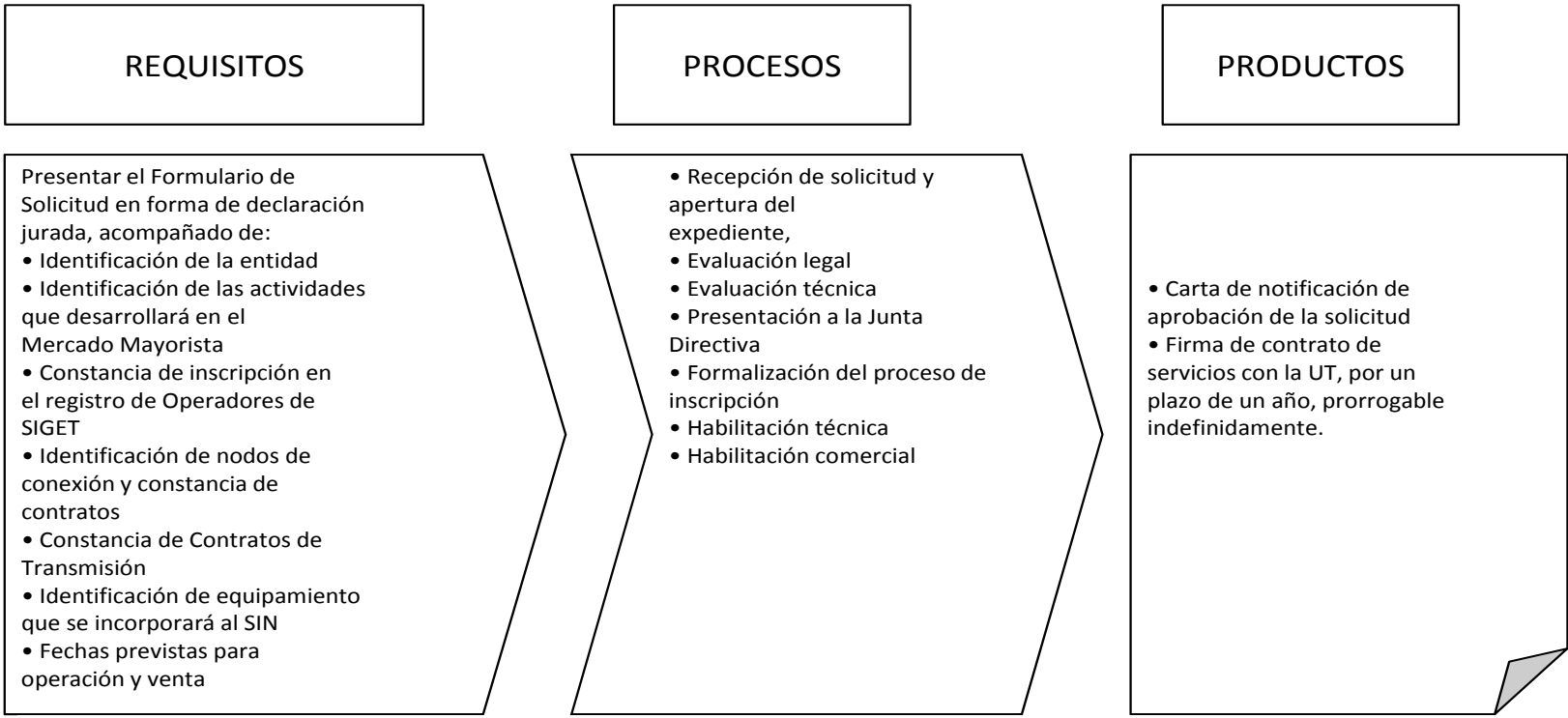
**Figura 3.4.6 Procesos para la obtención de concesión para proyectos con capacidad igual o menor a 5 MW**

La SIGET estima que este trámite abreviado puede durar al menos de 75 días hábiles, en aquellos casos en que la solicitud venga completa y no exista interés de otras entidades en la misma concesión. El solicitante presenta la aplicación, luego hay un período de tiempo para que la aplicación sea analizada y corregida. Se le informa al solicitante si esta ha sido aceptada o no, de ser así esta es publicada, se le da un período de tiempo por si alguien más está interesado en desarrollar el mismo proyecto. En caso de que existiese alguien más interesado una aplicación por parte de ellos deberá ser presentada, estas serán evaluadas y una resolución será otorgada expresando si ha sido aceptada o no. Todas las entidades que están interesadas en la concesión y han sido aceptadas deberán presentar sus ofertas. Todas las ofertas son evaluadas y la ganadora es seleccionada. Se firma el acuerdo y se paga la concesión.

#### **(Procedimiento 5) Proceso de inscripción para participar en el mercado mayorista**

Los procesos se muestran en la Figura 3.4.7 y son descritos a continuación:

El solicitante debe presentar una aplicación ante la (Unidad de Transacciones S.A. de C.V.) (UT) como una declaración jurada, la cual debe contener identificación de la entidad, incluyendo domicilio, lugar para recibir notificaciones, nombre y credenciales del representante legal que firma la solicitud. Identificación de las actividades que desarrollará en el Mercado Mayorista, así como la constancia de inscripción en el Registro de Operadores de la SIGET, de corresponder, prometiendo presentar cualquier información y garantías solicitadas por U.T. incluyendo la cuenta de banco a utilizar para las transacciones en el mercado. Identificación de cada nodo de la red en los que se conectará al sistema, así como constancia de la existencia de los Contratos de Interconexión correspondientes. En caso de participar como, Generador, constancia de la existencia de los Contratos de Transmisión que correspondan. Identificación del equipamiento que se incorpora al sistema eléctrico, de corresponder. Fecha requerida para comenzar a operar en el Mercado y fechas previstas de entrada en servicio del equipamiento a instalar, en los casos que corresponda. El proceso de inscripción tiene una duración estimada de un mes calendario, en caso de no existir inconveniente alguno. El proceso conlleva las siguientes acciones: Recepción de solicitud y apertura del expediente, Evaluación legal, Evaluación técnica, Presentación a la Junta Directiva, Formalización del proceso de inscripción, Habilitación técnica y Habilitación comercial. Este proceso no tiene costo pero si conlleva la rendición de una garantía de pago. Emisión de una carta de notificación de aprobación de solicitud por la UT, y posteriormente, firma de un contrato de servicios con la UT, cuyo plazo es de un año, prorrogable automáticamente, salvo que el operador (nombre con el cual se denomina al generador de energía) decida rescindirlo, o que la UT lo de por terminado debido al incumplimiento por parte del operador de sus obligaciones.



(Fuente: Reporte de SIGET, ARECA)

**Figura 3.4.7 Procedimientos para el registro en la participación del mercado mayorista**

### 3.4.3 Los Incentivos Actuales

Como incentivos para la introducción de energías renovables existe actualmente una medida llamada “LEY DE INCENTIVOS FISCALES PARA EL FOMENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD”(Decreto Legislativo No. 462) que fue emitido en diciembre de 2007.

Esta ley fue establecida como una disposición preferente que ha sido sugerido tanto por el Ministerio de Economía como por CNE para realizar apoyos hacia; la utilización racional de recursos; aligeramiento de dependencia a los combustibles fósiles; reducción de la contaminación ambiental y mejoramiento de balanza de pagos; reducción del gas de efecto invernadero; alentar el uso de recursos de energías renovables en la generación eléctrica; promover inversiones que posibilite seguir el proyecto de desarrollo de generación eléctrica como de hidráulica, geotérmica, eólica, solar PV, o de biomasa alentando la investigación, exploración y el desarrollo de proyectos en el país de manera sostenible.

La ley cubre las actividades referentes a las nuevas inversiones o construcciones de plantas de generación eléctrica. Los incentivos fiscales se aplican en forma de exención de impuestos de importación y de renta cuyos detalles se presentan abajo:

(Exención del impuesto de importación)

- (1) Durante los primeros 10 años, los desarrolladores gozarán de la exención del impuesto de importación de las maquinarias, equipos, materiales y almacenamientos que se usan exclusivamente en las inversiones previas o construcción de plantas de generación eléctrica incluyendo la instalación de cables de transmisión y distribución.
- (2) La exención del pago del impuesto de importación se aplica a los proyectos de hasta 20 megavatios(MW) y deberá solicitarse al Ministerio de Hacienda 15 días de antemano previa a la importación de maquinarias, equipos, materiales y almacenamientos necesarios de usos exclusivamente para el objetivo del proyecto en cuestión. Para este fin será obligatorio preparar documentos del proyecto del formato designado por el SIGET.

(Exención del impuesto sobre la renta)

- (1) Se permite tener exención del impuesto sobre la renta durante 5 años en el caso de proyectos en el margen de 10 MW a 20 MW de potencia y durante 10 años en el caso de proyectos menores que no supera a 10 MW. La ley se aplica desde el primer año fiscal en el que empieza la operación y se obtenga el ingreso.

La exención total del pago del impuesto sobre la renta se aplica al ingreso a partir de la venta de “reducción de emisión certificada”(CERs) bajo el Clean Development Mechanism(CDM) o mercado similar de carbón, obtenido por los proyectos calificados y por los beneficiario