

República de El Salvador

Proyecto del Plan Maestro para el Desarrollo de Energías Renovables

Informe Final

Tabla de Contenido

Mapa de Ubicación

	Pág.
Capítulo 1 Introducción	
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
Capítulo 2 Aspectos Generales del Sector Eléctrico y el papel de las Energías Renovables	
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
Capítulo 3 Leyes y Reglamentos y Normas relacionadas con el Sector Eléctrico.		
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
Capítulo 4 Proyectos Existentes y en Desarrollo con Energías Renovables		
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
Capítulo 6	Revisión de las Leyes, Reglamentos y Normas de las Redes de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica relacionadas con las Energías Renovables	
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	Analisis 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
Capítulo 9 Propuestas para la Promoción del use de las Energías Renovables		
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
Capítulo 10 El Plan Maestro de Energías Renovables		
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
Apéndice – A	Evaluación de la capacidad de generación distribuida	
Apéndice – B	Procedimiento de cálculo de pérdidas eléctricas para generadores conectados en sistemas de distribución	
Apéndice – E	Análisis Económico y Financiero	
Apéndice – S	Pequeñas Centrales Hidroeléctricas	

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	Sítios 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 ² /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