

San Salvador, Miércoles 18 de febrero de 2015.

Señores  
Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)  
Presente.

Atención a: Lic. Silvia Hernández de Larios  
Director General de Ordenamiento, Evaluación y  
Cumplimiento.

Estimados Señores:

Reciban un cordial saludo deseándoles éxito en su gestión.

El motivo de la presente es para remitirles Estudio de Impacto Ambiental y Formulario Ambiental para el proyecto denominado: "PROYECTO PROVIDENCIA SOLAR 1", ubicado sobre Carretera hacia San Luis La Herradura, Cantón El Pedregal, Municipio de El Rosario, Departamento de La Paz; el cual consiste en la construcción e instalación de una Planta Solar Fotovoltaica de 60 MW de potencia, en cumplimiento con la licitación N°DELSUR-CLP-RNV-001-2013.

El titular actual del proyecto es la sociedad "PROVIDENCIA SOLAR, S.A. DE C.V.", cuyo proyecto resultó ganador de la licitación antes mencionada.

El estudio en referencia ha sido elaborado conforme a los lineamientos emitidos por el MARN mediante "Términos De Referencia Tipo Para Proyectos De Generación De Energía Eléctrica A Partir Del Aprovechamiento De Recurso Solar Y Eólico". Se hace entrega de lo siguiente:

- Original y Copia de Formulario Ambiental con sus respectivos anexos.
- Original y Copia de Estudio de Impacto Ambiental con su respectivo apéndice.
- Copia Digital de ambos documentos.

Agradeciendo de antemano su atención a la presente, me suscribo.

Atentamente,



Emmanuel Michel Claude Pujol  
Representante Legal





# ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

**ECO**   
**INGENIEROS**  
**S. A. D E C. V.**



PROYECTO:

## PROVIDENCIA SOLAR 1

EL ROSARIO, LA PAZ.

PROPIETARIA:

PROVIDENCIA SOLAR, S.A. DE C.V.

SAN SALVADOR, FEBRERO 2015

**Integrados con el  
Medio Ambiente**

00000002



## CONTENIDO

Contenido	Pág. No.
<b>I TÍTULO Y AUTORES.....</b>	<b>I-1</b>
I.1 TITULAR.....	I-1
I.2 AUTORES.....	I-1
<b>II RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>II-1</b>
<b>III PROPÓSITO Y NECESIDAD .....</b>	<b>III-1</b>
III.1 PROPÓSITO DEL PROYECTO.....	III-1
III.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	III-2
III.2.1 Marco legal .....	III-2
III.2.2 Matriz de generación actual .....	III-3
III.2.3 Desarrollo del mercado .....	III-4
III.2.4 Potencial solar en El Salvador .....	III-6
<b>IV DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>IV-1</b>
IV.1 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS .....	IV-1
IV.1.1 Evaluación de Criterios Técnicos .....	IV-2
IV.1.2 Alternativa Seleccionada.....	IV-6
IV.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO Y COLINDANTES.....	IV-6
IV.2.1 Localización exacta del Proyecto y Colindantes .....	IV-6
IV.2.2 Componentes.....	IV-8
IV.2.2.1 Planta Fotovoltaica.....	IV-8
IV.2.3 Mapas del área del proyecto.....	IV-9
IV.2.3.1 Plano topográfico .....	IV-9
IV.2.3.2 Plano del proyecto.....	IV-10
IV.2.4 Uso actual y potencial del inmueble.....	IV-12
IV.2.5 Colindantes del terreno .....	IV-15
IV.3 ACCESO .....	IV-20
IV.3.1 Caminos existentes que se utilizaran.....	IV-20
IV.3.2 Caminos a Aperturar o Mejorar .....	IV-21
IV.3.3 Otros sistemas de transporte .....	IV-21
IV.4 ALCANCE DEL PROYECTO .....	IV-21
IV.5 DESCRIPCIÓN DE INFRAESTRUCTURA FÍSICA.....	IV-22
IV.5.1 Componentes Principales de La Planta Solar Fotovoltaica.....	IV-24
IV.5.2 Paneles solares o módulos fotovoltaicos.....	IV-29
IV.5.3 Estructura de seguimiento .....	IV-31
IV.5.3.1 Características Principales de La Estructura de Seguimiento .....	IV-31
IV.5.3.2 Fijación de los Paneles.....	IV-32
IV.5.3.3 Descripción de la cimentación.....	IV-32
IV.5.3.4 Descripción del seguimiento y control de seguidores .....	IV-34
IV.5.4 Inversores & Centros de Inversores .....	IV-34
IV.5.4.1 Características Principales de Los Inversores .....	IV-35
IV.5.4.2 Características Principales de Los Centros de Inversores .....	IV-36
IV.5.5 Conexión de los paneles hasta los inversores.....	IV-37
IV.5.5.1 Características Principales del Conexiónado .....	IV-37
IV.5.6 Centros de Transformación .....	IV-38
IV.5.6.1 Características Principales de Los Centros de Transformación .....	IV-38
IV.5.7 Subestación Interna de La Planta.....	IV-42
IV.5.7.1 Características Principales de La Subestación Interna de La Planta .....	IV-42
IV.5.7.2 Insumos en la subestación .....	IV-45

IV.5.8	Almacenamiento de energía .....	IV-46
IV.5.9	Fuente de energía de seguridad .....	IV-46
IV.5.10	Sistema de Seguridad .....	IV-46
IV.5.10.1	Estación meteorológica .....	IV-47
IV.5.11	Configuración esquemática de los componentes .....	IV-48
IV.5.12	Descripción operacional .....	IV-51
IV.5.13	Alcance del proyecto.....	IV-51
IV.5.14	Etapas del proyecto y cronograma.....	IV-51
IV.6	ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS.....	IV-53
IV.7	ACTIVIDADES DE PREPARACIÓN DE SITIO.....	IV-53
IV.7.1	Descapote y Limpieza del Terreno.....	IV-53
IV.7.2	Movimiento de Tierras .....	IV-54
IV.7.2.1	Excavaciones .....	IV-55
IV.7.2.2	Compactaciones .....	IV-55
IV.7.3	Instalaciones Provisionales de Apoyo “Plantel de Construcción” .....	IV-55
IV.8	CAMPAMENTO DE CONSTRUCCIÓN.....	IV-56
IV.9	ETAPA DE CONSTRUCCIÓN .....	IV-56
IV.9.1	Actividades Principales a Realizar .....	IV-57
IV.9.1.1	Camino de Acceso .....	IV-57
IV.9.1.2	Muro Perimetral.....	IV-59
IV.9.1.3	Zanjas para cableado .....	IV-60
IV.9.1.4	Cimentaciones .....	IV-63
IV.9.1.5	Conexión de Cables .....	IV-65
IV.9.1.6	Casetas de Seguridad y Control (Mantenimiento).....	IV-66
IV.9.1.7	Puesta en marcha y recepción provisional .....	IV-68
IV.9.1.8	Equipo a Utilizar Durante La Construcción y Actividades que realizará cada uno .....	IV-68
IV.9.1.9	Mantenimiento del Equipo.....	IV-68
IV.9.2	Personal de Construcción .....	IV-69
IV.9.3	Abastecimiento de agua potable .....	IV-69
IV.9.4	Drenaje de aguas lluvias .....	IV-70
IV.9.5	Manejo de aguas negras.....	IV-70
IV.9.6	Energía eléctrica.....	IV-70
IV.9.7	Manejo de desechos en etapa de construcción.....	IV-70
IV.10	TRANSPORTE DE EQUIPO .....	IV-72
IV.11	PLAZO DE EJECUCIÓN.....	IV-72
IV.12	EQUIPO ELÉCTRICO, ELECTROMECAÁNICO Y MECÁNICO.....	IV-72
IV.12.1	Centros de Inversores .....	IV-72
IV.12.2	Centros de Transformación y Subestación.....	IV-73
IV.13	FACTIBILIDADES Y PERMISOS .....	IV-73
IV.13.1	Calificación de Lugar, línea de construcción y factibilidad de drenajes de aguas lluvias .....	IV-73
IV.13.2	Abastecimiento de Agua Potable .....	IV-73
IV.13.3	Recolección de Desechos Sólidos .....	IV-73
IV.13.4	Recolección de Desechos de Tipo Especial.....	IV-73
IV.13.5	Aguas Negras.....	IV-74
IV.14	ETAPA DE FUNCIONAMIENTO .....	IV-74
IV.14.1	Operaciones Normales De La Planta De Energía.....	IV-74
IV.14.1.1	Operaciones Adecuadas y Monitoreo Constante .....	IV-74
IV.14.1.2	Autoridades Locales y Administración de los Subcontratistas .....	IV-74
IV.14.1.3	Salud, Seguridad y Medio Ambiente .....	IV-74
IV.14.1.4	Documentación & Administración .....	IV-75
IV.14.2	Mantenimiento.....	IV-75
IV.14.2.1	Vigilancia y Control de Accesos .....	IV-76
IV.14.2.2	Mantenimiento de Instalaciones.....	IV-76
❖	Mantenimiento Preventivo.....	IV-76
❖	Mantenimiento Correctivo .....	IV-77

IV.14.2.3	Programa de Monitoreo .....	IV-78
❖	Características Clave .....	IV-79
❖	Puntos de Monitoreo .....	IV-79
IV.14.3	<i>Materiales en la etapa de funcionamiento</i> .....	IV-81
IV.14.4	<i>Mano de obra en etapa de funcionamiento</i> .....	IV-82
IV.14.5	<i>Abastecimiento de agua potable en la etapa de funcionamiento</i> .....	IV-82
IV.14.5.1	Almacenamiento de agua potable .....	IV-83
IV.14.6	<i>Drenaje de aguas lluvias</i> .....	IV-84
IV.14.6.1	Descarga de agua de la subestación y edificios de apoyo .....	IV-86
IV.14.7	<i>Manejo de aguas residuales</i> .....	IV-86
IV.14.7.1	Aguas residuales ordinarias .....	IV-86
IV.14.7.2	Aguas residuales de tipo especial .....	IV-90
IV.14.8	<i>Energía eléctrica</i> .....	IV-91
IV.14.9	<i>Manejo de desechos y residuos en etapa de funcionamiento</i> .....	IV-91
IV.14.9.1	Manejo de Desechos de Tipo Especial .....	IV-92
IV.15	ETAPA DE CIERRE .....	IV-93
<b>V DESCRIPCIÓN, CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE ACTUAL, DE LOS COMPONENTES FÍSICOS, BIOLÓGICOS Y SOCIOECONÓMICOS DEL Y ÁREA DE INFLUENCIA (ENTORNO) .....</b>		
V.1	MEDIO FÍSICO .....	V-1
V.1.1	<i>Clima</i> .....	V-1
V.1.1.1	Radiación solar .....	V-3
V.1.1.2	Precipitación .....	V-4
V.1.2	<i>Suelo</i> .....	V-6
V.1.2.1	Uso de Suelo .....	V-6
V.1.2.2	Topografía y relieve .....	V-10
V.1.2.3	Geología .....	V-14
V.1.2.4	Geomorfología .....	V-16
V.1.2.5	Análisis Geotécnico .....	V-17
❖	Sondeos Geotécnicos .....	V-17
❖	Descripción Geotécnica Zona A .....	V-19
❖	Descripción Geotécnica Zona B .....	V-20
❖	Descripción Geotécnica Zona C .....	V-21
V.1.3	<i>Hidrología</i> .....	V-23
V.1.3.1	Generalidades del departamento de La Paz .....	V-23
V.1.3.2	Características de la cuenca hidrográfica del Departamento de La Paz .....	V-24
V.1.3.3	Subcuenca Hidrográfica .....	V-28
V.1.3.4	Análisis Hidráulico .....	V-30
❖	Río Jiboa .....	V-32
V.1.4	<i>Hidrogeología</i> .....	V-33
V.1.4.1	Nivel freático .....	V-34
V.1.4.2	Calidad de Agua "Región Hidrográfica F (Jiboa – Jalponga – Estero de Jaltepeque)" .....	V-35
V.1.4.3	Balace Hidrico .....	V-36
V.1.5	<i>Ruido y Vibración</i> .....	V-36
V.2	MEDIO BIOLÓGICO .....	V-37
V.2.1	<i>Descripción Del Área Del Proyecto</i> .....	V-37
V.2.2	<i>Descripción de La Flora de las Áreas de Influencia</i> .....	V-39
V.2.3	<i>Metodología De Muestreo Y Recolección De Datos</i> .....	V-42
V.2.3.1	Metodología de flora .....	V-42
V.2.3.2	Metodología de fauna .....	V-43
V.2.3.3	Metodología de Herpetofauna .....	V-43
V.2.3.4	Metodología de Avifauna .....	V-44
V.2.3.5	Metodología de Mastofauna .....	V-45
V.2.4	<i>Resultados de flora en área de influencia directa (AID)</i> .....	V-45
V.2.4.1	Flora Arbórea (AID) .....	V-46
V.2.4.2	Flora Arbustiva Y Herbácea (AID) .....	V-47

V.2.4.3	Significancia Ecológica .....	V-48
V.2.4.4	Significancia antropogénica.....	V-49
V.2.5	<i>Flora en el área de influencia indirecta (AII)</i> .....	V-49
V.2.5.1	Flora arbórea .....	V-49
V.2.5.2	Flora arbustiva y Herbácea.....	V-52
V.2.6	<i>Resultados de Fauna</i> .....	V-56
V.2.6.1	Herpetofauna .....	V-56
V.2.6.2	Avifauna .....	V-58
V.2.6.3	Mastofauna .....	V-64
V.2.6.4	Zonas de interés biológico.....	V-66
V.2.7	<i>Conclusiones</i> .....	V-66
V.3	<b>MEDIO SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL</b> .....	V-67
V.3.1	<i>Ubicación geográfica y división político administrativa</i> .....	V-67
V.3.1.1	División Administrativa.....	V-68
V.3.2	<i>Historia</i> .....	V-71
V.3.2.1	Orígenes .....	V-71
V.3.2.2	Erección Del Municipio.....	V-71
V.3.3	<i>Aspectos Demográficos, Población, Distribución</i> .....	V-72
V.3.3.1	Población.....	V-72
V.3.3.2	Vivienda.....	V-74
❖	Tenencia de la Vivienda .....	V-75
❖	Sistema Constructivo de la Vivienda.....	V-76
V.3.3.3	Educación .....	V-76
❖	Niveles educativos.....	V-77
❖	Promedio de escolaridad.....	V-77
❖	Analfabetismo.....	V-77
❖	Matrícula .....	V-78
❖	Deserción escolar.....	V-78
V.3.3.4	Salud.....	V-78
❖	Tasa de Desnutrición .....	V-79
❖	Causas de morbilidad.....	V-79
❖	Causas de mortalidad .....	V-80
V.3.3.5	Principales Actividades Productivas .....	V-81
❖	Indicadores Económicos .....	V-81
❖	Índices de Desarrollo Humano (IDH) .....	V-83
❖	Indicadores de Pobreza .....	V-83
❖	Condición de Pobreza .....	V-83
V.3.3.6	Planes de Desarrollo.....	V-83
❖	Proyectos urbanos dinamizadores.....	V-84
❖	Formación de la Ciudad Aeroportuaria.....	V-84
V.3.4	<i>Caracterización de La Población Dentro del Área de Influencia del Proyecto</i> .....	V-85
V.3.4.1	Calculo Muestral.....	V-85
V.3.5	<i>Infraestructura y Servicios</i> .....	V-94
V.3.5.1	Red Vial.....	V-95
V.3.5.2	Acceso al Terreno de Proyecto.....	V-96
V.3.5.3	Energía.....	V-97
V.3.5.4	Agua .....	V-98
V.3.5.5	Aguas residuales.....	V-99
V.3.5.6	Recolección y disposición final desechos sólidos .....	V-100
V.3.6	<i>Características Culturales</i> .....	V-101
V.3.6.1	Patrimonio Cultural y Natural.....	V-101
V.3.6.2	Impactos Visuales y Estéticos .....	V-103
V.3.7	<i>Opinión y Percepción de la población colindante</i> .....	V-104
VI	<b>CONSIDERACIONES JURÍDICAS Y DE NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE, RELATIVA A LA ACTIVIDAD, OBRA O PROYECTO</b> .....	VI-1
VI.1	<b>CONSIDERACIONES JURÍDICAS Y DE NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE AL PROYECTO.</b> .....	VI-1

VI.2	DEFINICIÓN DEL CONCEPTO “LEGISLACIÓN AMBIENTAL” .....	VI-2
VI.3	LEGISLACIÓN AMBIENTAL Y PUEBLOS INDÍGENAS .....	VI-3
VI.4	SECTOR ENERGÉTICO .....	VI-5
VI.5	LEGISLACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL /SEGURIDAD AERONAÚTICA.....	VI-5
VI.6	JURISPRUDENCIA Y PRINCIPIOS.....	VI-6
<b>VII</b>	<b>IDENTIFICACIÓN, PRIORIZACIÓN, PREDICCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES POTENCIALES, INCLUIDAS LAS EVENTUALES SITUACIONES DE RIESGO .....</b>	<b>VII-1</b>
VII.1	METODOLOGÍA .....	VII-1
VII.2	IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES.....	VII-2
VII.2.1	<i>Actividades De La Etapa De Ubicación Y Construcción</i> .....	VII-2
VII.3	DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES AMBIENTALES A SER AFECTADOS POR EL PROYECTO.....	VII-3
VII.4	CONFRONTACIÓN DE ACTIVIDADES Y FACTORES AMBIENTALES .....	VII-4
VII.4.1	<i>Descripción y análisis de Impactos en la etapa de construcción</i> .....	VII-5
VII.4.1.1	Aumento de los niveles sonoros previos .....	VII-5
VII.4.1.2	Generación de humo, gases o vapores .....	VII-6
VII.4.1.3	Generación de polvo .....	VII-6
VII.4.1.4	Condiciones de Temperatura .....	VII-7
VII.4.1.5	Relieve y topografía .....	VII-7
VII.4.1.6	Cambio en calidad del suelo .....	VII-7
VII.4.1.7	Impermeabilización de suelos .....	VII-8
VII.4.1.8	Impactos sobre terrenos agrarios.....	VII-8
VII.4.1.9	Calidad de agua superficial.....	VII-9
VII.4.1.10	Flora.....	VII-10
VII.4.1.11	Fauna .....	VII-11
VII.4.1.12	Riesgo al personal.....	VII-12
VII.4.1.13	Riesgos a la Población .....	VII-12
VII.4.1.14	Alteración del carácter visual del área .....	VII-12
VII.4.1.15	Generación de desechos .....	VII-13
VII.4.1.16	Manejo de materiales peligrosos .....	VII-13
VII.4.2	<i>Descripción y análisis de Impactos en la etapa de funcionamiento</i> .....	VII-13
VII.4.2.1	Generación de ruido.....	VII-13
VII.4.2.2	Carácter visual del área .....	VII-14
VII.4.2.3	Calidad de aire: humo, vapores .....	VII-14
VII.4.2.4	Calidad del Aire: polvo.....	VII-14
VII.4.2.5	Cambio en calidad del suelo .....	VII-14
VII.4.2.6	Calidad de agua superficial.....	VII-14
VII.4.2.7	Flora.....	VII-14
VII.4.2.8	Fauna .....	VII-14
VII.4.2.9	Riesgo al personal.....	VII-15
VII.4.2.10	Riesgo la población.....	VII-15
VII.4.2.11	Pérdida de empleos en agricultura.....	VII-15
VII.4.3	<i>EVALUACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE IMPACTOS</i> .....	VII-15
<b>VIII</b>	<b>CONSULTA CIUDADANA .....</b>	<b>VIII-1</b>
VIII.1	RESUMEN DE ACTIVIDADES DE SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	VIII-1
VIII.2	OBJETIVOS.....	VIII-1
VIII.2.1	<i>Objetivo General</i> .....	VIII-1
VIII.2.2	<i>Objetivos Específicos</i> .....	VIII-1
VIII.3	METODOLOGÍA .....	VIII-2
VIII.3.1	<i>Identificación y Descripción de Los Actores Sociales Locales</i> .....	VIII-2
VIII.3.2	<i>Descripción De Las Actividades De Consulta Del EslA</i> .....	VIII-5
VIII.4	DESCRIPCIÓN DE LA OPINIÓN DE LOS ACTORES INVOLUCRADOS SOBRE EL PROYECTO “PROVIDENCIA SOLAR 1” .....	VIII-8
VIII.4.1	<i>Impactos Positivos</i> .....	VIII-8
VIII.4.1.1	Impactos Sociales Positivos .....	VIII-8

VIII.4.1.2	Impactos Económicos Positivos.....	VIII-10
VIII.4.1.3	Impactos Ambientales Positivos.....	VIII-14
VIII.4.2	<b>Impactos Negativos</b> .....	VIII-16
VIII.5	<b>RESUMEN DE PERCEPCIÓN GENERAL DE LOS ACTORES SOCIALES LOCALES</b> .....	VIII-19
VIII.5.1	<b>Ventajas Del Proyecto</b> .....	VIII-19
VIII.5.1.1	Ventajas Sociales.....	VIII-19
VIII.5.1.2	Ventajas Económicas.....	VIII-20
VIII.5.1.3	Ventajas Ambientales.....	VIII-21
VIII.5.2	<b>Desventajas de la ejecución del proyecto</b> .....	VIII-21
<b>IX</b>	<b>ESTUDIO DE RIESGO Y PLAN DE CONTINGENCIA</b> .....	<b>IX-1</b>
IX.1	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	IX-1
IX.2	<b>OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE RIESGOS</b> .....	IX-1
IX.2.1	<i>Objetivos Específicos</i> .....	IX-1
IX.3	<b>IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS</b> .....	IX-2
IX.3.1	<b>Antecedentes</b> .....	IX-2
IX.3.1.1	Antecedentes del Plan de Emergencia Sanitario Local, Unidad de Salud.....	IX-2
IX.3.1.2	Antecedentes de acuerdo al Plan de Gestión de Riesgo de Desastres .....	IX-3
IX.3.1.3	Antecedentes Organizativos del Municipio .....	IX-4
IX.3.2	<b>Análisis de Amenazas de La Zona de Estudio</b> .....	IX-5
IX.3.2.1	Amenaza por Fallas Geológicas .....	IX-5
IX.3.2.2	Amenaza por Licuefacción.....	IX-6
IX.3.2.3	Amenaza por Sismicidad y Movimientos de Terreno .....	IX-7
IX.3.2.4	Amenaza volcánica .....	IX-8
IX.3.2.5	Amenaza de inundación .....	IX-9
❖	Cálculo de zona de protección río Jíboa .....	IX-10
❖	Zona de protección quebrada Las Micas .....	IX-17
❖	Quebrada sin nombre.....	IX-23
IX.3.2.6	Mapa de riesgo a desastres del municipio de El Rosario de La Paz .....	IX-25
IX.3.2.7	Amenazas Antrópicas .....	IX-27
IX.3.2.8	Resumen de Amenazas .....	IX-28
IX.4	<b>IDENTIFICACIÓN, VALORACIÓN Y PRIORIZACIÓN DEL RIESGO</b> .....	IX-29
IX.4.1	<i>Riesgos durante la Etapa de Construcción e Instalaciones de equipo</i> .....	IX-29
IX.4.2	<i>Riesgos durante la Etapa de Funcionamiento</i> .....	IX-30
IX.4.3	<i>Identificación de materiales y sustancias peligrosas</i> .....	IX-31
IX.4.4	<b>EVALUACIÓN DE RIESGOS</b> .....	IX-31
IX.5	<b>MEDIDAS ESTRUCTURALES DE RIESGO A INCLUIR EN EL PMA</b> .....	IX-35
IX.6	<b>PLAN INSTITUCIONAL DE PREVENCIÓN Y CONTINGENCIA</b> .....	IX-35
IX.6.1	<i>Introducción</i> .....	IX-35
IX.6.2	<i>Detalle del Contenido del PIPC</i> .....	IX-35
IX.6.3	<b>Plan Institucional de Prevención y Contingencias</b> .....	IX-38
IX.6.3.1	Plan General de Emergencias .....	IX-38
IX.6.3.2	Plan de respuesta a eventos naturales.....	IX-40
❖	Medidas Preventivas .....	IX-41
❖	Líneamientos generales.....	IX-41
❖	Procedimientos generales a considerar en el caso de Fenómenos Naturales .....	IX-41
IX.6.3.3	Plan de Respuesta ante Eventos Antrópicos .....	IX-42
<b>Medidas Preventivas</b> .....	IX-42	
<b>Líneamientos generales</b> .....	IX-42	
<b>Procedimientos generales a considerar en el caso Riesgos Antrópicos</b> .....	IX-43	
IX.6.3.4	Plan de Respuesta ante Incendios .....	IX-43
❖	Medidas Preventivas .....	IX-43
❖	Líneamientos generales.....	IX-44
❖	Procedimientos generales a considerar en el caso de Incendios.....	IX-45
IX.6.3.5	Plan de Evacuación.....	IX-46
❖	Medidas Preventivas .....	IX-46

❖	Lineamientos generales .....	IX-46
❖	Procedimientos generales a considerar en el caso de Evacuación .....	IX-47
IX.6.3.6	Plan de Comunicaciones.....	IX-47
❖	Plan de Comunicación Interno.....	IX-47
❖	Plan de Comunicación Externo .....	IX-48
❖	Procedimientos generales a considerar en los Comunicados .....	IX-49
IX.6.3.7	Procedimientos Después de la Emergencia.....	IX-49
<b>X</b>	<b>PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL .....</b>	<b>X-1</b>
X.1	DETERMINACIÓN DE MEDIDAS .....	X-1
X.2	DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS AMBIENTALES ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE LA PROYECTO PROVIDENCIA	
SOLAR 1	.....	X-3
X.2.1	<i>Establecimiento de horarios de trabajo</i> .....	X-3
X.2.2	<i>Plan de riego</i> .....	X-3
X.2.3	<i>Recuperación de tierra orgánica</i> .....	X-4
X.2.4	<i>Revegetación</i> .....	X-6
X.2.5	<i>Manejo de excretas durante construcción</i> .....	X-10
X.2.6	<i>Construcción de tres fosas sépticas</i> .....	X-11
X.2.7	<i>Medidas de seguridad para el almacenamiento de aceite dieléctrico</i> .....	X-14
❖	Tanque separador agua aceite.....	X-15
X.2.8	<i>Manejo de la escorrentía</i> .....	X-18
X.2.9	<i>Protección de zonas vegetadas</i> .....	X-20
X.2.10	<i>Ubicación de tapial perimetral fuera de lindero en zonas vegetadas</i> .....	X-21
X.2.11	<i>Pasos para fauna en tapial</i> .....	X-22
X.2.12	<i>Capacitación y equipo de protección personal</i> .....	X-23
X.2.13	<i>Gestión Ambiental y Social</i> .....	X-24
X.2.14	<i>Barrera arbustiva en lindero frente a carretera y pintura de tapial</i> .....	X-25
X.2.15	<i>Manejo adecuado de materiales, residuos y desechos comunes y peligrosos</i> .....	X-27
X.2.16	<i>Contratación de mano de obra local</i> .....	X-29
X.2.17	<i>Señalización en zonas de riesgo</i> .....	X-30
X.2.18	<i>Equipo de seguridad para la etapa de funcionamiento</i> .....	X-32
X.3	DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS AMBIENTALES ETAPA DE FUNCIONAMIENTO .....	X-33
X.3.1	<i>Mantenimiento de la vegetación</i> .....	X-33
X.3.2	<i>Manejo de desechos y residuos</i> .....	X-35
X.3.3	<i>Contratación de mano de obra local</i> .....	X-36
X.4	RESUMEN DEL PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL .....	X-37
X.4.1	<i>ETAPA DE CONSTRUCCIÓN</i> .....	X-37
X.4.2	<i>ETAPA DE FUNCIONAMIENTO</i> .....	X-47
<b>XI</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>XI-1</b>
<b>XII</b>	<b>APÉNDICE.....</b>	<b>XII-1</b>
XII.1	PLANOS .....	XII-1
XII.2	ANEXOS LEGALES .....	XII-1
XII.3	ANEXOS TÉCNICOS .....	XII-2

### Índice De Figuras

Figura III-1	Potencial Solar En El Salvador .....	III-7
Figura III-2	Sitios Excelentes y Buenos para Generación Fotovoltaica.....	III-8
Figura IV-1	Ubicación De Alternativas Evaluadas Para La Localización Del Proyecto .....	IV-3
Figura IV-2	Ubicación Del Terreno En Fotografía Aérea .....	IV-6

Figura IV-3 Distribución del Proyecto por Zonas.....	IV-7
Figura IV-4 Elementos del Proyecto .....	IV-8
Figura IV-5 Plano Topográfico Del Terreno .....	IV-9
Figura IV-6 Plano De Distribución General Del Proyecto .....	IV-10
Figura IV-7 Distribución en planta de las áreas de apoyo .....	IV-11
Figura IV-8 Mapa Normativo Regional Integrado de OPLAGEST .....	IV-13
Figura IV-9 Mapa de Ubicación de Actividades Colindantes.....	IV-15
Figura IV-10 Infraestructura Física de una Planta Fotovoltaica Tipo .....	IV-23
Figura IV-11 Esquema Unifilar General .....	IV-25
Figura IV-12 Esquema Unifilar “Zona A” .....	IV-26
Figura IV-13 Esquema Unifilar “Zona B” .....	IV-27
Figura IV-14 Esquema Unifilar “Zona C” .....	IV-28
Figura IV-15 Esquema De Panel Solar A Usar .....	IV-30
Figura IV-16 Componentes del Exotrack .....	IV-33
Figura IV-17 Vista Tipo en Planta y Elevación de Centros de Transformación .....	IV-40
Figura IV-18 Secciones de Centros de Transformación.....	IV-40
Figura IV-19 Secciones Transversales Acometida Eléctrica de un Centro de Transformación .....	IV-41
Figura IV-20 Detalle en 3-D de un Centro De Transformación Tipo.....	IV-41
Figura IV-21 Detalle de Subestación en Planta .....	IV-43
Figura IV-22 Esquema del Conjunto Conexionado hacia Subestación.....	IV-44
Figura IV-23 Detalle de Estación Meteorológica Tipo a Instalar .....	IV-48
Figura IV-24 Diagrama de Operación de la Planta Solar .....	IV-49
Figura IV-25 Esquema de funcionamiento de Planta Fotovoltaica Providencia Solar 1 .....	IV-49
Figura IV-26 Plano de Conjunto del Proyecto .....	IV-50
Figura IV-27 Elementos Del Proyecto.....	IV-51
Figura IV-28 Detalle de Instalaciones Provisionales.....	IV-56
Figura IV-29 Detalle De caminos de Acceso .....	IV-57
Figura IV-30 Calles Internas Dentro Del Terreno A Construirse.....	IV-58
Figura IV-31 Detalle de Muro Perimetral .....	IV-60
Figura IV-32 Tipos de Zanjas a Instalar para El Proyecto (medidas en mm) .....	IV-61
Figura IV-33 Detalle de Caseta de Seguridad y Control .....	IV-67
Figura IV-34 Ejemplo De Imágenes Generadas Por El Sistema De Monitoreo .....	IV-81
Figura IV-35 Detalle De Cisterna Tipo .....	IV-84
Figura IV-36 Concepto De Drenaje Del Terreno .....	IV-85
Figura IV-37 Esquema De Cabezal De Descarga De Canaleta .....	IV-86
Figura IV-38 Detalle De Fosa Séptica Vista Superior .....	IV-87
Figura IV-39 Detalle en Elevación de Fosa Séptica Tipo.....	IV-88
Figura IV-40 Esquema De Zanja De Infiltración.....	IV-89
Figura IV-41 Detalle de Separador Agua-Aceite.....	IV-90
Figura V-1 Plano de Precipitaciones en la región del proyecto .....	V-5
Figura V-2 Orientación del Uso de Suelo en el departamento de La Paz .....	V-7
Figura V-3 Uso De Suelos El Rosario La Paz.....	V-9
Figura V-4 Topografía de la zona donde se ubica el proyecto, El Rosario, en el departamento de La Paz.....	V-11

Figura V-5 Plano Topográfico Del Terreno .....	V-13
Figura V-6 Geología del municipio de El Rosario, Departamento de La Paz .....	V-15
Figura V-7 Zonas del Proyecto .....	V-17
Figura V-8 Ubicación De Sondeos Y Pruebas De Agresividad En El Proyecto .....	V-18
Figura V-9 Cuencas Hidrográficas y Red Hídrica del Departamento de La Paz .....	V-25
Figura V-10 Ubicación De Micro Cuencas Y Subcuencas Con Respecto Al Sitio Del Proyecto..	V-27
Figura V-11 Red de drenajes Mayores para el sitio del Proyecto .....	V-28
Figura V-12 Red De Drenajes Menores Para El Sitio Del Proyecto .....	V-29
Figura V-13 Detalle de Drenaje Natural del Terreno.....	V-31
Figura V-14 Mapa Hidrogeológico y Red Hídrica Región La Paz .....	V-34
Figura V-15 Ubicación De Los Sitios Analizados .....	V-38
Figura V-16 Mapa de sitios de vegetación importante en el área directa e indirecta del proyecto .....	V-40
Figura V-17 Vista De Transectos Realizados En El Área De Estudio .....	V-42
Figura V-18 Ubicación del departamento de La Paz .....	V-68
Figura V-19 División política administrativa Municipio El Rosario departamento de La Paz ...	V-69
Figura V-20 Territorio de Sub región Ciudad Aeropuerto.....	V-85
Figura V-21 Rutas y Sistema Vial en Alrededores del Sitio .....	V-97
Figura V-22 Ubicación de sitios de interés cultural cercanos al proyecto en un radio de 15 km..	V-103
Figura VI-1 Jerarquización de la Normativa Ambiental Salvadoreña.....	VI-7
Figura VII-1 Distancia de receptores sensibles de ruido .....	VII-6
Figura VII-2 Imagen que muestra el terreno con su capa de suelos durante la instalación de los paneles .....	VII-9
Figura VIII-1 Ubicación de Comunidades .....	VIII-4
Figura IX-1 Mapa de Geológico del Municipio de El Rosario La Paz .....	IX-6
Figura IX-2 Mapa de Susceptibilidad a Licuefacción .....	IX-7
Figura IX-3 Mapa de Zonificación Sísmica .....	IX-8
Figura IX-4 Mapa de Susceptibilidad a Inundación .....	IX-9
Figura IX-5 Cálculo de la crecida máxima en la sección Línea 2 del cauce del río Jiboa .....	IX-12
Figura IX-6 Cálculo de la crecida máxima en la sección Línea 2 del cauce del río Jiboa .....	IX-12
Figura IX-7 Cálculo de la crecida máxima en la sección Línea 3 del cauce del río Jiboa .....	IX-13
Figura IX-8 Cálculo de la crecida máxima en la sección Línea 3 del cauce del río Jiboa .....	IX-14
Figura IX-9 Cálculo de la crecida máxima en la sección Línea 4 del cauce del río Jiboa .....	IX-14
Figura IX-10 Cálculo de la crecida máxima en la sección Línea 4 del cauce del río Jiboa .....	IX-15
Figura IX-11 Crecida máxima para un p. de retorno de 50 años en la sección Línea 3 del cauce del río Jiboa y la franja de protección. ....	IX-16
Figura IX-12 Crecida máxima para un p. de retorno de 50 años en la sección Línea 4 del cauce del río Jiboa y franja de protección.....	IX-16
Figura IX-13 ZONA DE PROTECCIÓN RÍO JIBOA.....	IX-17
Figura IX-14 Secciones quebrada Las Micas.....	IX-18
Figura IX-15 Cálculo de la crecida máxima en la sección B-B del cauce de la Quebrada Cañada Las Micas .....	IX-19

Figura IX-16 Cálculo de la crecida máxima en la sección D-D del cauce de la Quebrada Cañada Las Micas .....	IX-20
Figura IX-17 Cálculo de la crecida máxima en la sección F-F del cauce de la Quebrada Cañada Las Micas .....	IX-21
Figura IX-18 Cálculo de la crecida máxima en la sección B-B del cauce de la quebrada Cañada Las Micas .....	IX-22
Figura IX-19 Cálculo de la crecida máxima en la sección D-D del cauce de la quebrada Cañada Las Micas .....	IX-22
Figura IX-20 Cálculo de la crecida máxima en la sección F-F del cauce de la quebrada Cañada Las Micas .....	IX-22
Figura IX-21 LÍMITE DE ZONA DE INUNDACIÓN DE QUEBRADA LA MICA .....	IX-23
Figura IX-22 Mapa De Riesgo De Desastres Del Municipio .....	IX-26
Figura X-1 Propuesta de arborización en el terreno .....	X-8
Figura X-2 Detalle De Fosa Séptica .....	X-11
Figura X-3 Esquema De Zanja De Infiltración .....	X-13
Figura X-4 Detalle de Separador Agua-Aceite .....	X-15
Figura X-5 Detalle de cabezal de descarga de agua lluvia puntos de descarga .....	X-18
Figura X-6 Señalización dentro del terreno .....	X-20
Figura X-7 Detalle de ubicación de muro perimetral .....	X-22
Figura X-8 Método de siembra en hilera .....	X-26
Figura X-9 Rotulación de desechos y residuos .....	X-28
Figura X-10 Formato de rotulación de depósito de materiales peligrosos .....	X-29
Figura X-11 ZONA DE PROTECCIÓN RÍO JIBOA .....	X-31
Figura X-12 LÍMITE DE ZONA DE INUNDACIÓN DE QUEBRADA CAÑADA LAS MICAS .....	X-32

### Índice De Tablas

TABLA II-1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA PLANTA .....	II-1
TABLA II-2 CUANTIFICACIÓN DE FIANZA AMBIENTAL .....	II-3
TABLA II-3 RESUMEN DEL PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL, ETAPA DE CONSTRUCCIÓN PROYECTO PROVIDENCIA SOLAR 1 .....	II-4
TABLA II-4 RESUMEN DEL PROGRAMA DE MONITOREO, ETAPA DE CONSTRUCCIÓN PROYECTO PROVIDENCIA SOLAR 1 .....	II-7
TABLA II-5 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS MEDIDAS AMBIENTALES, ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE PROVIDENCIA SOLAR 1 .....	II-11
TABLA II-6 RESUMEN DEL PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL, ETAPA DE FUNCIONAMIENTO PROYECTO PROVIDENCIA SOLAR 1 .....	II-12
TABLA II-7 RESUMEN DEL PROGRAMA DE MONITOREO, ETAPA DE FUNCIONAMIENTO PROYECTO PROVIDENCIA SOLAR 1 .....	II-13
TABLA II-8 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS MEDIDAS AMBIENTALES, ETAPA DE FUNCIONAMIENTO PROYECTO PROVIDENCIA SOLAR 1 .....	II-14
Tabla III-1 Cobertura de La Demanda Energética de El Salvador 2011 al 2013 .....	III-3
TABLA IV-1 CRITERIOS ANALIZADOS .....	IV-2

TABLA IV-2 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE UBICACIÓN .....	IV-4
TABLA IV-3 AREAS DE LAS PROPIEDADES.....	IV-7
TABLA IV-4 DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS DEL PROYECTO .....	IV-12
TABLA IV-5 ENERGÍA MENSUAL A CONTRATAR.....	IV-22
TABLA IV-6 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLANTA .....	IV-24
TABLA IV-7 CARACTERÍSTICAS PANELES FOTOVOLTAICOS .....	IV-29
TABLA IV-8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS “EXOTRACK HZ A 1 EJE” .....	IV-32
TABLA IV-9 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS INVERSOR AURORA TRIO-27.6-TL-OUTD.....	IV-36
TABLA IV-10 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CONEXIONADO .....	IV-38
TABLA IV-11 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.....	IV-39
TABLA IV-12 TIPO DE INSUMOS Y CANTIDADES A UTILIZAR EN EL PROYECTO .....	IV-45
TABLA IV-13 PARÁMETROS DE MEDICIÓN ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....	IV-47
TABLA IV-14 PROGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	IV-52
TABLA IV-15 RESUMEN DE CRONOGRAMA DEL PROYECTO .....	IV-52
TABLA IV-16 LONGITUDES DE MURO PERIMETRAL .....	IV-59
TABLA IV-17 EQUIPO A UTILIZAR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN .....	IV-68
TABLA IV-18 CONSUMO DE AGUA EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN PARA DOCE MESES DE CONSTRUCCIÓN .....	IV-69
TABLA IV-19 DESECHOS PREVISTOS EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN .....	IV-71
TABLA IV-20 SISTEMA PARA DETECCIÓN DE FALLAS .....	IV-79
TABLA IV-21 CONSUMO DE AGUA EN ETAPA DE OPERACIÓN PARA UN AÑO .....	IV-83
TABLA IV-22 DIMENSIÓN DE FOSA SÉPTICA.....	IV-87
TABLA IV-23 DESECHOS PREVISTOS EN LA ETAPA DE OPERACIÓN.....	IV-92
TABLA V-1 RESUMEN DE PROMEDIOS MENSUALES DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA ASTORIA (P11), DEPARTAMENTO DE LA PAZ.....	V-2
TABLA V-2 USO ACTUAL DEL SUELO EN EL MUNICIPIO EL ROSARIO LA PAZ .....	V-8
Tabla V-3 Cantidad de sondeos y pruebas de agresividad en el Proyecto .....	V-17
TABLA V-4 COMPACIDAD RELATIVA DE SUELOS ARENOSOS .....	V-19
TABLA V-5 CLASIFICACIÓN DE SUELO EN ZONA A.....	V-19
TABLA V-6 CLASIFICACIÓN DE SUELO EN ZONA B.....	V-21
TABLA V-7 CLASIFICACIÓN DE SUELO EN ZONA C.....	V-22
Tabla V-8 CAUDALES REGISTRADOS PARA LOS PRINCIPALES RÍOS REGIÓN LA PAZ .....	V-24
TABLA V-9 RESULTADOS DE CALIDAD DE AGUA PARA POTABILIZAR .....	V-35
TABLA V-10 RESULTADOS DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA .....	V-35
TABLA V-11 TOTAL DE ESPECIES ARBÓREAS ENCONTRADAS EN EL AID.....	V-46
TABLA V-12 TOTAL DE ESPECIES ARBUSTIVAS Y HERBÁCEAS EN EL AID,.....	V-47
TABLA V-13 TOTAL DE ESPECIES ARBÓREAS ENCONTRADAS EN EL AII .....	V-50
ABLA V-14 TOTAL DE ESPECIES ARBUSTIVAS Y HERBÁCEAS EN EL AII .....	V-52
TABLA V-15 HERPETOFAUNA PRESENTE EN EL SITIO DE ESTUDIO Y SU ESTADO DE CONSERVACIÓN A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL .....	V-56
TABLA V-16 CATEGORÍAS TAXONÓMICAS, NOMBRE COMÚN, CLASIFICACIÓN POR ESTACIONALIDAD, ESTATUS DE CONSERVACIÓN SEGÚN UICN Y ESTATUS DE CONSERVACIÓN SEGÚN MARN DE LAS AVES OBSERVADOS. ....	V-59

TABLA V-17 ESPECIES DE MASTOFAUNA Y SU ESTADO DE CONSERVACIÓN A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL .....	V-64
TABLA V-18 INFORMACIÓN DE UBICACIÓN DE CANTONES EN MUNICIPIO DE EL ROSARIO ...	V-69
TABLA V-19 DISTRIBUCIÓN DE CANTONES Y CASERÍOS EN MUNICIPIO DE EL ROSARIO .....	V-70
Tabla V-20 POBLACIÓN TOTAL POR ÁREA DE RESIDENCIA, SEXO, ÍNDICE DE MASCULINIDAD Y PORCENTAJE URBANO, SEGÚN DEPARTAMENTO Y MUNICIPIO .....	V-72
TABLA V-21 POBLACIÓN TOTAL SEGÚN TRAMOS DE EDAD SELECCIONADOS, SEGÚN DEPARTAMENTO Y MUNICIPIO.....	V-73
Tabla V-22 POBLACIÓN TOTAL SEGÚN TRAMOS DE EDAD SELECCIONADOS, SEGÚN DEPARTAMENTO Y MUNICIPIO.....	V-74
TABLA V-23 CASOS DE DESNUTRICIÓN ATENDIDOS DE ENERO A MAYO 2014 .....	V-79
TABLA V-24 PRINCIPALES CAUSAS DE MORBILIDAD EN MENORES DE 5 AÑOS .....	V-79
TABLA V-25 PRINCIPALES CAUSAS DE MORBILIDAD EN ADOLESCENTES .....	V-80
TABLA V-26 PRINCIPALES CAUSAS DE MORTALIDAD DE ENERO A MAYO 2014.....	V-81
TABLA V-27 PERSONAL OCUPADO POR ACTIVIDAD ECONÓMICA DEL MUNICIPIO DE EL ROSARIO LA PAZ.....	V-81
TABLA V-28 POBLACIÓN SEGÚN RANGO DE EDAD .....	V-88
TABLA V-29 POBLACIÓN SEGÚN GRADO ACADÉMICO.....	V-88
TABLA V-30 OCUPACIÓN ACTUAL DE LOS INTEGRANTES DEL HOGAR.....	V-89
TABLA V-31 ENFERMEDADES SON MÁS FRECUENTES EN LA FAMILIA .....	V-90
TABLA V-32 INGRESO PROMEDIO DEL GRUPO FAMILIAR.....	V-90
TABLA V-33 MATERIAL DE LAS PAREDES DE LA VIVIENDA.....	V-91
Tabla V-34 Tipo de alumbrado que posee la vivienda.....	V-92
TABLA V-35 TIPO DE COMBUSTIBLE UTILIZADO .....	V-92
TABLA V-36 FORMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO .....	V-92
TABLA V-37 PRINCIPALES PROBLEMAS COMUNITARIOS .....	V-94
Tabla V-38 CONECTIVIDAD EXTERNA DEL MUNICIPIO EL ROSARIO LA PAZ .....	V-95
TABLA V-39 CONECTIVIDAD INTERNA DEL MUNICIPIO EL ROSARIO LA PAZ .....	V-96
TABLA V-40 TIPO DE ALUMBRADO DEL MUNICIPIO .....	V-97
TABLA V-41 DISTRIBUCIÓN DEL ACCESO AL AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO .....	V-98
TABLA V-42 ORIGEN DEL AGUA EN LOS HOGARES DE EL ROSARIO LA PAZ.....	V-98
TABLA V-43 FUENTES DE AGUA.....	V-99
Tabla V-44 MEDIOS DE ELIMINACIÓN DE AGUAS GRISAS EN EL ROSARIO LA PAZ .....	V-99
TABLA V-45 PATRIMONIO CULTURAL .....	V-101
Tabla V-46 TABLA DE IDENTIFICACIÓN DE SITIOS DE VALOR CULTURAL CERCANOS AL PROYECTO EN UN RADIO DE 15 KM. ....	V-102
Tabla VII-1 RESULTADOS DE INTERACCIONES ENTRE ACTIVIDADES DEL PROYECTO Y FACTORES AMBIENTALES.....	VII-4
Tabla VII-2 RUIDO EMITIDO POR EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN .....	VII-5
TABLA VII-3 ÁREAS A IMPERMEABILIZAR PROYECTO PROVIDENCIA SOLAR .....	VII-8
Tabla VII-4 REPETITIVIDAD, VALORACIÓN Y RELEVANCIA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS.....	VII-16
TABLA VIII-1 DESCRIPCIÓN DE ACTORES Y ROL QUE DESEMPEÑAN.....	VIII-2
Tabla VIII-2 ACTORES CLAVES IDENTIFICADOS PARA LAS ACTIVIDADES DE PARTICIPACIÓN ..	VIII-3

TABLA VIII-3	DETALLE DE ENTREVISTAS REALIZADAS A ACTORES CLAVES .....	VIII-7
TABLA VIII-4	IMPACTOS SOCIALES POSITIVOS IDENTIFICADOS .....	VIII-9
TABLA VIII-5	IMPACTOS ECONÓMICOS POSITIVOS IDENTIFICADOS.....	VIII-13
TABLA VIII-6	IMPACTOS AMBIENTALES POSITIVOS IDENTIFICADOS .....	VIII-15
TABLA VIII-7	IMPACTOS NEGATIVOS IDENTIFICADOS.....	VIII-16
TABLA VIII-8	RECOMENDACIONES DADAS POR ACTORES LOCALES .....	VIII-17
TABLA VIII-9	VENTAJAS DEL PROYECTO EN EL ÁREA-ECONÓMICA.....	VIII-20
TABLA VIII-10	VENTAJAS DEL PROYECTO EN EL ÁREA-AMBIENTAL .....	VIII-21
TABLA VIII-11	DESVENTAJAS DEL PROYECTO EN EL ÁREA-SOCIAL, ECONÓMICA Y AMBIENTAL .....	VIII-21
TABLA IX-1	HISTORIAL DE TERREMOTOS EN EL ROSARIO LA PAZ.....	IX-3
TABLA IX-2	HISTORIAL DE INUNDACIONES EN EL ROSARIO LA PAZ.....	IX-4
Tabla IX-3	Datos resultantes del método del hidrograma unitario triangular para la subcuenca del río Jiboa .....	IX-10
TABLA IX-4	EXPOSICIÓN A DIFERENTES AMENAZAS POR CANTÓN Y CASCO URBANO DE EL ROSARIO LA PAZ .....	IX-27
TABLA IX-5	RESUMEN DE AMENAZAS .....	IX-28
TABLA IX-6	ACTIVIDADES DE OBRAS CIVILES E INSTALACIONES .....	IX-29
Tabla IX-7	ACTIVIDADES DE FUNCIONAMIENTO .....	IX-30
TABLA IX-8	MATERIALES Y SUSTANCIAS PELIGROSAS.....	IX-31
TABLA IX-9	VALORACIÓN DE ÍNDICES DE PROBABILIDAD Y DAÑO .....	IX-32
TABLA IX-10	NIVEL DE RIESGOS.....	IX-32
TABLA IX-11	MATRIZ DE EVALUACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE RIESGO "HAZOP MODIFICADA" .	IX-33
TABLA IX-12	MÉTODOS DE CONTROL INSTALADOS Y RECOMENDACIONES .....	IX-36
TABLA X-1	MEDIDAS AMBIENTALES PROPUESTAS PARA LOS IMPACTOS IDENTIFICADOS COMO SIGNIFICATIVOS PARA ETAPA DE CONSTRUCCION DE PROYECTO PROVIDENCIA SOLAR ...	X-1
TABLA X-2	MEDIDAS AMBIENTALES PROPUESTAS PARA LOS IMPACTOS IDENTIFICADOS COMO SIGNIFICATIVOS PARA ETAPA DE FUNCIONAMIENTO DE PROYECTO PROVIDENCIA SOLAR	X-2
TABLA X-3	COSTO DE MEDIDA PARA PLAN Y CONTROL DE HORARIOS .....	X-3
Tabla X-4	COSTO DE MEDIDA PARA RIEGO .....	X-4
TABLA X-5	COSTO DE MEDIDA PARA ACOPIO DE TIERRA NEGRA.....	X-5
TABLA X-6	BALANCE HÍDRICO .....	X-7
TABLA X-7	TOTAL DE ÁRBOLES A PLANTAR.....	X-7
TABLA X-8	ESPECIES PROPUESTAS PARA LA ARBORIZACIÓN.....	X-9
Tabla X-9	Costo de revegetación.....	X-10
Tabla X-10	COSTO DE ALQUILER DE SANITARIOS PORTÁTILES .....	X-10
Tabla X-11	DIMENSIÓN DE FOSA SÉPTICA .....	X-11
Tabla X-12	COSTO DE FOSAS SÉPTICAS.....	X-14
TABLA X-13	COSTO DE MEDIDA PARA ALMACENAMIENTO DE ACEITE DIELECTRICO .....	X-17
TABLA X-14	COSTO DE OBRAS PARA MANEJO DE ESCORRENTÍA .....	X-19
TABLA X-15	COSTO DE ROTULOS Y CAPACITACIÓN .....	X-21
Tabla X-16	COSTO DE UBICACIÓN DE TAPIAL .....	X-22
Tabla X-17	COSTO DE PASOS PARA FAUNA .....	X-23

Tabla X-18 COSTO DE CAPACITACIÓN EN MANEJO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS .....	X-24
Tabla X-19 COSTO DE ESPECIALISTA AMBIENTAL Y MATERIALES.....	X-25
Tabla X-20 ESPECIES DE ARBUSTOS RECOMENDADAS PARA BARRERA VIVA.....	X-26
Tabla X-21 COSTO DE BARRERA DE ARBUSTOS Y PINTURA EN TAPIAL .....	X-26
Tabla X-22 COSTO DE MANEJO DE DESECHOS Y RESIDUOS Y OTROS MATERIALES .....	X-29
Tabla X-23 COSTO DE CAPACITACIÓN EN MANEJO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS .....	X-30
Tabla X-24 SEÑALIZACIÓN EN ZONAS DE RIESGO .....	X-32
TABLA X-25 COSTO DE CAPACITACIONES Y EQUIPO DE SEGURIDAD .....	X-33
TABLA X-26 COSTO DE MANTENIMIENTO DE LA VEGETACIÓN .....	X-35
TABLA X-27 COSTO DE MANEJO DE DESECHOS .....	X-36
Tabla X-28 COSTO DE MATERIAL PARA CONTRATACIÓN DE PERSONAL .....	X-36
TABLA X-29 CUANTIFICACIÓN DE FIANZA AMBIENTAL.....	X-37
TABLA X-30 RESUMEN DEL PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL, ETAPA DE CONSTRUCCIÓN PROYECTO PROVIDENCIA SOLAR .....	X-38
TABLA X-31 RESUMEN DEL PROGRAMA DE MONITOREO, ETAPA DE CONSTRUCCIÓN PROYECTO PROVIDENCIA SOLAR.....	X-42
Tabla X-32 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS MEDIDAS AMBIENTALES, ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE PROVIDENCIA SOLAR .....	X-46
Tabla X-33 RESUMEN DEL PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL, ETAPA DE FUNCIONAMIENTO PROYECTO PROVIDENCIA SOLAR 1 .....	X-47
TABLA X-34 RESUMEN DEL PROGRAMA DE MONITOREO, ETAPA DE FUNCIONAMIENTO PROYECTO PROVIDENCIA SOLAR 1 .....	X-48
TABLA X-35 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS MEDIDAS AMBIENTALES, ETAPA DE FUNCIONAMIENTO PROYECTO PROVIDENCIA SOLAR 1 .....	X-49

### Índice De Fotografías

Fotografía IV-1 Imagen Actual Del Terreno en “Zona A” .....	IV-13
Fotografía IV-2 Imagen Actual Del Terreno en “Zona B” .....	IV-14
Fotografía IV-3 Imagen Actual Del Terreno en “Zona C” .....	IV-14
Fotografía IV-4 Vista hacia Calle en Colindancia Noroeste desde “Zona C” .....	IV-16
Fotografía IV-5 Vista al Norte desde “Zona C” .....	IV-16
Fotografía IV-6 Vista al Noreste desde “Zona A” .....	IV-17
Fotografía IV-7 Vista hacia Colindancia Sur desde “Zona C” .....	IV-17
Fotografía IV-8 Vista hacia calle en Colindancia Sur, desde “Zona A” .....	IV-18
Fotografía IV-9 Vista de Escuela en Colindancia Noroeste “Zona C” .....	IV-18
Fotografía IV-10 Vista hacia el Este desde “Zona B” .....	IV-19
Fotografía IV-11 Vista de Comunidades San Francisco El Pedregal, y El City, hacia El Norte ..	IV-19
Fotografía IV-12 Vista de Comunidad Santa Isabel El Pedregal .....	IV-20
Fotografía IV-13 Vista De Carretera hacia San Luis La Herradura .....	IV-20
Fotografía IV-14 Vista De Calle en Colindancia Norte de “Zonas B y C” .....	IV-21
Fotografía IV-15 Ejemplo de Paneles Instalados en Proyecto Similar .....	IV-30
Fotografía IV-16 Imágenes de Seguidores Instalados .....	IV-33

Fotografía IV-17 Unidad de Control Centralizada “Exobox” .....	IV-34
Fotografía IV-18 Inversor a Usar (Aurora Trio-27.6-TL-Outd (Power One) .....	IV-36
Fotografía IV-19 Ejemplo de tapial a instalar .....	IV-46
Fotografía IV-20 Ejemplo de Obras de Preparación de Sitio a Llevar a Cabo .....	IV-54
Fotografía IV-21 Ejemplo de Obras de Caminos de Acceso .....	IV-58
Fotografía IV-22 Ejemplo de Obras de Zanjas para Cableado .....	IV-62
Fotografía IV-23 Ejemplo de Obras de Cimentación de Estaciones y Equipos .....	IV-63
Fotografía IV-24 Ejemplo de Obras de Cimentación de Seguidores (Hincado de Pilotes) .....	IV-64
Fotografía IV-25 Ejemplo de Obras de Montaje de Seguidores (Perfilería) .....	IV-65
Fotografía IV-26 Ejemplo de Obras de Conexionado .....	IV-66
Fotografía IV-27 Ejemplo de Caseta De Seguridad Instalada .....	IV-67
Fotografía V-1 Uso De Suelo Del Terreno (zona A) .....	V-9
Fotografía V-2 Vistas generales del sitio del proyecto .....	V-12
Fotografía V-3 Vista De Quebrada de Invierno Cañada Las Micas, dentro Del Terreno .....	V-30
Fotografía V-4 Vista general de las diferentes áreas de estudio .....	V-40
Fotografía V-5 Vista general de las diferentes áreas de estudio .....	V-41
Fotografía V-6 Metodología de trabajo .....	V-43
Fotografía V-7 Metodología empleada para el muestreo de anfibios y reptiles en el AID .....	V-44
Fotografía V-8 Metodología empleada para el muestreo de aves en el AID .....	V-44
Fotografía V-9 Metodología empleada para el muestreo de mamíferos en el AID .....	V-45
Fotografía V-10 Representantes de la flora arbórea encontrada en la zona de influencia directa .....	V-46
Fotografía V-11 Representantes de la flora arbustiva y herbácea encontrada en la zona de influencia directa .....	V-48
Fotografía V-12 Representantes de la flora arbórea encontrada en la zona de influencia indirecta .....	V-51
Fotografía V-13 Representantes de la flora arbórea encontrada en la zona de influencia indirecta .....	V-52
Fotografía V-14 Representantes de la flora arbustiva y herbácea encontrada en la zona de influencia indirecta .....	V-55
Fotografía V-15 Reptiles presentes en el sitio del proyecto. ....	V-57
Fotografía V-16 Herpetofauna presentes en el sitio del proyecto .....	V-57
Fotografía V-17 Especies en la zona del proyecto .....	V-65
Fotografía V-18 Identificación de excretas .....	V-65
Fotografía V-19 Vista de parque central e Iglesia municipio El Rosario La Paz .....	V-71
Fotografía V-20 Centro escolar cercano al sitio del proyecto .....	V-77
Fotografía V-21 Vista de fachada de Mercado Municipal renovado .....	V-95
Fotografía V-22 Vistas de fiestas patronales del municipio de El Rosario La Paz .....	V-101
Fotografía VIII-1 Reunión con Alcaldía y Asambleas con Actores .....	VIII-5
Fotografía VIII-2 Entrevista al Sr. Alcalde .....	VIII-6
Fotografía IX-1 IMAGEN DE ZONA DE “QUEBRADA SIN NOMBRE” .....	IX-24
Fotografía IX-2 IMAGEN DE OBRA DE PASO ASOLVADA .....	IX-24
Fotografía X-1 TUBERÍAS DE 36” ASOLVADAS .....	X-19

## Índice De Gráficos

Gráfico III-1 Composición De La Matriz Eléctrica Actual .....	III-3
Gráfico III-2 Capacidad Instalada.....	III-4
Gráfico III-3 Pronóstico De La Demanda De Energía Eléctrica 2012-2026.....	III-5
Gráfico III-4 Matriz Generación del Sector Eléctrico 2015 y 2017 .....	III-6
Gráfico V-1 Producción Prevista.....	V-3
Gráfico V-2 Promedio Mensual de Precipitación (1970-1979). Estación Astoria (P11) .....	V-4
Gráfico V-3 Porcentaje de especies por categoría de estacionalidad registradas en el sitio de estudio.....	V-58
Gráfico V-4 Frecuencias registradas de las especies de aves observadas en el sitio de estudio..	V-63
Gráfico V-5 Población por Área Urbana y Cantones del municipio de El Rosario La Paz .....	V-73
Gráfico V-6 Pirámide poblacional disgregada por sexo y edad.....	V-74
Gráfico V-7 Tenencia de la Vivienda Área Urbana del Municipio El Rosario La Paz .....	V-75
Gráfico V-8 Población según sexo .....	V-87
Gráfico V-9 Tenencia de la vivienda.....	V-91
Gráfico V-10 Forma en la que se deshacen de la basura .....	V-93
Gráfico VIII-1 Ventajas Del Proyecto En El Área Social.....	VIII-20

**I TÍTULO Y AUTORES**  
**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**  
**"PROVIDENCIA SOLAR 1",**  
**EL ROSARIO, LA PAZ**

**I.1 TITULAR**  
**PROVIDENCIA SOLAR, S.A. DE C.V.**


---

**Emmanuel Michel Claude Pujol**  
**Representación Legal**



**I.2 AUTORES**

**ECO INGENIEROS: RPJSEA 001**

NOMBRE	NO RPSEA	PROFESIÓN	ÁREA DE ACTUACIÓN DENTRO DEL ESTUDIO	FIRMA
Arq. Leonora Ferrer Morán	RPSEA 0011	Arquitecto, Maestría en Tecnología Geoambiental	Coordinación, Análisis de Diseño y Evaluación de Impactos Ambientales	
Ing. José Rodolfo Montufar	RPSEA 0025	Ing. Civil, Hidrogeólogo y Maestría en Medio Ambiente	Evaluación de Impactos Ambientales, Hidrogeología e Hidrología	
Lisbia Teresa Jarquín Deleón	RPSEA 0646	Arquitecta, Especialidad en Gestión Ambiental Territorial	Descripción del proyecto, Evaluación de Impactos Ambientales	

*Cartas de registro de consultores en el MARN en Apéndice: Anexos Legales.*

**COLABORADORES**

- Lic. Alma Sánchez, Consideraciones Jurídicas y de Normativa Ambiental.
- Arq. Roly Wilfredo Padilla, Investigación de Campo y Dibujo.
- Arq. María Teresa García, Aspectos Físicos.
- Ing. Mario Guevara, Hidrología e Hidráulica.
- Lic. Francisco Samuel Álvarez Calderón, Aspectos biológicos.
- Lic. Vladlen Ernesto Henríquez Cisneros, Aspectos biológicos.
- Lic. Pablo Giovanni Olmedo Galán, Aspectos biológicos.
- Lic. Erika Rodríguez, Estudio Socioeconómico y Participación de Actores Sociales.



## II RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto Providencia Solar 1, sujeto del presente Estudio de Impacto Ambiental, consiste en la instalación de una Planta Solar Fotovoltaica con una capacidad instalada de 74,400,000 Wp y 60,000 kVA, formada por módulos fotovoltaicos sobre seguidores solares a un eje.

El Proyecto se ubicará en el Municipio de El Rosario, Departamento de La Paz Latitud: 13°27'07.67"N y Longitud: 89°00'31.79"O, a una elevación entre 36 y 45 msnm. Se dividirá en 3 Zonas, "A, B y C" que en conjunto ocuparán un área de 1, 838,554.01m<sup>2</sup>.

El terreno presenta las condiciones ideales para este tipo de proyecto, contando con una topografía casi plana y de uso agropecuario, con muy pocos árboles, ubicados principalmente en los linderos: también se cuenta con muy fácil acceso por carretera pavimentada.

La planta solar estará formada por 238,720 módulos solares de silicón policristalino desplegado tipo Trina Solar (TSM 310 PC14-72) o similar, montados sobre una estructura metálica de apoyo a un eje tipo Exotrack HZ, el proyecto comprenderá 11,936 estructuras FV, y 910 centros de inversores. A continuación un resumen de los componentes de la planta solar:

**TABLA II-1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA PLANTA**

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA TOTAL DE ZONAS A+B+C DE LA PLANTA				
DESIGNACIÓN	TIPO	CANTIDAD	POTENCIA	
Paneles	TSM 310-PC14 (Trina Solar) o similar	238,720	310	Wp
Estructuras FV	Exotrack HZ a 1 Eje o similar, 20 paneles	11,936		
Inversores	Aurora Trio-27.6-TL-Outd (Power One)	1,990	30	kVA
Centros de Inversores	Grupo de 3 Inversores	910		
	Centro de Transformación	36	1,600	kVA
	Centro de Transformación	1	2,000	kVA
CAPACIDAD INSTALADA				
	Potencia Pico Instalada:		74,003,200	Wp
	Potencia Nominal Total:		59,700	kVA

Los inversores se suministran junto con envoltorio de hormigón prefabricado, que incluye todos los elementos accesorios necesarios para la correcta operación y servicio. Los inversores transformarán la corriente DC<sup>1</sup> en AC<sup>2</sup> al voltaje nominal de 480VAC al centro de inversores, toda la distribución LV se hará a 480VAC.

<sup>1</sup> Cuando el flujo de corriente eléctrica se da en una sola dirección, se conoce como Corriente Continua, generalmente designada con las siglas DC, siglas que vienen del inglés Direct Current y también se puede ver, aunque con menos frecuencia, con las siglas del español CC.

<sup>2</sup> Cuando el flujo eléctrico se da en las dos direcciones se conoce como Corriente Alterna y se designa generalmente con las siglas AC, del inglés Alternating Current, también se puede ver como CA. La mayoría de redes eléctricas actuales utilizan corriente alterna.

Como primer paso, el voltaje bajo se elevará a 13,8kV mediante los centros de transformación, la recolección y concentración de la energía proveniente de cada centro de transformación se hará a este nivel de voltaje. El transformador principal (60MVA) operará la elevación de 13,8kV a 115kV con el fin de minimizar las pérdidas durante la transportación de la energía a través de la línea aérea y para conectar la planta desde la Subestación Interna a la Subestación de El Pedregal, ubicada al norte de la carretera CA2E. La línea de transmisión constituirá un estudio aparte que será presentado en otro documento independiente, y esta tendrá una longitud aproximada de 1.66km.

El Proyecto contribuirá a desarrollar el potencial de generación de energía renovable; fortalecerá las obras de generación, transformación y las redes de distribución de energía eléctrica, descentralizando su generación.

El proyecto comprende dos fases: Construcción y Operación.

**1. Fase de construcción:** Consiste básicamente en la ejecución de:

- Trabajos preliminares y de adecuación del terreno tales como: Consistirá en obras de drenajes provisionales, caminos internos y camino de acceso, desbroce, nivelación y limpieza, habilitación de bodega y transporte de materiales.
- Obra civil, montaje e instalación electromecánica: La obra civil consistirá de cimentaciones para las estructuras de seguimiento de los paneles, cimentaciones de las construcciones prefabricadas (contenedores) que incluirán los inversores y transformadores, centros de operación y de bodega.

El montaje comprende la instalación de estructuras para paneles, los paneles propiamente dichos y la conexión eléctrica; la instalación de las canalizaciones eléctricas y de la red de tierras; el montaje de la caseta de inversores y transformadores. Así mismo se instalará una caseta del centro de seccionamiento y medida, sistema de seguridad, sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA); estación meteorológica y sus sensores asociados. Posteriormente la obra civil incluye la instalación de señalización y limpieza del lugar y finalmente puesta en servicio.

**2. Fase de operación:** Básicamente consistirá en:

- Interconexión de la energía eléctrica y operación: Interconexión de la energía generada con la red eléctrica, y la operación de las líneas energizadas.
- Obras de mantenimiento tales como: Poda de la vegetación, mantenimiento de estructuras, herrajes y conductores, sistema de puestas a tierra e hilos de guarda. Se proyecta que la Planta Solar tendrá un tiempo de vida de 20 años.

El proyecto se ubica en el Municipio de El Rosario, un área de usos combinados, con zonas agropecuarias, urbanizaciones habitacionales, e incluso la presencia de zonas industriales, como la zona franca El Pedregal; El acceso es por la carretera pavimentada hacia San Luis La Herradura.

El terreno presenta topografía plana y es cruzado por una quebrada de invierno, donde se ha

dejado la zona de protección correspondiente; En su costado poniente se encuentra muy cercano al río Jiboa, dejando también su zona de protección. Los suelos son clase III y pertenecen al gran grupo de latosoles; El uso actual del terreno es agropecuario con cultivo de caña, y parte baldío, con presencia de matorrales. No se encontraron especies en peligro de flora.

Se prevé que durante la construcción y operación del proyecto se generarán impactos ambientales que en su mayoría fueron evaluados como de relevancia media, los principales impactos ambientales identificados son:

- Cambio en el drenaje superficial
- Cambio en el uso del suelo
- Cambio patrones de drenaje
- Riesgo al personal durante las labores de instalación y mantenimiento de líneas energizadas.
- Generación de empleo.
- Mejora en la economía local
- Creación de servicios públicos (Energía).

Se estima que los impactos ambientales del Proyecto son prevenibles, mitigables, reparables y compensables. Una vez, establecidos los principales efectos ambientales que las acciones del proyecto generarán sobre los factores ambientales, se definieron las medidas ambientales que serán tomadas para prevenir y/o controlar los impactos, con el fin de mejorar y/o potenciar la compatibilidad de las acciones con el medio ambiente. En el Programa de Manejo Ambiental (PMA) se proponen las medidas ambientales.

En base al análisis de la línea base, las interpretaciones de la percepción y opiniones de la población, y de los resultados de la identificación y evaluación de los impactos ambientales del Proyecto, se concluye que el Proyecto es ambientalmente viable, y para el efecto se deberán implementar las medidas de prevención, mitigación, reparación, compensación y contingencia propuestas.

El resumen del Programa de Manejo Ambiental, Programa de Monitoreo y Cronograma de Aplicación de Medidas Ambientales, se incluyen en las tablas siguientes; la fianza ambiental se ha cuantificado en un costo de inversión de **CIENTO SESENTA Y DOS MIL OCHOCIENTOS NOVENTA Y CUATRO 56/100 (US\$ 162,894.56)**, monto que se desglosa de la siguiente manera.

**TABLA II-2 CUANTIFICACIÓN DE FIANZA AMBIENTAL**

NO.	ETAPA - MEDIDAS AMBIENTALES	COSTO PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL US \$
1	Construcción de planta solar	\$145,188.96
2	Funcionamiento de planta solar	\$17,705.60
	<b>TOTAL</b>	<b>\$162,894.56</b>

Fuente: Eco Ingenieros



A continuación presentamos las tablas del PMA para la etapa de construcción:

**TABLA II-3 RESUMEN DEL PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL, ETAPA DE CONSTRUCCIÓN PROYECTO PROVIDENCIA SOLAR 1**

ETAPA DE EJECUCIÓN	ACTIVIDAD DEL PROYECTO	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL	MEDIDA AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA AMBIENTAL PROPUESTA	UBICACIÓN DE LA MEDIDA AMBIENTAL	RESPONSABLE DE SU EJECUCIÓN	MONTO CALCULADO DE LA MEDIDA AMBIENTAL	MOMENTO DE SU EJECUCIÓN	RESULTADO ESPERADO
Ubicación y Construcción	Trabajos de tala y destroncado, terracería, hincado de pilotes, instalación de edificaciones prefabricadas y acopio de materiales en camiones.	Impactos potenciales por generación de ruido por trabajos.	Preventiva	Establecimiento de horarios en horas hábiles de 7 am a 6 pm para las labores que generen mayor ruido.	Frentes de trabajo	Titular	\$ 300.00	Durante la etapa de construcción	Prevenir las molestias por ruidos por actividades de construcción
Ubicación y Construcción	Trabajos de terracería, tala y destroncado, preparación del sitio	Generación de polvo que puede afectar la salud de los habitantes cercanos al proyecto	Preventiva	Riego 3 veces al día durante la estación seca por un período aproximado de 3 meses.	Sitios en donde se efectúen los trabajos que puedan originar polvo.	Titular	\$26,856.00	Durante la etapa de construcción	Prevenir enfermedades y molestias por la generación de polvo
Ubicación y Construcción	Movimientos de tierra, acopio y reuso	Posible erosión y arraste de sedimentos por agua lluvia.	Atenuación	Corte y separación del suelo orgánico para prevención de arrastre de sedimentos y paso de maquinaria. Estabilización del suelo	Acopio del material en áreas de trabajo.	Titular	\$48,596.80	Durante la etapa de construcción	Controlar la erosión y arrastre de sedimentos. Protección y estabilización de tierra.
Ubicación y Construcción	Preparación del sitio	Pérdida de la vegetación y pérdida de áreas de infiltración.	Compensación	Revegetación de 720 árboles por tala y 56 árboles por pérdida de áreas de infiltración y 147 por uso de agua.	Áreas propuestas para arborización.	Titular	\$ 9,230.00	Durante la etapa de construcción	Compensar tala y favorecer la infiltración. Mejora del carácter visual



Emmanuel Michel Claude Pujol

ETAPA DE EJECUCIÓN	ACTIVIDAD DEL PROYECTO	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL	MEDIDA AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA AMBIENTAL PROPUESTA	UBICACIÓN DE LA MEDIDA AMBIENTAL	RESPONSABLE DE SU EJECUCIÓN	MONTO CALCULADO DE LA MEDIDA AMBIENTAL	MOMENTO DE SU EJECUCIÓN	RESULTADO ESPERADO
Ubicación y Construcción	Necesidades fisiológicas de los trabajadores	Potencial contaminación del suelo y agua superficial	Preventiva	Manejo adecuado de excretas en el plantel de trabajo: Alquiler de 20 servicios sanitarios portátiles	Áreas de trabajo en el interior del terreno del proyecto	Titular	\$18,000.00	Durante la etapa de construcción	Prevenir la contaminación de los cuerpos receptores de agua y la contaminación del suelo
Ubicación y Construcción	Generación de aguas residuales en la etapa de funcionamiento del proyecto	Potencial contaminación del suelo y agua superficial	Preventiva	Construcción de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo orinario (3 fosas sépticas y campo de riego)	Distribuidas en la zona del proyecto	Titular	\$14,321.00	Durante la etapa de construcción	Prevenir la contaminación de los cuerpos receptores de agua y la contaminación del suelo
Ubicación y Construcción	Operación de equipo	Potencial contaminación del suelo y agua superficial	Preventiva	Medidas de seguridad para el almacenamiento de aceite dieléctrico: Sistema de contención de aceite dieléctrico, sistema contra incendios, separador de agua-acéite.	Bodega de almacenamiento de insumos y materiales.	Titular	\$6,105.16	Durante la etapa de construcción	Prevenir la contaminación de los cuerpos receptores de agua y la contaminación del suelo
Ubicación y Construcción	Manejo de aguas lluvias	Impermeabilización del terreno, modificación de la escorrentía superficial.	Preventiva	Obras para manejo de aguas lluvias: cabezales de descarga en quebrada Cañada Las Micas y quebrada sin nombre y canaleta	Zonas de descarga	Titular	\$3,600.00	Durante la etapa de construcción	Manejo adecuado de las aguas lluvias.
Ubicación y Construcción	Preparación del sitio	Pérdida de la vegetación y creación de barreras para la fauna	Preventiva	Conservación de la vegetación natural, rutas de paso Medidas de protección de la fauna: 20 rótulos de cuidado de la fauna y capacitación al personal	En toda el área del proyecto	Titular	\$3,800.00	Durante la etapa de construcción	Protección de la fauna y la vegetación natural
Ubicación y Construcción	Preparación del sitio	Potencial pérdida de parches de vegetación que además sirven de refugio a la fauna.	Atenuación	Conservación de los parches de vegetación mediante la reubicación del tapial perimetral dentro del terreno.	Distanciados 1.50 del lindero del terreno	Titular	\$1,200.00	Durante la etapa de construcción	Protección de la vegetación de linderos
Ubicación y Construcción	Preparación del Sitio	Potencial corte de pasos de pequeños mamíferos reptiles y anfibios en sitios de humedades y presencia de agua.	Atenuación	Construcción de pasos para la fauna en tapial	Intersección de quebrada Cañada Las Micas y el tapial y zonas arborizadas, 20 pasos.	Titular	\$1,400.00	Durante la etapa de construcción	Protección de la fauna

Emmanuel Michel Claude Pujol

ETAPA DE EJECUCIÓN	ACTIVIDAD DEL PROYECTO	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL	MEDIDA AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA AMBIENTAL PROPUESTA	UBICACIÓN DE LA MEDIDA AMBIENTAL	RESPONSABLE DE SU EJECUCIÓN	MONTO CALCULADO DE LA MEDIDA AMBIENTAL	MOMENTO DE SU EJECUCIÓN	RESULTADO ESPERADO
Ubicación y Construcción	Actividades de construcción	Potenciales daños a los trabajadores por accidentes laborales	Preventiva	Prevención de accidentes laborales: Instrucción al personal sobre el manejo adecuado de equipos y herramientas	Áreas de trabajo en el interior del terreno del proyecto	Constructor bajo la supervisión del Titular	\$ 200.00	Durante la etapa de construcción	Prevenir accidentes e incidentes que afecten a los trabajadores de construcción
Ubicación y Construcción	Actividades durante la etapa de construcción	Potenciales especulaciones sobre el proyecto que deriven en conflictos y molestias a la población	Prevenición	Instalación de oficina de gestión social con personal capacitado señalización de la ubicación de oficina.	Oficina en plantel de construcción	Titular	\$ 6,500.00	Durante la etapa de construcción	Prevenir mal información y daños a la población de los alrededores.
Ubicación y Construcción	Actividades de construcción	Potencial contaminación del suelo y agua superficial	Preventiva	Manejo adecuado de desechos: 10 recipientes rotulados para recolectar desechos, Extintor de 20 lb, wipes y arena	Dentro del terreno del proyecto en la zona donde se ubican las oficinas y caseta de control	Titular	\$560.00	Durante la etapa de construcción	Prevenir la contaminación de los cuerpos receptores de agua y la contaminación del suelo
Ubicación y Construcción	Actividades de construcción	Contratación de mano de obra local.	Compensación	Utilizar mano de obra local, haciendo publicaciones y material publicitario	Oficina del proyecto en el plantel	Titular	\$ 1,500.00	Durante la etapa de construcción	Procurar que la mayoría de los empleos generados se otorguen a personal local
Ubicación y Construcción	Actividades de construcción	Evitar peligros potenciales en caso de eventos extremos o lluvias intensas.	Preventiva	Señalizar mediante 1510 rótulos las zonas de protección del río Jiboa y la zona probable de inundación en la quebrada Cañala Las Micas	Zona de protección de río Jiboa y quebrada Cañada Las Micas	Titular	\$ 600.00	Durante la etapa de construcción	Salvaguardar a los trabajadores cercanos a los sitios de riesgo.
Ubicación y Construcción	Operación y mantenimiento de la planta	Potenciales daños al personal	Preventiva	Equipo de seguridad para la etapa de funcionamiento. Equipo de protección personal para dos empleados: guantes, cascos, botas con cubo de acero	Instalaciones de la planta solar	Titular	\$2,420.00	Durante la etapa de construcción	Prevenir daños al personal
<b>TOTAL DE LAS MEDIDAS AMBIENTALES PROPUESTAS EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN</b>							<b>\$145,188.96</b>		



Emmanuel Michel Claude Pujol

**TABLA II-4 RESUMEN DEL PROGRAMA DE MONITOREO, ETAPA DE CONSTRUCCIÓN PROYECTO PROVIDENCIA SOLAR 1**

ETAPA DE EJECUCIÓN	MEDIDA AMBIENTAL Y DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO DE CONTROL A CONSIDERAR	LUGAR O PUNTO DE MUESTREO	FRECUENCIA DE LA MEDICIÓN	MÉTODO A UTILIZAR	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN	INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO	RETROALIMENTACIÓN	REFERENCIA EN EL TEXTO DE LA DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
Ubicación y Construcción	Establecimiento de horarios de trabajo: de 7 am a 6 pm	Registro de horarios de trabajo de equipo pesado y maquinaria más ruidosa: hincado pilotes, terracería, acopios, etc.	Frentes de trabajo	Mensual	Revisar registro de horarios del equipo	Titular	No se deben tener quejas de los vecinos por ruido y polvo en horas no hábiles	Reforzar los procedimientos con la empresa constructora	Pag. X-2
Ubicación y Construcción	Plan de riego durante terracería en época seca	Niveles de polvo en linderos del terreno	Linderos del terreno	Trimestral en época seca, durante terracería	Inspección visual y reporte de quejas	Titular	No se deben tener quejas de los vecinos por polvo en horas no hábiles	Reforzar el riego de zonas en las áreas de mayor generación de polvo	Pag. X-3
Ubicación y Construcción	Recuperación de tierra orgánica	Volumen de acopio de tierra negra y forma de almacenamiento	Sitio de acopio de tierra negra	Quincenal durante terracería	Reporte de inspección y registro fotográfico de acopios de tierra negra	Titular	Verificar el acopio de tierra orgánica y su reincorporación al suelo	Dar instrucciones al personal de terracería sobre la separación de horizontes de suelo	Pag. X-4
Ubicación y Construcción	Revegetación: 913 árboles en total dentro del terreno	Cantidad de árboles, evaluando densidad y especímenes que reflejen crecimiento sano.	Linderos del terreno del proyecto, quebrada y zona de protección río Jiboa	Mensual	Conteo y evaluación del desarrollo. Documentar en bitácora de obra y reporte fotográfico	Titular	Los árboles deben estar establecidos y en buenas condiciones	Replantación de árboles hasta completar los requeridos, reemplazo de los que estén en mal estado	Pag. X-5
Ubicación y Construcción	Manejo de excretas durante construcción: renta de 20 servicios sanitarios portátiles	Sanitarios instalados y desechos acopiados en orden acorde a la medida ambiental	Áreas de trabajo en el interior del terreno del proyecto	Mensual	Inspección visual, documentar con apoyo fotográfico	Titular	Manejo adecuada de desechos, sin evidencia de contaminación en suelo y agua superficial	Dar mantenimiento a los servicios instalados	Pag. X-9

Emmanuel Michel Claude Pujol

ETAPA DE EJECUCIÓN	MEDIDA AMBIENTAL Y DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO DE CONTROL A CONSIDERAR	LUGAR O PUNTO DE MUESTREO	FRECUENCIA DE LA MEDICIÓN	MÉTODO A UTILIZAR	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN	INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO	RETROALIMENTACIÓN	REFERENCIA EN EL TEXTO DE LA DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
Ubicación y Construcción	Construcción de tres fosas sépticas con su campo de riego	Verificar construcción de sistema de fosa séptica y campo de riego	Dentro del terreno del proyecto en la zona en oficina y al centro de los dos terrenos	Mensual	Documentar en bitácora de obra y reporte fotográfico	Titular	Manejo adecuado de agua residuales, sin evidencia de contaminación en suelo y agua superficial	Dar mantenimiento al sistema	Pag. X-10
Ubicación y Construcción	Medidas de seguridad para almacenamiento de aceite dieléctrico: Estructura de contención, separador de agua-aceite y 5 extintores sobre ruedas de polvo químico seco de 100 libras	Tanque de contención construido e instalación de extintores	Subestación	Mensual	Inspección visual, documentar con apoyo fotográfico	Titular	Manejo adecuado de sustancias peligrosas, extintores inspeccionados y con carga	Mejorar el sistema	Pag. X-12
Ubicación y Construcción	Obras para el manejo de la escorrentia: 6 cabezales de descarga	Construcción de cabezales de descarga en quebrada	Puntos de descarga de la quebrada	Mensual	Documentar en bitácora de obra y reporte fotográfico	Titular	Manejo adecuado de la escorrentia superficial	Mejorar el manejo de la escorrentia, si se requiere	Pag. X-15
Ubicación y Construcción	Protección de zonas vegetadas: 20 ródulos y capacitación a empleados	Mantenimiento de árboles inventariados, sin paso de vehículos en zonas restringidas	Zonas vegetadas a proteger: linderos y zonas de protección	Mensual	Documentar en bitácora de obra y reporte fotográfico	Titular	Zonas vegetadas en buen estado	Reforzar instrucciones al constructor y reparación de daños si hubiese	Pag. X-16
Ubicación y Construcción	Ubicación de tapial perimetral fuera de linderos en zonas vegetadas	Verificar la ubicación del tapial, sin daños a la vegetación	Linderos del proyecto	Semanal, durante construcción de tapial	Documentar en bitácora de obra y reporte fotográfico	Titular	Tapial ubicado conservando la vegetación	Reubicar tapial y plantación de vegetación dañada	Pag. X-17
Ubicación y Construcción	Pasos para fauna en tapial	Verificar construcción de pasos para fauna	Tapial perimetral del proyecto	Al finalizar construcción	Documentar en bitácora de obra y reporte fotográfico	Titular	Pasos construidos	Reubicar pasos para fauna	Pag. X-18

Emmanuel Michel Claude Pujol

ETAPA DE EJECUCIÓN	MEDIDA AMBIENTAL Y DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO DE CONTROL A CONSIDERAR	LUGAR O PUNTO DE MUESTREO	FRECUENCIA DE LA MEDICIÓN	MÉTODO A UTILIZAR	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN	INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO	RETROALIMENTACIÓN	REFERENCIA EN EL TEXTO DE LA DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
Ubicación y Construcción	Capacitación y equipo de protección personal: Instrucción al personal sobre el manejo adecuado de equipos y herramientas	Conocimiento por parte del personal de medidas de prevención. Revisar registro de accidentes o incidentes	Áreas de trabajo en el interior del terreno del proyecto	Mensual	Entrevista a personal de construcción, un 10% seleccionado al azar. Documentar en bitácora de obra y reporte fotográfico	Titular	Conocimiento de medidas de prevención	Dar capacitación que incluya conocimiento y concientización de riesgos	Pag. X-19
Ubicación y Construcción	Gestión ambiental y social	Documentación de proceso de gestión ambiental y social	Plantel de construcción	Bimensual	Revisar bitácora ambiental del proyecto	Titular	Las medidas deben ser ejecutadas conforme al plan de trabajo	Reforzar registros y controles	Pag. X-20
Ubicación y Construcción	Barrera arbustiva en lindero frente a carretera y pintura de tapial: 800 árboles	Cantidad de arbustos, especímenes que reflejen crecimiento sano y estado de pintura	Lindero frente a carretera	Mensual	Conteo y evaluación del desarrollo. Documentar en bitácora de obra y reporte fotográfico	Titular	Los arbustos deben estar establecidos y en buenas condiciones y la pintura en buen estado	Replantación de arbustos hasta completar los requeridos, reemplazo de los que estén en mal estado	Pag. X-22
Ubicación y Construcción	Manejo adecuado de materiales, desechos y residuos comunes y peligrosos: 10 recipientes, wipes, arena	Que no haya contaminación del suelo y agua superficial	Frentes de trabajo de construcción del proyecto	Mensual	Documentar en bitácora de obra y reporte fotográfico	Titular	Manejo adecuada de desechos, sin contaminación en suelo y agua superficial	Mejorar el manejo y disposición si se requiere	Pag. X-23
Ubicación y Construcción	Contratación de mano de obra local	Número de empleos de personal local	Planilla de empleados de construcción	Mensual	Llevar registro de empleos de gente residiendo en El Rosario	Titular	Debe contratarse al menos un 50% de personal local	Mejorar los métodos de publicidad para atraer personal de la zona	Pag. X-25



Emmanuel Michel Claude Pujol

ETAPA DE EJECUCIÓN	MEDIDA AMBIENTAL Y DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO DE CONTROL A CONSIDERAR	LUGAR O PUNTO DE MUESTREO	FRECUENCIA DE LA MEDICIÓN	MÉTODO A UTILIZAR	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN	INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO	RETROALIMENTACIÓN	REFERENCIA EN EL TEXTO DE LA DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
Ubicación y Construcción	Señalización de zonas de riesgo Equipo de seguridad para la etapa de funcionamiento. Equipo de protección personal para empleados: guantes, cascos, botas con cubo de acero	Verificar instalación de ródulos y capacitación al personal	En toda el área del terreno	Mensual	Documentar en bitácora y encuesta a personal	Titular	Conocimiento de zonas de riesgo	Sustituir ródulos, si se requiere e informar al personal	Pag. X-26
Ubicación y Construcción		Dejar las instalaciones provistas con el equipo de protección personal indicado	Instalaciones en general	Semestral	Inspección visual, documentar con apoyo fotográfico	Titular	Prevención de daños al personal	Sustituir equipo de protección personal por daño, deterioro o cumplimiento de ciclo de vida	Pag. X-29



Emmanuel Michel Claude Pujol

**TABLA II-5 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS MEDIDAS AMBIENTALES, ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE PROVIDENCIA SOLAR 1**

ETAPA DE EJECUCIÓN	ACTIVIDADES A REALIZAR	TRIMESTRES			COSTO ESTIMADO
		1	2	3	
UBICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN	Establecimiento de horarios en horas hábiles de 7 am a 6 pm para las labores que generen mayor ruido.				\$ 300.00
	Riego 3 veces al día durante la estación seca por un período aproximado de 3 meses.				\$26,856.00
	Corte y separación del suelo orgánico para prevención de arrastre de sedimentos y paso de maquinaria. Estabilización del suelo				\$48,596.80
	Revegetación de 720 árboles por tala y 56 árboles por pérdida de áreas de infiltración y 147 por uso de agua.				\$ 9,230.00
	Manejo adecuado de excretas en el plantel de trabajo: Alquiler de 20 servicios sanitarios portátiles				\$18,000.00
	Construcción de un sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo orinario (3 fosas sépticas y campo de riego)				\$14,321.00
	Medidas de seguridad para el almacenamiento de aceite dieléctrico: Sistema de contención de aceite dieléctrico, sistema contra incendios, separador de agua-aceite.				\$6,105.16
	Obras para manejo de aguas lluvias: cabezales de descarga en quebrada Cañada Las Micas y quebrada sin nombre y canaleta				\$ 3,600.00
	Conservación de la vegetación natural, rutas de paso Medidas de protección de la fauna: 20 rótulos de cuidado de la fauna y capacitación al personal				\$3,800.00
	Conservación de los parches de vegetación mediante la reubicación del tapial perimetral dentro del terreno.				\$ 1,200.00
	Construcción de pasos para la fauna en tapial				\$ 1,400.00
	Prevención de accidentes laborales: Instrucción al personal sobre el manejo adecuado de equipos y herramientas				\$ 200.00
	Instalación de oficina de gestión social con personal capacitado señalización de la ubicación de oficina.				\$ 6,500.00
	Manejo adecuado de desechos: 10 recipientes rotulados para recolectar desechos, Extintor de 20 lb, wipex y arena				\$560.00
	Utilizar mano de obra local, haciendo publicaciones y material publicitario				\$ 1,500.00
Señalizar mediante 10 rótulos las zonas de protección del río Jiboa y la zona probable de inundación en la quebrada Cañada Las Micas				\$ 600.00	
Equipo de seguridad para la etapa de funcionamiento. Equipo de protección personal para dos empleados: guantes, cascos, botas con cubo de acero				\$2,420.00	
<b>TOTAL</b>				<b>\$145,188.96</b>	



Emmanuel Michel Claude Pujol

A continuación presentamos las tablas del PMA para la etapa de funcionamiento.

**TABLA II-6 RESUMEN DEL PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL, ETAPA DE FUNCIONAMIENTO PROYECTO PROVIDENCIA SOLAR 1**

ETAPA DE EJECUCIÓN	ACTIVIDAD DEL PROYECTO	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL	MEDIDA AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA AMBIENTAL PROPUESTA	UBICACIÓN DE LA MEDIDA AMBIENTAL	RESPONSABLE DE SU EJECUCIÓN	MONTO CALCULADO DE LA MEDIDA AMBIENTAL	MOMENTO DE SU EJECUCIÓN	RESULTADO ESPERADO
Funcionamiento	Preparación del sitio y actividades de construcción Construcción de tapial perimetral	Tala de árboles y pérdida de áreas de infiltración Impacto visual del proyecto	Preventiva	Mantenimiento de la vegetación: 923 árboles y 800 arbustos dentro del terreno y linderos	Áreas propuestas para la arborización: 4,408 árboles en linderos del terreno del proyecto y en bordes de quebrada y zona de protección río Jiboa	Titular	\$9,525.60	Durante la etapa de funcionamiento, los primeros tres años	Buen estado de la vegetación plantada
	Actividades de mantenimiento de desechos y residuos durante la etapa de funcionamiento	Cambio en la calidad del suelo, calidad de agua	Preventiva	Manejo de desechos y residuos: transporte a relleno sanitario y compra de depósitos	En oficinas y cerca de subestación	Titular	\$6,680.00	Durante la etapa de funcionamiento	Prevenir la contaminación del suelo y agua por mal manejo de desechos y residuos
	Actividades de generación y mantenimiento	Reducción de empleo en actividades agropecuarias	Compensación	Contratación de mano de obra local: material publicitario y coordinación con Alcaldía	Oficina del proyecto	Titular	\$1,500.00	Durante la etapa de funcionamiento	Generar fuentes de empleo en el municipio
<b>TOTAL DE LAS MEDIDAS AMBIENTALES PROPUESTAS EN LA ETAPA DE FUNCIONAMIENTO</b>							<b>\$17,705.60</b>		

Emmanuel Michel Claude Pujol

**TABLA II-7 RESUMEN DEL PROGRAMA DE MONITOREO, ETAPA DE FUNCIONAMIENTO PROYECTO PROVIDENCIA SOLAR 1**

ETAPA DE EJECUCIÓN	MEDIDA AMBIENTAL Y DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO DE CONTROL A CONSIDERAR	LUGAR O PUNTO DE MUESTREO	FRECUENCIA DE MEDICIÓN	MÉTODO A UTILIZAR	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN	INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO	RETROALIMENTACIÓN	REFERENCIA EN EL TEXTO DE LA DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
Funcionamiento	Mantenimiento de la vegetación: 913 árboles y 800 arbustos dentro del terreno y linderos	Buen estado de la vegetación	Áreas propuestas para la arborización: árboles en linderos y en zona de protección de quebrada	trimestral	Documentar en bitácora de obra y reporte fotográfico	Titular	Los árboles y arbustos deben estar en buen estado	Resiembra o plantación de árboles necesarios hasta completar los requeridos, reemplazo de los que estén en mal estado	Pág. X-30
	Manejo de desechos y residuos: transporte a relleno sanitario y compra de depósitos	Buen manejo de desechos y residuos	Interior de las instalaciones del proyecto, cerca del área de oficina y caseta de vigilancia	Mensual	Documentar en bitácora de obra y reporte fotográfico	Titular	Prevención de la contaminación del suelo y agua superficial	Mejorar el manejo y disposición si se requiere	Pág. X-31
	Contratación de mano de obra local; material publicitario y coordinación con Alcaldía	Número de empleos de personal local	Listados de asistencia de empleados de mantenimiento de vegetación u otros	Mensual	Llevar registro de empleos de gente residiendo en El Rosario	Titular	Debe contratarse al menos un 50% de personal local	Mejorar los métodos de publicidad para atraer personal de la zona	Pág. X-32



Emmanuel Michel Claude Pujol





### **III PROPÓSITO Y NECESIDAD**

El proyecto Providencia Solar 1 es de gran importancia para el desarrollo de las energías renovables en El Salvador, a Providencia Solar le fue otorgada la mayor parte de la licitación pública llevada a cabo por DELSUR<sup>3</sup> y organizada por la SIGET<sup>4</sup>, en julio del 2014. De los 94 MW adjudicados mediante dicho proceso, se otorgaron 60 MW al presente Proyecto, al ser la propuesta que mejor respondía a las expectativas de la licitación. Considerando un precio de venta muy competitivo, una gran capacidad de generación, y una inversión de capital importante para el País.

De igual forma el Proyecto busca incrementar el potencial de generación de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables, fortalecer las obras de transformación y las redes de distribución de energía eléctrica, y mejorar la cobertura del servicio de energía eléctrica a nivel nacional.

Los proyectos de generación de energía a través de fuentes renovables no convencionales tales como fotovoltaicos, eólicos, termosolares o pequeñas centrales hidroeléctricas para generación eléctrica, implican mayores costos de inversión; sin embargo este tipo de proyectos tiene grandes impactos positivos, que para el presente caso serían:

- Deriva de una fuente inagotable, el sol.
- No necesita de un suministro exterior, no consume combustible, ni necesita presencia de otros recursos como el agua.
- No produce ruidos.
- Los sistemas son sencillos y fáciles de instalar.
- Las plantas apenas requieren mantenimiento y tienen un riesgo de avería muy bajo.
- Diversifica la matriz energética del País.
- No contamina y reduce los gases de efecto invernadero.

#### **III.1 PROPÓSITO DEL PROYECTO**

El proyecto objeto de análisis para el presente Estudio de Impacto Ambiental, consiste en la instalación de una Planta Solar Fotovoltaica con una capacidad instalada de 74,400,000Wp y 60,000 kVA, formada por módulos fotovoltaicos sobre seguidores solares. Posteriormente el proyecto también contemplará en un proceso aparte, la instalación de una línea de alto voltaje de aproximadamente 1.66 km, a 115kV, que enviará la energía desde su subestación interna, hacia la subestación El Pedregal.

<sup>3</sup> Distribuidora de Electricidad DELSUR S.A de C.V. El Salvador C.A.

<sup>4</sup> Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones República de El Salvador, C. A.

### **III.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

#### ***III.2.1 Marco legal***

En el año 2007 entró en vigencia la Ley de Incentivos Fiscales para el Fomento de Energías Renovables en la Generación de Electricidad. Por otra parte, el ente regulador del sistema eléctrico, la SIGET, el pasado 22 de julio de 2011, emitió el Reglamento de Operación del Sistema de Transmisión y del Mercado Mayorista Basado en Costos de Producción (ROBCP). Ambos instrumentos legales tienen como objetivo fomentar la entrada de nuevos participantes en la oferta de energía con recursos renovables y además promover la generación eléctrica con pequeñas centrales de generación.

Por otra parte los lineamientos y objetivos de la Política Energética Nacional, se enmarcan dentro de las acciones concretas definidas a partir del Plan de Gobierno y pretenden constituirse en un instrumento configurador de un nuevo escenario energético de mediano y largo plazo (2010-2024), que posibilite la ampliación de la capacidad y cobertura energética, mediante factores de eficiencia, optimización y ahorro. Asimismo, pretende contribuir al establecimiento de una nueva matriz energética fundamentada en el desarrollo sostenible y en la adecuada integración con otros sectores claves de la vida nacional. Los objetivos definidos en la Política Energética son los siguientes y deben tenerse presente para el análisis de mediano y largo plazo de la evolución del sector eléctrico de El Salvador:

1. Garantizar un abastecimiento de energía oportuno, continuo, de calidad, generalizado y a precios razonables a toda la población.
2. Recuperar el papel del Estado en el desarrollo del sector energético, fortaleciendo el marco institucional y legal que promueva, oriente y regule el desarrollo del mismo, superando los vacíos y debilidades existentes que impiden la protección legal de las personas usuarias de estos servicios.
3. Reducir la dependencia energética del petróleo y sus productos derivados, fomentando las fuentes de energía renovables, la cultura de uso racional de la energía y la innovación tecnológica.
4. Minimizar los impactos ambientales y sociales de los proyectos energéticos, así como aquellos que propician el cambio climático.

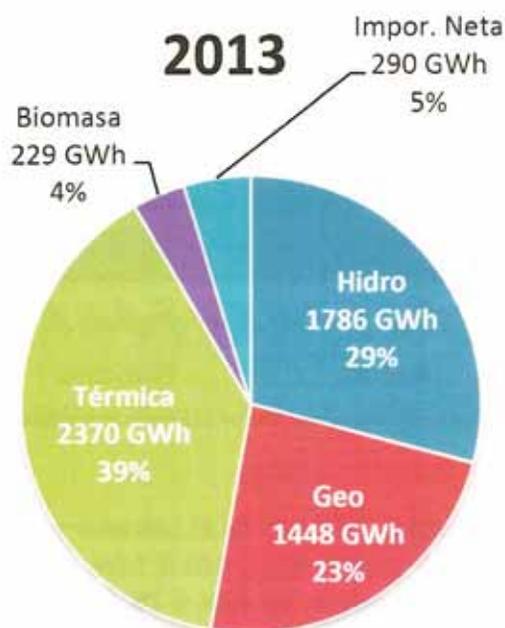
También se han definido seis líneas estratégicas dentro de la Política Energética. Una de ellas es la diversificación de la Matriz Energética y Fomento a las Fuentes Renovables de Energía, con el objetivo de impulsar la diversificación de la matriz energética nacional, promoviendo e incentivando el uso de Fuentes de Energía Renovables y la incorporación de nuevos combustibles en los subsectores de electricidad e hidrocarburos, reduciendo progresivamente la dependencia del petróleo y sus derivados.

El Proyecto de generación mediante paneles fotovoltaicos, es congruente con los objetivos de la política antes mencionada, ya que aumenta la oferta, reduce la dependencia del petróleo y son proyectos de bajo impacto ambiental.

### III.2.2 Matriz de generación actual

La matriz actual de generación de energía asciende a 6,123 GWh, de las cuales el 39% corresponde a energía térmica, seguida de la hidroeléctrica con un 29%, la geotérmica con 23%, y la biomasa con tan solo un 4%, el remanente corresponde energía importada con un 5%.

**GRÁFICO III-1 COMPOSICIÓN DE LA MATRIZ ELÉCTRICA ACTUAL**



Fuente: Situación Actual del Sector Eléctrico Salvadoreño, CNE.

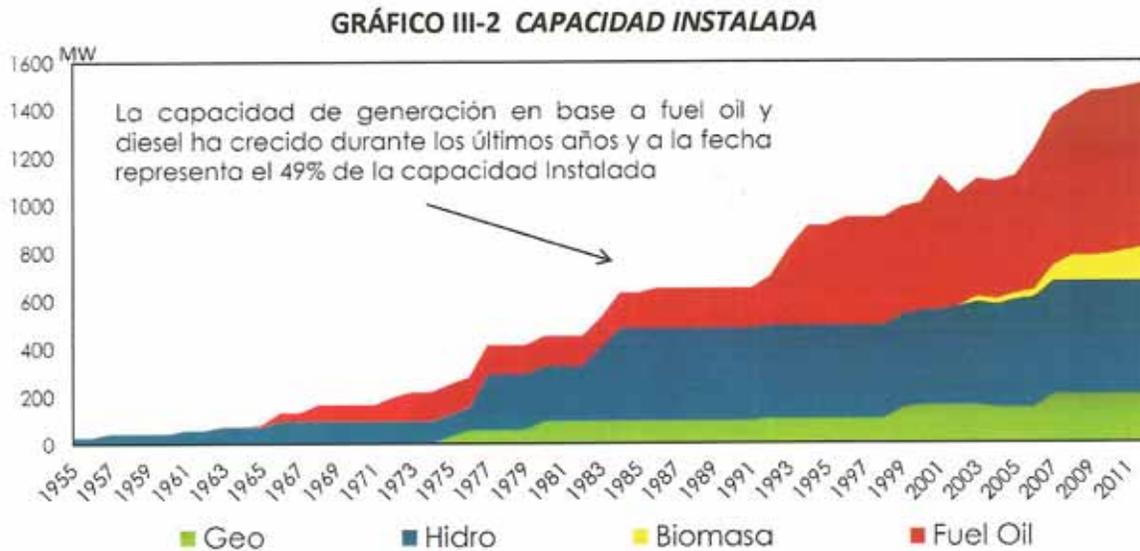
En la siguiente *Tabla III.1* se puede apreciar el comportamiento que ha ido teniendo la matriz energética desde el 2011 al 2013.

**TABLA III-1 COBERTURA DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE EL SALVADOR 2011 AL 2013**

	2011	2012	2013	2011	2012	2013
Hidro	2007	1840	1786	34%	31%	29%
Geo	1430	1418	1448	24%	24%	24%
Térmica	2119	2364	2370	36%	40%	39%
Biomasa	170	222	229	3%	4%	4%
Importación Neta	114	118	290	2%	2%	5%
<b>Total</b>	<b>5840</b>	<b>5962</b>	<b>6122</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Situación Actual del Sector Eléctrico Salvadoreño, CNE.

La capacidad de generación en base a fuel oil y diésel (térmica) ha crecido durante los últimos años como se puede apreciar en el siguiente gráfico.



*Fuente: Situación Actual del Sector Eléctrico Salvadoreño, CNE.*

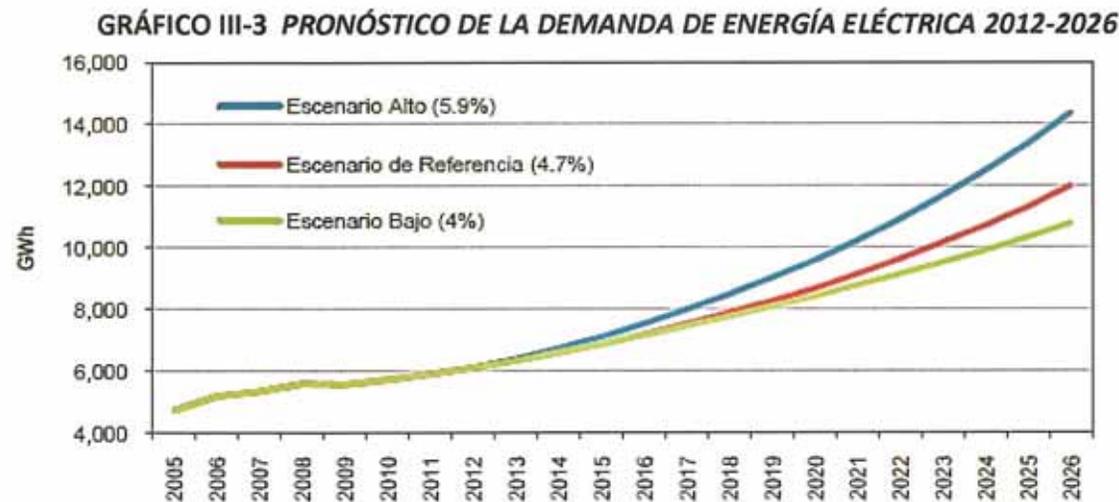
La capacidad instalada en el Mercado Eléctrico de El Salvador está compuesta por 472 MW de recurso hidroeléctrico, 204.4 MW geotérmicos, 103.5 MW a base de biomasa y 691.2 MW térmica, siendo un 51% recurso renovable, un 42% y 7% recurso térmico a base de bunker y diésel, respectivamente.

### III.2.3 Desarrollo del mercado

El crecimiento de la demanda de energía eléctrica en la última década ha venido siendo suplida con energía térmica; con la quema de combustibles fósiles, principalmente derivados del petróleo. Actualmente, de la capacidad de generación nacional, el 45% proviene de energía térmica. A nivel de costos por kWh la energía térmica es la más cara en la cadena de suministro. El hecho que el país dependa en buena medida de la energía térmica para suplir la demanda, ha traído un impacto negativo en las tarifas de energía, dado el incremento desmedido que han experimentado los precios del petróleo sin que se vislumbre que esta tendencia vaya a cambiar sustancialmente en el futuro cercano.

Con relación a la demanda de energía, esta creció 3.88% anual desde el año 2002 al 2010, pasando de 4,156.1 GWh en el 2002, a 5,636.9 GWh en el 2010.

Según estimaciones del Consejo Nacional de Energía, se proyectan tres escenarios de evolución de la demanda de energía y la tasa de crecimiento promedio esperada en el horizonte de planeamiento es de 5.9%, 4.7% y 4% para el escenario Alto, Referencia y Bajo, respectivamente.



Fuente: Consejo Nacional de Energía

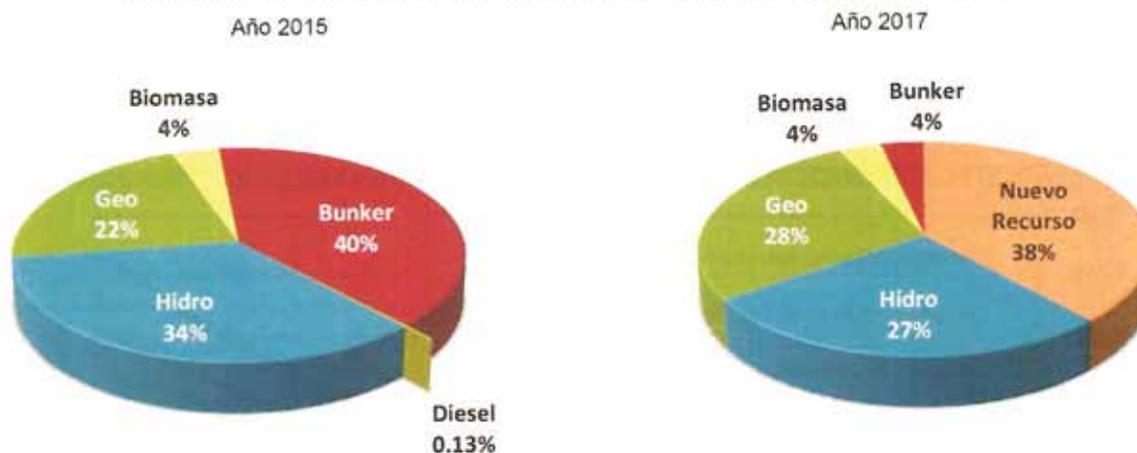
En este momento la oferta casi es igual a la demanda, por tanto el mercado requiere de mayor oferta, primero para satisfacer el incremento de la demanda anual, y segundo para reemplazar el alto costo de generar electricidad con derivados del petróleo. Dicha situación de mercado favorece la entrada de plantas de energía renovable, tanto para abastecer el crecimiento en la demanda de energía futura como para disminuir el costo de energía generada por plantas térmicas. El mercado da espacio para entrar a generar con recursos renovables no sólo para suplir la demanda sino para competir con la energía térmica que actualmente tiene un peso del 49% del total.

El Plan de Expansión entre el 2015 y el 2017, básicamente busca la generación a través de proyectos de recurso natural y proyectos que utilizan gas natural. A través de estas expansiones se identifica una evolución en el que se diversifica la matriz energética del sector eléctrico. La participación de generación a base de bunker pasa de un 40% a un 4% entre el 2015 y 2017 y un 38% de la generación nacional puede corresponder a un nuevo recurso, que de acuerdo las hipótesis y análisis de este estudio, sería el gas natural.<sup>5</sup>

A continuación se presenta un detalle gráfico del Plan mencionado. El CNE verificó la confiabilidad del plan de expansión propuesto, obteniéndose resultados aceptables para el déficit de energía anual y el índice de probabilidad de pérdida de carga.

<sup>5</sup> Plan Indicativo De La Expansión De La Generación Eléctrica De El Salvador 2012- 2026.

**GRÁFICO III-4 MATRIZ GENERACIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO 2015 Y 2017**



Fuente: Plan Indicativo De La Expansión De La Generación Eléctrica De El Salvador 2012-2026.

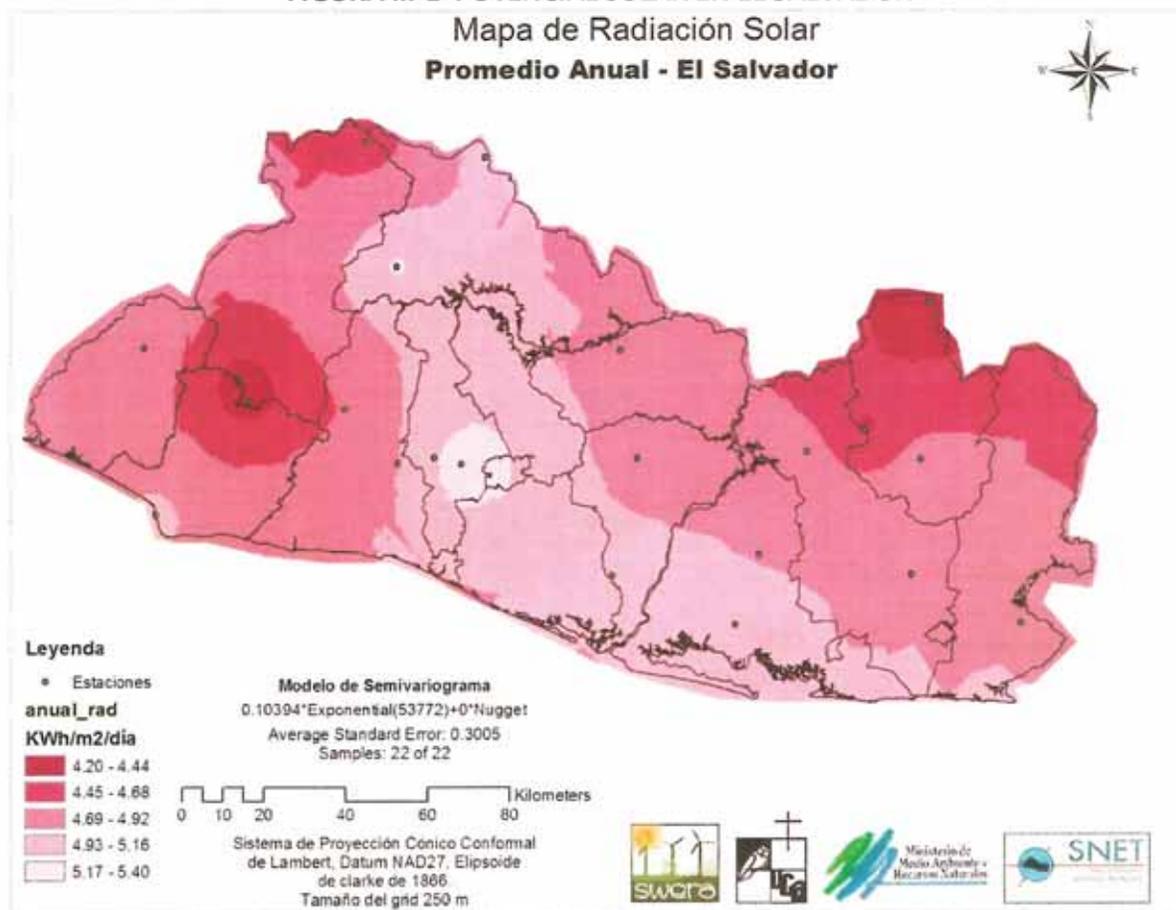
### III.2.4 Potencial solar en El Salvador

En octubre del año 2005 se finalizó el estudio de “Evaluación del Potencial Eólico y Solar en El Salvador”, el cual fue desarrollado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), con el apoyo directo de la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” (UCA), y enmarcado dentro el proyecto SWERA<sup>6</sup>, el cual fue coordinado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Mediante el estudio anterior se crearon una serie de mapas de irradiación solar, en los que se puede apreciar el potencial de las distintas zonas del País. En la *Figura III-1*, se muestra el mapa con el potencial de irradiación solar en promedio diario de un año para El Salvador.

<sup>6</sup> Solar and Wind Energy Resource Assessment (Evaluación del Potencial de Energía Eólica y Solar). Iniciativa que reúne datos de recursos de energía solar y eólica, así como herramientas de análisis de una serie de organizaciones internacionales en un entorno orientado al usuario dinámico en <http://maps.nrel.gov/swera>

**FIGURA III-1 POTENCIAL SOLAR EN EL SALVADOR**

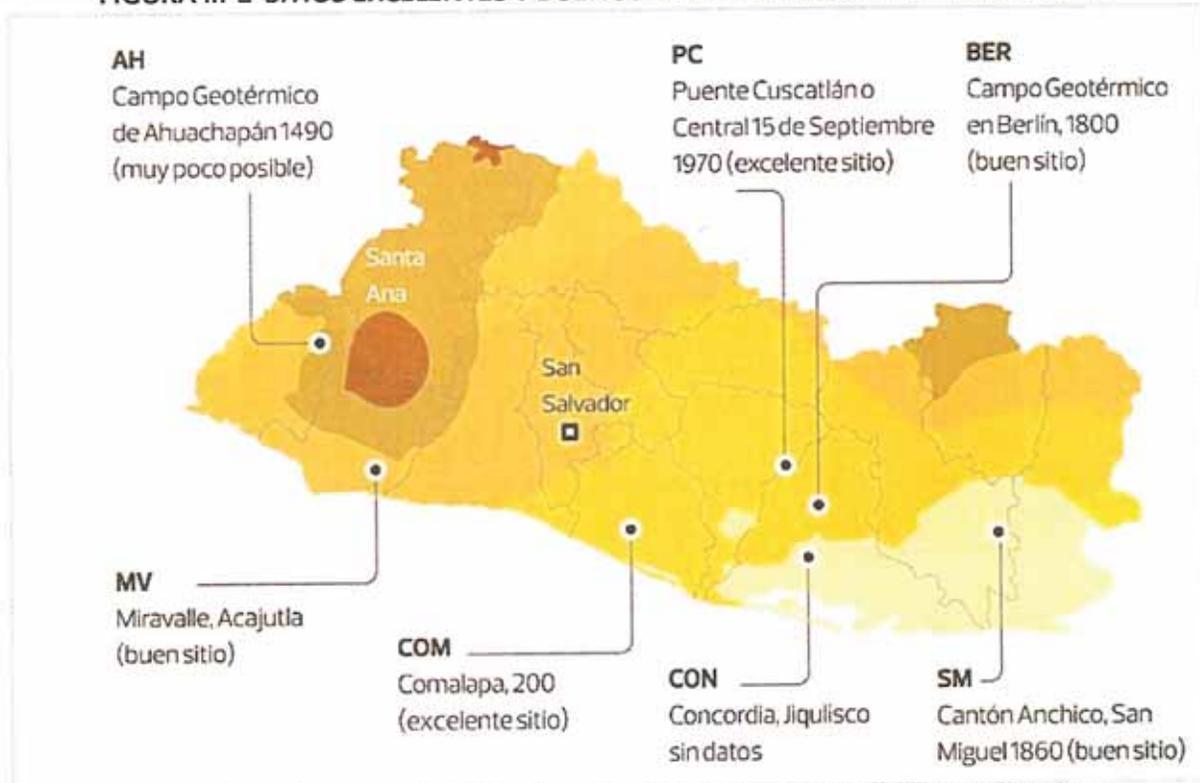


Fuente: "Evaluación del Potencial de Energía Eólica y Solar", Proyecto SWERA-EL SALVADOR, 2005.

Como se puede apreciar en el mapa anterior, en la región central del área metropolitana de El Salvador la irradiación solar es alta (5.3 kWh/m<sup>2</sup>/día), en comparación con la de otros países como Alemania o Tokio (3.3 kWh/m<sup>2</sup>/día).

También se clasificó por zonas, identificando los sitios con mayor potencial para proyectos fotovoltaicos, como buenos o excelentes. Como se puede apreciar en la *Figura III-2*, el sitio propuesto para el presente proyecto se encuentra ubicado en la región Miravalle-Acajutla, y se encuentra clasificado con un "buen sitio" para desarrollo de proyectos solares.

**FIGURA III-2 SITIOS EXCELENTES Y BUENOS PARA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA**



Fuente: "Evaluación del Potencial de Energía Eólica y Solar", Proyecto SWERA-EL SALVADOR, 2005.

Ya existen sistemas instalados en El Salvador que aprovechan el recurso solar. La mayoría de estos son sistemas fotovoltaicos aislados con banco de baterías, los cuales son usados como Sistemas Solares Domésticos. Hay un número limitado de sistemas fotovoltaicos conectados a la red que son utilizados para autoconsumo, de los cuales la mayoría de ellos están instalados en edificios gubernamentales, escuelas y universidades. El sistema fotovoltaico más grande es de 99 kW.

## ***IV DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO***

### ***IV.1 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS***

Debido a que el objetivo de la SIGET, como ya se mencionó anteriormente, es fomentar las energías renovables en El Salvador, se determinó que el uso de la energía solar era la alternativa más factible dadas las condiciones ambientales del País, y el conocimiento comprobado de su potencial solar<sup>7</sup>.

Más de 100 MW de capacidad de generación de energía renovable fueron otorgados en el 2014 a través de dos licitaciones públicas organizadas por la SIGET y coordinadas por DELSUR, únicamente proyectos solares fueron adjudicados. El proyecto propuesto por Providencia Solar fue el que mejor respondía a las expectativas de la licitación de julio de 2014, adjudicándosele 60MW.

La generación con paneles solares fotovoltaicos es la alternativa con el mejor costo de operación, con un monto razonable de inversión y además de no ser contaminante, entre sus beneficios cabe mencionar:

- **El 99% de sus Componentes es Reciclable:** Sus tres elementos fijos (la estructura, los paneles, y los equipos eléctricos) son reciclables, la desinstalación, y por lo tanto el regreso a las condiciones previas del sitio son muy sencillos.
- **Nulas Emisiones de CO2:** Con una planta de carbón de capacidad similar a la presente se generarían unas 90,000 toneladas de CO2.
- **Facilidad de Mantenimiento:** Limitando riesgos de disfunción o de incidentes industriales
- **Uso Limitado de Recursos:** Se necesita agua solamente una o dos veces al año para limpieza de los paneles.
- **Bajos Niveles de Perturbaciones:** Diseño compacto y bajo, con impacto visual limitado, sin partes móviles, y bajo nivel de ruido.

<sup>7</sup> Proyecto SWERA-EL SALVADOR, octubre 2005.

De igual forma se buscó la mejor alternativa de ubicación para establecer el proyecto solar fotovoltaico. El sitio debía cumplir con las características ideales para este tipo de proyectos, entre estas:

- Topografía relativamente plana.
- Acceso inmediato de líneas de transmisión y subestación.
- Terrenos sin mayor presencia de vegetación.
- Tomar en cuenta las zonas con mayor radiación solar en el País.
- Adecuada conectividad vial del terreno.
- Fuera de zonas de riesgo a inundación, deslizamientos u otros.
- Costo accesible de la tierra.

Bajo estas consideraciones se realizó la búsqueda de terrenos disponibles, a la venta en la planicie costera, en el Departamento de La Paz, en la zona del Aeropuerto Internacional. Se evaluaron tres posibles ubicaciones que se presentan en la tabla e imagen siguiente.

#### IV.1.1 Evaluación de Criterios Técnicos

A partir de las características ideales mencionadas anteriormente, se consideraron los siguientes criterios técnicos, ambientales y económicos para seleccionar la mejor alternativa, resultado de una comparación de las tres localizaciones consideradas para el desarrollo del Proyecto. En la "Tabla IV-2" se muestra el resultado de las comparaciones.

La comparación se realiza por puntajes subjetivos con valores que varían entre 0 y 5, siendo 0 el menos ventajoso y 5 el más ventajoso, en otras palabras 0 representa una mayor cantidad de impactos negativos y 5 una menor cantidad de impactos negativos. Esto significa que el mayor puntaje del total posee más ventajas, o menos impacto negativo, en comparación con las otras opciones. Los criterios analizados fueron:

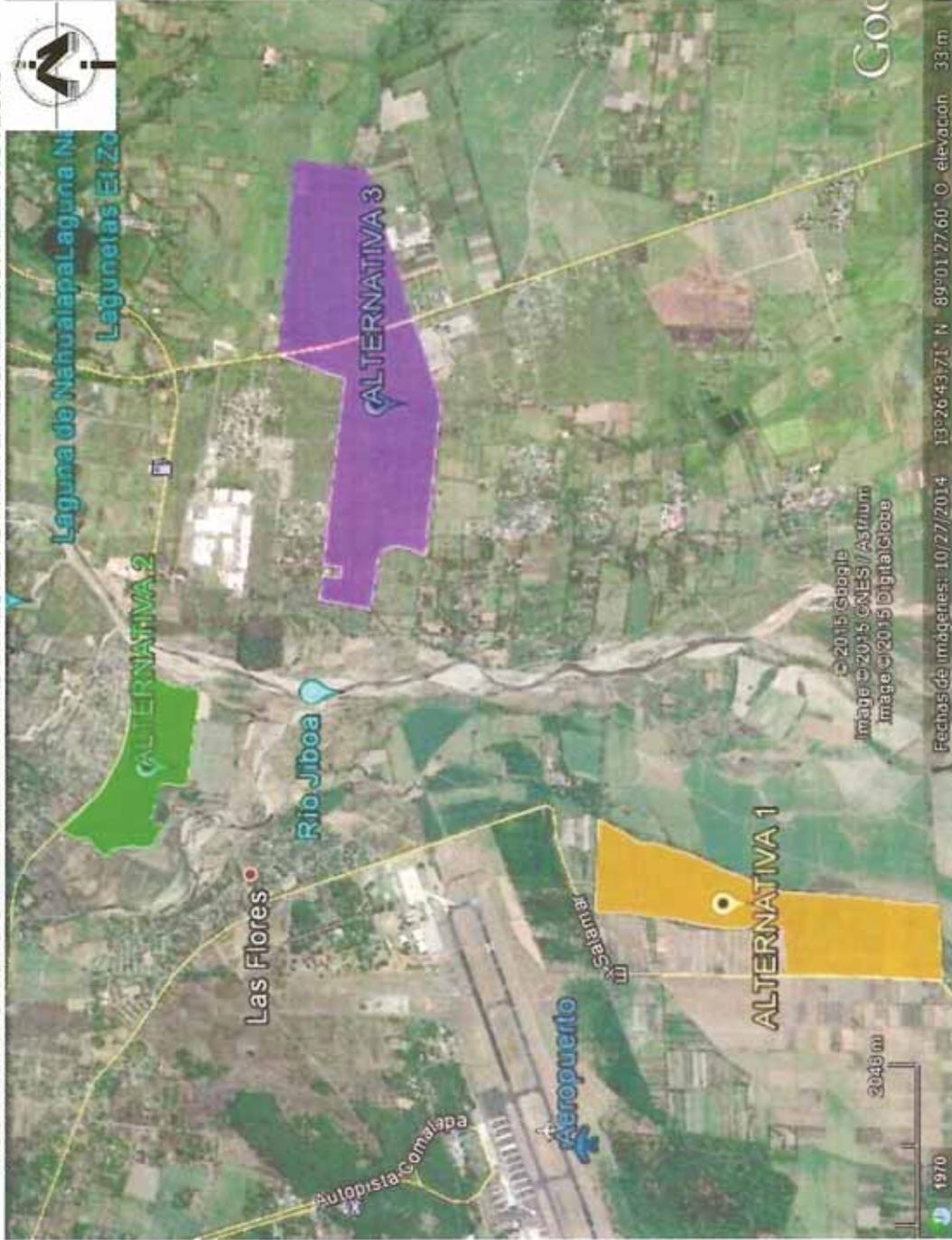
**TABLA IV-1 CRITERIOS ANALIZADOS**

AMBIENTALES	SOCIALES	TÉCNICOS	ECONÓMICOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambiente natural</li> <li>• Riesgos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cercanía a comunidades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión a línea de transmisión</li> <li>• Accesibilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo de la tierra</li> </ul>

Fuente: Eco Ingenieros

A continuación se presenta un esquema de ubicación de los terrenos evaluados para el desarrollo del proyecto.

FIGURA IV-1 UBICACIÓN DE ALTERNATIVAS EVALUADAS PARA LA LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO



Fuente: Google Earth, elaboración ECO Ingenieros.

TABLA IV-2 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE UBICACIÓN

TERRENO	CRITERIOS	PUNTAJE
	<b>Ambientales</b>	
	<i>Ambiente Natural:</i> Poca presencia de árboles y terreno plano.	4
	<i>Riesgos:</i> El terreno presenta amenaza de inundación en un 23% de su área. Y se encuentra muy cercano al aeropuerto.	1
	<b>Sociales</b>	
	<i>Cercanía a comunidades:</i> Únicamente al Sur del terreno.	4
	<i>Aspectos sociales:</i> Problemas de seguridad	2
	<b>Técnicos</b>	
	<i>Conexión a línea de transmisión:</i> En un radio aprox. De 5km de subestación El Pedregal	3
	<i>Accesibilidad:</i> Calle de acceso directo	4
	<b>Económicos</b>	
<i>Costo de la tierra:</i> Relativamente Accesible	3	
<b>TOTAL=</b>	<b>21</b>	
	<b>Ambientales</b>	
	<i>Ambiente Natural:</i> Muy pocos árboles y algunos cultivos temporales.	4
	<i>Riesgos:</i> Zonas de inundación al Sur, y en el costado Este el río Jiboa limita el terreno. Esto genera un riesgo de deslizamiento de tierras en esa área.	0
	<b>Sociales</b>	
	<i>Cercanía a comunidades:</i> Algunas comunidades aledañas	2
	<i>Aspectos sociales:</i> Problemas de seguridad	2
	<b>Técnicos</b>	
	<i>Conexión a línea de transmisión:</i> Fácil instalación de línea.	5
	<i>Accesibilidad:</i> Acceso inmediato desde carretera principal.	5
	<b>Económicos</b>	
<i>Costo de la tierra:</i> Alto por su ubicación	1	
<b>TOTAL=</b>	<b>19</b>	



Ambientales	
Ambiente Natural: Terreno plano con presencia de pocos árboles dispersos.	4
Riesgos: No se prevén mayores riesgos.	5
Sociales	
Cercanía a comunidades: Algunas comunidades en las colindancias Norte y Sur.	1
Aspectos sociales: Terreno usado para cultivos de caña y agropecuario.	2
Técnicos	
Conexión a línea de transmisión: Recorrido corto de 1.66km a subestación más cercana.	5
Accesibilidad: Por carretera frente al terreno.	5
Económicos	
Costo de la tierra: Alto por su ubicación privilegiada.	2
<b>TOTAL=</b>	<b>24</b>

Fuente: Estudio de Prefactibilidad del Proyecto

#### IV.1.2 Alternativa Seleccionada

Después de analizados los puntos la alternativa con mayores ventajas es la ubicación del proyecto en los terrenos de la alternativa 3, dicha ubicación fue la seleccionada para el estudio de factibilidad, diseño final y para la presente evaluación ambiental. Se determinó que sus características eran las más ventajosas desde la mayoría de puntos de vista, tales como: presencia de pocos árboles dispersos al ser un área intervenida anteriormente para uso en cultivo de caña de azúcar en gran parte, sin presencia de mayores riesgos naturales, y la cercanía al punto de conexión de la Subestación El Pedregal.

#### IV.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO Y COLINDANTES

##### IV.2.1 Localización exacta del Proyecto y Colindantes

La instalación fotovoltaica estará ubicada sobre calle a San Luis La Herradura, aproximadamente a 600m del desvío del km. 45 de la Carretera a Zacatecoluca. El terreno se encuentra localizado en el Cantón El Pedregal, de la jurisdicción del municipio de El Rosario, en el departamento de La Paz, El Salvador. Para un mayor detalle ver "Plano 1: Esquema de Ubicación".

Las coordenadas son las siguientes:

- Latitud: 13°27'07.67" N
- Longitud: 89°00'31.79" O

Con una elevación equivalente respecto al nivel del mar entre 36 y 45 msnm.

**FIGURA IV-2 UBICACIÓN DEL TERRENO EN FOTOGRAFÍA AÉREA**



Fuente: Google Earth, elaboración ECO Ingenieros.

Para llegar a la zona donde se ubica el proyecto, inicialmente es por medio de la Carretera del Litoral (CA2E), y posteriormente desviándose sobre calle pavimentada a San Luis La Herradura, aproximadamente a 600m del desvío del km. 45 de la Carretera a Zacatecoluca. El Proyecto se encuentra dividido en 3 Zonas "A, B y C", estando la "Zona A" al extremo Oriental de la carretera hacia San Luis La Herradura, y la "Zona B" y "Zona C" al extremo Occidental de la misma carretera. En la siguiente figura se presenta un esquema de dicha distribución por zonas:



La "Zona A" es propiedad de INVERSIONES SAN JOSÉ, S.A. DE C.V.; la "Zonas B" corresponde en una porción al siempre a INVERSIONES SAN JOSÉ, S.A. DE C.V. y otra porción al Instituto de Previsión Social de la Fuerza Armada (IPSFA), tal como se divide en la figura; y finalmente la "Zona C" y dos zonas de protección marcadas en gris, son propiedad en su totalidad del IPSFA.

Entre las 3 zonas A, B, y C + la Zona Verde de Protección de "Cañada Las Micas" suman **1,838,554.01 m<sup>2</sup>**, la cual es el área aprobada por OPLAGEST en la Calificación de Lugar "Anexo Técnico 1A". Sin embargo Con ambos propietarios se tienen firmadas promesas de venta por una extensión total de **1,889,114.66 m<sup>2</sup>**. Esta área como veremos más adelante tiene considerada un área de protección al Oeste. A continuación se detallan las áreas de las propiedades a adquirir, en la tabla IV-3.

**TABLA IV-3 AREAS DE LAS PROPIEDADES**

CONCEPTO	AREA (M <sup>2</sup> )	AREA (HA)	AREA (VRS <sup>2</sup> )	AREA (MZ)
PORCIONES INVERSIONES SAN JOSÉ	999,999.10	100.00	1,420,453.27	142.05
ÁREA DE PORCIONES IPSFA	889,115.56	83.86	1,262,948.24	126.29
<b>ÁREA TOTAL TERRENOS=</b>	<b>1,889,114.66</b>	<b>183.86</b>	<b>1,421,716.22</b>	<b>268.34</b>

*Fuente: Elaboración ECO Ingenieros.*

#### IV.2.2 Componentes

El proyecto global incluye los siguientes elementos:

**FIGURA IV-4 ELEMENTOS DEL PROYECTO**



Fuente: Elaboración ECO Ingenieros.

**La Línea de Transmisión comprenderá un proceso aparte, independiente al de este EsIA. Para el presente estudio se ha incluido únicamente la Planta Fotovoltaica y sus componentes los cuales se describen más adelante en este capítulo.**

##### IV.2.2.1 Planta Fotovoltaica

En el presente Estudio de Impacto Ambiental se presenta la evaluación ambiental del parque fotovoltaico de generación con su subestación eléctrica dentro del mismo terreno.

Las actividades a realizarse dentro del terreno incluyen:

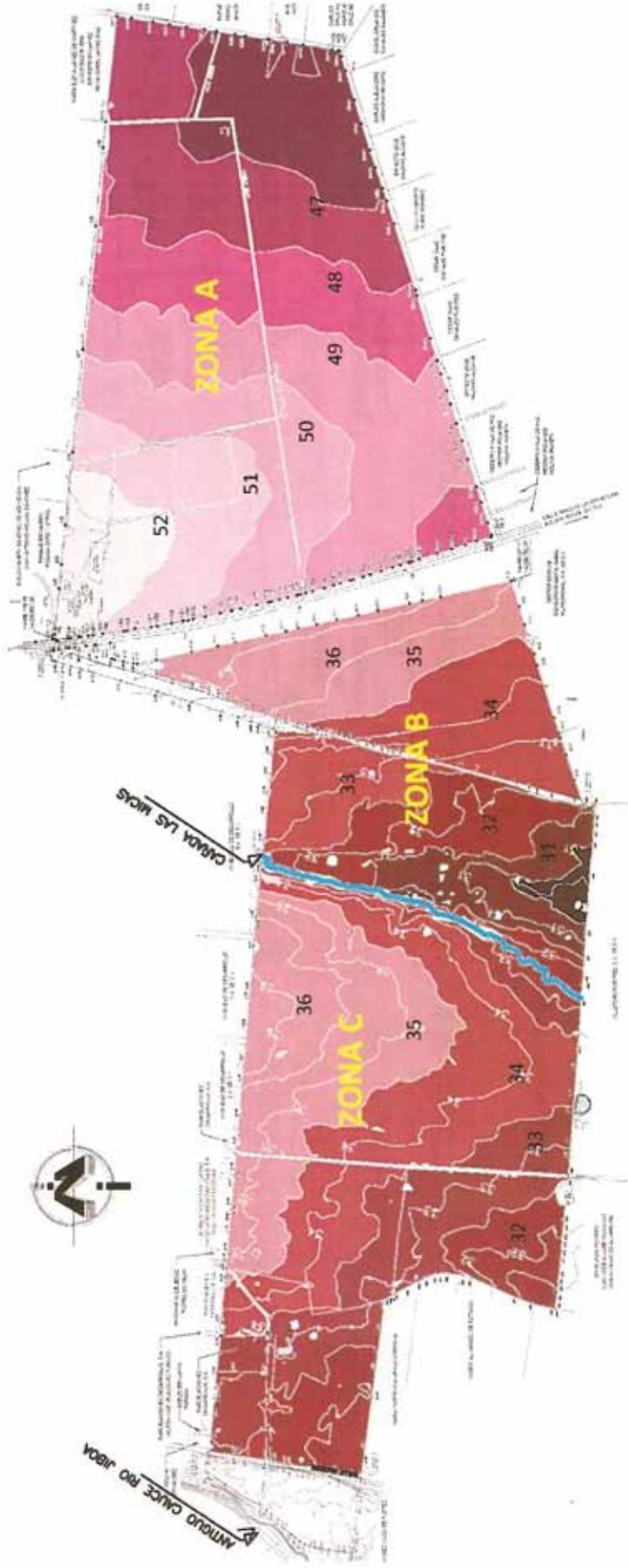
1. *Generación de energía:* paneles fotovoltaicos.
2. *Transformación de energía:* inversores, de corriente directa a corriente alterna.
3. *Transformación y entrega de energía:* subestación eléctrica para elevación del voltaje.
4. *Vigilancia y control:* de las operaciones del sistema.
5. Y las actividades de mantenimiento dentro de las instalaciones.

### IV.2.3 Mapas del área del proyecto

#### IV.2.3.1 Plano topográfico

En el “Plano 2: Plano Topográfico”, y la siguiente figura se presenta el plano topográfico del terreno. El proyecto se ubica entre los 30 y 54 m.s.n.m. La Zona B es atravesada de Noreste a Suroeste por una quebrada conocida como “Cañada Las Micas”. Como se puede apreciar la topografía es bastante uniforme en todas las Zonas del proyecto. La Zona A, presenta una ligera pendiente menor al 1% de Noroeste hacia el Sureste, y la Zona B como ya se mencionó, presenta pendiente en dirección Noreste hacia el Suroeste, y finalmente la Zona C presenta una ligera pendiente desde el Norte hacia el Suroeste buscando en antiguo cauce del Jiboa, y hacia el Sureste buscando la “Cañada Las Micas”. En la siguiente figura se puede apreciar gráficamente la descripción anterior.

FIGURA IV-5 PLANO TOPOGRÁFICO DEL TERRENO

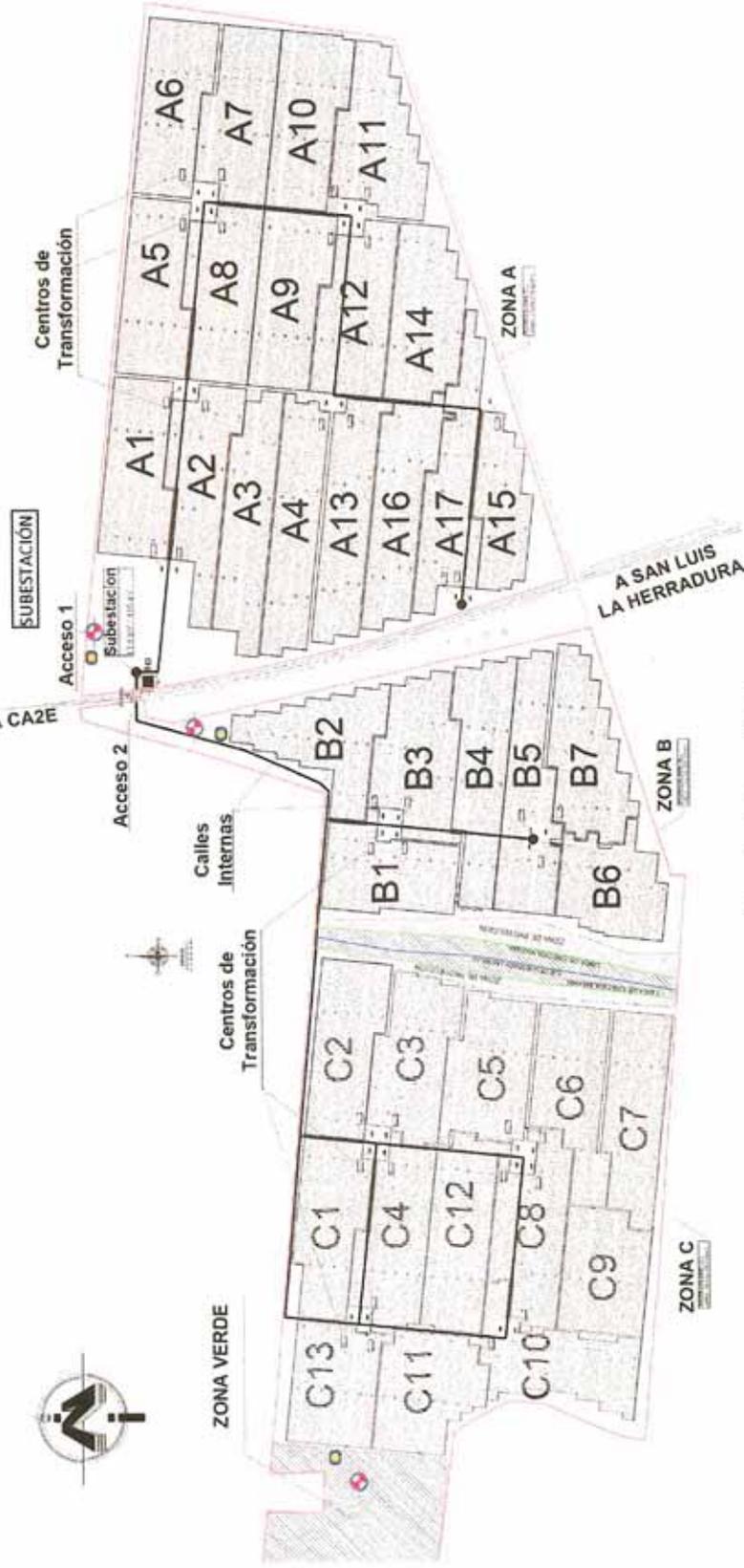


Fuente: Elaboración ECO Ingenieros en base a plano topográfico Providencia Solar S.A. de C.V.

IV.2.3.2 Plano del proyecto

El terreno es de forma bastante uniforme y rectangular, los paneles se colocan en módulos, como se presenta en el "Plano 3: Plano de Conjunto del Proyecto", y siguiente figura, en la cual se puede apreciar la disposición por bloques de los paneles y los respectivos centros de transformación.

FIGURA IV-6 PLANO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

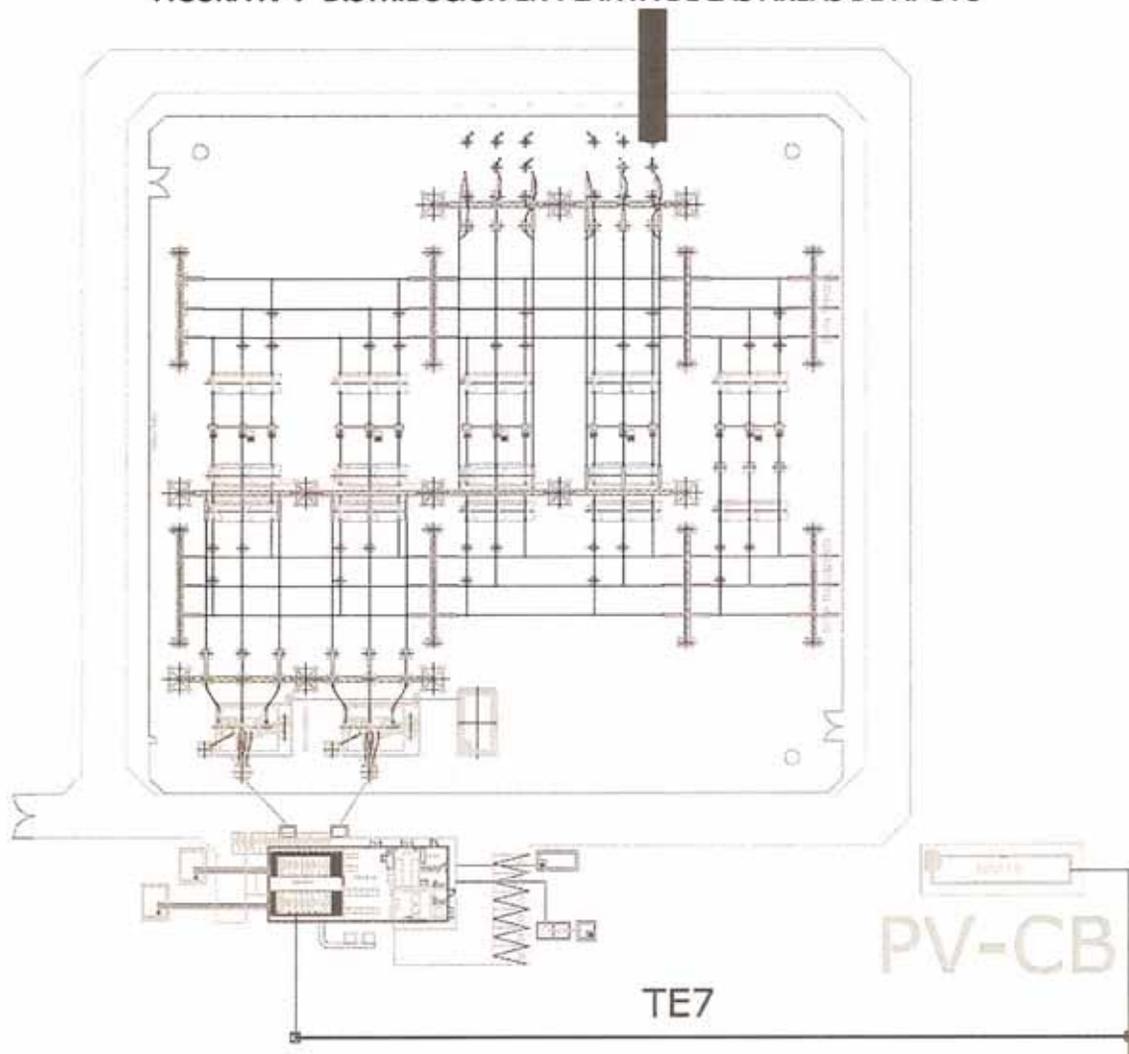


Fuente: Elaboración Neoen.

El Área del proyecto se define como el área directamente afectada por la construcción del proyecto y para fines del EslA se desglosa en: obras civiles, accesos, áreas de servidumbre o zonas de protección y construcciones temporales. Tal como se muestra en la "Tabla IV-4", el proyecto ocupa un terreno de  $1,838,554.01\text{m}^2$  equivalente a  $2,631,246.57\text{v}^2$ .

En la siguiente figura se muestra la distribución en planta de las áreas o espacios auxiliares, que en la figura anterior se ha identificado como "Zona Subestación", ver "Plano 4: Plano de Distribución de Áreas de Apoyo".

**FIGURA IV-7 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE LAS ÁREAS DE APOYO**



Fuente: Elaboración NEOEN.

En la siguiente tabla se presenta las áreas del proyecto, o áreas a utilizar de las propiedades:

**TABLA IV-4 DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS DEL PROYECTO**

DESCRIPCIÓN	ÁREA M2	PORCENTAJE %
PANELES SOLARES	457,509.00	24%
SUBESTACIÓN	300.74	0%
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	927.44	0%
AC CABINETE	1,103.76	0%
CIRCULACIÓN	19,957.08	1%
CASETA DE MANTENIMIENTO Y PERSONAL	36.00	0%
CISTERNA	8.00	0%
FOSA SÉPTICA 36.25M2 (3 UNIDADES)	108.75	0%
ÁREA VERDE + AREA PROTECCIÓN CAÑADA LAS MICAS	1358,603.24	72%
ZONA DE PROTECCIÓN	50,560.65	3%
ÁREA TOTAL A OCUPAR POR EL PROYECTO	1,889,114.66	100%

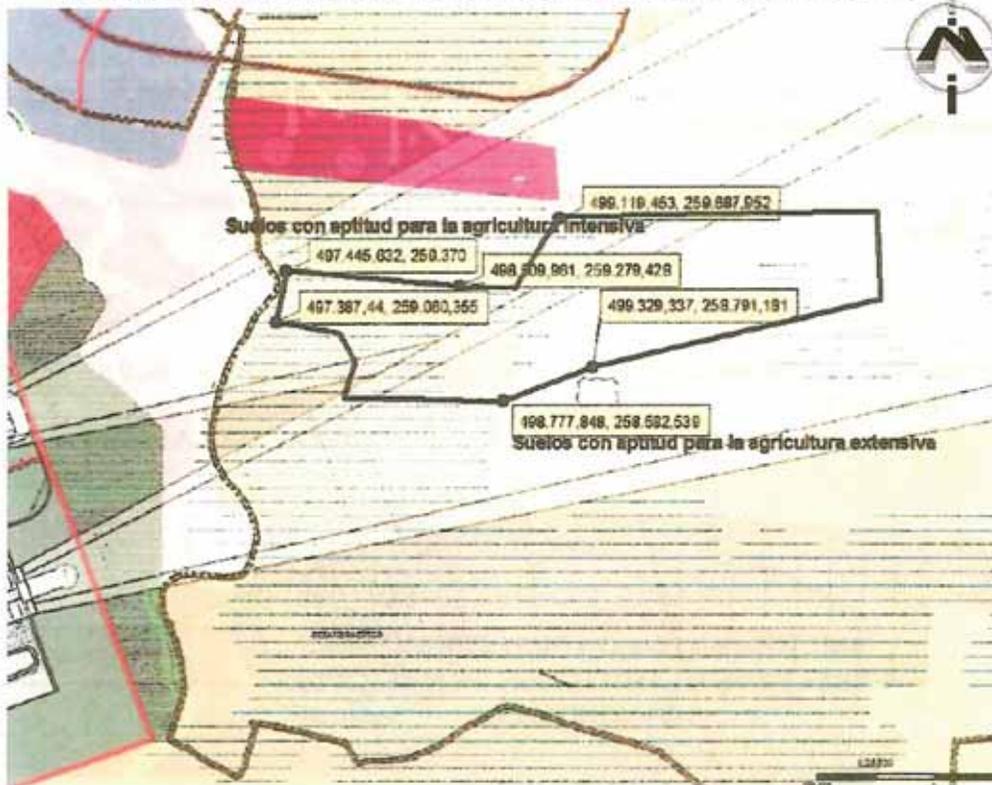
*Fuente: Elaboración ECO Ingenieros.*

#### IV.2.4 Uso actual y potencial del inmueble

El uso actual del terreno en la “Zona A” es para cultivo de caña de azúcar, actualmente ha pasado la zafra y el terreno se encuentra totalmente libre de vegetación, únicamente con presencia de árboles en los linderos; mientras que las “Zonas B y C” tienen un uso como pastizales y potrero, contando con algunos árboles dispersos, sobretodo en la zona de la quebrada Las Micas.

De acuerdo al mapa de usos de suelo la OPLAGEST, la zona se clasifica para uso agropecuario. Todo el entorno del proyecto es también de uso agropecuario, como se observa en la siguiente figura y fotografía.

**FIGURA IV-8 MAPA NORMATIVO REGIONAL INTEGRADO DE OPLAGEST**



Fuente: OPLAGEST

**FOTOGRAFÍA IV-1 IMAGEN ACTUAL DEL TERRENO EN "ZONA A"**



Fuente: ECO Ingenieros.

**FOTOGRAFÍA IV-2 IMAGEN ACTUAL DEL TERRENO EN "ZONA B"**



*Fuente: ECO Ingenieros.*

**FOTOGRAFÍA IV-3 IMAGEN ACTUAL DEL TERRENO EN "ZONA C"**



*Fuente: ECO Ingenieros.*

#### IV.2.5 Colindantes del terreno

En los alrededores del terreno, en un radio de 500m de distancia desde los linderos del Proyecto, los usos de suelo son en su mayoría agropecuario: pastizales, granos básicos y cultivo de caña y una finca de producción lechera, estos dos últimos hacia el sur, principalmente. En segundo lugar el uso habitacional con algunas comunidades al Norte y Sur, y en tercer lugar el industrial, con zona franca “El Pedregal” al Noroeste. Como se muestra en la siguiente figura.

**FIGURA IV-9 MAPA DE UBICACIÓN DE ACTIVIDADES COLINDANTES**



Fuente: Google Earth, elaboración ECO Ingenieros.

Los colindantes del terreno se detallan a continuación: (Para mayor referencia de los propietarios de las parcelas colindantes, remitirse al “Plano 2: Plano de topográfico”)

- **Norte:** Terrenos de uso agropecuario, Zona Franca el Pedregal, y Comunidades El Pedregal, San Francisco El Pedregal, El City, San Judas, El Arco y La Manzana.
- **Sur:** Terrenos de uso agropecuario, caña y finca de leche, y también hay un terreno baldío que fue utilizado como banco de áridos, así mismo se ubican las comunidades Santa Isabel y El Progreso.
- **Oriente:** Terrenos de uso agropecuario y pastizales.
- **Poniente:** Zonas de protección del río Jiboa, antiguo cauce del río Jiboa, Terrenos de uso agropecuario, pastizales, y Centro Escolar Juan Pablo Rodríguez.

Todas las actividades son compatibles con el proyecto.

**FOTOGRAFÍA IV-4 VISTA HACIA CALLE EN COLINDANCIA NOROESTE DESDE "ZONA C"**



*Fuente: ECO Ingenieros.*

**FOTOGRAFÍA IV-5 VISTA AL NORTE DESDE "ZONA C"**



*Fuente: ECO Ingenieros.*

**FOTOGRAFÍA IV-6 VISTA AL NORESTE DESDE "ZONA A"**



*Fuente: ECO Ingenieros.*

**FOTOGRAFÍA IV-7 VISTA HACIA COLINDANCIA SUR DESDE "ZONA C"**



*Fuente: ECO Ingenieros.*

**FOTOGRAFÍA IV-8 VISTA HACIA CALLE EN COLINDANCIA SUR, DESDE "ZONA A"**



*Fuente: ECO Ingenieros.*

**FOTOGRAFÍA IV-9 VISTA DE ESCUELA EN COLINDANCIA NOROESTE "ZONA C"**



*Fuente: ECO Ingenieros.*

**FOTOGRAFÍA IV-10 VISTA HACIA EL ESTE DESDE "ZONA B"**



*Fuente: ECO Ingenieros.*

**FOTOGRAFÍA IV-11 VISTA DE COMUNIDADES SAN FRANCISCO EL PEDREGAL, Y EL CITY, HACIA EL NORTE**



*Fuente: ECO Ingenieros.*

**FOTOGRAFÍA IV-12 VISTA DE COMUNIDAD SANTA ISABEL EL PEDREGAL**



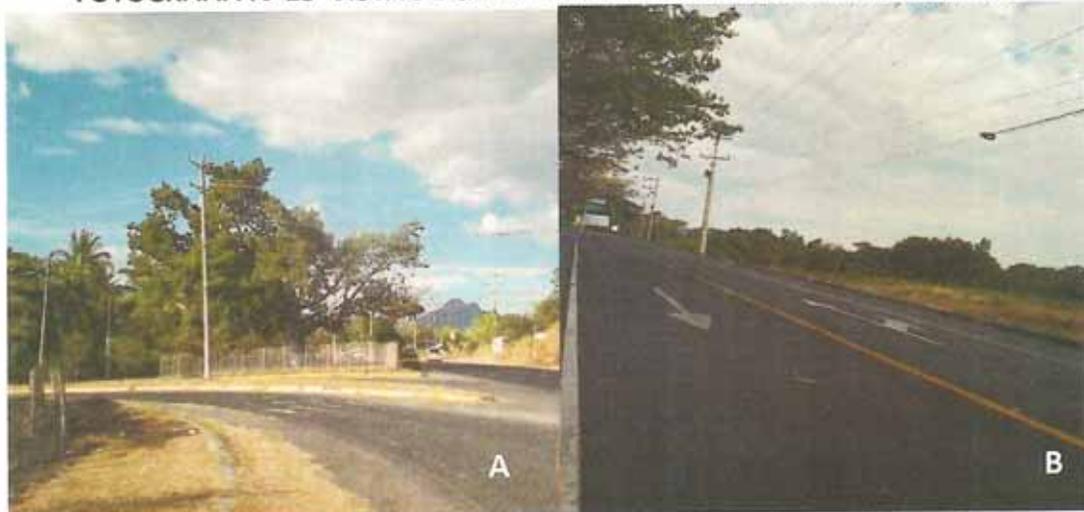
*Fuente: ECO Ingenieros.*

**IV.3 ACCESO**

**IV.3.1 Caminos existentes que se utilizaran**

El acceso hacia la "Zona A" se hace directamente desde carretera asfaltada hacia San Luis La Herradura, y el acceso hacia las "Zonas B y C", se hará también directamente desde la misma carretera, y posteriormente siguiendo camino interno balastrado, existente y paralelo al lindero Norte de los terrenos.

**FOTOGRAFÍA IV-13 VISTA DE CARRETERA HACIA SAN LUIS LA HERRADURA**



*Fuente: ECO Ingenieros.*

En la fotografía A se muestra una vista del desvío hacia San Luis La Herradura, y en la imagen B de la derecha se presenta una vista de la carretera frente al terreno de la “Zona A” del proyecto.

#### FOTOGRAFÍA IV-14 VISTA DE CALLE EN COLINDANCIA NORTE DE “ZONAS B Y C”



Fuente: ECO Ingenieros.

En la fotografía anterior se tiene una vista de la calle balastrada de acceso a las “Zonas B y C”.

#### IV.3.2 Caminos a Aperturar o Mejorar

No es necesaria la apertura de caminos para el proyecto. Se usarán caminos de tierra.

#### IV.3.3 Otros sistemas de transporte

No se requieren otros sistemas de transporte para el proyecto.

### IV.4 ALCANCE DEL PROYECTO

En cumplimiento con la adjudicación de la licitación N°DELSUR-CLP-RNV-001-2013, se ha proyectado la construcción de una planta de generación de energía solar fotovoltaica de 60MW de potencia (Equivalentes a 74,400,000 Wp y 60,000 kVA). El proyecto consiste en la instalación de una planta solar formada por módulos fotovoltaicos montados sobre estructura de seguimiento horizontal a un eje, instalación eléctrica en Media Tensión, con una Subestación Elevadora Interna que la llevará a 115kV, para poder transmitirla a través de la línea de transmisión de alto voltaje a la subestación El Pedregal, que se encuentra ubicada a aproximadamente 1.7km de los terrenos donde se desarrollará el Proyecto.

El diseño presentado ha sido realizado por Neoen<sup>8</sup>, basándose en la información recopilada durante la fase de preparación de la oferta técnica a DELSUR. Sin embargo, este diseño podrá ser adaptado según las recomendaciones futuras de DELSUR o del EPC<sup>9</sup> seleccionado, quienes podrían recomendar equipamientos equivalentes.

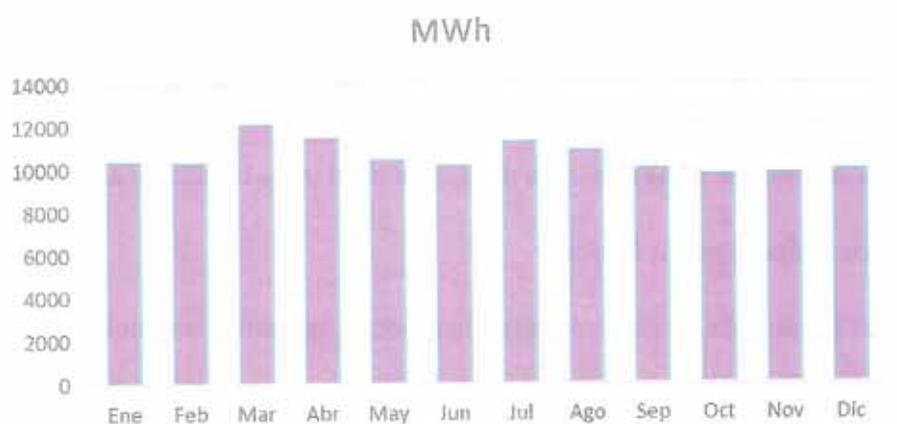
Con los paneles a instalar se prevé obtener una producción total prevista en el punto de inyección de 16 GWh / año aproximadamente. La puesta en marcha está prevista para el 1 de octubre del 2016. El total de capacidad instalada es de 74,400,000Wp, con un Factor de Planta de 22.1%. La producción de energía se presenta en la tabla siguiente.

**TABLA IV-5 ENERGÍA MENSUAL A CONTRATAR**

c	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total EPDA
MWh	10375	10317	12130	11468	10428	10172	11288	10881	10027	9742	9789	9951	126,568

*Fuente: Estudio de factibilidad 2014*

**GRÁFICO IV-1 ENERGÍA MENSUAL A CONTRATAR**



*Fuente: Elaboración con información del estudio de factibilidad*

#### **IV.5 DESCRIPCIÓN DE INFRAESTRUCTURA FÍSICA**

En una planta de generación de energía solar fotovoltaica se tienen cuatro partes principales:

- 1. Paneles Solares FV:** Conversión de la energía solar en electricidad.
- 2. Inversores:** Conversión de la corriente directa producida en corriente alternativa (la que se usa en casa).
- 3. Transformadores:** Aumenta la tensión para que el voltaje sea adecuado a lo de las líneas.
- 4. Subestación:** Inyecta la electricidad producida por la planta en la red nacional hasta los hogares salvadoreños

<sup>8</sup> Socio estratégico de Providencia Solar, que cuenta con amplia experiencia en desarrollar, construir, y operar proyectos en varios países: Portugal, Francia, Egipto, México, Australia.

<sup>9</sup> Empresa constructora contratista, por sus siglas en inglés= Engineering, procurement and construction (llave en mano).

Es importante recalcar que los equipos y materiales especificados en el presente documento no son exclusivos, admitiéndose equipos y materiales de características técnicas iguales o superiores a las señaladas en los distintos documentos y de marcas de prestigio equivalente a las prescritas.

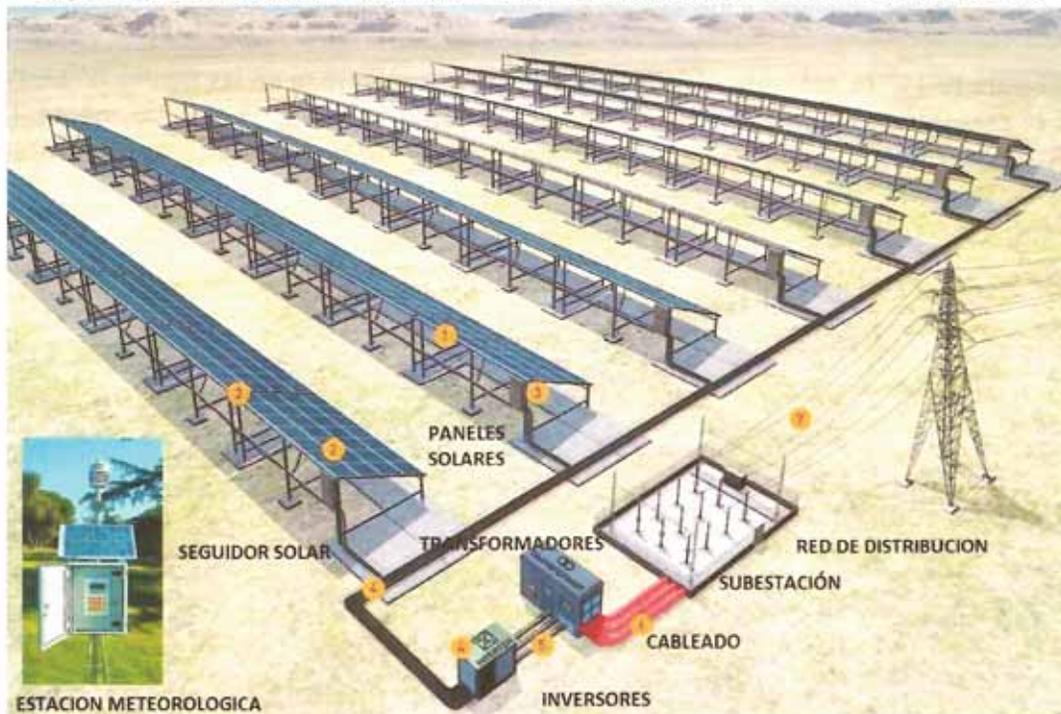
El elemento fundamental de una central fotovoltaica es el conjunto de las células fotovoltaicas. Éstas, integradas primero en módulos y luego en paneles, captan la energía solar, transformándola en corriente eléctrica continua mediante el efecto fotoeléctrico.

La energía eléctrica generada es transportada en forma de corriente alterna, por lo que la corriente generada en los paneles solares es conducida hacia los inversores, donde la corriente continua o directa es convertida en corriente alterna.

Una vez convertida a corriente alterna, la energía eléctrica producida pasa por una subestación donde un transformador y otros equipos adaptan la energía a las condiciones de intensidad y tensión de la corriente a las de la red de distribución donde será entregada. Todo el proceso de la central se analiza y vigila desde la sala de control, en la que se recibe información de los distintos puntos de la instalación.

En la “Figura IV-10” se muestra un esquema del funcionamiento de cada uno de los componentes dentro de una planta fotovoltaica tipo.

**FIGURA IV-10 INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE UNA PLANTA FOTOVOLTAICA TIPO**



Fuente: [www.unesa.es](http://www.unesa.es) y [www.consumer.es](http://www.consumer.es)

#### IV.5.1 Componentes Principales de La Planta Solar Fotovoltaica

La Planta Solar Fotovoltaica estará compuesta por los componentes descritos en la siguiente tabla:

**TABLA IV-6 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLANTA**

**ESPECIFICACIÓN TÉCNICA TOTAL DE ZONAS A+B+C DE LA PLANTA**

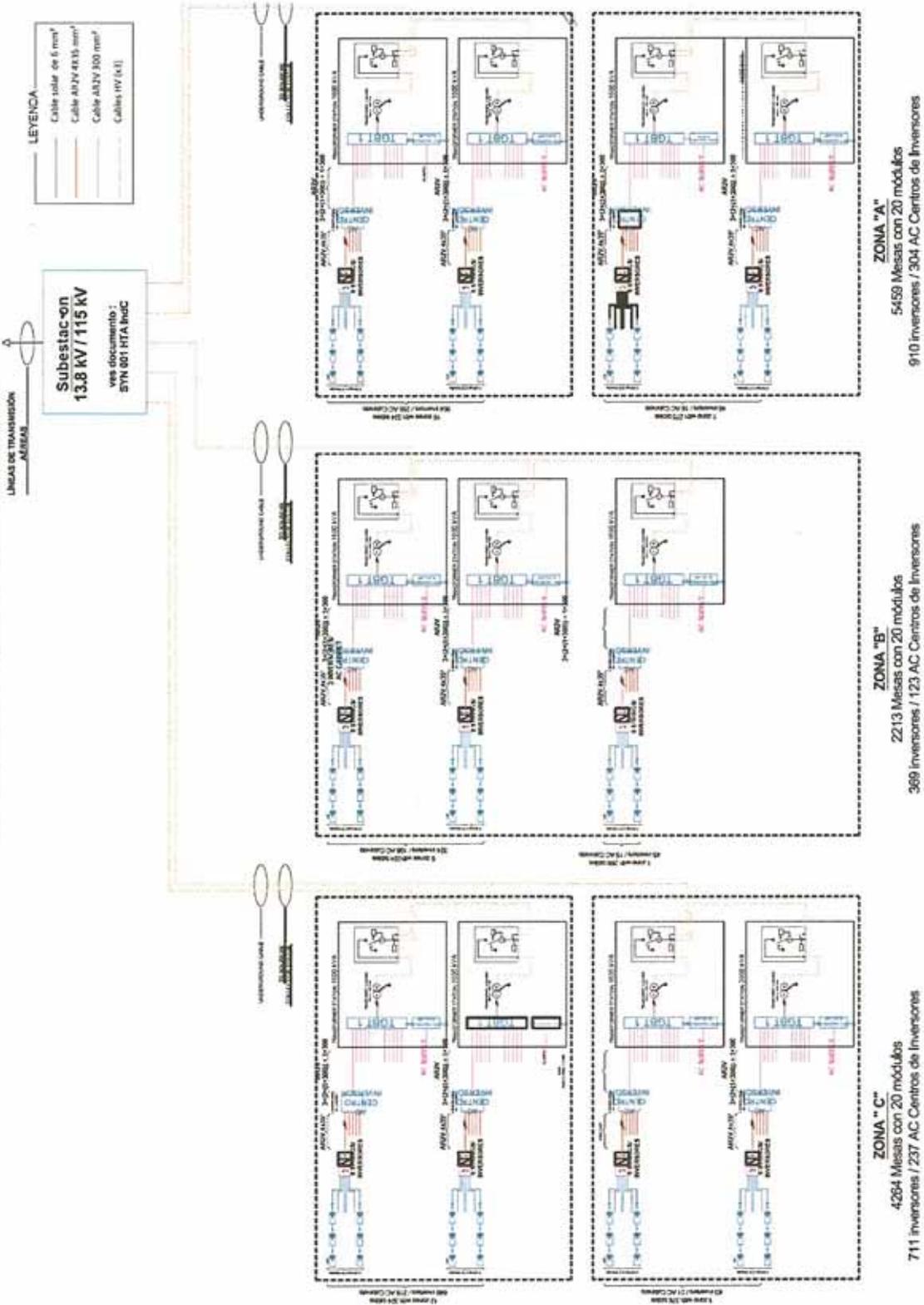
DESIGNACIÓN	TIPO	CANTIDAD	POTENCIA	
Paneles	TSM 310-PC14 (Trina Solar) o similar	238,720	310	Wp
Estructuras FV	Exotrack HZ a 1 Eje o similar, 20 paneles	11,936		
Inversores	Aurora Trio-27.6-TL-Outd (Power One)	1,990	30	kVA
Centros de Inversores	Grupo de 3 Inversores	910		
Centro de Transformación		36	1,600	kVA
Centro de Trasformación		1	2,000	kVA
<b>CAPACIDAD INSTALADA</b>				
Potencia Pico Instalada:			74,003,200	Wp
Potencia Nominal Total:			59,700	kVA

*Fuente: Neoen, Diseño de La Implantación, 2014.*

Para comprender mejor el funcionamiento en conjunto de los distintos componentes, En las siguientes figuras se tiene una representación gráfica de toda la instalación eléctrica, mediante los Esquemas de los unifilares a instalar para el Proyecto Providencia Solar 1.

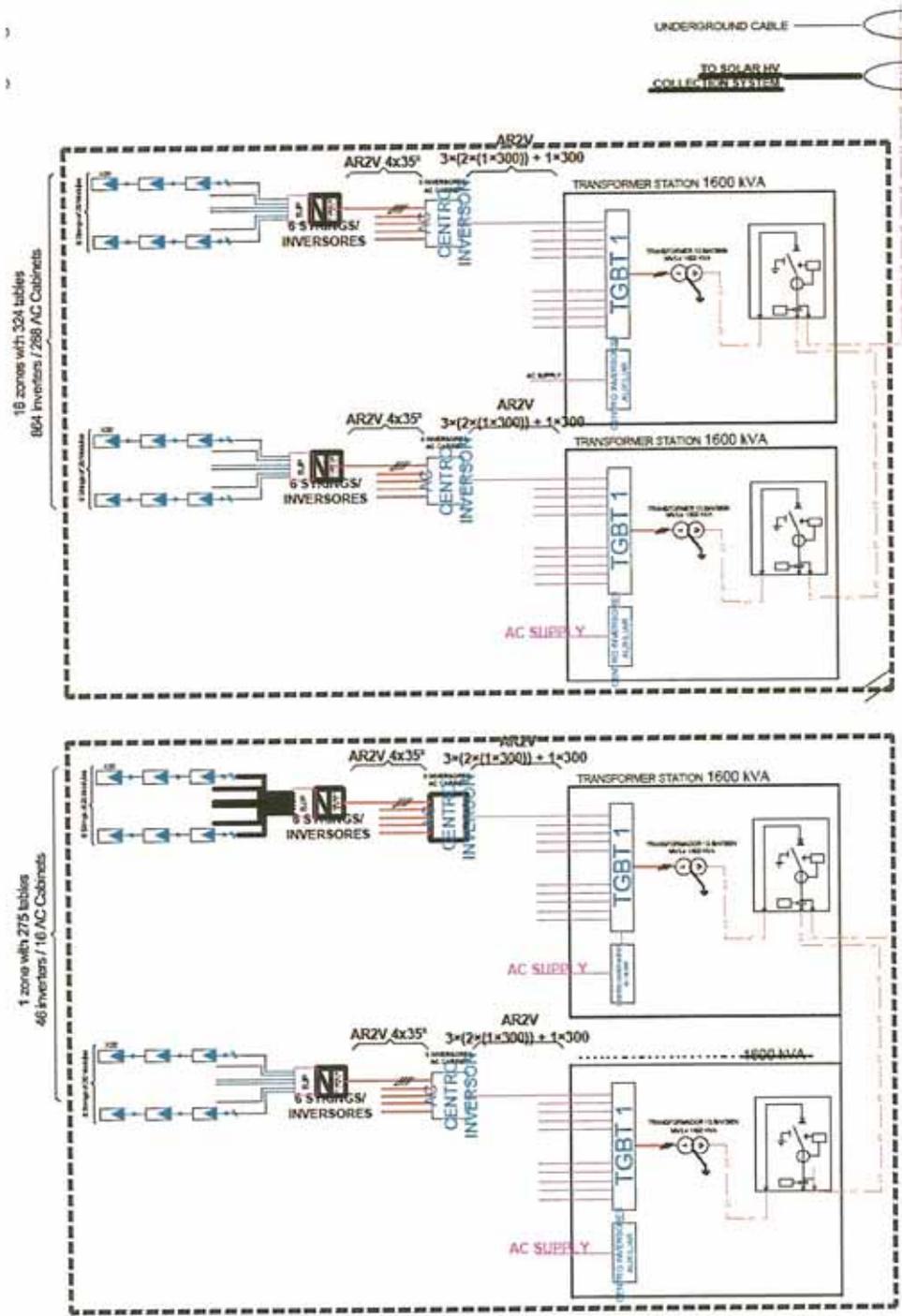
En la "Figura IV-11" se presenta el esquema de todo el conjunto, y en las figuras IV-12, IV-13 y IV-14, se presentan esquemas para cada una de las Zonas "A, B y C", respectivamente. Dichos esquemas se adjuntan también en una escala ampliada en el "Plano 5: Esquemas Unifilares".

FIGURA IV-11 ESQUEMA UNIFILAR GENERAL



000000036

FIGURA IV-12 ESQUEMA UNIFILAR "ZONA A"

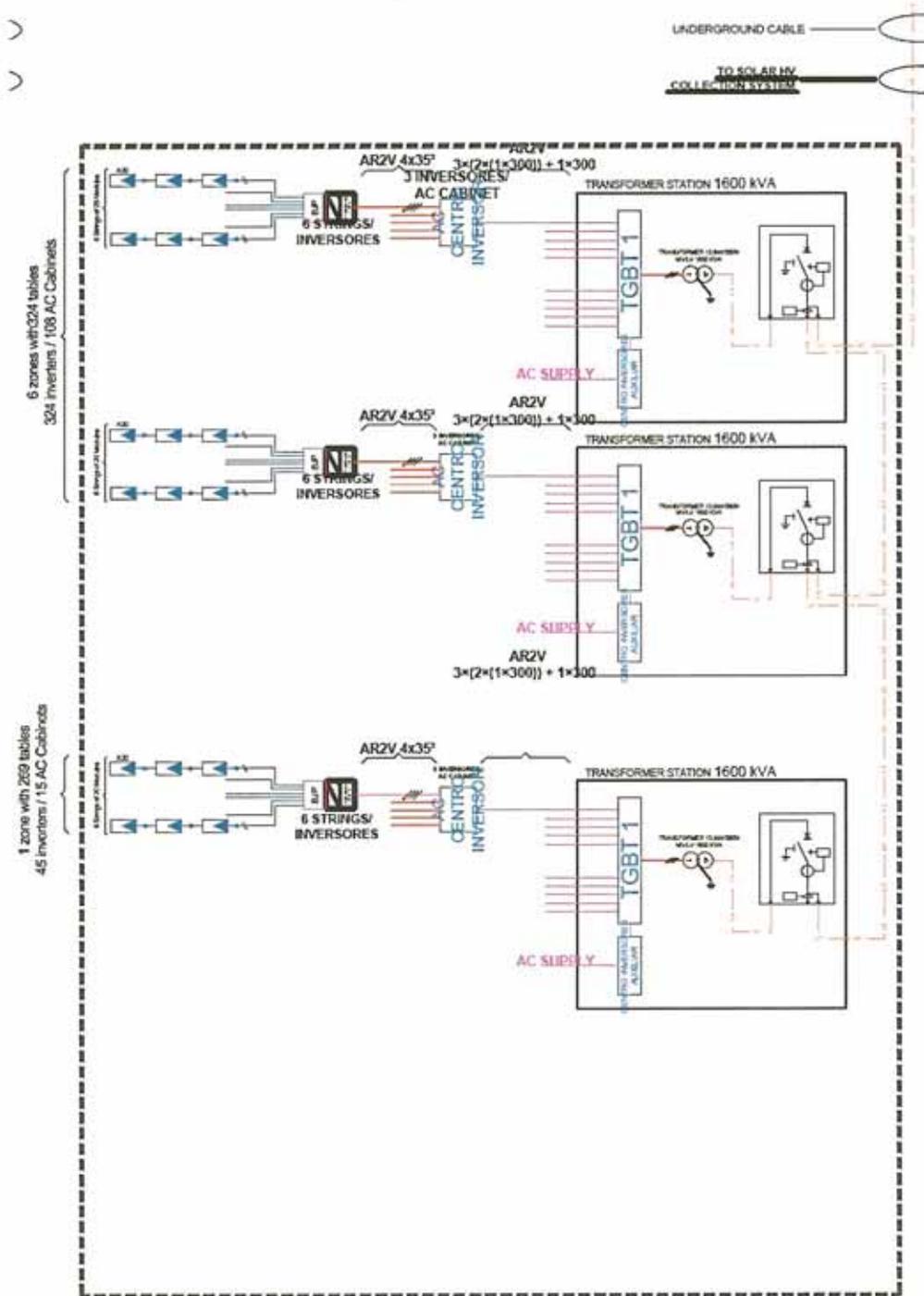


**ZONA "A"**

5459 Mesas con 20 módulos  
 910 inversores / 304 AC Centros de Inversores

Fuente: Neoen, Diseño de La Implantación, 2014.

FIGURA IV-13 ESQUEMA UNIFILAR "ZONA B"



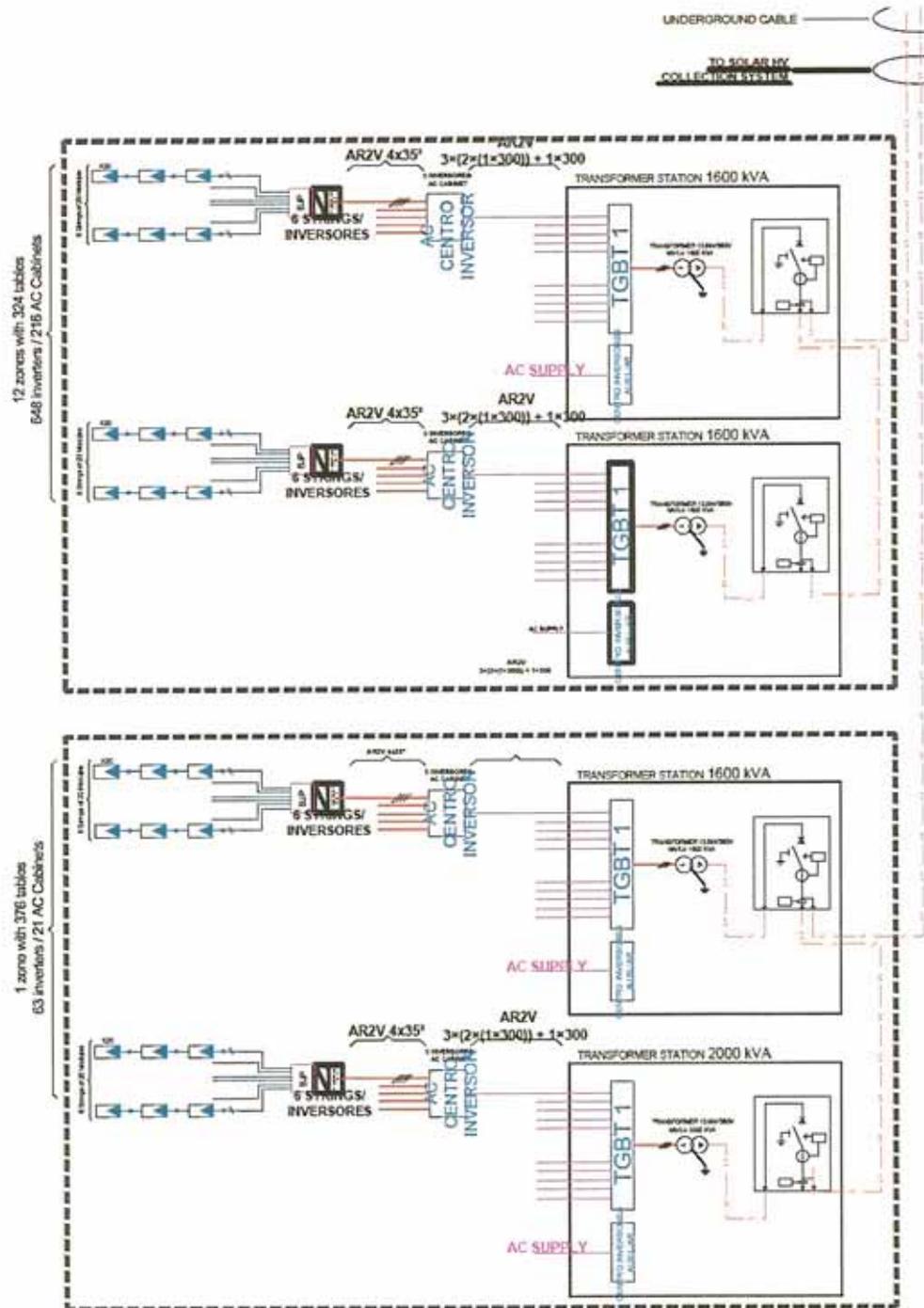
**ZONA "B"**

2213 Mesas con 20 módulos

369 inversores / 123 AC Centros de Inversores

Fuente: Neoen, Diseño de La Implantación, 2014.

FIGURA IV-14 ESQUEMA UNIFILAR "ZONA C"



**ZONA " C"**

4264 Mesas con 20 módulos

711 inversores / 237 AC Centros de Inversores

Fuente: Neoen, Diseño de La Implantación, 2014.

#### IV.5.2 Paneles solares o módulos fotovoltaicos

El tipo de módulo fotovoltaico a usar es el TSM 310-PC14 (Trina Solar) o similar, este es el módulo ideal para grandes proyectos, tiene una mayor superficie con más potencia que disminuye el tiempo de instalación. Así mismo es uno de los más confiables de la industria con un rendimiento comprobado en campo y altamente fiable gracias a su riguroso control de calidad, en el cual se realizan más de 30 tests en fábrica (UC, TC, HF entre otros). Cuenta con certificados para condiciones medioambientales extremas tales como, cargas de viento, nieve y granizo.

A continuación se especifican las características principales de los paneles fotovoltaicos considerados para el proyecto.

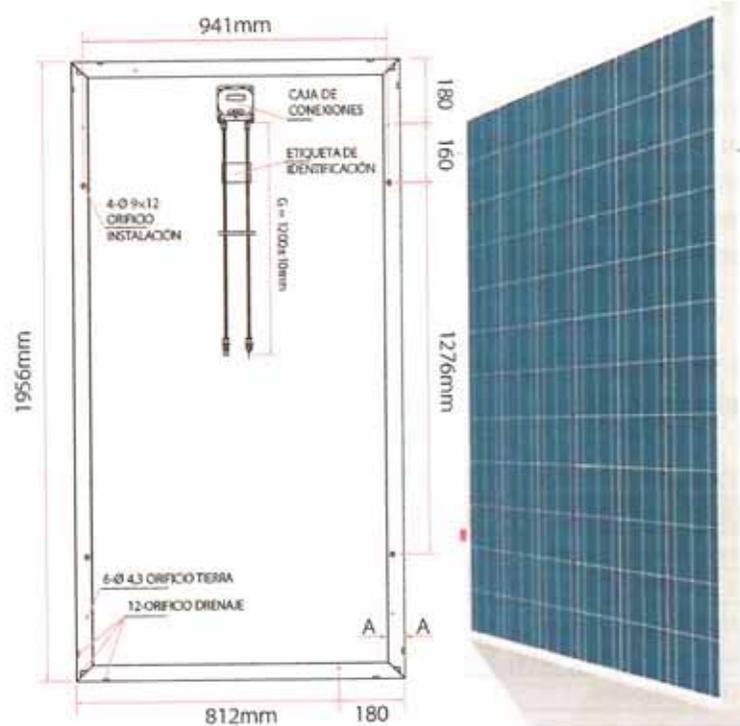
**TABLA IV-7 CARACTERÍSTICAS PANELES FOTOVOLTAICOS**

CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN
Potencia máxima por panel ( $W_p$ )	310 Wp
Tensión para máxima potencia ( $V_{mp}$ )	37 V
Corriente máxima ( $I_{mpp}$ )	8.38 A
Tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ )	45,5 V
Dimensiones	1956 x 992 x 40 mm
Tolerancia de potencia	0%/+3%
Tipo de célula	Policristalino 156 x 156mm
Peso	27.6 kg
Vidrio	Vidrio solar de alta transparencia, capa antireflectante, templado de 3.2 mm.
MARCO	Aluminio anodizado
Garantía de producto (fabricante)	10 años

*Fuente: Manual del Fabricante*

En las siguientes figura y fotografías, se pueden apreciar un esquema de los paneles a usar y una imagen real de un panel instalado. Para mayor detalle ver "Anexo Técnico 2A: Hoja Técnica de Paneles".

**Figura IV-15 Esquema De Panel Solar A Usar**



*Fuente: Manual del Fabricante*

**FOTOGRAFÍA IV-15 EJEMPLO DE PANELES INSTALADOS EN PROYECTO SIMILAR**



*Fuente: Presentación del Proyecto Neoen, 2014.*

Para la interconexión de los paneles se utilizará cable solar de 10 mm<sup>2</sup> de sección; así mismo se utilizará un conductor hasta la caja de conexionado maestro, que recogerá la energía de todos los módulos de la agrupación. Los mismos módulos, cada uno de ellos, constan de una caja de conexión que disponen de diodos de by-pass para evitar un sobrecalentamiento de las células solares.

Los paneles fotovoltaicos son de silicio policristalino enmarcados en aluminio, y con cubierta de vidrio antirreflectante, montados en seguidores a un eje. Estos módulos fotovoltaicos están diseñados y fabricados justamente para absorber la mayor parte posible del espectro solar, con el fin de convertir dicha luz solar en electricidad. Los niveles de reflectividad de los paneles solares son claramente más bajos que en el vidrio estándar o en el acero galvanizado, del orden del 10-15% de la radiación incidente tan sólo, actuando de forma contraria a la de un espejo, reflejando la menor luz posible y reteniendo la mayor cantidad.

Cabe destacar únicamente en base a la experiencia del proponente en otros proyectos solares fotovoltaicos en condiciones ambientales muy parecidas a las de la ubicación de la presente planta, que el panel fotovoltaico con temperaturas ambientes de 30-35°C y en base a termografías realizadas durante la fase de mantenimiento se observan temperaturas máximas del panel de 40°C.

### *IV.5.3 Estructura de seguimiento*

La estructura de seguimiento a utilizar será del tipo “Exotrack HZ a 1 Eje” o similar, compuestos por un conjunto de alineaciones orientadas norte-sur que giran alrededor de su eje con el objetivo de realizar el seguimiento solar desde Este a Oeste. La avanzada tecnología del Exotrack HZ garantiza una producción más competitiva, previsible y confiable. El diseño es altamente eficiente y sencillo, aumentando la producción energética de las plantas solares hasta un 25% en comparación con un sistema de inclinación fija.

#### *IV.5.3.1 Características Principales de La Estructura de Seguimiento*

- **Optimizado para proyectos a gran escala:** 5-6 seguidores por MW y área de seguimiento de hasta 1,200m<sup>2</sup>.
- **Escalable y adaptable a todos los proyectos:** Tiene un excelente ratio de cobertura de hasta el 50%, tolerancia de pendiente en todas las direcciones, soluciones de anclaje son múltiples dependiendo de la topografía del terreno.
- **Máxima robustez:** Resistencia a las condiciones climáticas más severas gracias al uso de materiales de primera categoría (Compuestos de polímeros, aluminio, acero inoxidable y acero galvanizado por inmersión en caliente. Todo con una vida útil de más de 25 años sin sustitución de piezas.

- **Bajo Impacto Visual:** Integración perfecta al paisaje gracias a su perfil ligero y de baja estatura.
- **Proceso de Instalación Patentado:** Avalado por la extensa experiencia de EXOSUN, con un tiempo de instalación de 4 horas/hombre por tabla, sin soldaduras, no requiere obra civil calificada.
- **Mantenimiento mínimo:** Exclusivo seguidor libre de grasa, motor sin mantenimiento y todas las piezas resisten sin desgaste ni degradación durante 25 años.
- **Smart-Tracking:** Hasta 5% de producción.

**TABLA IV-8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS “EXOTRACK HZ A 1 EJE”**

ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION
Estructura	Acero galvanizado por inmersión en caliente, acero inoxidable, compuestos de polímeros, aluminio. Transmisión de movimiento libre de mantenimiento.
Dimensiones del Seguidor	Hasta 30 tablas (según detalle y proyecto), dirección E-W hasta 180m, dirección N-S hasta 24m. Todas las dimensiones se pueden ajustar a las necesidades del cliente.
Altura del Sistema	1.5m en la posición de seguridad. 2.3m en seguimiento.
Área Seguida/Ocupación Suelo	Hasta 1,200m <sup>2</sup> , 1.34 hectáreas/MWp
Motores por MWp	5-6
Potencia por Seguidor	Alrededor de 200 kWp
Seguimiento diario	+50°
Arquitectura del Sistema de Conducción	A través del Exobox. Control vía SCADA, programa de backtracking integrado a cada seguidor.
Garantía del Producto	Extensión de hasta 20 años

Fuente: Manual del Fabricante, ficha técnica Exotrack HZ, [www.exosun.net](http://www.exosun.net).

#### IV.5.3.2 Fijación de los Paneles

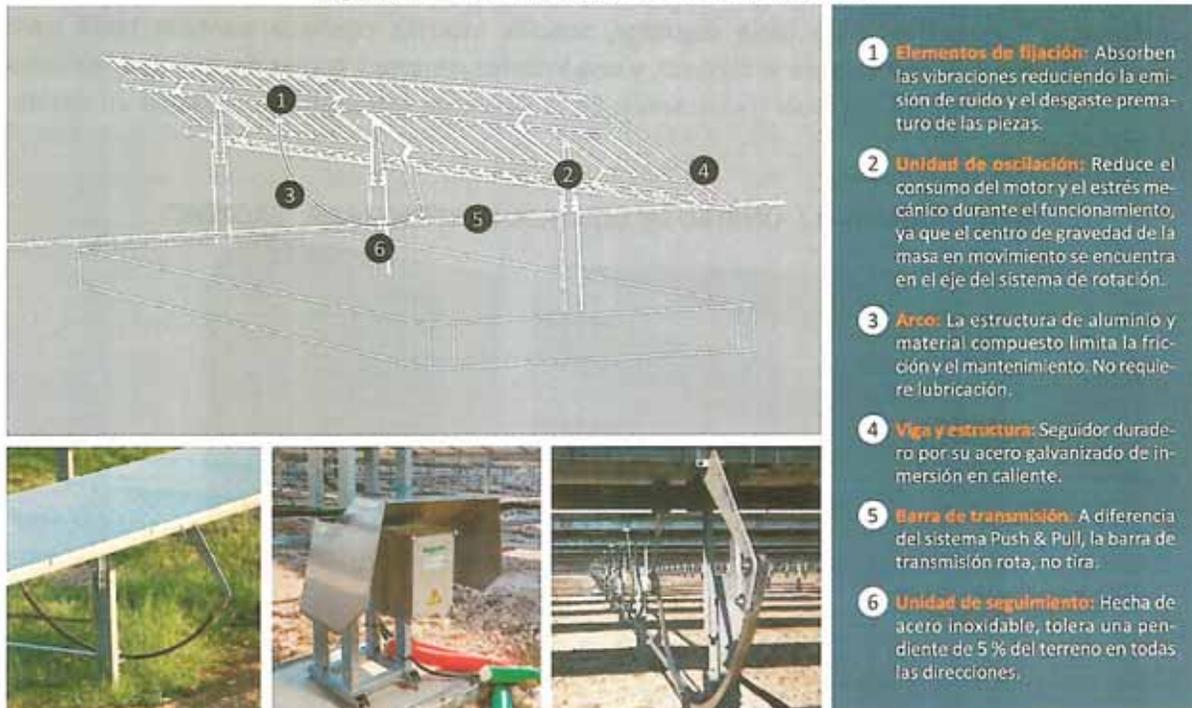
Se realizarán mediante grapas inferiores de acero inoxidable atornilladas al marco de aluminio del panel. En todos los casos se utilizará una junta aislante para evitar el par galvánico entre los materiales aluminio-acero galvanizado. Los tornillos utilizados para la fijación de un panel son 4 unidades de métrica 6 mm y de acero inoxidable.

#### IV.5.3.3 Descripción de la cimentación

Se prevé ejecutar las cimentaciones mediante pilotes circulares “in-situ” en los cuales queda embebida la parte inferior de los pilares del seguidor, lográndose así un empotramiento de los mismos. Las dimensiones finales de los pilotes así como su configuración final se basarán en las propiedades del terreno.

A continuación se muestran una serie de figuras con detalles de las estructuras de seguimiento a usar y sus componentes (Ver también hoja técnica del producto en “Anexo Técnico 2B: Hoja Técnica de Seguidores”):

**FIGURA IV-16 COMPONENTES DEL EXOTRACK**



Fuente: Manual del Fabricante, ficha técnica Exotrack HZ, [www.exosun.net](http://www.exosun.net).

**FOTOGRAFÍA IV-16 IMÁGENES DE SEGUIDORES INSTALADOS**



Fuente: Manual del Fabricante, ficha técnica Exotrack HZ, [www.exosun.net](http://www.exosun.net).

#### IV.5.3.4 Descripción del seguimiento y control de seguidores

El sistema de seguimiento exotrack HZ se entrega con el “Exobox”, la unidad de control centralizada de la planta. El “Exobox” gestiona 3 funciones principales: la programación de los seguidores (Hasta 8MWp por Exobox), el monitoreo y la comunicación con un SCADA.

Este sistema de control de los seguidores posee características únicas como programación y backtracking<sup>10</sup> específico para cada seguidor, sencilla interfaz con una pantalla táctil para acciones rápidas y eficaces sobre el terreno, y una interfaz remota a través de cualquier sistema SCADA o vía el portal de EXOSUN (fabricante). En la siguiente fotografía se muestra un detalle del “Exobox”.

FOTOGRAFÍA IV-17 UNIDAD DE CONTROL CENTRALIZADA “EXOBOX”



Fuente: Manual del Fabricante, ficha técnica Exotrack HZ, [www.exosun.net](http://www.exosun.net).

#### IV.5.4 Inversores & Centros de Inversores

Se decidió implementar una arquitectura descentralizada de inversores con un gran número de ellos en tamaño pequeño que convierta la DC11 producida por los módulos. Cada inversor concentrará y convertirá la energía proveniente de 3 mesas de módulos fotovoltaicos y la

<sup>10</sup> Sistema Anti-sombras que evita sombras entre paneles y/o seguidores, calcula la posición del Sol a lo largo del año y si calcula que el seguidor de frente le puede hacer sombra, lo pone más horizontal, con el fin de evitarla, resultando en una mayor densidad de kW por unidad de superficie.

<sup>11</sup> Cuando el flujo de corriente eléctrica se da en una sola dirección, se conoce como Corriente Continua, generalmente designada con las siglas DC, siglas que vienen del inglés Direct Current y también se puede ver, aunque con menos frecuencia, con las siglas del español CC. Cuando el flujo eléctrico se da en las dos direcciones se conoce como Corriente Alterna y se designa generalmente con las siglas AC, del inglés Alternating Current, también se puede ver como CA.

inyectará en el centro de inversores AC más cercano. En las figuras IV-11, 12, 13 y 14, presentadas anteriormente, se muestra el diagrama unifilar. A cada inversor se dirigen 6 líneas de 20 módulos - 4 inversores que captan 6 líneas y 20 módulos se dirigen a los tableros AC.

- ZONA "A": 5459 Mesas con 20 módulos, 910 inversores / 304 AC Centros de Inversores.
- ZONA "B": 2213 Mesas con 20 módulos, 369 inversores / 123 AC Centros de Inversores.
- ZONA "C": 4264 Mesas con 20 módulos, 711 inversores / 237 AC Centros de Inversores.

Los inversores seleccionados para esta arquitectura son los AURORA TRIO-27.6-TL-OUTDS1A-US-480 fabricados por Power One. Power One es una marca incluida en el portafolio de ABB, líder mundial en la fabricación de equipamiento eléctrico. (Ver hoja técnica del inversor en "Anexo Técnico 2C: Hoja Técnica de Inversores".)

La línea de inversores Trio fue diseñada con alta eficiencia y flexibilidad para cualquier tipo de panel FV e instalación. Tiene eficiencias pico de 98.2% y su flexibilidad permite que se configuren con salidas de voltaje y corriente de hasta 30kVA. El Trio está diseñado para manejar entradas de DC de hasta 1,000VDC para tramos de líneas más largos. Contiene las características más novedosas para manejo de redes para cumplir con los requerimientos globales de servicios públicos, incluyendo los nuevos requerimientos de la BDEW para Alemania. Cada inversor integra comunicación estándar para la industria RS485/Modbus.

#### IV.5.4.1 Características Principales de Los Inversores

- Protección múltiple para AC y DC: desconexión de DC, fusibles para DC, protección para picos de DC y de AC.
- Uno de los mas bajos Costos Nivelados de Energía (LCOE) fue mejorado en un 7% comparado con el sistema que utiliza inversores centrales de 600V DC
- Maximiza la producción de energía con Eficiencia CEC del 97.5% y el algoritmo de Rastreo de Punto de Energía Máximo (MPPT) líder en la industria
- Mejora la disponibilidad del sistema y elimina un solo punto de falla con su diseño modular
- Cuenta con características de control interactivo de aplicaciones e integradores de protocolo Modbus con sistemas de monitoreo y control
- Su diseño utiliza enfriamiento natural por convección y capacitores no electrolíticos para confiabilidad de los segmentos más importantes.
- La conexión paralela de los strings de los módulos debe realizarse mediante el componente S1A de los inversores.

**FOTOGRAFÍA IV-18 INVERSOR A USAR (AURORA TRIO-27.6-TL-OUTD (POWER ONE))**


Fuente: Manual del Producto TRIO-20.0/27.6-TL-OUTD (20.0 to 27.6 kW)

**TABLA IV-9 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS INVERSOR AURORA TRIO-27.6-TL-OUTD**

CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN
Número de canales independientes MPPT	2 (PROGRAMABLE PARA 1 MPPT)
Máxima energía DC utilizable (KWc)	2x16
Máxima energía AC de salida (KVA)	30
Rango de voltaje DC (V)	200-950V
Voltaje nominal de la red AC (V)	480
Eficiencia Máx. / CEC (%)	98,2/97,5
Tipo	Sin Transformador
Detención de falla de amplitud a tierra FV	Cumple con los requerimientos UL1741/NEC
Garantía del producto	10 años
Protección de interfase	Cumple con los requerimientos UL1741/IEE1547

Fuente: Manual del Producto TRIO-20.0/27.6-TL-OUTD (20.0 to 27.6 kW)

**IV.5.4.2 Características Principales de Los Centros de Inversores**

- Los centros de inversores AC son de 4 vías y por lo tanto reciben 4 inversores que captan 6 series y 20 módulos cada una. La planta FV contará con centros de inversores AC 480 de 4 vías.
- Voltaje nominal: 480Vac
- Corriente nominal: 200A
- Gabinete de poliéster, que de IP54 y IK10

- Terminales para entrada y salida de cables
- Ventilación superior e inferior
- Protección individual de tres fases de los inversores fotovoltaicos,
- Interruptor/seccionador
- Los centros de inversores AC (y los inversores) deben colocarse a la altura de una persona (que sea fácil de alcanzar por los operadores de O&M) y deben contar con etiquetas de identificación, así como con engomados de advertencia y seguridad.
- Los instaladores se aseguran de que el montaje y cableado de todos los centros de inversores AC no altere su protección y resguardo del agua.
- Todos los centros de inversores deben mostrar una marca clara e inalterable que indique que algunas de sus partes internas pueden permanecer energizadas después de que los centros de inversores hayan sido desconectados mediante su interruptor de desconexión general.

#### *IV.5.5 Conexión de los paneles hasta los inversores*

Los paneles se conectarán formando 6 líneas de 20 módulos que se dirigen a cada inversor - 4 inversores que captan 6 líneas y 20 módulos se dirigen a los tableros AC Centros de inversores. Y posteriormente a los Centros de Transformación.

##### *IV.5.5.1 Características Principales del Conexión*

- Todos los cables serán seleccionados de tal modo que se minimicen los riesgos de defecto a tierra o corto circuito una vez instalados.
- Los cables tendrán material retardante al fuego y se seleccionarán entre aquellos que mantengan una temperatura estable y admisible en su núcleo de al menos 90°C.
- Los cables sujetos a la irradiación directa del sol deberán soportar la condición de influencia externa AN3.
- Todos los cables DC deberán ser seleccionados e implementados para mantener los riesgos de defecto a tierra o corto circuito absolutamente en el mínimo. El uso de cables sencillos con el equivalente al aislamiento Clase II cumplirá con esta función.
- Cada uno de los cables deberá estar cuidadosamente etiquetado en ambas puntas de acuerdo con los diagramas de cableado.
- Todos los cables, dispositivos mecánicos, juegos de piezas para montaje y eléctrico deberán instalarse y conectarse de acuerdo con las normas apropiadas y otros estándares de la industria que sean convenientes en El Salvador o Norteamérica.
- El objetivo primordial es minimizar riesgos a las personas y a los animales, así como daños que pudieran ocurrir en el sistema conectado de la red durante las operaciones y el mantenimiento, en todas las condiciones ambientales específicas del sitio.
- Todos los cables estarán marcados en sus dos puntas.

TABLA IV-10 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CONEXIONADO

CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN
Cables Solares	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los Cables Solares serán de cobre de 6mm<sup>2</sup> U: 1000/1800VCC Estándar: TUV2 PFG 1169/08.2007 PV1F.</li> <li>Las conexiones entre los inversores y los combinadores de series serán U 1000 AR2V de Aluminio Estándar: IEC 60502.</li> </ul>
Cables MV	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los cables MV serán 1*150<sup>2</sup> (ó 240<sup>2</sup> ó 300<sup>2</sup> en el sistema internacional métrico) Aluminio 20kV(24kV) Estándar: IEC 60502</li> </ul>
Cables para Instalación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los cables para instalación en las zanjas serán 1*25<sup>2</sup> conductor de cobre sin aislamiento</li> </ul>

Fuente: Estudio de Factibilidad del Proyecto.

#### IV.5.6 Centros de Transformación

Así mismo se contará con 36 Centros de Transformación, de 1,600 kVA y 1 Centro de Transformación de 2,000 kVA.

De los centros de inversores AC hacia abajo, los cables entran en ductos o directamente a tierra dependiendo de su especificación y corren subterráneos hasta el sótano de las cajas de los transformadores. La caja del transformador (fabricada por Schneider Electric o similar) estará diseñada para aplicaciones eléctricas generales con voltaje en serie de hasta 24kV y varios niveles de energía. Estas cajas se cablearán y probarán por el fabricante de las carcasas prefabricadas antes de ser entregadas en el sitio, lo que reducirá en gran medida el tiempo para ponerlas en marcha. Además, estarán diseñadas para evacuar el calor de forma natural gracias a sus rejillas de ventilación superiores e inferiores. (Ver hoja técnica en "Anexo Técnico 2D: Hoja Técnica de Centros de Transformación").

Los centros de transformación consisten en casetas prefabricadas, diseñadas para soportar el peso del transformador, el piso cuenta con orificios y ductos que permiten el paso de los cables y el techo está ideado para proteger a las partes auxiliares del sol. Los centros de transformación contienen equipo de voltaje medio y bajo como se describe a continuación.

##### IV.5.6.1 Características Principales de Los Centros de Transformación

- El transformador se instala por encima de un tanque de retención.
- Voltajes nominales de LV/MV : 480V / 20000V.
- Regulador en carga para optimizar la operación de los inversores.
- Grupo de vector: Dy11 con secundario disociado.
- Transformador de eficiencia COBK.
- Cada estación de transformador contiene 1 Tablero MV tipo RM6-24kV.

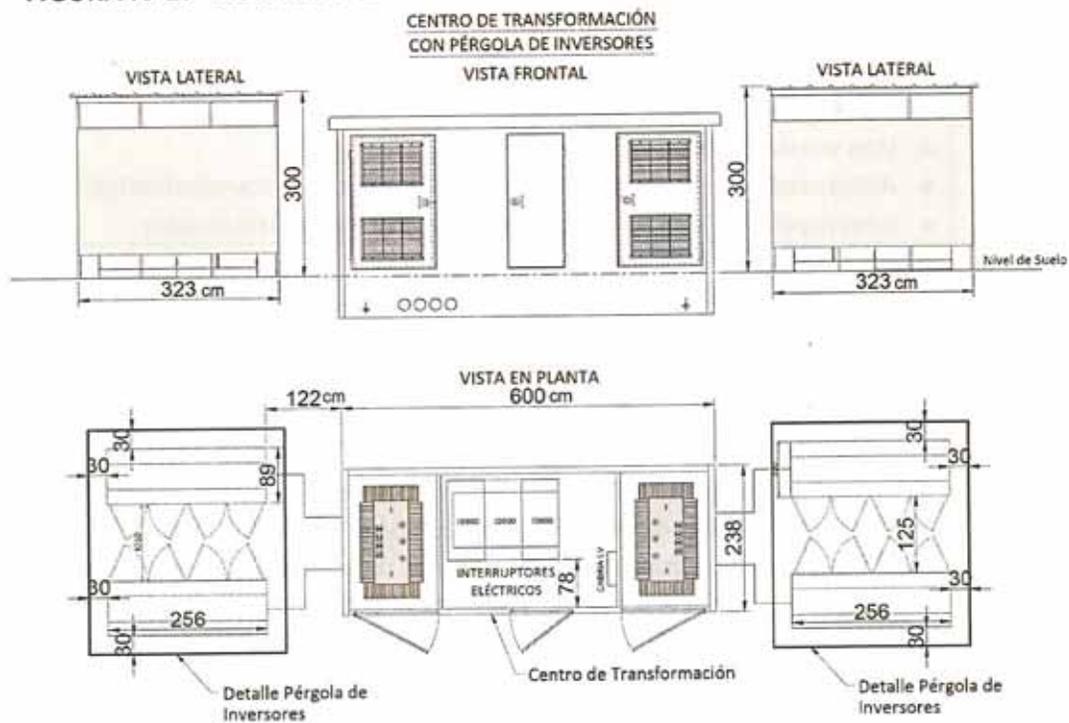
TABLA IV-11 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN
Equipo MV	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada estación de transformador contiene 1 Tablero MV tipo RM6-24kV que incluye:</li> <li>• Una versión “solar” NE-D 200<sup>®</sup>.</li> <li>• Alimentador de entrada y de salida + alimentador transformador.</li> <li>• Interruptor a tierra en el costado principal del transformador.</li> </ul>
Tablero Principal LV	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada estación de transformador contiene 1 tablero AC LV principal, que lo protegerá de la lluvia, el sol y el medio ambiente en general, el mismo protegerá cada enlace eléctrico proveniente de los centros de inversores AC.</li> <li>• Todos tendrán etiquetas de identificación, así como con engomados de advertencia y seguridad.</li> <li>• El tablero principal LV debe cumplir con los siguientes requerimientos: Voltaje nominal: 480Vac, Corriente nominal: 4000A, Carcasas IP30 e IK10, Protección individual de tres fases para los enlaces provenientes de los centros de inversores AC, Interruptor/seccionador AC general.</li> <li>• El tablero principal LV también suministrará corriente eléctrica a las partes auxiliares (calentador, RM6, centro de inversores de monitoreo general, iluminación interna y externa, medidor de energía, etc.) y un UPS de una sola fase de 2.2kVA / 1 hora para suministro de emergencia a 1620 W, en particular para monitoreo.</li> </ul>
Equipo de Seguridad	<p>Se aplicarán las siguientes características de seguridad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guantes con aislamiento con estuche.</li> <li>• Extinguidor de fuego de polvo.</li> <li>• Tapete aislado para 24kV.</li> <li>• Señal de advertencia fijada con remaches en la puerta de entrada.</li> <li>• Vitrina interna colgada de la pared en donde se muestren diagramas eléctricos.</li> <li>• Cubierta para diagramas colgada de la pared.</li> <li>• Placa que contenga la identificación de la cabina y el voltaje.</li> </ul>

Fuente: Estudio de Factibilidad del Proyecto.

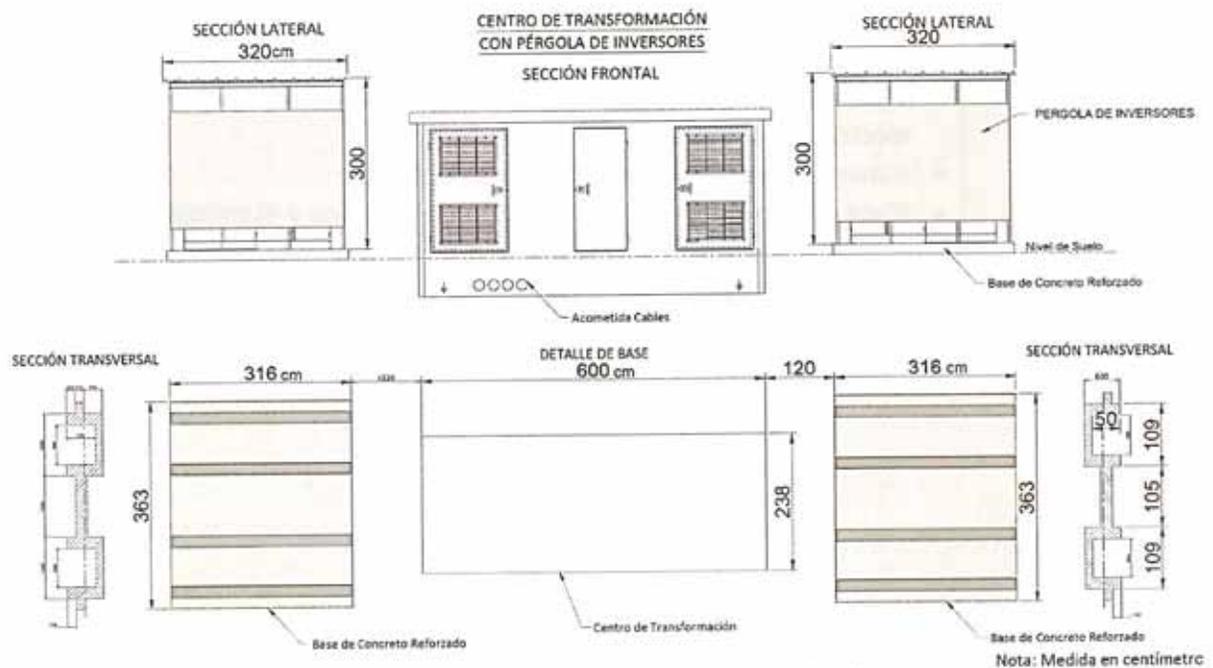
Las siguientes figuras se muestran vistas en planta, elevaciones, y secciones transversales tipo, de los centros de transformación, para mayor detalle referirse al “Plano 6A: Detalle Centros de Transformación”.

**FIGURA IV-17 VISTA TIPO EN PLANTA Y ELEVACIÓN DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN**



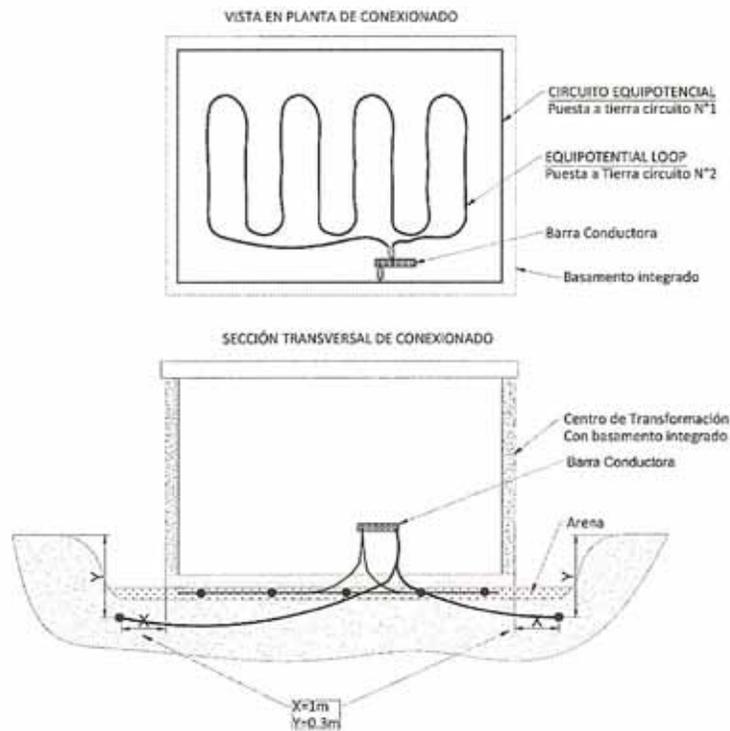
Fuente: Planos del Proyecto "Providencia Solar 1"

**FIGURA IV-18 SECCIONES DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN**



Fuente: Planos del Proyecto "Providencia Solar 1"

**FIGURA IV-19 SECCIONES TRANSVERSALES ACOMETIDA ELÉCTRICA DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**



Fuente: Planos del Proyecto "Providencia Solar 1"

**FIGURA IV-20 DETALLE EN 3-D DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN TIPO**



Fuente: [electrificacionescampanilla.com](http://electrificacionescampanilla.com)

#### *IV.5.7 Subestación Interna de La Planta*

Del centro de transformación, la electricidad fluye hacia la subestación interna de la planta ubicada en la esquina Noroeste de la "Zona A" de la implantación. En esta etapa, la electricidad está a un nivel de 13.8kV y la subestación interna la llevará a 115kV para poder transmitirla a la subestación El Pedregal a través de una línea de transmisión de alto voltaje, que como ya se explicó en apartados previos, no comprende parte del presente EslA.

La energía que llega de cada antena se concentra en una barra colectora (bus bar) de 13.8kV, ésta a la vez es alimentada dentro de un transformador de 60MVA a través de un panel de protección de control con todos los relevadores y dispositivos necesarios en El Salvador.

El transformador de 60MVA estará protegido por diversos dispositivos que permitan un alto nivel de seguridad y control. La infraestructura de conexión en serie transmitirá toda la energía producida por la planta fotovoltaica en voltaje nominal de 115kV.

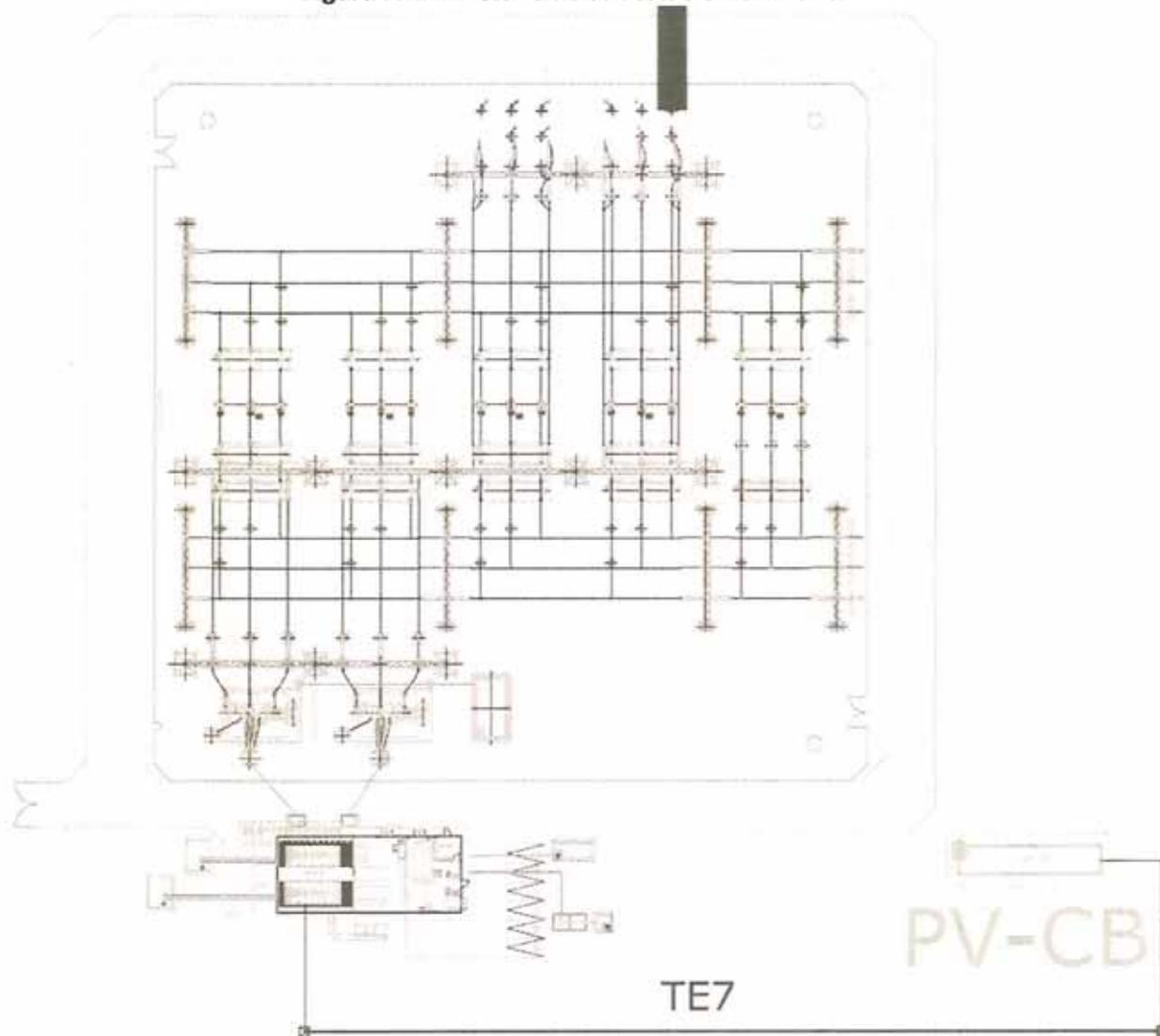
##### *IV.5.7.1 Características Principales de La Subestación Interna de La Planta*

La subestación interna estará conformada por:

- Un panel de protección de control con todos los relevadores y dispositivos necesarios en El Salvador.
- Protección contra rayos con mástiles y picos.
- Todo el interbloqueo mecánico necesario en El Salvador.
- Todos los alimentadores de corriente DC y AC de los auxiliares.
- Instalación de monitoreo que proporcione todas las condiciones de las diferentes protecciones.

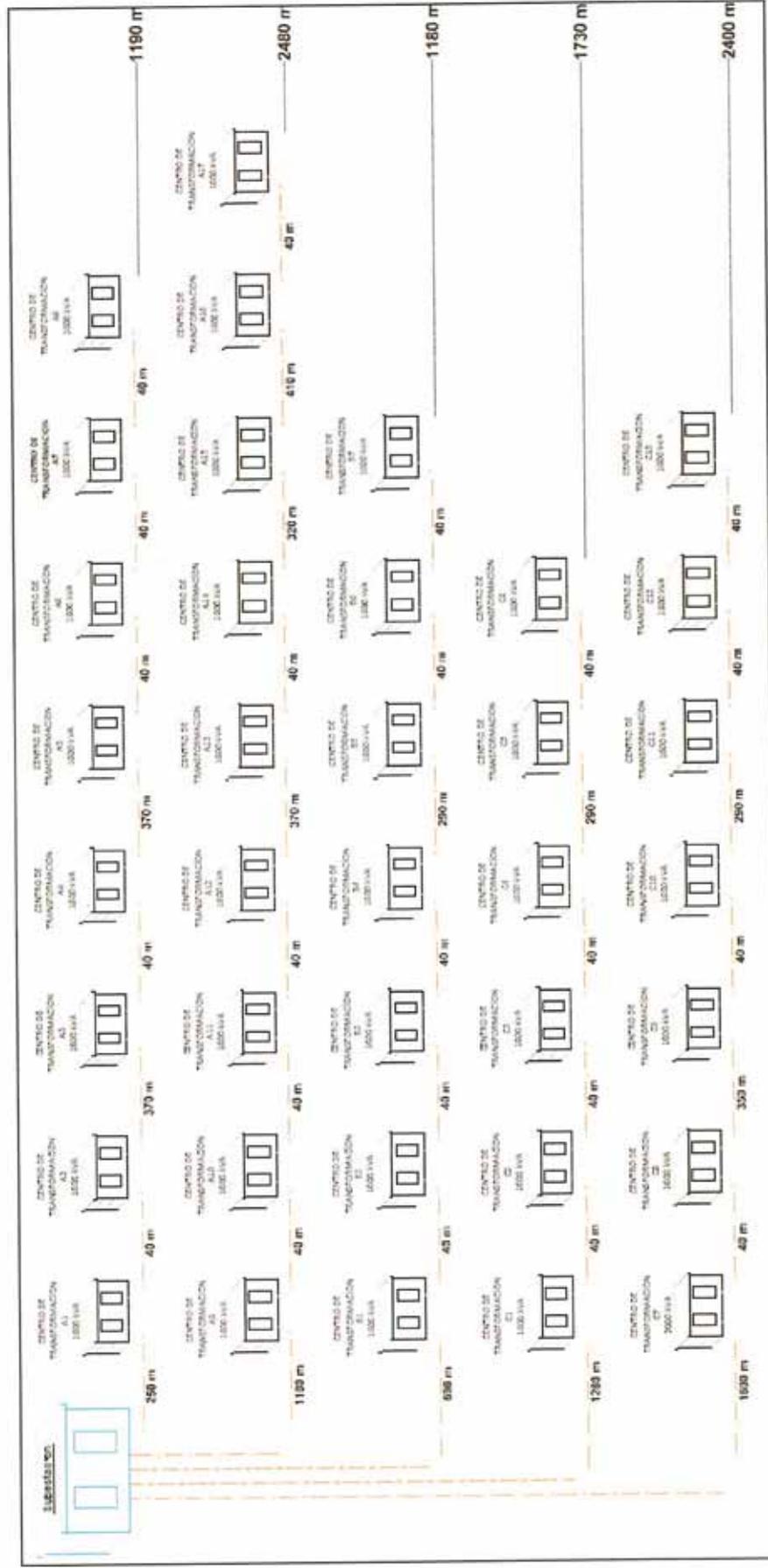
A continuación se presenta un detalle de la subestación en planta, para mayor detalle referirse al "Plano 4", y en la figura IV-21 se muestra un Esquema del Conjunto Conexionado hacia Subestación, el cual se encuentra a mayor escala en el "Plano 6B: Conexionado de Centros de Transformación hasta Subestación".

Figura IV-21 Detalle de Subestación en Planta



Fuente: Planos del Proyecto "Providencia Solar 1"

FIGURA IV-22 ESQUEMA DEL CONJUNTO CONEXIONADO HACIA SUBESTACION



Fuente: Planos del Proyecto "Providencia Solar 1"

#### IV.5.7.2 Insumos en la subestación

Los principales insumos que se prevé se utilizarán en la nueva subestación eléctrica se detallan en la siguiente tabla, especificando cantidades por año.

**TABLA IV-12 TIPO DE INSUMOS Y CANTIDADES A UTILIZAR EN EL PROYECTO**

INSUMO	CANTIDAD POR AÑO
Aceite dieléctrico para muestreo pruebas físico químicas del estado del aceite del Transformador de Frecuencia.	Almacenaje: 30,000 litros Mantenimiento: 3 litros*
Sílicagel para el mantenimiento del sistema desecador de humedad del aire que ingresa al tanque conservador del transformador y del cambiador bajo carga.	2 galones**
Gas FS6 para el mantenimiento de los interruptores.	¼ libra (máximo)

Fuente: Eco Ingenieros, S.A.

\* No se derrama o desperdicia, es recolectado para pruebas de laboratorio y luego se dispone adecuadamente.

\*\* No de derrama o desperdicia, es recolectada para ser regenerada mediante calentamiento.

Las hojas de seguridad de cada una de las sustancias que se utilizarán en el proyecto, enumeradas en la tabla anterior se incluyen en el "Anexo Técnico 3: Hojas de Seguridad de los Materiales", en las cuales se detalla su composición química, propiedades físicas y las medidas de seguridad que deben aplicarse respecto al medio ambiente y protección de la integridad física de las personas y cuidado de la infraestructura, entre otros datos o información importante a considerar durante su manipulación o almacenamiento. En este apartado únicamente se retomará de las hojas de seguridad, la peligrosidad de cada sustancia.

##### 1.1.1.1.1 Identificación de los riesgos del Aceite Dieléctrico

- **Salud humana:** La inhalación de vapores y/o nieblas puede irritar el tracto respiratorio. El contacto prolongado con la piel provoca sequedad y posible irritación. El contacto con los ojos puede causar irritación.
- **Medio Ambiente:** Bio-degradabilidad lenta, el producto puede permanecer en el medio ambiente a largo plazo. Riesgo de contaminación de tierra, suelo y agua.
- **Riesgos físicos y químicos:** Desprende vapores inflamables y productos de descomposición a elevadas temperaturas. Riesgo de piso resbaladizo si se vierte.

##### 1.1.1.1.2 Identificación de los riesgos de la Sílicagel

- Puede causar cáncer por inhalación. También nocivo por ingestión. Nocivo para los organismos acuáticos. Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

##### 1.1.1.1.3 Identificación de los riesgos del Hexafluoruro de Azufre

- **Salud humana:** Gas licuado en altas concentraciones puede causar asfixia. Al exponerse al Hexafluoruro de azufre se puede presentar pérdida de la movilidad y/o conciencia,

puede afectar la visión causando daños severos. No se conocen daños toxicológicos causados por este producto.

- Riesgo de fuego y explosión: La exposición al fuego puede causar su rotura o exposición. No inflamable. En caso de incendio se pueden producir los siguientes gases tóxicos/corrosivos mediante descomposición termal: Fluoruro de Hidrógeno y Dióxido de Azufre.

#### *IV.5.8 Almacenamiento de energía*

No habrá almacenamiento de energía dentro de la instalación.

#### *IV.5.9 Fuente de energía de seguridad*

No habrá fuente de energía de seguridad.

#### *IV.5.10 Sistema de Seguridad*

A lo largo del límite a ocupar por la planta solar, se instalará un muro perimetral para la seguridad de toda la instalación y para delimitar la misma. Antes de la ejecución del cerramiento perimetral se deberá realizar la implantación del mismo a través de trabajos topográficos para que sea garantizada su correcta distribución.

El sistema de muro perimetral consistirá en columnas y losetas prefabricadas de concreto reforzado ECONSAs o similar. Las columnas reforzadas se fabrican en diferentes longitudes dependiendo de la altura de las paredes, para el caso del proyecto los muros tendrán una altura de 2.5m y columnas de 13 x 13 según especificaciones técnicas del fabricante. A continuación se presenta un detalle tipo de los muros a instalar.

**FOTOGRAFÍA IV-19 EJEMPLO DE TAPIAL A INSTALAR**



*Fuente: ECONSAs.*

Así mismo se dispondrá de un sistema de vigilancia perimetral mediante cámaras térmicas de alta resolución y muy largo alcance (entre 35 y 500m, de forma que entre un total de 25 a 30 cámaras, se controla el 100% del perímetro).

Se dispondrá de completo sistema de video análisis de forma que se permitirá la identificación de las intrusiones, su grabación y transmisión a la Central Receptora de Alarmas mediante sistema ADSL existente.

#### IV.5.10.1 Estación meteorológica

Debido a que la producción de energía depende de las condiciones meteorológicas, tales como la temperatura ambiente y la radiación solar, NEOEN proveerá e instalará tres torres meteorológicas en el sitio. Para cada estación meteorológica, el alcance de suministro incluye:

- Torre enrejado triangular de aluminio de 4m.
- Transportación al sitio.
- Instalación (obras civiles/anclas/erección/ensamble).
- Ajuste de los altibajos de los sensores.

Un ingeniero calificado supervisará la instalación del sistema de medición, que incluye los siguientes sensores:

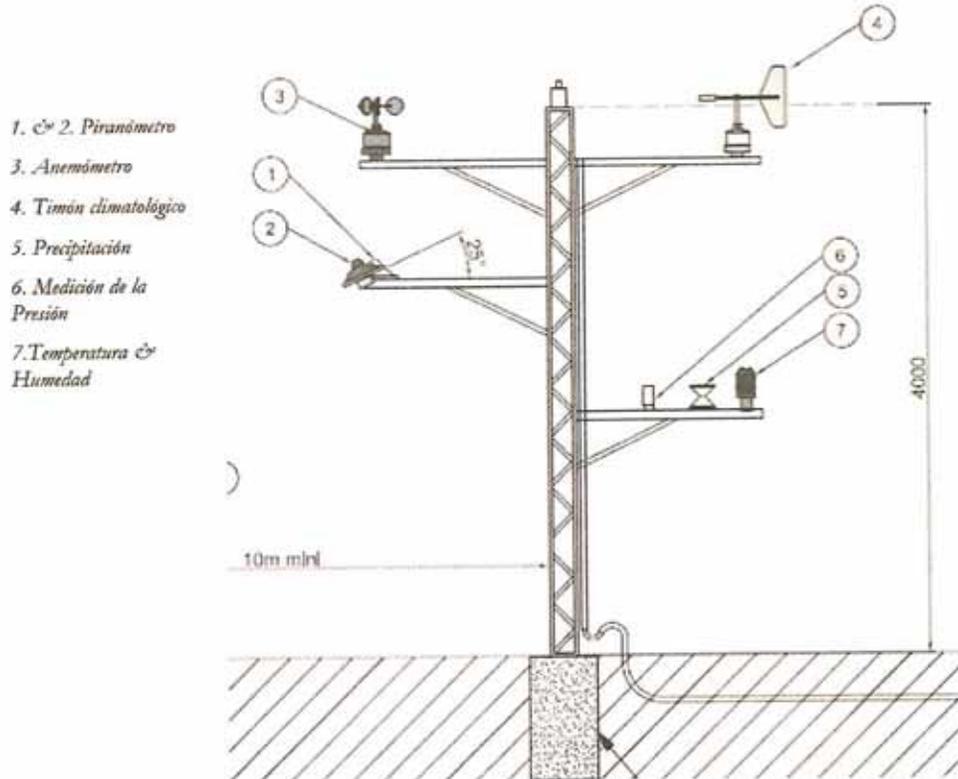
**TABLA IV-13 PARÁMETROS DE MEDICIÓN ESTACIÓN METEOROLÓGICA**

PARÁMETROS	TIPO DE SENSOR	#	SEÑALES REGISTRADAS
Irradiación horizontal global	CMP 11 kipp & Zonen estándar secundario	1	Valor de 10 minutos; Min, Max, Promedio, desviación estándar
Plano de irradiación de orden global	CMP 11 kipp & Zonen estándar secundario	1	Valor de 10 minutos; Min, Max, Promedio, desviación estándar
Velocidad del viento	Anemómetro A100LK clase 2 instrumentos de vector measnet calibrado	1	Valor de 10 minutos; Min, Max, Promedio, desviación estándar
Dirección del viento	Timón de viento W200P instrumentos de vector	1	Valor de 10 minutos; Min, Max, Promedio, desviación estándar
Temperatura y humedad relativa	CS215 Campbell scientific	1	Valor de 10 minutos; Min, Max, Promedio, desviación estándar
Presión atmosférica	CS 100 SETRA	1	Valor de 10 minutos; Min, Max, Promedio, desviación estándar
Sensor de lluvia y precipitación	ARG 100	1	Min, Max, Promedio, desviación estándar
Temperatura del módulo de referencia	PT 100 IEC 60751 clase AA	2	Valor de 10 minutos; Min, Max, Promedio, desviación estándar
Polvo y suciedad	Módulos CIS de referencia	2	lcc

Fuente: Estudio de Factibilidad "Providencia Solar 1"

La figura de abajo muestra un diagrama que cumple con todos los requerimientos especificados por la IEC61400-12-1<sup>12</sup> edición 1.0 y ISO 9060<sup>13</sup>:

**FIGURA IV-23 DETALLE DE ESTACIÓN METEOROLÓGICA TIPO A INSTALAR**



Fuente: Estudio de Factibilidad "Providencia Solar 1"

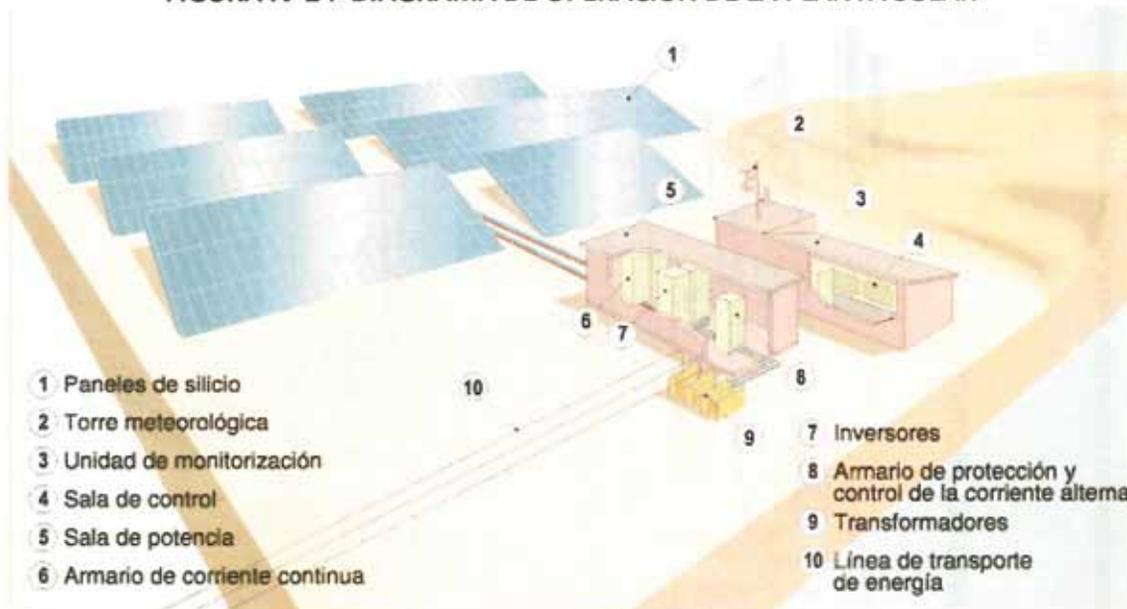
#### IV.5.11 Configuración esquemática de los componentes

En la siguiente imagen se muestra el funcionamiento de la central fotovoltaica.

<sup>12</sup> Norma de acuerdo a estándares internacionales para turbinas de viento (Aerogeneradores. Parte 12-1: Medida de la curva de potencia de aerogeneradores productores de electricidad).

<sup>13</sup> Norma internacional para especificación y clasificación de los instrumentos para medir la radiación solar directa y hemisférica.

FIGURA IV-24 DIAGRAMA DE OPERACIÓN DE LA PLANTA SOLAR



Fuente: [www.renovables-energia.com](http://www.renovables-energia.com)

El funcionamiento de la Planta fotovoltaica Providencia Solar 1, se detalla en el siguiente esquema.

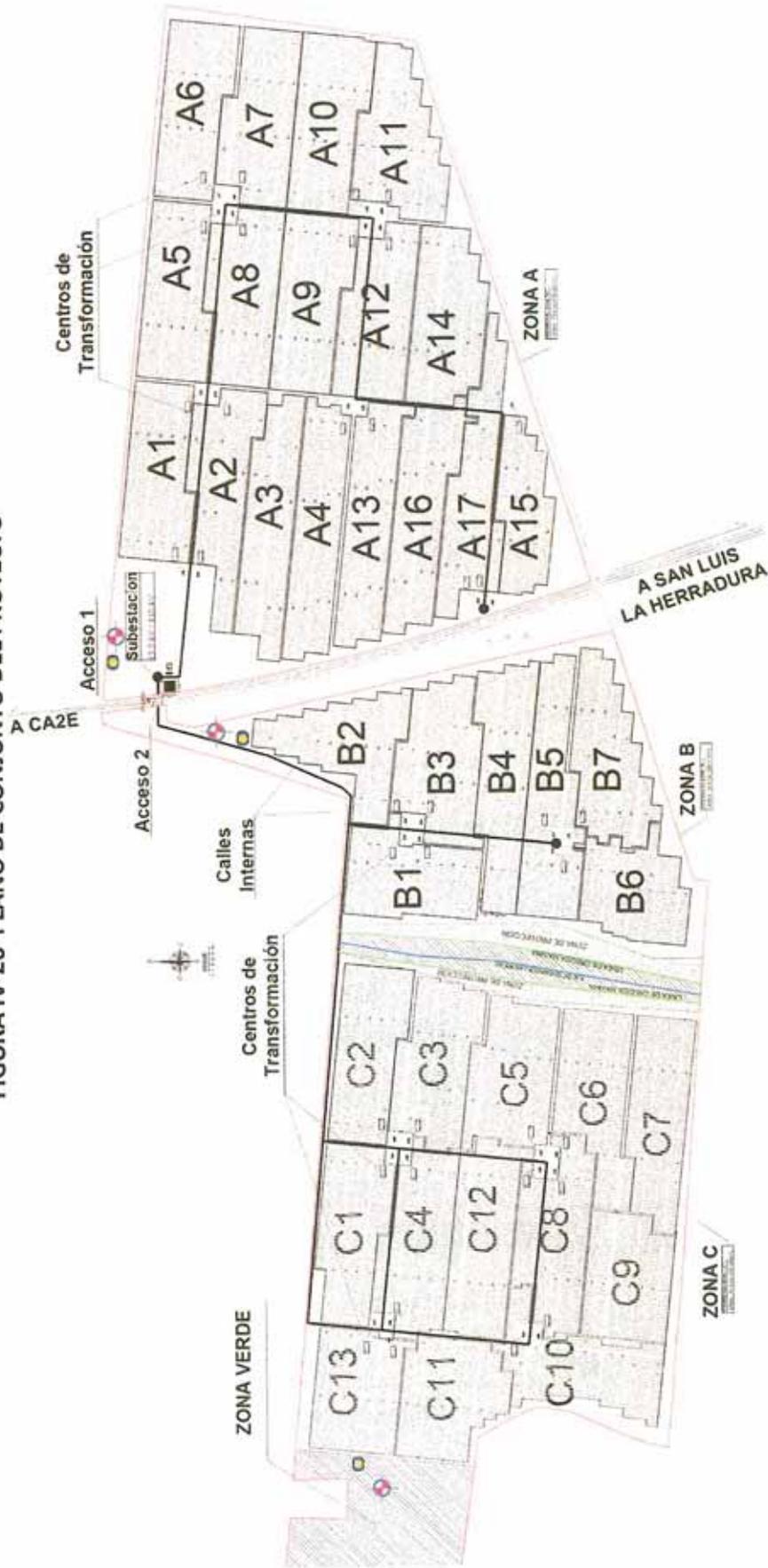
FIGURA IV-25 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE PLANTA FOTOVOLTAICA PROVIDENCIA SOLAR 1



Fuente: Eco Ingenieros

En la siguiente figura se muestra con diferentes colores, los distintos componentes del proyecto. Para mayor detalle remitirse al "Plano 3: Plano de Conjunto del Proyecto".

FIGURA IV-26 PLANO DE CONJUNTO DEL PROYECTO



Fuente: Planos del Proyecto "Providencia Solar 1"

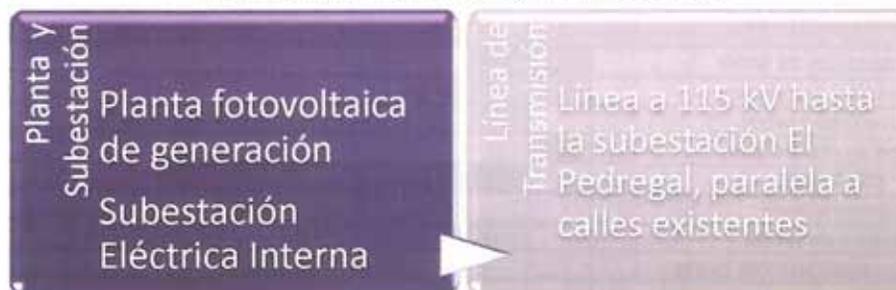
#### IV.5.12 Descripción operacional

La planta entregará energía los 365 días del año, durante el día, es decir cuando haya irradiación solar.

#### IV.5.13 Alcance del proyecto

El proyecto global incluye los siguientes elementos:

**FIGURA IV-27 ELEMENTOS DEL PROYECTO**



Fuente: Eco Ingenieros

En el presente Estudio de Impacto Ambiental incluye únicamente la evaluación ambiental del parque fotovoltaico de generación con su subestación eléctrica dentro del mismo terreno. La línea de transmisión a 115 kV comprenderá un proceso independiente.

Las actividades a realizarse dentro del terreno incluyen:

1. Generación de energía: Paneles fotovoltaicos.
2. Transformación de energía: Inversores + Centros de Transformación.
3. Elevación de Tensión: Subestación eléctrica.
4. Vigilancia y control: De las operaciones del sistema.
5. Actividades de mantenimiento: Dentro de las instalaciones, así como de poda.

#### IV.5.14 Etapas del proyecto y cronograma

El proyecto tiene su puesta en marcha prevista el 1 de octubre del 2016. Su desarrollo se contempla en dos fases principales: construcción y funcionamiento u operación.

##### Las Actividades Previas A La Construcción Comprenden:

- Evaluación del Impacto Ambiental y la solicitud de permisos para la planta.
- Licencias y autorizaciones.
- Estudio completo de interconexión y licencia.
- Negociación de contratos.
- Financiamiento de deuda y accionario.

Las Actividades Previas de Construcción Comprenden:

La etapa de construcción tomará un estimado de doce meses, y se divide en preparación de sitio y la construcción propiamente dicha; en esta última se realizará la obra civil, montaje eléctrico y mecánico y la puesta en marcha. Basándose en la experiencia de Neoen es una cantidad de tiempo suficiente para entregar el equipo, erigir, poner en marcha y probar la planta de energía.

En la siguiente tabla se presenta el programa de ejecución del proyecto:

**TABLA IV-14 PROGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO**

ETAPA / ACTIVIDAD	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>PREPARACIÓN DE SITIO</b>												
Limpieza y descapote												
Cercado perimetral												
Plantel de construcción												
<b>OBRA CIVIL</b>												
Cimentaciones												
Zanjas para cables												
Relleno y compactación de zanjas												
Servicios auxiliares												
Montaje seguidores												
Edificios administración y control												
<b>MONTAJE ELÉCTRICO Y MECÁNICO</b>												
Cableado												
Cajas												
Conexión inversores, transformadores y switchgear												
Instalación de módulos												
Instalación sistema de seguridad												
<b>PUESTA EN MARCHA</b>												
Conexión, prueba e interconexión												

Fuente: Eco Ingenieros

Sírvanse encontrar a continuación un resumen del cronograma del proyecto, con las actividades claves a desarrollar y las fechas previstas para su concreción:

**TABLA IV-15 RESUMEN DE CRONOGRAMA DEL PROYECTO**

EVENTO	FECHA
Firma del Contrato	16-julio-2014
Cierre Financiero	A más tardar el 05-agosto-2015
Principio de la Construcción	A más tardar el 01-septiembre-2015
Fin de Construcción	A más tardar el 31-agosto-2016
COD	A más tardar el 30-septiembre-2016

Fuente: Estudio de Factibilidad "Providencia Solar 1"

#### **IV.6 ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS**

A la fecha de elaboración del presente estudio de impacto ambiental, se han elaborado los siguientes estudios técnicos:

1. Estudio Topográfico del terreno, (Ver "Plano 2").
2. Estudio Biológico, (Ver Capítulo V.2).
3. Estudio Hidrológico e Hidráulico, (Ver "Anexo Técnico 4").
4. Estudio de Geotécnico (Ver "Anexo Técnico 5")
5. Implantación del proyecto dentro del terreno, (Ver "Plano 3").
6. Estudio Socioeconómico y de Participación Ciudadana, (Ver "Anexo Técnico 6").

#### **IV.7 ACTIVIDADES DE PREPARACIÓN DE SITIO**

La preparación del sitio consiste en la limpieza del terreno previo a la colocación de las instalaciones provisionales de obra, se realizará el despeje y desbroce de todo el emplazamiento, de hierbas y rastrojos, con retirada de una capa de tierra vegetal de hasta 15 centímetros y en el movimiento de tierras para aplanado del terreno hasta el nivel mínimo indicado por el fabricante del seguidor solar finalmente empleado.

La tierra vegetal se amontonará en la parcela, para su posterior extendido una vez acabados los trabajos, incluso para la nivelación de la misma. Se empleará la maquinaria requerida para la obra civil: retroexcavadoras, trascabos, camiones de volteo, motoconformadora y compactadoras.

Se procederá al marcado topográfico del terreno para señalar la ubicación de las estructuras soporte, de los principales equipos, de caminos, casetas, etc.

Se incluye en esta etapa el suministro de la infraestructura provisional (energía eléctrica, agua, drenajes, casetas de obra, etc.), para la recepción, almacenamiento, protección, conservación y custodia de todos los equipos y materiales de consumo o instalación permanente.

##### ***IV.7.1 Descapote y Limpieza del Terreno***

Es necesario limpiar un área de aproximadamente 479,950.77 m<sup>2</sup> previo a la realización de cualquier obra que implique movimientos de tierra (excavación o relleno), las superficies del terreno donde se vayan a realizar estas obras, serán limpiadas de piedra gruesa, detritos, rastrojos, así como de vegetación, hierbas, pastos, se retirarán muy pocos árboles ya que actualmente el terreno lo comprende en su mayor parte pastizales y cultivos. Dadas las características del terreno la mayor parte de éstos se encuentran localizados en los linderos, esto se detalla en el "Plano 2A: Plano de Levantamiento de Árboles".

Para eliminar cualquier rastrojo, se retirará una capa de tierra vegetal de hasta un máximo de 15 centímetros. Los materiales retirados serán seleccionados para que puedan ser reutilizados en los terraplenes que hubiese y serán transportados directamente, siempre que sea posible, del local de la excavación para el local de su utilización más cercano.

#### IV.7.2 Movimiento de Tierras

Los movimientos de tierras necesarios, serán mínimos, dándose principalmente en los trabajos de la ejecución de los caminos, en zonas donde no es posible la adaptación de la estructura de soporte de los módulos debido a la inclinación del terreno, ejecución de drenajes superficiales, construcción de edificios, o en otras zonas puntuales.

Las cotas y los perfiles de excavación estarán sujetos a las correcciones, por imposición de las condiciones geológicas encontradas durante la ejecución de los trabajos.

Para todas las actividades que impliquen movimientos de tierra se deberán cumplir las siguientes medidas de seguridad:

- Comprobar la estabilidad de los taludes antes de la realización de cualquier trabajo.
- Uso de rampa para acceso de maquinaria al fondo de las excavaciones.
- Instalación de escalera de acceso en tierra para uso de personal.
- Colocación de malla plástica reticular para señalización de borde superior de excavaciones.
- Colocación de topes para camión.
- Todo el material extraído se deberá colocar en zonas debidamente señalizadas para su retiro inmediato y traslado al sitio de disposición final o a la zona dentro del mismo terreno donde podrá ser usado para rellenos.

#### FOTOGRAFÍA IV-20 EJEMPLO DE OBRAS DE PREPARACIÓN DE SITIO A LLEVAR A CABO



Fuente: <http://dexcava.com/>

#### *IV.7.2.1 Excavaciones*

Las posibles excavaciones se desarrollarán siempre asegurando evacuación superficial de las aguas. Se podrá determinar la construcción provisional de drenajes o zanjas de drenaje para que intercepten o desvíen las aguas superficiales que puedan perjudicar la seguridad o secuencia del trabajo.

Siempre que se empleen medios mecánicos de excavación y extracción de las tierras, esta se llevará a cabo con el máximo cuidado antes de alcanzarse la posición prevista para el fondo y para las superficies laterales, a modo de evitar el removido del terreno por las zarpas de las máquinas.

#### *IV.7.2.2 Compactaciones*

La capa de apoyo de las fundaciones de los edificios o casetas prefabricadas, también debe ser bien nivelada y compactada antes de su instalación. La compactación relativa de suelos en los terraplenes, referida al ensayo de compactación proctor modificado, debe ser por lo menos, 95% en toda el área y espesor de la capa.

#### *IV.7.3 Instalaciones Provisionales de Apoyo “Plantel de Construcción”*

Todas las instalaciones provisionales de obra consistirán en casetas prefabricadas y contarán con acometida eléctrica, agua potable y de todos los elementos previstos. Así mismo tendrán sus respectivas instalaciones eléctricas protegidas contra contactos eléctricos y cortocircuitos y sobre-intensidades, mediante los correspondientes interruptores, diferenciales y disparos electromagnéticos.

Durante esta etapa se instalarán carteles informativos de primeros auxilios, señalización de las zonas de interés, así como ubicación de botiquines conteniendo los elementos y productos farmacéuticos reglamentarios y los elementos para la extinción de incendios.

También se alquilarán baños portátiles durante la etapa desde esta etapa y hasta la etapa construcción, 1 por cada 15 empleados, se estima que el personal contratado alcanzará su pico hasta iniciadas las obras de construcción, las cuales se explican en el siguiente apartado, en determinado momento se tendrían alrededor 300 empleados. La ubicación se seleccionará cuidadosamente distribuyéndolos de acuerdo a zonas de trabajo, para evitar cualquier interferencia que pudiese causar durante la ejecución de los trabajos.

En la siguiente figura se presenta un detalle de las posibles instalaciones provisionales. Aunque en los sitios de trabajos se tendrán espacios de almacenamiento temporal por áreas de los elementos de los paneles.