

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA



**“EVALUACIÓN FINANCIERA PARA PROYECTO DE INVERSIÓN DE
GENERACIÓN Y VENTA DE ENERGÍA LIMPIA, MEDIANTE SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS EN EL SALVADOR”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:
LCDO. JUAN ORLANDO HENRÍQUEZ VÁSQUEZ
LCDA. IRIS MARICELA LINARES GERMÁN
PARA OPTAR AL GRADO DE
MAESTRO/A EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA

NOVIEMBRE, 2022

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR : MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO
SECRETARIO GENERAL : INGENIERO FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

DECANO : MAESTRO NIXON ROGELIO HERNÁNDEZ VÁSQUEZ
VICEDECANO : MAESTRO MARIO WILFREDO Crespín ELÍAS
SECRETARIA : LICENCIADA VILMA MARISOL MEJÍA TRUJILLO
ADMINISTRADOR ACADÉMICO : LICENCIADO EDGAR ANTONIO MEDRANO MELÉNDEZ
TRIBUNAL EXAMINADOR : MAESTRO JUAN VICENTE ALVARADO RODRÍGUEZ
: MAESTRO JHONNY FRANCISCO MERCADO CARRILLO
: MAESTRO EFRAIN ANTONIO RIVAS GARCIA

NOVIEMBRE, 2022

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, CENTROAMÉRICA

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO.....	I
INTRODUCCIÓN	II
CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	7
1.3 PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	7
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	7
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.6 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	10
2.1 CONCEPTOS Y TIPOS DE ENERGÍAS LIMPIAS UTILIZADAS	10
2.1.1 <i>Conceptos</i>	10
2.1.2 <i>Tipos de energías renovables</i>	10
2.1.3 <i>Importancia del uso de energía limpias</i>	12
2.2 CONTEXTO INTERNACIONAL	12
2.2.1 <i>Visión internacional</i>	12
2.3 CONTEXTO NACIONAL.....	13
2.3.1 <i>Contexto Nacional</i>	13

2.3.2	<i>Regulación nacional</i>	14
2.3.3	<i>Matriz energética de El Salvador</i>	18
2.3.4	<i>Abastecimiento, producción y consumo de energía</i>	20
2.3.5	<i>Oferta y consumo de energía eléctrica</i>	20
2.4	AVANCES O EVOLUCIÓN DE LOS PROYECTOS DE ENERGÍAS LIMPIAS EN EL SALVADOR.....	23
2.4.1	<i>Proyectos de energía solar en funcionamiento en El Salvador</i>	23
2.5	PROYECTOS FOTOVOLTAICOS EN EL SALVADOR - EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA	24
2.5.1	<i>Etapa preoperativa o de preinversión</i>	24
2.5.2	<i>Inversión inicial, oferta técnica y económica</i>	24
2.5.3	<i>Evaluación financiera de los proyectos fotovoltaicos</i>	27
2.5.3.1	Generación de ingresos: Cantidad de MWh generados y determinación de precios: PEN y Spot.	27
2.5.3.2	Determinación de costos y gastos asociados al proyecto: O&M, fee o membresías, costos de personal y otros.	29
2.5.3.3	Índices de desempeño de los proyectos en el horizonte de tiempo.	30
2.5.3.4	Oportunidad de financiamiento.	32
2.5.3.5	Incentivos fiscales.	32
2.5.4	<i>Evaluación de riesgo</i>	33
2.5.4.1	Análisis de sensibilidad.	33
2.5.4.2	Simulación financiera.....	34
	CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	35
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	35

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.	36
3.2.1 Población	36
3.2.3 Unidades de análisis.....	36
3.3 TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	36
3.3.1 Técnica.....	36
3.3.2 Instrumento.....	37
3.3.3 Procedimientos.....	38
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	39
4.1 ANÁLISIS DE DATOS	39
4.1.1 Resultados del análisis para el modelo de evaluación financiera de un SFV	58
4.2 COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS.....	61
4.3 CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS	61
4.4 OPORTUNIDAD DE INVESTIGACIONES FUTURAS.....	62
4.5 CASO PRÁCTICO	63
4.5.1 Permisos y tramites en las diferentes instituciones.....	63
4.5.2 Inversión inicial.....	71
4.5.3 Estructura de financiamiento.....	72
4.5.4 Costo de capital.....	72
4.5.5 Horizonte de inversión.....	74
4.5.6 Flujos de efectivo.....	74
4.5.7 Indicadores del proyecto	79
4.5.8 Análisis de sensibilidad.....	80

4.5.9 Punto de equilibrio de efectivo.....	81
--	----

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....83

5.1 CONCLUSIONES.....	83
-----------------------	----

5.2 RECOMENDACIONES.....	84
--------------------------	----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS85

ANEXOS.....88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Institucionalidad del sector de electricidad.....	16
Figura 2	Matriz de generación en El Salvador.....	19
Figura 3	Generación mensual de energía por tipo de recurso	20
Figura 4	Inyección a la red nacional por tipo de recurso	21
Figura 5	Evolución de los precios promedios de energía eléctrica	22
Figura 6	Mapa de radiación solar de El Salvador	28
Figura 7	Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 1	40
Figura 8	Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 2	41
Figura 9	Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 3	42
Figura 10	Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 4	43
Figura 11	Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 5	44
Figura 12	Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 6	45

Figura 13	Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 7	46
Figura 14	Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 8	47
Figura 15	Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 9	48
Figura 16	Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 10	49
Figura 17	Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 11	50
Figura 18	Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 12	51
Figura 19	Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 13	52
Figura 20	Nube de palabras.....	53
Figura 21	Mapa de conglomerado – relación de palabras.....	54
Figura 22	Codificación y conteo de palabras – NVIVO.....	55
Figura 23	Flujo de caja proyectado – Años 1 al 10.....	78
Figura 24	Flujo de caja proyectado –Años de 11 al 20	79
Figura 25	Resultados del análisis de escenarios	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Impacto socioeconómico de las energías limpias.....	13
Tabla 2	Componentes de la inversión inicial	71
Tabla 3	Generación mensual y anual de energía.....	75
Tabla 4	Precio promedio PEN	76

Tabla 5	Erogaciones del proyecto	77
Tabla 6	Indicadores del proyecto.....	80
Tabla 7	Análisis de punto de equilibrio de efectivo para el año 1	82

RESUMEN EJECUTIVO

Las decisiones de inversión conllevan un proceso de evaluación, desde la prefactibilidad hasta la factibilidad; con la finalidad de determinar si los proyectos en los cuales se tiene alternativa para destinar fondos cuentan con condiciones para desarrollarse y si tendrán un nivel de rentabilidad superior al mínimo requerido por los inversionistas y con ello incrementar el valor de su patrimonio.

La investigación realizada aborda un modelo de evaluación financiera para proyectos de inversión de generación y venta de energía limpia, mediante sistemas fotovoltaicos, tomando como punto de partida un análisis de la situación actual del mercado energético del país, con énfasis en las plantas de generación de energía eléctrica solares.

Partiendo desde la inversión inicial y sus componentes necesarios para poder llevar a cabo la instalación de un sistema fotovoltaico, la determinación de los flujos de efectivo y variables críticas que impactan a los indicadores de evaluación como en Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Período de Recuperación (PR).

Este estudio considera, además, una evaluación sobre los aspectos técnicos y legales que impactan a los proyectos de energía renovables, destacando el apartado de la obtención de permisos y las condiciones del marco regulatorio para los sistemas fotovoltaicos, con los cuales se determina que hay una base favorable para realizar la evaluación de la factibilidad financiera de una planta solar.

Adicional, el análisis de riesgo efectuado sobre los resultados permitió identificar los principales propulsores del flujo de caja y visualizar cuales variables son las que requieren un mayor nivel de supervisión a efectos de mantener la rentabilidad esperada del proyecto.

INTRODUCCIÓN

El documento consta de cinco capítulos, abordando en el primero el planteamiento del problema, para el que se explican los antecedentes identificados para el modelo de evaluación financiera, objetivos y preguntas a cubrir y darle respuesta en la investigación, además de la justificación para llevarla a cabo.

Siguiendo con el esquema capitular, el segundo apartado comprende el marco teórico donde se amplían conceptos relacionados con los proyectos de energía solar y su situación actual, tanto a nivel internacional como en el ámbito local y su evolución en el país en los años recientes. Adicional, se describe de qué manera se afronta un sistema fotovoltaico a nivel contemplativo.

La metodología utilizada para realizar la investigación se cubre en el tercer capítulo e incluye la población y muestra sujeto de estudio, así como las técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.

Con lo anterior, en el cuarto capítulo se desarrolló el análisis de datos obtenidos de la recolección, la comprobación de la hipótesis y un caso práctico que parte desde la etapa de preinversión hasta la evaluación financiera, con la obtención de indicadores de proyecto y análisis de riesgos.

Finalmente, las conclusiones y recomendaciones obtenidas de la investigación se plantean en el último capítulo, con el que se cierra el documento y se establecen los hallazgos fundamentales de la investigación.

CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

Se conocen como energías limpias o energías verdes a aquellas que no producen residuos, ni emiten gases dañinos durante su proceso de obtención o producción, por lo tanto, generan un mínimo o nulo impacto ecológico en el medio ambiente, también se les denomina energías ecológicas o eco amigables. (IRENA – International Renewable Energy Agency, 2022)

Las energías renovables son las que no agotan su materia prima o que lo hacen de forma lenta y por lo tanto el medio ambiente puede recuperarse o reponer esos recursos; no todas las energías limpias provienen de fuentes renovables. Las energías limpias más utilizadas provienen de los cuatro elementos principales de la naturaleza: el aire (energía eólica), el agua (energía hidroeléctrica), el fuego (el sol, energía solar), y la tierra (energía geotérmica).

La energía solar fotovoltaica, es una energía renovable debido a que proviene directamente de la radiación solar captada mediante células que integran los paneles solares fotovoltaicos y se considera limpia debido a que no contaminan y reducen drásticamente los impactos ambientales.

De acuerdo a las estadísticas publicadas por la Agencia Internacional de Energía Renovable con sede en Masdar Emiratos Árabes Unidos; al cierre del año 2020, la capacidad de generación de energía renovable ascendió a 2,799 Giga watts potencia instalado (GWp), siendo la energía hidroeléctrica la que se utiliza en la mayor parte del mundo y representa el 43%, con una capacidad de 1,211GWp, seguida de la energía eólica (26%) y solar (23%) con 733 GWp y 714 GWp, respectivamente; el resto corresponde a otras energías renovables (5%). (International Renewable Energy Agency, 2021a). Para propósitos de información, 1 GW es igual a 1 millón de kilowatts.

De acuerdo a los estudios realizados por la CEPAL, en su publicación “Desarrollo de indicadores de pobreza energética en América Latina y el Caribe” de fecha septiembre de 2021 hace referencia a que la región es rica en recursos naturales renovables y no renovables, tiene un enorme potencial para el desarrollo de proyectos de inversión de energías renovables (Calvo et al., 2021). Como resultado de lo anterior se puede notar los avances que se han tenido en la implementación y desarrollo de este tipo de proyectos. En 2020, a pesar de la crisis generada por la pandemia, las energías renovables se posicionaron como uno de los sectores con mayor monto de inversión extranjera directa en América Latina y El Caribe representando un 26% del monto total de la inversión, destacando en el mapa mundial de inversión de energías renovables con una participación del 17%, para el 2021 y 2022 se espera que sea del 33% del total de proyectos a nivel mundial, principalmente por el anuncio de un proyecto importante en Brasil con una inversión de USD 5,400 millones por parte de una compañía Australiana (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2021).

La generación de electricidad para América Latina y el Caribe provienen de fuentes renovables en 58% y se compone de un 77% de electricidad de las centrales hidroeléctricas, la generación eólica y solar suman 13%, 9% de biomasas, y 1% geotérmica. Según los datos publicados por la Organización Latinoamericana de Energía, al 2019 en conjunto todas aportan un crecimiento de 13% a la matriz eléctrica de la región. La energía solar ha presentado un crecimiento notable en la última década con 83% en promedio de forma anual. A pesar de lo anterior, el porcentaje en la generación de energía solar y su aporte a la matriz energética es bajo, por lo que se puede decir que los sistemas fotovoltaicos han dado sus primeros pasos, pero no han alcanzado un desarrollo significativo, principalmente los proyectos para el sector industrial y comercial, esto es otro indicativo del potencial para la inversión y la posibilidad de reducir costos por el consumo de energía eléctrica.

En El Salvador, la cobertura nacional ha logrado un 97% al cierre de año 2019 el cual representa 1,004.0 MW (1 MW equivale a 1000 kilowatt o kilovatios) de demanda máxima, la cual se ha visto incrementada, con perspectivas a un mayor requerimiento de energía del país para los siguientes años (CEPAL 2021). Es importante destacar que en el mercado eléctrico salvadoreño consta de 4 agentes que son: generadores, transmisores, distribuidores y comercializadores. Los primeros son los que generan la energía eléctrica mediante plantas hidroeléctricas, biomasa, geotérmica, eólica, solar y térmica. Esta última es la que representa un mayor riesgo para el desarrollo sostenible y tiene un alto porcentaje de participación del total de la energía que se inyecta a la red nacional, por lo tanto, la generación de energía mediante fuentes limpias representa una alternativa para cumplir con los compromisos con el medio de ambiente a largo plazo, respetando los derechos humanos.

Los demás agentes que participan en el suministro de energía son: transmisores, que transportan la energía a través de las líneas de transmisión de alta tensión desde los generadores hasta las distribuidoras, que son las que llevan la energía por líneas de baja tensión hasta los consumidores finales. En el caso de los comercializadores, se encargan de comprar y vender energía a diferentes generadores o importación desde otros países y aprovechar los precios horarios para obtener una ganancia.

La capacidad instalada total en El Salvador alcanzó 2.2 GWp (incluida la generación no conectada a la red). En los últimos cinco años, la tasa de crecimiento anual promedio de la capacidad instalada total ha sido de alrededor del 6 %; la energía térmica convencional se situó en el 35.7 %, seguida de la hidroeléctrica (26.9%), de biomasa (14.9 %), solar fotovoltaica (12.9 %) y geotérmica (9.6 %). Desde 2015, la capacidad de energía solar fotovoltaica se ha multiplicado casi por diez veces, alcanzando los 273 MW en 2019 (IRENA, 2020) y se espera que esta aumente en los próximos años,

debido a que ya se conocen varios proyectos en funcionamiento en el país y otros con potencial para desarrollarse, lo anterior apoyado con la regulación del país que abre un espacio de oportunidad de inversión en este sector, así como también los planes de financiamiento que ofrecen las diferentes instituciones bancarias.

Para poner en funcionamiento los sistemas fotovoltaicos, es necesario pasar por varias fases, desde el estudio del proyecto y análisis de viabilidad técnica y financiera que permitan tener claro la oportunidad de inversión y las fuentes de fondeo necesarias para poder emprender una planta de esta naturaleza.

La ubicación del proyecto forma una parte importante dentro del análisis para verificar la disponibilidad del recurso de irradiancia solar en la zona. Cuando ya se tiene definida la ubicación es necesario poner atención al diseño técnico y obtener los permisos necesarios tanto de las instituciones que regulan el sistema energético, de las municipalidades y otros entes reguladores y así iniciar la construcción y posteriormente la operación (Secretaría General del Sistema de la Integración Centroamericana (SG-SICA), 2014).

Estas inversiones, en términos monetarios, requiere de montos significativos, por lo que todo interesado en invertir, sea persona natural o jurídica, debe tener claridad de lo que implica emprender en sistemas fotovoltaicos y tener la expectativa por el retorno sobre su capital invertido, así como también poder atraer inversionistas para financiarlo o captar fuentes de fondeo para el proyecto. El mayor atractivo es la garantía de obtener rentabilidad, asegurándose de contar con la adquisición del equipo adecuado y de calidad, la viabilidad técnica y financiera que pueda adaptarse a las condiciones en las que se desarrolle un proyecto de acuerdo con su ubicación y otras variables que influyan en la

capacidad de generar rendimiento, y para ello se requeriría contar con una herramienta de decisión de inversión.

En el análisis de viabilidad del proyecto y determinar la rentabilidad se debe tomar en cuenta la capacidad de generación de energía y flujos de efectivo; también se deben realizar proyecciones financieras, con base en las variables que puedan incidir en el flujo de caja del proyecto, sus fuentes de financiamiento ya sea con aporte de los inversionistas o por medio de financiación de terceros. Considerar, además, si habrá contratos de compra de esa energía, cuyo precio puede estar sujeto a variabilidades en función de los costos de producción de la energía o en función de la volatilidad del mercado regulador del sistema si se hace venta spot.

Los proyectos fotovoltaicos están sujetos a riesgos como lo que menciona el documento “Guía de buenas prácticas en Sistemas Fotovoltaicos” realizado por el SICA, que ha identificado 13 anomalías o deficiencias como resultado de la falta de información, conocimiento y la aplicación de un modelo deficiente, siendo estas: 1) Subutilización de las plantas instaladas. 2) Altos costos de inversión en la fase inicial. 3) Insatisfechas las necesidades inicialmente planteadas. 4) Proyectos no correctamente concebidos desde su evaluación. 5) Arranque de los proyectos con desfase de hasta un año. 6) Inversiones con bajas tasas de retorno. 7) Tecnologías de alto costo. 8) Debilidad de ONG acompañantes en la etapa de formulación de los proyectos. 9) Débil asistencia técnica financiera. 10) Falta de capacitación y manejo de la tecnología. 11) Falta de volúmenes de producción y mercados diversos para dar más rentabilidad a las inversiones. 12) La oferta tecnológica no se inserta adecuadamente dentro de un enfoque de cadena de valor. 13) Mala utilización de equipos. (SG-SICA, 2014)

Los costos de generación de energía renovable durante los últimos años han presentado una tendencia de disminución, principalmente por las tecnologías en constantes cambios, cadena de

suministros competitivos y nuevos proyectos ofreciendo mejores experiencias y servicios de calidad. “El costo promedio ponderado global de la energía solar fotovoltaica a escala de servicios públicos se redujo en un 85% entre 2010 y 2020, de USD 0.381/kWh a USD 0.057/kWh”(International Renewable Energy Agency, 2021b); por otra parte, también está relacionado a la disminución presentada en los costos de instalación, “el promedio ponderado global de los costos totales de instalación de la energía solar fotovoltaica disminuyó en un 81% entre 2010 y 2020, de USD 4,731/kWp en 2010 a solo USD 883/kWp en 2020”(International Renewable Energy Agency, 2021b). Lo anterior indica que existe un potencial de inversión y de obtener rentabilidades positivas, además de una posibilidad de reducir los costos de consumo de energía eléctrica para las empresas o viviendas particulares.

El precio medio regulado de la energía fotovoltaica en El Salvador al cierre del año 2020 fue de USD 203,50 por Mega Watts hora (MWh), generando ventas de 6,132.8 Giga Watts hora (GWh) y los ingresos por dichas ventas fueron de USD 1,112, 874 (CEPAL, 2021). Estos resultados fueron obtenidos debido a que antes de poner en funcionamiento un sistema fotovoltaico que va inyectar a la matriz energética del país, se firma un contrato de suministro conocido como PPA (Power Purchase Agreement por sus siglas en inglés), entre el dueño del proyecto y las distribuidoras de energía del país, lo que permite tener garantizado la venta de la energía y el precio de referencia. La capacidad de generación de los proyectos fotovoltaicos dependerá de la ubicación geográfica con base a mapa de calor o mapa solar consultado para la evaluación técnica y económica la que es realizada por especialistas en el área conocidos como EPC (Engineering, Procurement and Construction), a dichos proyectos se les estima una vida útil de 20 años. Por otra parte, existen diferentes incentivos que están regulados por la Ley de Incentivos Fiscales para el Fomento de las Energías Renovables, con el propósito de promover inversión interna y extranjera en proyectos de energías renovables.

Por los aspectos citados, la evaluación financiera será trascendental para evaluar el impacto del costo de instalación, negociación de los contratos PPA para el precio de compraventa de la energía o si se hará en el mercado spot, los costos de operación y el rendimiento a pagar por las fuentes de financiamiento, entre otros componentes de su flujo.

1.2 Definición del problema

Con base a las condiciones actuales mencionadas anteriormente, se plantea lo siguiente: ¿En qué medida un modelo de evaluación financiera de un proyecto de generación de electricidad mediante un sistema fotovoltaico, contribuiría a la toma de decisiones de inversión en este tipo de fuente de energía?

1.3 Preguntas de la investigación

1. ¿Qué factores han impedido la diversificación de la matriz energética a través del desarrollo de proyectos de generación de energía fotovoltaica?
2. ¿Cuáles son las variables de riesgo de un proyecto de energía solar y en qué magnitud afectarían la generación de flujos de efectivo?
3. ¿Cuáles son las condiciones técnicas y financieras que se deben considerar para poder desarrollar un modelo de evaluación financiera que permita tomar decisiones de inversión en proyectos de energía solar?

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un modelo de evaluación financiera para un proyecto de generación y venta de energía eléctrica a través de un sistema fotovoltaico, como una fuente de energía limpia en El Salvador.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Realizar un análisis de la matriz energética y el contexto en el que se desarrollan los proyectos de generación de energía fotovoltaica.

2. Determinar la situación actual de las variables críticas que están intrínsecos en los proyectos de generación eléctrica solar.

3. Desarrollar un modelo de evaluación financiera, que permita a los inversionistas tomar decisiones de inversión en proyectos de naturaleza solar.

1.5 Justificación de la investigación

Los proyectos fotovoltaicos están catalogados como fuentes de energía renovable ya que su materia prima es la irradiancia solar y el peso que tienen estos sobre el total de inyecciones a la red nacional es poco significativo, por lo que se les puede considerar como una oportunidad de inversión de largo plazo. Los inversionistas podrían destinar una parte de su capital al desarrollo de proyectos de esta naturaleza y para ello, una herramienta de evaluación financiera y análisis de riesgo les permitiría dimensionar la rentabilidad que se puede obtener de estos sistemas de generación de energía y cuáles serían los riesgos financieros a los que estarían expuestos.

En el país se cuenta con un Consejo Nacional de Energía, cuyo compromiso es adherirse a los acuerdos internacionales para una transición energética que permita garantizar un suministro energético sostenible, fortalecer la economía en general, dando prioridad a los proyectos de energía renovable para reducir su dependencia a los combustibles fósiles importados (Consejo Nacional de Energía, 2022a). De lo anterior se define que un modelo de evaluación como el que se desarrolló va a contribuir a tomar decisiones enfocadas a la inversión en proyectos solares.

Contar con una guía que contenga los aspectos relevantes a considerar en la formulación de un sistema fotovoltaico representaría un apoyo en las decisiones de inversión que se harían sobre la base

de un modelo robusto que incluya las variables de inversión, generación de flujos de efectivo, análisis de sensibilidad e indicadores de rentabilidad que brinden a los interesados el panorama necesario de las implicaciones financieras de la generación eléctrica solar.

1.6 Hipótesis de la investigación

Para el desarrollo del trabajo de investigación se estableció la siguiente hipótesis correlacional:

Hi: Un modelo de evaluación financiera permite simplificar el proceso de toma de decisiones de inversión en proyectos de generación de energía fotovoltaica.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Conceptos y tipos de energías limpias utilizadas

2.1.1 Conceptos

Las energías renovables o conocidas como energías verdes, se encuentran disponibles en la naturaleza y tienen la capacidad de volverse a generar continuamente, producir energías renovables significa utilizar los recursos como el sol, el viento, el agua y el calor de la tierra. Están destinadas para buscar las soluciones energéticas para el desarrollo económico y social y para preservar el planeta (IRENA, 2020) .

2.1.2 Tipos de energías renovables

En los últimos años las energías renovables han tomado mayor importancia y forma parte de las agendas y acuerdos internacionales para contribuir a minimizar el riesgo de cambio climático a nivel global. Existen distintos tipos de energías renovables, siendo las más utilizadas y las reconocidas las siguientes:

- **Energía Solar.**

La energía solar es la que se genera directamente del sol, aprovechando la radiación solar para convertirla en otro tipo de energía. Se puede generar de dos formas:

La energía solar fotovoltaica, es la que utiliza células o paneles solares que convierten la luz solar en electricidad, es la más reconocida y se considera que es una de las energías renovables con mayor crecimiento en los últimos años. La energía solar concentrada, utiliza espejos para concentrar los rayos solares. Estos rayos calientan el fluido, que crea vapor para impulsar una turbina y generar electricidad, se utiliza para generar electricidad en centrales eléctricas a gran escala (IRENA – International Renewable Energy Agency, 2022).

- **Energía eólica.**

Es la energía que se genera haciendo uso de la velocidad del viento, utilizando equipo especializado o aerogeneradores que son instalados en zonas altas y que cuenta con aerómetros y veletas que miden la velocidad del viento, las que analizan y mueven automáticamente la góndola y sus aspas en dirección del viento, lo que hace que giren estas y la turbina conectada a ellas. Eso cambia la energía cinética a energía rotacional, moviendo un eje que está conectado a un generador y, por lo tanto, produciendo energía eléctrica a través del electromagnetismo (CNE, 2022)

- **Energía Geotérmica.**

Es la energía que se genera por el calor del subsuelo de la tierra, se presenta de forma natural mediante fuentes termales o volcanes. El agua y/o el vapor transportan la energía geotérmica a la superficie de la tierra. La energía geotérmica puede utilizarse para fines de calefacción y refrigeración o aprovecharse para generar electricidad limpia (IRENA,2022.)

- **Energía hidroeléctrica.**

Es el tipo de energía más conocida y es la que se genera aprovechando el potencial que tiene el agua que fluye, para impulsar turbinas. Para producir este tipo de energía se utilizan las centrales hidroeléctricas, que pueden tener represas con grandes embalses que almacenan agua durante períodos cortos o largos para satisfacer la demanda máxima. Las instalaciones también se pueden dividir en presas más pequeñas para diferentes propósitos, como uso nocturno o diurno, almacenamiento estacional o plantas reversibles de bombeo, tanto para bombeo como para generación de electricidad. La energía hidroeléctrica sin presas ni embalses significa producir a una escala más pequeña, generalmente desde una instalación diseñada para operar en un río sin interferir en su flujo (IRENA, 2022)

- **Energía Biomasa.**

Se genera a partir de un conjunto de materiales de origen biológico para ser transformados en combustibles y carburantes o, directamente, para producir calor. Proviene básicamente de desechos industriales y urbanos, de cultivos energéticos y de productos, desechos y residuos biológicos de la agricultura, de la silvicultura o de las industrias relacionadas con estas (IRENA, 2022).

- **Energía Biogás.**

Es la energía que se produce a partir del proceso natural de descomponer desechos orgánicos como aguas residuales, estiércol, residuos de alimentos y residuos verdes que diluidos con agua en grandes contenedores de plásticos al no tener contacto con el oxígeno se descomponen en biogás, el cual puede utilizarse para la generación de energía térmica y eléctrica (IRENA, 2022).

2.1.3 Importancia del uso de energía limpias

Se considera importante el uso de energías renovables, ya que estas pueden ser capaces de revertir los efectos del cambio climático, sin causar daño al medio ambiente. Es decir que puede ser un beneficio para el medio ambiente, la economía y las personas, mejorando su calidad de vida. Dado que vienen de fuentes renovables, siempre estarán disponibles o se pueden encontrar en la naturaleza y es posible producir este tipo de energía en cualquier parte con la ayuda de los avances tecnológicos. La producción de energía renovable a gran escala es más rentable por que supone nuevas oportunidades de empleos para la población.

2.2 Contexto internacional

2.2.1 Visión internacional

Para el 2020 un 29% de la electricidad generada proviene de energía renovables y crecieron un 10%, teniendo una perspectiva de contribuir a un 32% del total de las necesidades de energía mundial.

Dentro de las 17 metas de desarrollo sostenible para transformar el mundo auspiciadas por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) se encuentra el acceso a energía limpia.

El impacto socioeconómico de este tipo de energías se puede medir de la siguiente manera:

Tabla 1

Impacto socioeconómico de las energías limpias

Componente	Impacto
Reducción de emisiones de carbono	70% menos que otras fuentes
Reducción en costos de energía	Energías renovables con costo competitivo
Creación de empleo	7 millones de empleos a nivel mundial entre directos e indirectos
Acceso a energía	100% de acceso a energía como reto
Mejora en seguridad energética	Reducción en 64% a la demanda de combustibles fósiles
Mayor ganancia económica	Retorno de \$3 a \$7 por cada dólar de inversión

Nota: Datos tomados de IRENA (2020).

De acuerdo con IRENA, el sol tiene un potencial de energía de 23,000 Terawatts al año (TWh/y), mientras que la segunda fuente que mayor cantidad pudiera generar es el carbón con 830 TWh/y, lo que evidencia una diferencia significativa de lo que se puede generar con la energía solar versus su seguidor más cercano y por ende las demás.

Actualmente, dentro de la estructura global de energía proveniente de fuentes renovables, la mayor parte corresponde a hidroeléctrica y la energía solar ha venido ganando terreno dentro de la de estas fuentes.

2.3 Contexto Nacional

2.3.1 Contexto Nacional

En el año 2010 se creó por parte del Consejo Nacional de Electricidad, la Política Energética Nacional 2010-2024, en donde se estableció la estrategia para afrontar los retos en materia de energía,

esta política ha sido el punto de partida por parte del CNE en el año 2019, en la revisión de los resultados obtenidos, dando paso a la nueva política Energética Nacional 2020- 2050. Se han tenido avances importantes, entre estos el funcionamiento del mercado eléctrico con una mayor participación del uso de recursos renovables para generar energía eléctrica, un mayor porcentaje de hogares con acceso al servicio eléctrico, una mejor focalización de los subsidios y un impulso considerable a temas de eficiencia energética en el país. Sin dejar de lado que siguen siendo desafíos importantes: la institucionalidad, marcos normativos, funcionamiento de mercados, eficiencia energética, cambio climático entre otros aspectos.

Uno de los retos del sector de energía es apoyar la recuperación económica postpandemia, suministrando energía limpia y asequible, incrementar el uso de recursos naturales que permitan la generación de empleos y nuevos modelos de negocios. La visión general de esta política es que para el año 2050 se utilicen tecnologías e infraestructura moderna y eficiente para la generación de energía y exista una participación ordenada de los todos los usuarios bajos lo lineamientos establecidos en la normativa que sean adecuadas y que se adapte a las necesidades del medio.

2.3.2 Regulación nacional

Consejo Nacional de Energía (CNE).

Es la autoridad rectora y normativa en materia de política energética, tiene como finalidad definir estrategias que promuevan el desarrollo eficiente del sector energético.

Superintendencia de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET).

Es el ente regulador del mercado de electricidad, es una institución autónoma de servicio público sin fines de lucro, fue creada por Decreto Legislativo No. 808 del 12 de septiembre de 1996 y tiene como objeto aplicar:

- a) Las leyes que rigen los sectores de Electricidad y de Telecomunicaciones en el país.
- b) Las normas contenidas en tratados internacionales sobre electricidad y telecomunicaciones vigentes en El Salvador.

Adicionalmente, se puede mencionar entre algunas de las atribuciones que tiene a su cargo la SIGET:

- a) Aplicar los tratados, leyes y reglamentos
- b) Aprobar tarifas pertinentes
- c) Dictar normas y estándares técnicos
- d) Dirimir conflictos entre operadores
- e) Informar sobre prácticas anticompetitivas
- f) Mantener relación con las autoridades de medio ambiente
- g) Establecer, mantener y fomentar relaciones de cooperación
- h) Informar a la Asamblea Legislativa las nuevas solicitudes de Concesión recibidas en la SIGET.

(Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), 2022)

La Superintendencia de Competencias (SC).

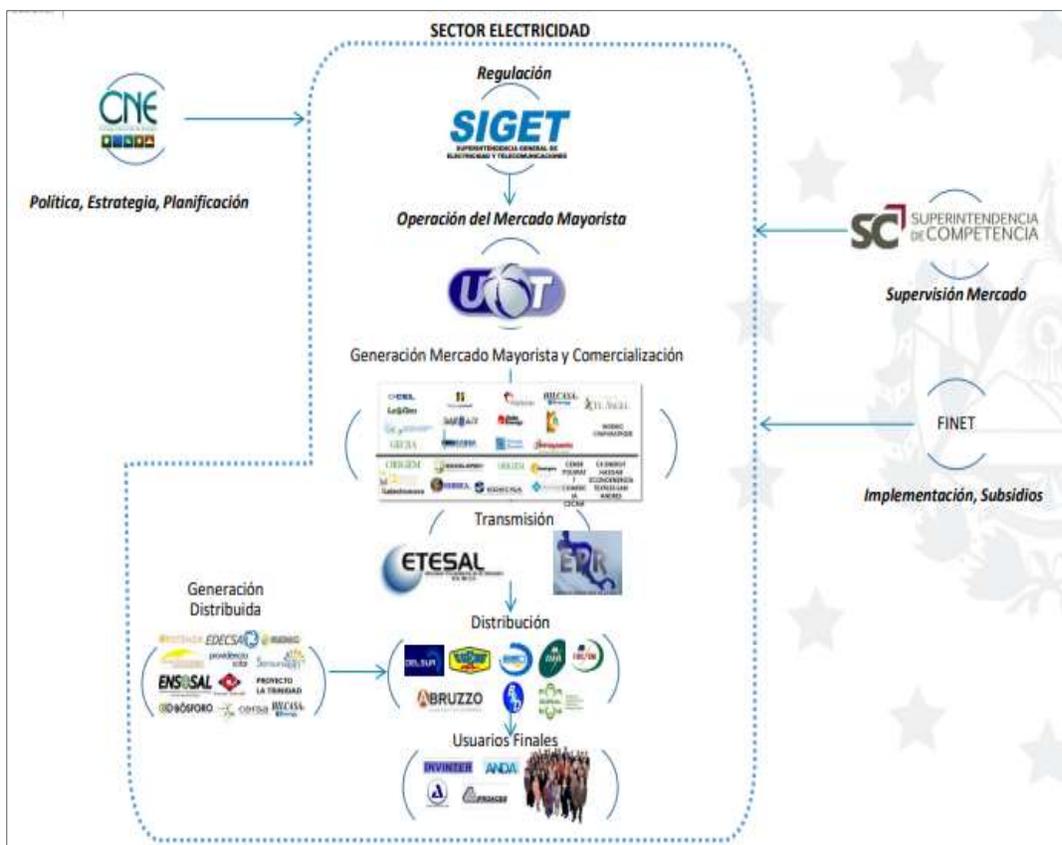
Es una institución pública autónoma, creada en el año 2004 mediante el Decreto N°528 que aprueba la Ley de Competencia. Tiene como finalidad promover y proteger la competencia para incrementar la eficiencia económica y el bienestar del consumidor. En el sector de electricidad su participación se da: (a) Investigaciones sobre prácticas anticompetitivas en el sector de distribución de energía eléctrica; (b) Actuaciones previas por posibles prácticas anticompetitivas en el mercado del gas licuado de petróleo y (c) Emisión de opiniones de procesos importantes como bases de licitaciones de energía eléctrica, emisión de opinión sobre normas que rigen el sector energía.

La Unidad de Transacciones (UT).

Es una entidad que opera como sociedad de capital, creada en 1996 por medio del Decreto N°843, el cual aprueba la Ley General de Electricidad. La UT es la entidad encargada de la administración del Mercado Mayorista de Electricidad con la función de operar el sistema de transmisión de energía eléctrica, mantener la seguridad del sistema eléctrico de potencia y asegurar la calidad mínima de los servicios. (Unidad de Transacciones, S.A. de C.V., 2022)

Figura 1

Institucionalidad del sector de electricidad



Nota: La figura muestra los entes reguladores, supervisores y participantes del sector de electricidad.

Fuente: SIGET 2021

El marco regulatorio está integrado por:

El 12 de septiembre de 1996, La Asamblea Legislativa, mediante Decreto Legislativo No. 808, aprobó La Ley de creación de la SIGET, es la misma ley que atribuye la potestad de formular proyecto de Reglamento y someterlo a consideración del presidente de la República para su aprobación, así como dictar la normativa necesaria para regular y aplicar lo establecido en la misma (SIGET, 2022).

La Ley General de Electricidad es la que se encarga de regular y aplicar las disposiciones contenidas en la misma, a todas aquellas entidades que desarrollen actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, ya sean de naturaleza pública, mixta o privada sean entidades autónomas o de cualquier régimen de constitución. La aplicación de esta Ley, va acompañada con lo establecido en el Reglamento de la Ley General de Electricidad (RLGE) cuyas últimas reformas fueron realizadas en enero de 2013 según Decreto Ejecutivo No.15, y del Reglamento Aplicable a las Actividades de Comercialización de Energía Eléctrica, este reglamento tiene por objeto desarrollar las normas para promover la competencia en materia de comercialización de energía eléctrica para favorecer el desarrollo de la industria eléctrica (SIGET, 2022).

Ley de Incentivos Fiscales para el Fomento de las Energías Renovables en la Generación de Electricidad y sus reformas, esta Ley entró en vigencia en el 20 de diciembre de 2007 mediante Decreto Legislativo 462, la cual tiene como objeto promover la realización de inversiones en proyectos a partir del uso de fuentes renovables de energía, mediante el aprovechamiento de los recursos hidráulico, geotérmico, biomasa, eólico y solar, para la generación de energía eléctrica, con el fin de contribuir a la protección del medio ambiente, entre otros. La Ley cuenta con su propio reglamento vigente a partir de marzo de 2009, tiene por objeto desarrollar las disposiciones pertinentes, así como establecer los procedimientos necesarios para la aplicación de la Ley (SIGET, 2022).

Entre las competencias de la SIGET establecida por Ley, es dictar normativas relacionadas a especificaciones técnicas para proyectos de fuentes renovables por lo tanto en 2012 se aprueba la “Normativa Técnica para Caracterizar los Proyectos que aprovechan las Fuentes Renovables en la Generación de Energía Eléctrica” en el cual se establece las especificaciones técnicas de caracterización de los proyectos que aprovechan las fuentes renovables en la generación de energía eléctrica, para gozar de los beneficios e incentivos fiscales.

Ley de Estabilidad Jurídica para las Inversiones, esta Ley fue creada en el 2014 con la finalidad de atraer y promover la Inversión Nacional y Extranjera a través de un marco legal que garantice la Seguridad Jurídica al Inversionista, será aplicada a personas naturales y jurídicas, nacionales o extranjeras que realice nuevos proyectos de inversión o que amplíen los que ya existen en el territorio nacional, que contribuyan a fortalecer la economía del país y que se encuentren en los incluidos en el sectores indicados como estratégicos, entre los cuales se menciona el sector de energía. La Ley cuenta con el Reglamento de la Ley de Estabilidad Jurídica para las Inversiones.

Ley de Medio Ambiente, tiene por objeto desarrollar las disposiciones de la Constitución de la República, que se refieren a la protección, conservación y recuperación del medio ambiente; el uso sostenible de los recursos naturales que permitan mejorar la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones; así también el Reglamento de la Ley del Medio Ambiente que facilita la aplicación de la Ley (SIGET, 2022).

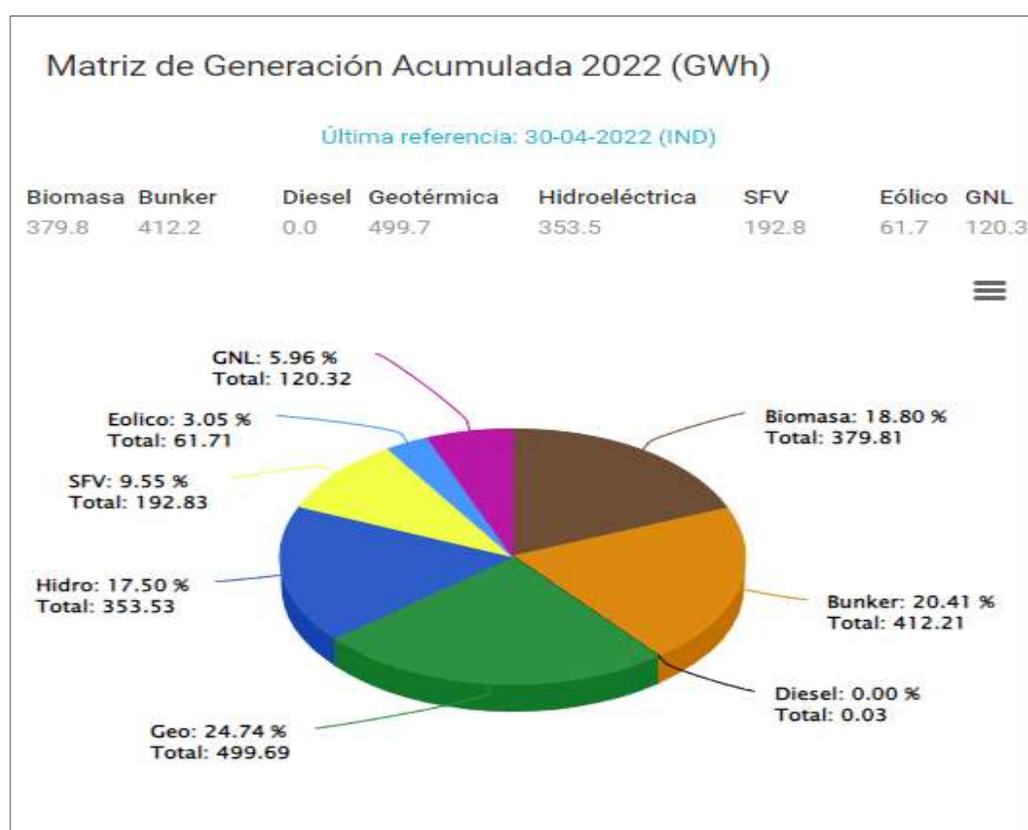
2.3.3 Matriz energética de El Salvador

En el Salvador la estructura de la matriz energética se encuentra notablemente diversificada, la generación de electricidad proviene de fuentes renovables y no renovables. A su vez cuenta con un alto potencial de recursos naturales renovables para la generación de electricidad, en los últimos años más

del 78% del consumo de recursos energéticos primarios son de fuentes renovables y el restante provienen de sustratos orgánicos (desechos sólidos y desperdicios animales); sin embargo, solo el 60% del total de recursos primario son utilizados para la producción de energía eléctrica, el resto es utilizado en la industria azucarera para producción de calor y energía eléctrica y para actividades de cocción o producción de carbón vegetal. (CNE, 2022-b).

Figura 2

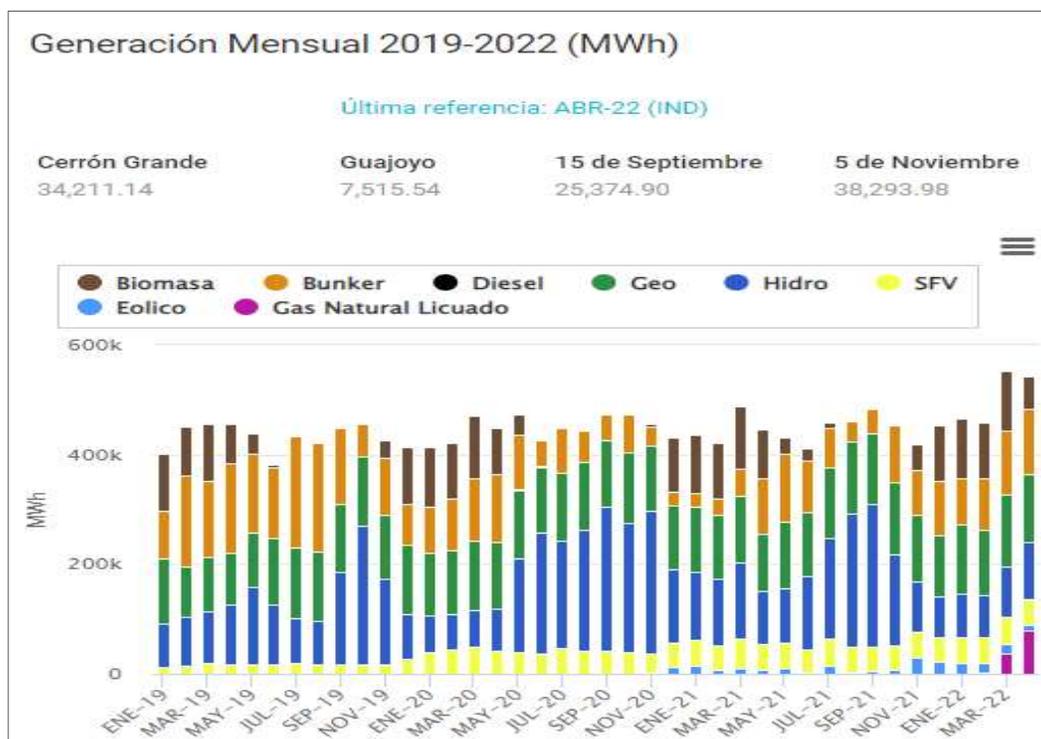
Matriz de generación en El Salvador



Nota: La figura muestra la generación acumulada por tipo de recurso con datos a abril 2022.
Fuente CNE

Figura 3

Generación mensual de energía por tipo de recurso



Nota: La figura muestra la generación mensual histórica desde 2019 a marzo 2022, por tipo de recurso. Fuente CNE.

2.3.4 Abastecimiento, producción y consumo de energía

Actualmente, el suministro de energía eléctrica a la red nacional sigue manteniendo la misma tendencia, según los datos publicados por el CNE la inyección por recursos renovables se encuentra en un 82%, mientras que solo el 17.92% provienen de fuente no renovables. (Ver figura 4)

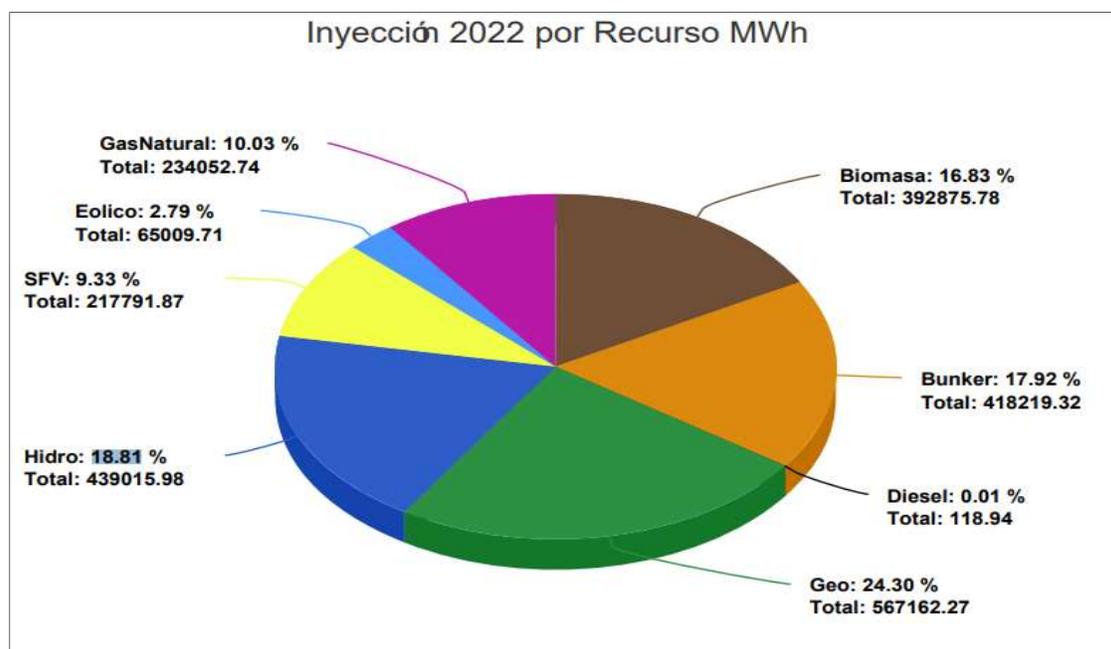
2.3.5 Oferta y consumo de energía eléctrica

El mercado eléctrico en El Salvador, está conformado por participantes del mercado mayoristas y participantes minoristas.

En el mercado mayorista participan diferentes operadores que se clasifican en generadores, transmisor, distribuidores, comercializadores y grandes usuarios finales de energía eléctrica.

Figura 4

Inyección a la red nacional por tipo de recurso



Nota: La figura muestra la inyección de energía eléctrica, por tipo de recurso. Fuente CNE.

Por el recurso energético utilizado y tecnología, los generadores son los siguientes: 5 ingenios azucareros que venden los excedentes al mercado y utilizan como combustible la biomasa (bagazo de caña). 9 generadores térmicos, que en su mayoría tiene diversas plantas con motores de combustión interna que utilizan bunker C y 2 turbinas a gas que utilizan diésel. Una sola empresa transportista de electricidad que se encarga de la expansión y mantenimiento al sistema de transmisión nacional. 8 generadores renovables que cuenta con diversas plantas de generación, con recurso hidroeléctrico, geotérmico, solar fotovoltaico y eólico. 2 grandes usuarios finales que hicieron transacciones en el mercado mayorista de electricidad 8 empresas que distribuyen la electricidad a los diferentes usuarios

finales del país. 29 comercializadores que participaron realizando transacciones de importación y exportación de electricidad con el Mercado Eléctrico Regional (MER).

El comportamiento que ha mantenido el precio en el Mercado Regulador del Sistema, desde el 2019 al 2020, es una tendencia a la baja, el precio promedio más alto en el período 2019 fue \$125.32 US\$/ MWh, mientras que en el período 2020 el precio promedio en el MRS osciló entre 89.95 y 54.31 US\$/MWh, esto se debió a la entrada en operación de plantas solares fotovoltaicas, mayor generación hidroeléctrica y precios del combustible. Sin embargo, en el período 2021 presentó una tendencia al alza cerrando diciembre 2021 con un precio de 120.86 US\$/MWh, manteniéndose para 2022, correlacionado con el comportamiento del precio del petróleo a nivel internacional.

Figura 5

Evolución de los precios promedios de energía eléctrica

Evolución de los precios

Mes	Promedio		Variaciones %			
	2021 \$/MWh	2022 \$/MWh	Mes	Anual	Acum.	Prom. anual
Ene	68.08	129.24	6.93	89.83	6.93	107.83
Feb	80.86	146.25	13.17	80.88	21.01	113.28
Mar	101.16	159.56	9.10	57.72	32.01	118.15
Abr	106.33					
May	116.25					
Jun	112.64					
Jul	106.43					
Ago	79.98					
Sep	82.83					
Oct	129.33					
Nov	128.09					
Dic	120.86					

Mensual:	Relación mes inmediato anterior
Anual:	Relación igual mes año anterior
Acumulada:	Relación respecto a diciembre año anterior
Promedio anual:	Relación últimos doce meses

Nota: La figura muestra el comportamiento de los precios promedios de electricidad en El Salvador.
Fuente: Unidad de Transacciones abril 2022.

2.4 Avances o evolución de los proyectos de energías limpias en El Salvador

2.4.1 Proyectos de energía solar en funcionamiento en El Salvador

Según los datos publicados en los Boletín Estadístico de Electricidad No.19 de la SIGET correspondiente a los datos del año 2017, es hasta este año que se ha diversificado la matriz energética de El Salvador incorporando la tecnología solar para la producción de energía eléctrica, con una inyección al cierre del período 2017 de 94.78 GWh en el mercado mayorista. Se trata de la Planta Fotovoltaica – Providencia Solar con 239,358 paneles solares FV con una capacidad instalada de 60 MW, ubicada en el departamento de La Paz, inició operaciones el 1 de abril de 2017, propiedad de la Empresa francesa NEOEN que resultó ganadora en una licitación, y por el bloque de 25 megavatios por el que se acordó un convenio de suministro con la distribuidora de electricidad Del Sur. En conjunto, Providencia Solar supuso una inversión de USD\$151 millones y recibió apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), aportó financiación por USD\$88 millones.

En el período 2018, la inyección de energía por tipo de recurso solar fotovoltaica presentó un incremento de 36.4% sin agregar productores al mercado mayorista (Superintendencia de Electricidad y Telecomunicaciones, 2019). En el 2019 se incorporan al mercado mayorista las plantas que generan energía solar fotovoltaica proyecto La Trinidad, Ltda. de C.V (La Trinidad y Márquez), Acajutla Energía Solar Ltda. de C.V.(Los remedios) y Capella Solar (Albireo I, Albireo II), En conjunta a la ya existente inyectaron a la red 216 GWh que representa un 68% de incremento de inyección respecto al año anterior (Superintendencia de Electricidad y Telecomunicaciones, 2020). En el año 2020 se incorpora también al mercado mayorista la planta Sonsonate Solar (Sonsonate Solar), al cierre de ese año las plantas solares aportaron 497.67GW. Al cierre del año 2021 según la información publicada por la UT las plantas fotovoltaicas que inyecta a la red son las misma que hemos mencionado anterior al cierre del

período 2021 las plantas solares fotovoltaicas han inyectado a red nacional de electricidad 563.2GWh representando el 10.48% en la matriz energética (Unidad de Transacciones, 2022).

2.5 Proyectos Fotovoltaicos en EL Salvador - Evaluación económica y financiera

2.5.1 Etapa preoperativa o de preinversión

Consiste en los análisis y actividades a realizarse previo a empezar la inversión del proyecto que permitan identificar que existen condiciones para llevar a cabo la instalación del SFV. Como mínimo deberá incluir el inicio de los trámites legales de la sociedad titular del proyecto, que generalmente sería una SPV (Vehículo de propósito especial, por sus siglas en inglés), luego, la realización de estudios de interconexión, de suelo o ubicación del proyecto, obtención de permisos de construcción, municipales, ambiental de ser requisito para el proyecto, entre otros.

2.5.2 Inversión inicial, oferta técnica y económica

Este es uno de los componentes necesarios para la evaluación financiera del proyecto y comprende las erogaciones o desembolsos que deben realizarse al inicio. En el caso de los sistemas fotovoltaicos comprende:

- **Terreno:** Cuando se realiza en piso, el terreno forma parte de la inversión a realizar, el cual deberá tener ciertas características que permitan aprovechar la irradiancia solar. Este elemento también puede ser arrendado, en cuyo caso se convertiría en parte del gasto operativo del proyecto y no como parte de los desembolsos al inicio de la ejecución. En el caso de los proyectos en techo, el terreno no es parte de la inversión.
- **Paneles solares:** son aparatos que capturan la irradiancia solar y la convierten en energía eléctrica. Estos están conformados por celdas fotovoltaicas protegidas por un marco de vidrio y

aluminio. La capacidad energética nominal se indica en Watts-pico (Wp) y estos determinan la potencia instalada del proyecto medida en MegaWatts potencia mediante la fórmula:

$$Potencia\ instalada\ del\ proyecto(MWp) = \frac{Potencia\ del\ panel\ (Wp) * número\ de\ paneles}{1000,000}$$

La cantidad de paneles dependerá de las dimensiones del terreno o techo en el cual se vayan a instalar y requiere una evaluación técnica del lugar que se realiza por parte del EPC o técnicos eléctricos. La vida útil es de 20 a 25 años según el proveedor y estos cuentan en su mayoría con garantía por parte que cubre hasta 20 años por desperfectos de fábrica. La potencia por unidad varía de acuerdo con las especificaciones y puede oscilar entre los 350Wp hasta los 600Wp cada uno.

Los paneles cuentan con un factor de eficiencia o performance ratio (PR), que es una medida del aprovechamiento de la capacidad nominal del equipo; se expresa como porcentaje y oscila entre porcentajes del 70% al 80%, siendo los del límite superior los que cuentan con una mayor eficiencia. Además, por la exposición a condiciones climáticas y desgaste por la antigüedad, estos cuentan con un factor de degradación o pérdida, que mide la reducción porcentual en la capacidad de generación de energía con el transcurso de los años (Chafoya Castro et al., 2021).

- **Inversores:** dispositivos que convierten la corriente directa o continua procedente de los paneles solares en corriente alterna. Estos cuentan con garantía del fabricante de hasta 5 años. Su potencia se mide Watts.
- **Estructura de soporte paneles solares:** Ya sea sobre suelo o piso, se requiere una estructura que soporte el peso de los paneles y les pueda dar la inclinación óptima para la recaudación de energía.

- **Medidores:** la función de estos será medir la cantidad de energía que se produce con el sistema fotovoltaico, será la base para los datos de facturación con la distribuidora y para supervisión de la eficiencia de la planta.
- **Sistema de monitoreo y control:** permitirá identificar equipo que no esté funcionando en las condiciones esperadas para que se puedan tomar acciones correctivas.
- **Subestación eléctrica:** instalación que establece los niveles de tensión adecuados para la transmisión y distribución de energía eléctrica.
- **Recloser o reconectador:** equipo de protección que mide la corriente y que puede detectar sobrecorrientes producto de fallas para interrumpirlas y reconectar automáticamente para reenergizar las líneas de conexión.
- **Línea de conexión a la red de distribución:** conectan el proyecto con la red propiedad de la distribuidora con la que se ha firmado el contrato PPA.
- **Permiso ambiental:** Para los proyectos en piso con potencia instalada de hasta 0.25MWp se consideran con impacto ambiental bajo, hasta 5MWp de impacto leve y a partir de esa potencia instalada en adelante se considera de alto impacto. Este debe obtenerse previo a la instalación del proyecto (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017).
- **Estudios eléctricos y de interconexión:** sirven para la planeación, diseño y operación de un sistema eléctrico. Este incluye estudios de carga, de corto circuito, protecciones y armónicas.

De los elementos mencionados de la inversión inicial, para los paneles solares, inversores, estructura de soporte y sistema de monitoreo se puede contratar a un EPC (Engineering, Procurement and Construction) que provea tanto de estos elementos como la instalación del proyecto en el lugar designado, cuya entrega sea “llave en mano”, es decir, listo para empezar a operar, de manera que este

EPC absorbe el riesgo de construcción e instalación. Este realizaría la oferta técnica de los componentes ya mencionados y la oferta económica se establecerá mediante el costo por KWp o MWp del proyecto.

2.5.3 Evaluación financiera de los proyectos fotovoltaicos

2.5.3.1 Generación de ingresos: Cantidad de MWh generados y determinación de precios:

PEN y Spot.

Cantidad de MWh.

Los paneles cuentan con una potencia nominal de fábrica, que multiplicada por la cantidad de módulos y dividido por 1000,000 dan como resultado la potencia instalada del SFV en MWp. Esta no se logra aprovechar en su totalidad por diferentes situaciones, teniendo un factor de eficiencia (PR) que determina su capacidad real de producción de energía cuando se multiplica por la potencia instalada.

Otro de los elementos que determina la cantidad de energía a generar es la irradiancia solar global (HSP, por sus siglas en inglés) que se define como “la energía solar recibida sobre una superficie horizontal, determinada mediante la integración de la irradiancia durante un período determinado, generalmente una hora”. La irradiancia se simboliza por Watt/m² y cumple el principio que a mayor irradiancia en una zona mayor es la disponibilidad de energía.

Las horas de irradiancia solar cambian de un mes a otro, siendo los meses de verano los que cuentan con una mayor cantidad diaria y se reducen para los meses finales del invierno. Además, cambia de un lugar a otro, existiendo zonas del país donde la radiación solar es superior a otras. Un estudio de actualización de la radiación solar en el territorio nacional dio el siguiente resultado:

Figura 6

Mapa de radiación solar de El Salvador



Nota: La figura muestra la radiación solar en El Salvador a partir de la información del Observatorio Ambiental del MARN.

Fuente: (Cortéz Méndez et al., 2014).

Este mapa permite contar con una estimación de horas de radiación solar por zona geográfica del país, donde se puede visualizar ubicaciones que tienen una mayor exposición a irradiancia y, por ende, mayor potencial para generación de energía eléctrica.

La fórmula para determinar la energía a producir en un mes es:

$$\text{Energía a generar (MWh/mes)} = \text{Potencia instalada} * \text{performance ratio} * \text{horas irradiancia solar} * \text{días al mes}$$

Además, existen softwares de simulación para los SFV como se puede mencionar el PVSyst que, con base en data histórica de radiación, permiten hacer cálculos aproximados de la generación de

energía a obtener de un proyecto considerando todas las variables expuestas anteriormente como: potencia instalada, PR y horas de irradiancia para todos los meses del año.

Cabe destacar que, para cada año que transcurre, se aplica un factor de degradación que mide la pérdida de capacidad de producción de electricidad que tienen los paneles solares, el cual se expresa como porcentaje y es determinado por el proveedor de los módulos fotovoltaicos. Lo anterior concluye en que cada año de operación el Sistema fotovoltaico tendrá una menor producción de energía.

Precio

Si el titular de la planta solar ha firmado un PPA (Power Purchase Agreement) o Contrato de compraventa de energía entre generador y comprador (distribuidora) a largo plazo, el precio se determina en las cláusulas de este, indexado generalmente al precio PEN (precio ajustado de la energía) menos un factor de descuento que es negociado entre las partes del contrato. El precio PEN es determinado cada trimestre por parte de la SIGET.

Si no se ha suscrito un PPA, la energía se vendería al mercado spot y el precio estaría supeditado a las variaciones en el mercado MRS, que es determinado por la oferta y demanda en el mercado eléctrico local.

2.5.3.2 Determinación de costos y gastos asociados al proyecto: O&M, fee o membresías, costos de personal y otros.

Una característica que tienen los SFV es que requieren una fuerte inversión inicial y bajos costos de operación. Dentro de las erogaciones se tienen:

- **Operación y Mantenimiento (O&M):** consiste en la limpieza y otras acciones necesarias para que los paneles funcionen de la manera prevista. Para O&M se puede suscribir un

contrato de servicios con una empresa especializada en estas actividades, quien se encargaría del mantenimiento, trasladando el riesgo de operación a esta.

- **Arrendamiento de terreno o techos:** esto en caso no se haya comprado el terreno donde se instalará la planta solar, pagará un canon de alquiler por el terreno o en el techo en el cual se colocarán los paneles solares.
- **Depreciación del equipo:** con base en un método como el de línea recta para establecer la pérdida de valor de los paneles solares, inversores y los demás equipos sujetos a desgaste.
- **Costo de personal:** incluye personal de servicios contables, seguridad y de administración, que son los considerados indispensables. De estos, se pueden tercerizar los primeros dos.
- **Suscripción en la SIGET:** esta se renovará cada año, debiendo informar la cantidad de energía generada con fines comerciales.
- **Otros:** dentro de los que pueden estar impuestos municipales, seguros y garantías o avales bancarios.

2.5.3.3 Índices de desempeño de los proyectos en el horizonte de tiempo.

Existen varios métodos utilizados para el análisis financiero de los proyectos de inversión, que son herramientas que ayudan a la toma de decisiones de inversión, o de aceptación de un proyecto o buscar otras alternativas de inversión o fuentes de financiamiento, entre las que se mencionan a continuación:

- **Flujo de caja o flujo de efectivo:** Son las entradas y salidas de efectivo en la medida que los proyectos avanzan, por lo general se agrupan por períodos de un año y se pueden distinguir

en tres tipos: a) Gastos de capital (CAPEX) es la inversión inicial del proyecto, b) entradas efectivo: Los ingresos que se generen por la venta de energía en el período de vida del proyecto c) Salidas de efectivo: Gastos que son recurrentes, gastos de mantenimiento, personal y otros necesarios en la vida del proyecto.

- **Valor Presente Neto (VAN o VPN):** Actualiza los flujos de efectivo que se obtienen en el periodo de vida del proyecto al momento presente, con base al costo de oportunidad o tasa de descuento. En otras palabras, es el valor presente de los flujos de efectivo netos de un proyecto de inversión menos su flujo de salida inicial (Van Horne & Wachowicz, Jr., 2010)
- **Tasa interna de rendimiento o de retorno (TIR):** Es la tasa de descuento que iguala el valor presente de los flujos de efectivo netos futuros de un proyecto de inversión con el flujo de salida inicial del proyecto, (Van Horne & Wachowicz, Jr., 2010) en palabras sencillas es la tasa de descuento a la cual VPN es igual a cero.
- **Período de recuperación:** Es el tiempo requerido para poder recuperar la inversión realizada en un proyecto, por lo general se expresa en los años que se va a recuperar a partir del funcionamiento del proyecto.
- **Índice de rentabilidad:** conocida también como índice de costo-beneficio, es la razón entre el valor presente neto de los flujos de efectivo netos futuros de un proyecto y su flujo de salida inicial (Van Horne & Wachowicz, Jr., 2010)

Considerando la vida útil de los paneles solares, el horizonte de evaluación de un SFV se establecería en 20 o 25 años. Además, si dentro del fondeo se considera préstamos bancarios, se considerará obtener un indicador de Cobertura EBITDA como medida de la capacidad de pago del proyecto sobre la deuda adquirida que debería ser mayor a 1.00x y Deuda Financiera/EBITDA como

medición del nivel de endeudamiento, que en cuyo caso deberá ser menor al plazo del crédito a adquirir.

2.5.3.4 Oportunidad de financiamiento.

La banca de desarrollo ha estado otorgando financiamiento a instituciones de primer piso para que impulsen proyectos de generación de energía renovable. Los plazos de crédito cuentan con un rango de 10 a 12 años y período de gracia que abarque el plazo de instalación del equipo y puesta en marcha del SFV, con un máximo de 1 año. En cuanto a la tasa de interés, esta será determinada por el sistema de determinación de tasa de interés del banco en el cual se esté solicitando el crédito, al igual que el porcentaje de financiamiento bancario y aporte de recursos del inversionista, que se establecerá en la negociación con la institución financiera. La garantía para el proyecto, en el caso de tener que comprarse el terreno, se incluiría este con el equipo del SFV, mientras que, si es arrendado, solamente la instalación de la planta solar y otros colaterales como seguros o programas de garantías, en cuyo caso estos formarían parte también de los gastos de operación.

2.5.3.5 Incentivos fiscales.

La ley de incentivos fiscales para el fomento de energías renovables en la generación de electricidad incluye dentro de su alcance los proyectos solares. A estos se les otorga exención del pago de derechos arancelarios de importación de maquinaria, equipo y materiales para las labores de preinversión e inversión para proyectos de hasta 20 MWp.

Además, establece exención del pago de impuesto sobre la renta por 5 años para proyectos de entre 10 y 20 MWp y de 10 años para menos de 10MWp a partir de la entrada en operación comercial.

Para obtener estas exenciones se debe encontrar registrados de conformidad con las modalidades y procedimientos del mecanismo para un desarrollo limpio y otras.

2.5.4 Evaluación de riesgo

2.5.4.1 Análisis de sensibilidad.

Los riesgos están presentes en cualquiera de las etapas de los proyectos o en cualquiera de las actividades que se desarrollen en la implementación de los proyectos. Este grado de incertidumbre puede incidir de forma positiva o negativa en los mismos, principalmente en las expectativas que se hayan planteado los inversionistas sobre la recuperación de inversión y de rentabilidad. Para todos aquellos que desean realizar inversión en proyectos de generación de energía solar fotovoltaica, se hace necesario contar con un análisis y evaluación de riesgo de las variables que inciden para lograr resultados óptimos. Como herramienta adicional para la toma de decisiones de los inversionistas y que les garantice mayor seguridad en su inversión, un análisis de sensibilidad permitirá medir o proyectar a partir de los datos de su inversión los resultados que pueda obtener en el proyecto, por lo tanto, se necesita conocer las principales variables que impactan en el valor o costo total del proyecto. Las principales variables identificadas en un proyecto de generación de sistema fotovoltaica, que pueden influir de manera directa son las siguientes:

- Inversión inicial: Por lo general son flujos que se realizan al inicio de proyecto con la compra inicial de la planta y el equipo utilizado.
- Precio de la energía eléctrica: El precio pactado mediante contratos y las condiciones establecidas en los mercados.

- Capacidad de generación de energía eléctrica y radiación solar: Cuanto van a generar de energía eléctrica para poder inyectar a la red de distribución.
- Tasa de interés: Esta variable viene dada por el mercado.

2.5.4.2 Simulación financiera.

La simulación financiera “es un método conductual basado en estadísticas que aplica distribuciones de probabilidad predeterminadas para estimar resultados riesgosos”. Mediante el uso de un software estadístico se pueden simular multi escenarios sobre la premisa ¿y qué pasaría sí? Con la cual se buscaría cambiar los valores de las variables críticas para analizar el resultado que tengan estos sobre los indicadores de desempeño.

En esta parte se puede apoyar de software como Crystal Ball o @risk, con lo que se pueden correr múltiples escenarios y establecer distribuciones con las cuales calcular la probabilidad de ocurrencia de un escenario, por ejemplo: que el VAN sea mayor a cero, que la TIR no logre superar el costo de capital, entre otros.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación

En el presente capítulo se plantea la metodología utilizada para desarrollar la investigación y obtener, los resultados que soportan las conclusiones planteadas. Se desarrolla una explicación de los procedimientos realizados en las diferentes etapas para recopilar la información y la forma como estos fueron obtenidos por medio de los instrumentos diseñados para cumplir con los objetivos planteados. La investigación se realiza bajo un enfoque cualitativo, tal como se indica en el libro Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativas, cualitativas y mixtas (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018) una investigación cualitativa se enfoca en comprender los fenómenos, explorándolos desde las perspectiva de los participantes en su ambiente natural y en relación con el contexto. Con base a lo anterior, se eligió el enfoque cualitativo debido a que la presente investigación se enfoca en comprender, entender, conocer más a fondo e interpretar cuáles factores han limitado el desarrollo de este tipo de proyectos y que puedan incidir en la toma de decisiones de inversión para medir el nivel de rentabilidad que genera un proyecto fotovoltaico, y a partir de lo anterior proponer un modelo de evaluación que incluyan dichos factores y variables que impactan en los flujos de efectivo de un sistema fotovoltaico.

El alcance es interpretativo, se ha orientado a comprender y entender los resultados obtenidos mediante aplicación de instrumentos de recolección de información, se basa en conocer y aprender de las experiencias y puntos de vista de los involucrados para buscar otras alternativas que apoyen la toma de decisiones, para determinar los niveles de inversión en proyectos de sistemas fotovoltaicos y plantear una alternativa de solución a las preguntas de investigación.

3.2 Población y muestra.

3.2.1 Población

La población de la presente investigación son las plantas que se encuentren inyectando energía a través de sistemas fotovoltaicos a la red salvadoreña, las cuales se pueden consultar en la base de operadores que posee la Unidad de Transacciones (UT), empresa privada administradora mayorista de energía eléctrica en El Salvador que al 31 de diciembre de 2021 son participantes del mercado y que estuvieron inyectando a la red nacional energía eléctrica generada de recurso solar, en total son 7 plantas según boletín estadístico mensual de la UT (Unidad de Transacciones, S.A. de C.V., 2022).

Por tratarse de una población finita, la población total será objeto de estudio, con base a los operadores que muestra la UT, son 7 plantas que inyectan a la red energía procedente de este tipo de proyectos.

3.2.3 Unidades de análisis

Se consideran a los gerente o personas del área administración de los operadores participantes del mercado, como las unidades de análisis debido a que estas instituciones han sido creados con el mismo fin, debidamente estructuradas mediante diferentes procesos que implican el desarrollo de tareas o actividades para lograr inyectar la energía necesaria a la red nacional, son una fuente de información relevante para el proceso de formulación, evaluación y ejecución de proyectos, que pueden guiar sobre las buenas prácticas en el desarrollo de una planta de energía solar y, se puede aprovechar sus experiencia y puntos de vista para elaborar un modelo que comprenda los elementos necesarios que permitan visualizar la rentabilidad esperada por los diferentes niveles de inversión.

3.3 Técnica e instrumentos de recolección de datos.

3.3.1 Técnica

La entrevista, es una técnica muy utilizada en el enfoque cualitativo; es una conversación estructurada que tiene un propósito, como se indica en el libro Metodología de investigación, la entrevista se define como una reunión para conversar e intercambiar información entre una persona (el entrevistador) y otra (el entrevistado) u otras (entrevistados)(Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018). Para obtener información con las que se buscan responder a las preguntas de investigación se utilizó la entrevista como una estrategia para la recolección de información que permitan entender los factores que han limitado la toma de decisiones en los proyectos de inversión de energía solar y con base a la interpretación de los resultados, se plantea una propuesta de modelo de evaluación financiera que permita ser una guía para que nuevos inversionistas determinen un mínimo de retorno para su capital que se pueda destinar a este tipo de plantas de generación.

También se aplicó una entrevista a un representante de los desarrolladores de estos proyectos, conocidos como EPC (Engineering, Procurement and Construction), que permitió conocer y lograr un entendimiento sobre el abordaje de manera técnica en la formulación de la inversión a realizar por el generador de energía con un sistema fotovoltaico.

3.3.2 Instrumento

Para poder aplicar la técnica de la entrevista fue utilizada como instrumento una guía de preguntas estructuradas, siendo este recurso o formato que permitió capturar datos concernientes a los proyectos de energía solar y la inversión de estos en el país. En esta guía se partió de los planteamientos generales sobre proyectos fotovoltaicos y luego se fue profundizando con preguntas en temas más específicos sobre estos proyectos, conceptos y categorías para tener un entendimiento más amplio sobre el tema (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

Las consultas se estructuraron de manera que se pudiera obtener datos acerca del proceso de decisión de inversión, evaluación técnica, construcción de flujos de efectivo y viabilidad financiera del proyecto.

3.3.3 Procedimientos

Con la información obtenida se procedió a ordenar y clasificar los datos obtenidos de la población objeto de estudio. La clasificación se realizó con base en la codificación que permitió realizar el software informático NVIVO desarrollado por QSR International, el cual es una herramienta de apoyo para el análisis cualitativo de datos y se apoyó en las variables comunes que se obtuvo de las unidades de entrevistadas con el propósito de sistematizar las respuestas recibidas por cada ítem. A partir de esto, se realizó un análisis e interpretación de los resultados con base en los cuales se logró determinar un diagnóstico de la evaluación financiera que se realiza en los proyectos de inversión en sistemas fotovoltaicos para producción y venta de energía eléctrica.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de datos

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos mediante la aplicación de la guía de entrevista a personas que tienen un conocimiento amplio en proyectos de generación y venta de energía, producida mediante sistemas fotovoltaicos y que actualmente laboran en empresas que están inyectando a la red nacional, formando parte de la matriz energética de El Salvador. La guía de entrevistas fue elaborada con una serie de interrogantes que dan respuesta a las preguntas de investigación que se plantearon en el capítulo I. (Ver anexo A)

Para el análisis de las respuestas obtenidas se utilizó el software NVIVO (Versión Release 1.6.1(1137)), donde se realizó un análisis a cada una de las preguntas mediante consulta de frecuencia de palabras en las respuestas obtenidas en las entrevistas, se determinó que la consulta refleje las 25 palabras más frecuentes en todas las respuestas, con agrupación de palabras derivadas.

- Pregunta 1 ¿Qué ventajas o fortalezas se visualizaron en un proyecto de inversión de sistema fotovoltaico?

Introducción: Con esta pregunta se pretendió conocer cuáles fueron los aspectos positivos que los inversionistas consideraron en los proyectos fotovoltaicos previo a iniciar una inversión de esta naturaleza.

Figura 7

Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 1



Nota: Elaboración propia realizada en el software NVIVO

Análisis: De acuerdo con las respuestas, los inversionistas vieron entre las ventajas de un SFV períodos de recuperación bajos para la inversión y tasas de retorno atractivas para invertir, además de una oportunidad de aprovechamiento a recursos que tenían disponibles.

- Pregunta 2 ¿De qué forma se realizó el proceso de formulación de proyectos en la evaluación técnica?

Introducción: el objetivo de esta pregunta fue profundizar sobre la forma en que se desarrolló la evaluación técnica para determinar si las condiciones en la ubicación elegida eran aptas para un proyecto de energía solar. (Ver figura 8)

Figura 9

Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 3



Nota: Elaboración propia realizada en el software NVIVO

Análisis: Con base en los resultados, para la elección del EPC que realice la instalación del SFV influye la experiencia que este pueda tener y esto lo corroboran con el currículum de proyectos desarrollados y el precio que oferta por MWp instalado.

- Pregunta 4 ¿Qué tipo de validación se realizó para determinar que la propuesta realizada por el EPC seleccionado era razonable?

Introducción: El objeto de esta interrogante fue conocer de qué manera se asegura el inversionista que la opción de entre los EPC (Engineering, Procurement and Construction) disponibles se encuentra dentro de un rango razonable principalmente en el precio.

Figura 10

Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 4



Nota: Elaboración propia realizada en el software NVIVO

Análisis: La comparación entre las ofertas que hacen los epecistas valorando la marca y calidad de componentes, principalmente en paneles e inversores y precios entre los oferentes, tomando como aspecto fundamental el precio por MWp a instalar.

- Pregunta 5 Acerca de los permisos, ¿Cuáles fueron los necesarios para poder empezar la instalación del proyecto?

Introducción: Con esta pregunta se pretendía indagar sobre los permisos que los proyectos en funcionamiento obtuvieron y es necesario contar con ellos previo a empezar las obras de instalación de la planta solar.

Figura 11

Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 5



Nota: Elaboración propia realizada en el software NVIVO

Análisis: Con base en los resultados se requiere de un permiso ambiental otorgado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), autorización de la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), del Ministerio de Hacienda para las exenciones fiscales correspondientes, de la oficina de planificación y de la alcaldía de la zona donde se encontrará el proyecto.

- Pregunta 6 ¿Qué estudios técnicos se realizaron en la etapa de pre-inversión del proyecto (ejemplo: suelo, radiación, eléctricos u otros)?

Introducción: la pregunta tiene como objetivo determinar los estudios que son indispensables para la determinación técnica de la energía a generar y de condiciones de suelo o estructura para poder instalar el proyecto.

Figura 12

Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 6



Nota: Elaboración propia realizada en el software NVIVO

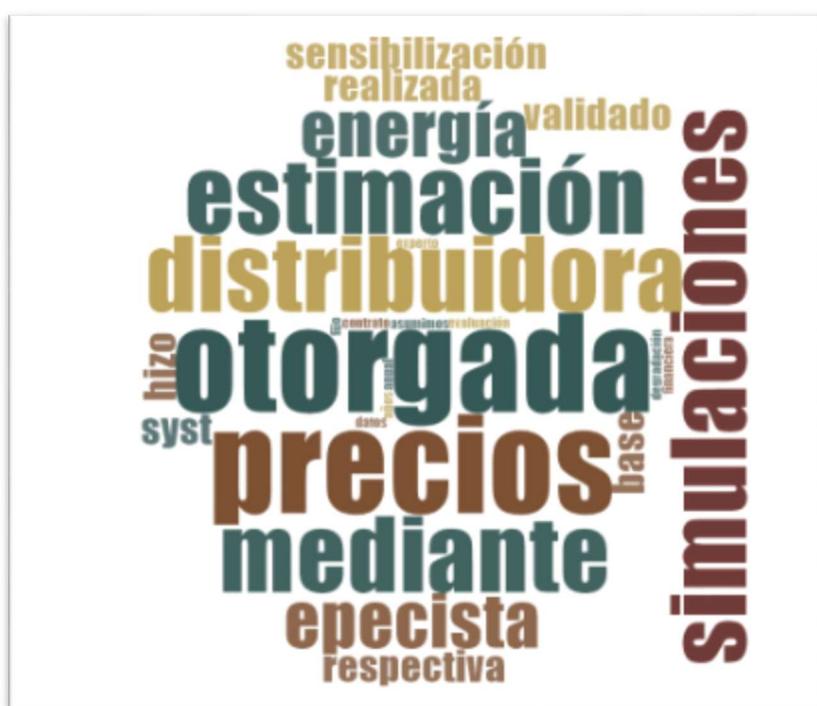
Análisis: Las respuestas obtenidas arrojaron como resultado que los estudios necesarios para instalar un proyecto son los de radiación o irradiancia solar en la ubicación del proyecto, de suelos cuando se trata de proyectos en piso o de estructura para instalaciones en techos y estudio hidrológico cuando se instalan plantas solares en suelo, esto para determinar que las condiciones del lugar son aptas para una planta solar.

- Pregunta 7 ¿De qué manera se evaluó los precios y la cantidad de energía para efectos de la determinación de los flujos de efectivo?

Introducción: la interrogante busca conocer la forma en que se determinó tanto cantidad como precio para los ingresos que generaría el sistema fotovoltaico.

Figura 13

Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 7



Nota: Elaboración propia realizada en el software NVIVO

Análisis: Los resultados mostraron que, para la cantidad de energía, esta se obtuvo con base en las simulaciones realizadas en software especializados en irradiancia solar in situ con los cuales la aproximación en la generación de energía es razonable, mientras que para los precios se utilizaron las

premisas brindadas por las distribuidoras de energía con quienes se tiene contratos o análisis de precios históricos de los precios publicados por la SIGET.

- Pregunta 8 ¿Cuáles variables críticas lograron identificar para la ejecución del proyecto?

(Variables como Cantidad de MWh, Precio por MWh, Costos fijos y variables, otras).

Introducción: Con la finalidad de identificar cuales variables se consideraron como críticas por parte de los inversionistas y que afectan las entradas o salidas de los flujos de efectivo obtenidos por el proyecto se hizo la pregunta correspondiente.

Figura 14

Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 8



Nota: Elaboración propia realizada en el software NVIVO

Análisis: las respuestas aportadas por los entrevistados reflejaron que las variables críticas que influyen en los flujos de caja del proyecto son los precios de la energía, la cantidad de MWh a generar por el proyecto y otras como el costo de los fondos, siendo las primeras mencionadas las que a criterio de los inversionistas son las que mayor impacto tienen sobre los flujos.

- Pregunta 9 ¿Qué condiciones de financiamiento se negociaron ya sea con banca comercial, inversionistas, programas de apoyo u otros?

Introducción: con la interrogante se buscó saber cuáles son las condiciones existen en el mercado para el financiamiento de los proyectos fotovoltaicos ya sea si esto se realiza con bancos, con los inversionistas a un 100% o con otra fuente de fondos.

Figura 15

Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 9



Nota: Elaboración propia realizada en el software NVIVO

Análisis: Los resultados mostraron que los porcentajes de financiamiento rondan entre el 80% y 90%, con plazos de entre 10 a 12 años y la tasa de interés dependiendo de las políticas de la institución financiera o fuente de fondeo seleccionada.

- Pregunta 10 ¿Qué indicadores se utilizaron para determinar la rentabilidad del sistema fotovoltaico?

Introducción: La pregunta pretendía identificar los indicadores financieros que se utilizaron para estimar cual sería la rentabilidad de un sistema fotovoltaico y el enfoque de interés de los inversionistas sobre cómo medir el retorno del proyecto.

Figura 16

Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 10



Nota: Elaboración propia realizada en el software NVIVO

Análisis: Las respuestas proporcionadas por los entrevistados evidenciaron que hay dos indicadores con los que se midió el retorno del proyecto y estos son la tasa interna de retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión, utilizando otros complementarios pero centrados en conocer

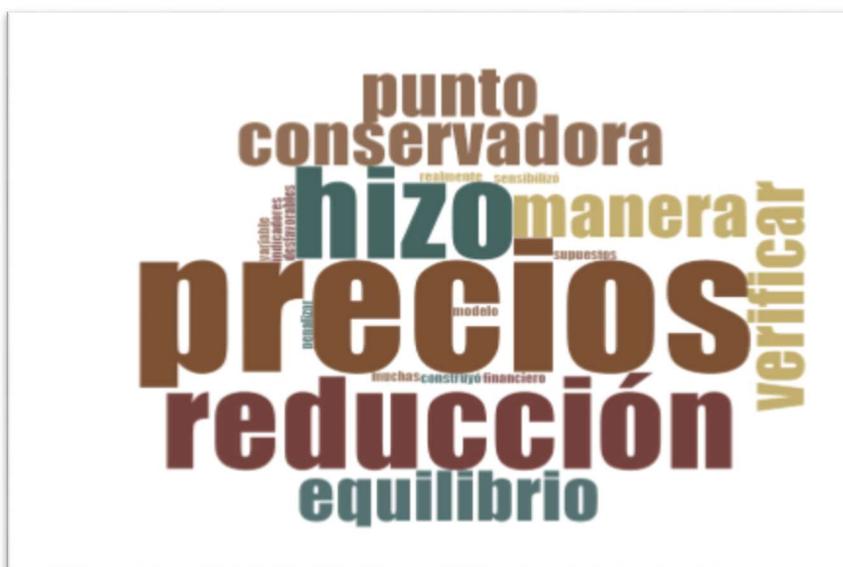
qué porcentaje de rentabilidad se esperará y en cuanto tiempo se tardaría en recuperar la inversión efectuada.

- Pregunta 11 ¿Cuáles técnicas de análisis de riesgos financieros se utilizaron?

Introducción: Con la pregunta se indagó sobre las técnicas de análisis de riesgos que se llevaron a cabo para la determinación de las variables críticas que impactan sobre los flujos de caja y el margen de tolerancia o variación que se tendría para mantener rentabilidad positiva.

Figura 17

Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 11



Nota: Elaboración propia realizada en el software NVIVO

Análisis: Los resultados mostraron que en la evaluación financiera de la mayoría de proyectos se utilizó la técnica de sensibilización de variables críticas y esto se realizó principalmente con el precio de

venta por MWh, el cual es el más susceptible a variar y por ende se buscó verificar cual es la sensibilidad en esta variable.

- Pregunta 12 ¿Cuáles fueron las dificultades operativas que se encontraron en la etapa de pre-inversión e inversión del proyecto?

Introducción: La consulta se enfocó en indagar sobre los impasses que se enfrentaron en la etapa de pre-inversión o dificultades que retrasaron la ejecución del sistema fotovoltaico o que tuvieron un impacto en el costo.

Figura 18

Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 12



Nota: Elaboración propia realizada en el software NVIVO

Análisis: Las respuestas recibidas de parte de los entrevistados coinciden en que la principal dificultad que se tuvo fue la obtención de los permisos, los cuales dilataron la etapa de pre-inversión y

los cronogramas definidos para la puesta en marcha del proyecto. Adicional, el acceso a los financiamientos cuando se recurre a créditos bancarios.

- Pregunta 13 ¿Considera que un modelo de evaluación financiera para proyectos de generación de energía fotovoltaica contribuiría a desarrollar más proyectos de esta naturaleza?

Introducción: Con esta consulta se buscó indagar acerca de la percepción de los entrevistados respecto a si contar con un modelo de evaluación financiera sería de utilidad para poder desarrollar más proyectos de generación de energía eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos.

Figura 19

Análisis de palabras con mayor frecuencia – Pregunta 13



Nota: Elaboración propia realizada en el software NVIVO

Análisis: Los entrevistados consideran que contar con un modelo para realizar la evaluación financiera de un SFV tendría un impacto positivo en la realización de una mayor cantidad de proyectos,

por lo que la propuesta a presentar contribuiría a una toma de decisiones de inversión en plantas solares.

Adicional a lo anterior, se realizó un análisis general de los resultados obtenidos en conjunto de todas las entrevistas con el propósito de comparar y llegar a las mismas conclusiones tanto de forma individual como en conjunto. Esto muestra que la información recabada permitió identificar a las palabras “proyecto”, “inversión” y “energía” como las que mayor repetición tuvieron en las respuestas obtenidas y que tienen el enfoque en sistemas fotovoltaicos, además de otras entre las que resaltan la evaluación, precios, cantidad, EPC que tienen un nivel de relación alto y un impacto significativo en materia estos proyectos.

Figura 20

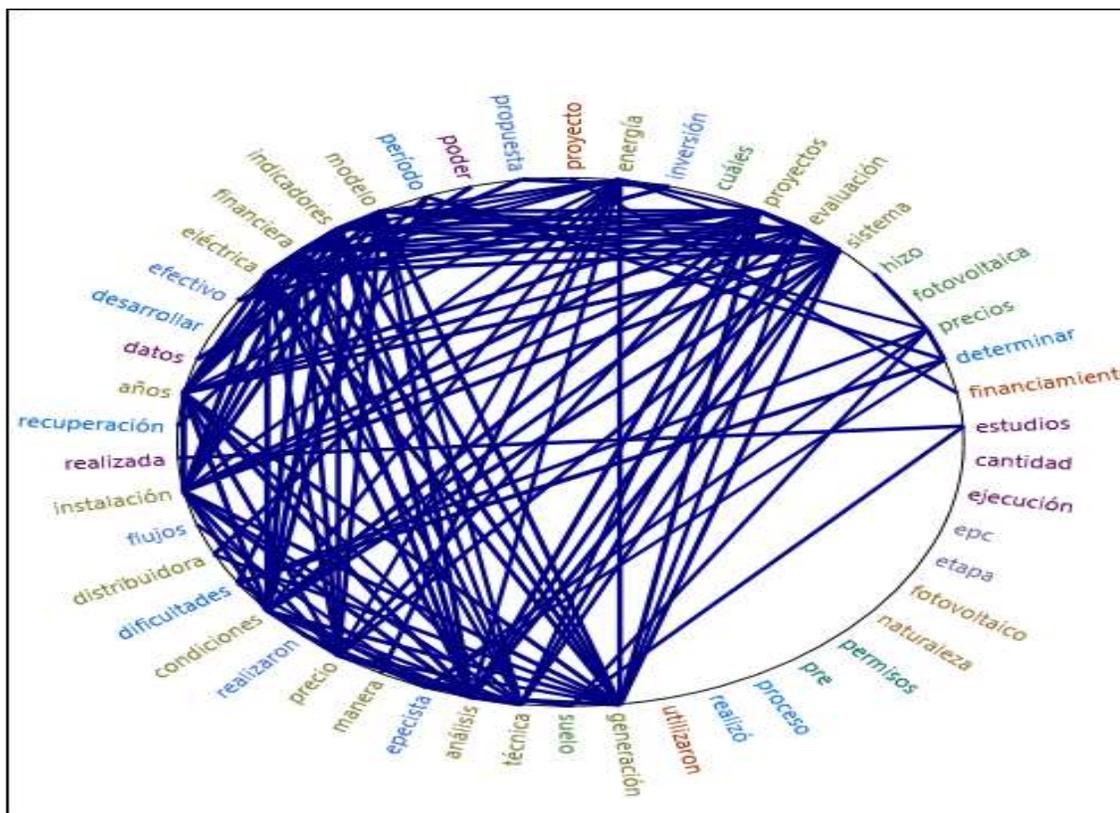
Nube de palabras

proyecto	inversión	evaluación	fotovoltaica	financiamiento	epc	permisos	utilizaron	análisis	realizaron	condicione	dificultade	distribuido
				estudios	etapa	pre	generación	epcista	flujos	años	datos	desarrolla
	cuáles	sistema	precios						instalación	efectivo	indicador	modelo
energía				cantidad	fotovoltaico	proceso	suelo	manera				
	proyectos	hizo	determinar						realizada	eléctrica	período	propue
				ejecución	naturaleza	realizó	técnica	precio	recuperación	financiera	poder	

Nota: Elaboración propia realizada en el software NVIVO

Figura 21

Mapa de conglomerado – relación de palabras



Nota: Elaboración propia realizada en el software NVIVO

El diagrama de conglomerados hizo factible visualizar las conexiones que hay entre los principales resultados y además logró mostrar la relación entre las palabras que están vinculadas a los proyectos de energía fotovoltaica y elementos que corresponden a la evaluación financiera realizada a estos, donde se realizan análisis técnicos, estudios, la participación de epecistas en el proceso de instalación, entre otras variables que se enlazan para poder ejecutar un sistema de paneles solares. (Ver figura 22)

Figura 22*Codificación y conteo de palabras – NVIVO*

Palabra	Longitud	Conteo	Porcentaje ponderado (%)
proyecto	8	30	2.33
energía	7	26	2.02
inversión	9	21	1.63
cuáles	6	20	1.55
proyectos	9	19	1.47
evaluación	10	18	1.40
sistema	7	17	1.32
hizo	4	16	1.24
fotovoltaica	12	15	1.16
precios	7	14	1.09
determinar	10	12	0.93
financiamiento	14	12	0.93
estudios	8	11	0.85
cantidad	8	10	0.78

Nota: Elaboración propia realizada en el software NVIVO

Dentro de las variables analizadas, la principal corresponde a los proyectos de inversión en energía, siendo lo más relevante en la investigación considerando que es hacia estos y a la formulación de una evaluación, donde se tienen que considerar precio y cantidad como variables del proyecto, la realización de estudios y el financiamiento que es parte fundamental para la ejecución de estos.

También como parte del proceso de investigación y para dar más soporte a las preguntas de investigación planteada, se realizó una guía de entrevista a un representante de personas naturales o jurídicas que participan en la realización del diseño, suministro de equipo y construcción de infraestructura plantas de energía renovable mediante sistemas fotovoltaicos conocidos como

epecistas, esto permitió lograr un mayor entendimiento más amplio del proceso que conlleva un proyecto de inversión en sistemas fotovoltaicos (Ver anexo B). El resultado obtenido se presenta a continuación:

1. ¿Cómo se ha comportado la demanda de proyectos de energía fotovoltaica en los años recientes 2015-2020?

La demanda estuvo creciendo en ese lapso propiciado por las condiciones de inversión en el país, favorecido por los incentivos fiscales y los contratos de suministros que se suscribieron con las distribuidoras de energía eléctrica.

2. ¿Cuál ha sido el comportamiento de los precios por MWp de los proyectos llave en mano en los últimos años 2015-2020?

Uno de los aspectos que más ha favorecido la inversión en proyectos de energía solar ha sido que los precios por MWp han sido a la baja en los años recientes y adicional a ello que la tecnología y oferta es creciente, lo cual ha impulsado a los proveedores a mejorar sus procesos de producción y ofrecer precios más bajos en paneles solares, inversores y otros componentes de los sistemas fotovoltaicos.

3. ¿De qué manera determinan la capacidad instalada en MWp y la cantidad de MWh que va a generar el proyecto de energía solar?

La potencia instalada se determina multiplicando la potencia pico de cada panel por el número de paneles, mientras que la generación de energía se realiza mediante la simulación efectuada en un software informático, que usualmente es PVSyst, el cual considera la irradiancia promedio histórica en la ubicación del proyecto, la potencia instalada y el factor de rendimiento o eficiencia que tienen los paneles solares.

4. ¿Cuál es la oferta de componentes y/o servicios que se ponen a disposición de los clientes para el desarrollo de nuevos proyectos fotovoltaicos?

Se ofrece la importación, internación e instalación de la planta solar y los componentes son los paneles solares, inversores, infraestructura para la colocación de los módulos. Posterior a la instalación se mantienen las garantías sobre los componentes y aparte brindan servicios de Operación y Mantenimiento (O&M).

5. ¿Cuáles son los servicios post entrega de los proyectos que ofrecen a los generadores de energía?

Las garantías sobre los paneles e inversores, más el servicio de Operación y Mantenimiento (O&M) si el cliente así lo desea, ya que este es un contrato de largo plazo. Aparte de ello, se cuenta con asesoría técnica.

6. ¿Cuáles son las actividades clave en la instalación y el tiempo estimado del montaje de un proyecto de energía fotovoltaica?

La formulación técnica del proyecto empieza con los estudios de factibilidad, donde se incluyen el estudio de irradiancia de la zona, estudio de suelos e hidrológico para los proyectos en piso y el estudio estructural para los sistemas que se colocan en techo. Cuando con los estudios ya se ha determinado que el proyecto es factible se inicia con la obtención de los permisos en las instancias correspondientes y, además, se negocia el contrato de suministro con la distribuidora de la zona en el cual se definen las cláusulas como potencia contratada, precio y otras que permitan tener una puesta en marcha del proyecto de manera adecuada. Posterior, se realiza el proceso de selección del epecista con base en el procedimiento definido por el titular del proyecto. También, el inversionista define las fuentes de financiamiento que se utilizarán para

que, con base en la forma de pago prevista se pueda empezar el proceso de importación de los componentes de la planta solar. Si el dueño del proyecto cuenta con los estudios, permisos y financiamiento, el tiempo de instalación puede rondar de 6 meses a un año, dependiendo de la potencia instalada.

4.1.1 Resultados del análisis para el modelo de evaluación financiera de un SFV

Dentro del análisis efectuado sobre las principales ventajas o fortalezas para la implementación de un sistema fotovoltaico se identificó el período de recuperación y la tasa interna de retorno que resultan ser atractivas para los dueños de los proyectos. La decisión de invertir se basa en la rentabilidad que se puede obtener y en cuanto a la experiencia en la operación de este sector, no es un requisito fundamental para poder llevarlo a cabo.

La inversión a realizar medida en costo por MWp instalado ha experimentado una contracción en la última década y como aspecto importante, se ha visto una mejora en términos de tecnología de los componentes, esto propiciado por una mayor oferta a nivel global de parte de proveedores dedicados a la fabricación de paneles solares e inversores. Por otra parte, para realizar la inversión es crítica la actividad de los estudios técnicos como el de irradiancia solar, de suelo e hidrológico, puesto que con ellos se determina si en la ubicación seleccionada es factible poder llevar a cabo la instalación de una planta solar y son necesarios para obtener permisos, los cuales a su vez es imperante contar con ellos para poder iniciar la puesta en marcha del proyecto.

Entre los casos en que los estudios no sean favorables se puede mencionar: baja irradiancia solar en la zona o terreno, o irradiancia irregular, con picos al alza o a la baja en el transcurso del año. En el estudio de suelos, el suelo debería ser plano o tener un grado de inclinación bajo que se puedan adecuar con trabajos de terracería y que no tengan condiciones de sombra por árboles o construcciones

que, en un determinado momento del día, por la inclinación del sol impidan que se pueda aprovechar la luz solar sobre los paneles, además de la no existencia de barrancos o accidentes topográficos con grados de inclinación elevados. Para el estudio hidrológico se deberá considerar que en la ubicación no existan cuerpos de agua que puedan causar inundaciones en temporada de invierno, o que por las condiciones meteorológicas las lluvias afecten el suelo donde estará ubicado.

La instalación del proyecto se puede llevar a cabo por cuenta propia, realizando las compras por separado de los paneles solares y los demás insumos, y la subcontratación de un especialista para la colocación de los paneles solares y los demás componentes, o preferiblemente, por la contratación de un especialista quien se encargará de realizar todo el proceso, desde la compra de los insumos, su instalación y pruebas correspondientes, hasta la puesta en marcha, ya que estos en su mayoría de casos ofrecen el servicio de entrega “llave en mano”, referido a realizar todas las actividades necesarias para la instalación del proyecto para otorgarlo al cliente para su inicio de operaciones, sin requerimientos adicionales para empezar a generar energía eléctrica.

La estructura de financiamiento usualmente incluye financiamiento bancario donde las condiciones de crédito en cuanto al plazo oscilan entre 10 a 15 años, con período de gracia por el tiempo de la construcción de la planta solar, tratando de hacer coincidir los plazos del crédito con el período de exención de impuesto sobre la renta para no comprometer los flujos de efectivo a generar por parte del proyecto. El porcentaje de fondeo de los bancos se encuentra entre el 80% y 90% y el resto a ser aportado por los inversionistas del proyecto.

Las variables críticas identificadas son la cantidad de energía y precio por MWh, siendo el más sensible de variación la tarifa, ya que, en el caso de la generación de electricidad, a menos que algún componente no funcione en las condiciones establecidas, los MWh que se produzcan no tendrían

cambios significativos respecto a lo obtenido en la simulación efectuada. Por parte del precio, este se determina de manera trimestral por parte de la SIGET, siendo fluctuante de acuerdo con el comportamiento de los precios del petróleo a nivel internacional, habiendo una actualización de tarifa que tiene un rezago de un estimado de tres meses respecto a las variaciones vistas en los precios del petróleo.

En los últimos 5 años esta tarifa que publica la SIGET ha tenido una tendencia cambiante, principalmente con una baja en el año 2020 por la afectación a nivel económico que produjo la pandemia COVID-19 en los precios del petróleo, lo que impactó a la baja la tarifa a cobrar por parte de las distribuidoras a los generadores de energía eléctrica y, a partir de 2021 empezó a experimentar un crecimiento gradual, siendo en los primeros meses superior a lo reportado en el año 2019, previo a la pandémica COVID-19.

Para los indicadores, los inversionistas se interesan en el período de recuperación, considerando que este deberá ser inferior a la vida útil de los paneles solares y del contrato de suministro suscrito con la distribuidora de energía eléctrica. Adicional, otro indicador a tomar en cuenta será la Tasa Interna de Retorno (TIR) considerando que tendrá que ser mayor al costo de capital del proyecto para considerar un nivel de rentabilidad superior al costo de fondos, tanto del financiamiento bancario como de los inversionistas.

Respecto al análisis de riesgos, se considera realizar un escenario conservador en cuanto a la variable precio, que a criterio de los inversionistas es el que mayor influencia tiene sobre los flujos de efectivo y se realiza una sensibilización de dicha variable para verificar qué margen de tolerancia tiene los indicadores de rentabilidad respecto a la variación de la tarifa.

4.2 Comprobación de hipótesis

Según lo planteado en el libro la Metodología de la Investigación del autor Hernández Sampieri, en el proceso de investigación cualitativo, las hipótesis son uno de los resultados del estudio realizado, en el proceso de investigación se van generando hipótesis que se van afinando paulatinamente conforme se van obteniendo más datos se modifican sobre la base de los razonamientos del investigador (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018), es decir con base a los resultados obtenidos. En el proceso cualitativo las hipótesis no se prueban de estadísticamente. La hipótesis planteada fue la siguiente:

Hi: Un modelo de evaluación financiera permite simplificar el proceso de toma de decisiones de inversión en proyectos de generación de energía fotovoltaica.

Los datos obtenidos de las unidades de análisis indicaron que un modelo de evaluación financiera contribuye a simplificar el proceso de toma de decisiones para determinar los niveles de inversión a realizar ya que este considera las variables que influyen en el nivel de generación de energía tales como la capacidad instalada, el performance ratio, la irradiancia solar, además de los precios de venta para el cálculo de los ingresos a facturar por el proyecto. Adicional, los costos correspondientes a la operación y los indicadores de rentabilidad como el valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y período de recuperación (PR). Esto conlleva a aceptar la hipótesis planteada.

4.3 Cumplimiento de objetivos

Para la presente investigación se plantearon objetivos generales y objetivos específicos, en el desarrollo de la misma se ha verificado el cumplimiento de los objetivos planteados. Se verificó que se dio cumplimiento al objetivo general en la cual se pudo observar que existe un interés de contar como un modelo de evaluación financiera para un proyecto de generación y venta de energía eléctrica a través

de un sistema fotovoltaico, que les permita a todos aquellos interesados en invertir en este tipo de proyectos ampliar sus conocimientos y tomar decisiones sobre los niveles de inversión que pueden realizar.

Cumplimiento a los objetivos específicos: En el desarrollo de la investigación se pudo realizar un análisis de cómo está conformada la matriz energética en El Salvador partiendo de datos publicados por los entes reguladores y así también se pudo conocer el contexto en el cual se desarrollan estos proyectos energéticos, las oportunidades e incentivos planteados por el Gobierno para este tipo de inversiones.

De igual forma se dio cumplimiento al segundo objetivo específico, en el desarrollo de la investigación se pudieron determinar y conocer cuáles son las variables críticas que tienen un mayor impacto en los proyectos de generación de energía solar y por ende que van a impactar en la generación de flujo de efectivos siendo las principales variables: precio, costo y el servicio de deuda.

Con la información obtenida, los puntos abordados, el análisis realizado se han obtenido elementos importantes que permiten soportar la investigación y que han dado paso al planteamiento de un caso práctico en el que se incluye un modelo de evaluación financiera que permita a los inversionistas interesados tomar decisiones de inversión en proyectos de energía solar a partir de las condiciones actuales en las que se desarrollan, las cuales forman parte de un plan de estratégico de energía a largo plazo impulsado por el Gobierno como parte de los acuerdos internacionales en materia de energías renovables. Con base a lo indicado se da cumplimiento al tercer objetivo específico.

4.4 Oportunidad de investigaciones futuras

Como resultado de la investigación se han identificado ciertos aspectos que se consideran tienen mayor potencial o interés y que pueden aportar a los estudios ya existentes o abrir nuevos temas de investigación sobre proyectos de energía solar.

1. Uno de los temas en que se puede profundizar es en la necesidad de ampliar el porcentaje de participación de la energía solar en la matriz energética y de esta forma dar paso a incrementar el número de participantes del mercado mayoristas en la red nacional.
2. El aporte a la economía de la generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables y su relación con el cambio climático, además de la adopción de tratados internacionales o cambios de políticas energéticas en aras de impulsar el desarrollo sostenible.
3. Relación beneficio/costo para la economía salvadoreña de los incentivos fiscales brindados a proyectos de energía renovable versus los resultados que estos aportan en fuentes de empleo, inversión y seguridad energética.
4. Fuentes de financiamiento disponibles para energías renovables y reducción en huella de carbono con sus respectivas condiciones.
5. Comparativo entre la rentabilidad financiera de los proyectos de energía solar versus la rentabilidad social y sostenibilidad a largo plazo.

4.5 Caso práctico

Se presenta a continuación un caso hipotético sobre un modelo de evaluación financiera para proyecto de inversión de generación y venta de energía limpia, mediante sistemas fotovoltaicos, con el propósito que sea una guía que contenga los aspectos relevantes a considerar en la formulación de un proyecto de inversión de sistema fotovoltaico y que pueda ser un apoyo para la toma de decisiones de posibles inversionistas y en la que se incluyan las variables de inversión, generación de flujos de efectivo, análisis de sensibilidad e indicadores de rentabilidad que brinden a los interesados un panorama más amplio y los requisitos que se deben cumplir para desarrollar este tipo de proyectos.

4.5.1 Permisos y tramites en las diferentes instituciones

Para desarrollar proyectos de energías renovables se necesita contar con una serie de permisos de diferentes instituciones gubernamentales, estos requisitos tienen su base legal en la Ley de Medio Ambiente y su reglamento, a continuación, se detallan en forma general los pasos que se deben seguir y los requisitos que se deben cumplir:

Paso 1: Disponibilidad del área, contar con área adecuada, permisos y compra o arrendamiento de terreno. Algunos de los trámites que se deben realizar en la fase de permisos son los siguientes:

a) Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Gestión de Permiso Ambiental. Para todo tipo de proyecto es necesario gestionar permisos ambientales y con base al tamaño y tipo de proyecto el MARN emitirá una categorización de acuerdo a la envergadura y naturaleza del impacto ambiental, clasificándoles en grupo A y grupo B. Los del grupo A, serán todas aquellas actividades, obras o proyectos con impacto ambiental potencial bajo estos no requerirán que se presente documentación ambiental. Mientras que los de grupo B corresponde a aquellas actividades, obras o proyectos con potencial impacto ambiental, leve, moderado o alto, a su vez se les asignará el tipo de categoría 1 que serán los proyectos con potencial impacto ambiental leve que no requieren elaboración de estudio de impacto ambiental y los de categorías 2 son actividades, obras o proyectos con impacto ambiental potencial moderado o alto los cuales requieren la elaboración de un estudio de impacto ambiental. El proceso que se sigue es el siguiente:

1. Presentación y recepción del formulario ambiental: debe ser presentado al MARN por el titular de la obra o proyecto público o privado, junto con la carpeta técnica, que incluya toda la información técnica y de cumplimiento del proyecto, áreas del proyecto, descripción de las actividades, personas que formaran parte, así como los permisos adicionales que sean

- necesarios, como abastecimiento de agua potable, manejo y disposición final de desechos sólidos y aguas residuales, manejo de aguas escurrientías superficial.
2. El MARN ha creado un sistema de información geográfico denominado Visualizador de Información Geográfica de Evaluación Ambiental – VIGEA, que está disponible al público para que puedan realizar consultas básicas relacionadas con el proceso, es una herramienta que facilita el proceso de evaluación ambiental de las actividades de obras o proyectos mostrando los datos ambientales del Sistema de Información Geográfica disponibles en el MARN, con propósito de determinar posibles impactos ambientales. Esta consulta se puede hacer en el siguiente enlace <http://mapas.marn.gob.sv/vigea/login.aspx>. (Ver Anexo C)
Para realizar una evaluación de estudio ambiental deben utilizar el Sistema de Evaluación Ambiental, es una plataforma en línea que permite realizar el registro y si una propuesta de proyecto es de impacto ambiental potencial bajo, leve, moderado o alto. Se registra el usuario con la información de la entidad y de los usuarios asociados que serán los encargados de administrar el proyecto o monitorear el avance del proceso, el representante legal (Si aplica) en el caso que sean personas jurídicas, con los datos personales y sus documentos de identificación, así como credencial vigente y la información del proyecto con el mapa de ubicación. <http://www.marn.gob.sv/sea>. (Ver anexo D)
 3. Inspección al sitio propuesto por el MARN, para conocer las condiciones ambientales y verificar la información presentada en el formulario ambiental.
 4. Categorización ambiental, es aquí donde se determina si se requiere o no de la presentación de un estudio de impacto ambiental, el MARN procederá a elaborar el dictamen técnico de no requerimiento de estudio de impacto ambiental y la resolución correspondiente, si es

- categorizada dentro del grupo B, categoría 2, se entregan al titular del proyecto los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental, el cual debe contratarse equipo multidisciplinario de prestadores de servicios idóneo según la naturaleza del proyecto, registrados en el MARN y certificados.
5. Recepción y evaluación del estudio de impacto ambiental, el MARN verifica que cumpla con lo establecido en los términos de referencia planteados para este estudio, en cuanto a su contenido y requisitos formales.
 6. Consulta pública del estudio. El titular debe anunciar con anticipación en medios de cobertura nacional por tres días consecutivos sobre la disponibilidad del estudio para su consulta, también se remite al Centro de Información y Documentación (CIDOC), a la Alcaldía Municipal de la jurisdicción donde se pretende ejecutar y en el sitio web del MARN, por un período de 10 10 días hábiles posteriores a la última publicación del titular, para que cualquier persona afectada exprese sus opiniones a las instituciones correspondientes.
 7. Observaciones al estudio. El MARN consolidará las observaciones derivadas de la consulta pública y de la revisión y análisis técnico, si las hubiere, y quedarán consignadas en un informe o dictamen técnico correspondiente.
 8. Fianza de Cumplimiento Ambiental, tiene como objetivo asegurar el cumplimiento de los permisos ambientales en cuanto a la ejecución de los programas de manejo y adecuación ambiental, está será por el monto equivalente a los costos totales de las obras físicas o inversiones que se requieran para cumplir con los planes de manejo y adecuación ambiental que están contenidos en el estudio y durará hasta que dichas obras o inversiones se hayan realizado en la forma previamente establecida.

- b) Ministerio de Cultura: Cuando sea requerido conocer de forma general la opinión con respecto a la valoración cultural de un inmueble, así como también si no posee valor cultural, ya sea por constituir edificaciones nuevas a base de materiales y sistemas constructivos contemporáneos o por ser edificaciones que ya perdieron sustancialmente las connotaciones arquitectónicas de su tipología.
- c) Municipalidades. gestión de permisos de municipalidades, tales como recolección y/o disposición de desechos sólidos comunes
- d) Ministerio de Vivienda, trámite de la factibilidad del proyecto de construcción y permiso de construcción. Al estar ubicado el inmueble en un municipio de competencia del VMVDU, el encargado del proyecto presenta la información requerida, planos de construcción sellados y aprobados, documentos y estudios de suelo, estudios hidráulicos, etc. Luego del análisis realizado por el Ministerio y si el proyecto cumple con satisfacción todos los requerimientos solicitados y confirma que la información es correcta; elaborará una resolución de aprobación del permiso de construcción. Para que sea válida tendrá la firma del ministro de vivienda en los documentos y planos. Todo este proceso puede tener una duración de 20 a 30 días hábiles. Al existir deficiencias, pero con observaciones superables en los documentos, se otorga un plazo para que se realicen las correcciones de todas las observaciones brindadas y pueda entrar nuevamente en el proceso del permiso de construcción. Si el Ministerio determina que el proyecto de Energías Renovables no puede construirse, elabora un acuerdo de resolución denegatoria del proyecto, la cual para su validación será firmada por el ministro de vivienda.

- e) Ministerio de Hacienda. Registro de persona jurídica (si aplica), depósito en el Registro de Comercio de estados financieros auditados, gestiones para obtención de los Incentivos Fiscales una vez certificado el proyecto por la SIGET.

Paso 2: Definición del mecanismo de comercialización

- a) Unidad de transacciones, registrado como un operador del mercado mayorista, para este caso es necesario que toda persona natural o jurídica interesada presente solicitud con los requisitos establecidos por la Unidad de transacción, si cumple con la información requerida y los compromisos y obligaciones que conlleva, esta institución acepta su solicitud como participante del mercado, esto permitirá definir el mecanismo de comercialización mediante:

- Contratos de bilaterales, se establece un compromiso de compraventa de energía a un precio acordado entre las partes, es necesario estar inscrito como generador en la SIGET y como participante del mercado en la Unidad de Transacciones.
- Contratos de Adjudicados mediante procesos de licitación de libre competencia, aquí el precio se determina en el proceso de licitación ya sea según la oferta económica o precio adjudicado no mayor al precio techo. Aquí también es necesario estar inscrito como generador en la SIGET y como participante del mercado en la Unidad de Transacciones.
- Mercado Regulador del Sistema. Un mercado de oportunidad en donde el precio valorado en cada hora según oferta del mercado, determinado por la UT, de igual forma debe estar inscrito como generador en la SIGET y como participante del mercado en la Unidad de Transacciones.

- b) Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones: Es esta institución se realizan los siguientes tramites:

1. Inscripción como generador y comercializador del Sector Electricidad. En la Ley General de Electricidad se establece que en la SIGET es donde se debe realizar el trámite de registro de operadores de del sector de electricidad y las tasas a pagar de forma anual con base a las actualizaciones de los registros. En los casos que sea necesario la SIGET realizará inspección al proyecto para verificación de la información presentada por el solicitante.
 2. Trámite de concesión (si es recurso concesionado). El interesado debe presentar el estudio de factibilidad del proyecto, que incluirá memoria descriptiva y los planos correspondientes, el estudio del impacto ambiental, previamente aprobado por las autoridades competentes, esto permitirá la evaluación de manera sistemática de los efectos del proyecto y de sus obras anexas, en sus etapas de construcción, operación y abandono; la comparación de las distintas opciones existentes; la toma de medidas preventivas, y el diseño de las acciones para mitigar los efectos adversos, la fecha esperada de inicio de la operación comercial del proyecto.
 3. Trámite de certificación del proyecto para goce de Incentivos que otorga la LIFERGE. Para poder realizar este trámite debe haber obtenido el permiso ambiental de construcción que incluye el estudio de factibilidad y estudio de impacto ambiental, así también de contar con la solicitud o el trámite de concesión
 4. Inscripción de instalaciones y equipos en el registro
- c) Ministerio de Hacienda: una vez completado el procedimiento de certificación del proyecto de generación de electricidad utilizando las fuentes renovables de energía y que la SIGET certifique el proyecto, se debe realizar el procedimiento de calificación del proyecto para el goce de los beneficios e incentivos fiscales en el Ministerio de Hacienda, una vez que el proyecto esté en

operación y se realizado ventas con base a la certificación de la SIGET, los dueños del proyecto podrán solicitar a DGII, la exención de todo tipo de impuestos sobre los ingresos de la venta de RCE. (Reducciones certificadas de emisiones).

d) Empresa Distribuidora /Comercializador/Usuario Final (Grupo AES. DELSUR, B&D, ABRUZZO, EDESAL).

1. Solicitud de interconexión a las instalaciones del Distribuidor: Se deben presentar los estudios correspondientes para la interconexión de generadores, a fin de evaluar el impacto en la red, requerimientos de equipos de protección, filtros de armónicos y definir los ajustes de los equipos de regulación de tensión y de protección existentes o a instalar.
2. Solicitud de factibilidad de acceso a las instalaciones del distribuidor. El objeto de este procedimiento es determinar los requisitos y responsabilidad aplicables a las interconexiones eléctricas entre operadores con el fin de garantizar el principio de libre acceso a las instalaciones de distribución, así como la calidad y seguridad del sistema. Aquí se debe incluir información sobre la ubicación del proyecto, empresa distribuidora con quien se pretende conectar, coordenadas geográficas, nivel de voltaje y otros.
3. Negociación y firma de contrato de abastecimiento (si aplica).

Paso 3: Acceso a la red de Distribución/Transmisión.

En esta etapa se evalúa la disponibilidad de capacidad en el punto solicitado y si es de fácil acceso. Los trámites relacionados en esta etapa

f) Empresa transmisora de El Salvador (ETESAL):

1. Trámite de Interconexión. Se aplica lo establecido en la Norma Técnica de Interconexión Eléctrica y Acceso de Usuarios Finales a la Red de Transmisión. El solicitante presenta

solicitud factibilidad de interconexión a la red del transmisor con la descripción de las características técnicas de las instalaciones, la fecha de puesta en operación de la interconexión, estudios eléctricos y otra información necesaria.

2. Solicitud de factibilidad de acceso a las redes de transmisión: se presenta solicitud de factibilidad de acceso a las instalaciones del transmisor, con la información del punto de la red a interconectarse, declaración de la potencia a inyectar, fecha estimada de puesta en operación. El interesado solicita la base de datos y los modelos que contienen los parámetros de los componentes.

4.5.2 Inversión inicial

El principal componente de la inversión inicial son los 10,000 paneles solares de 550 Wp e inversores, que representan un 90% de la inversión total y el resto lo componen las líneas de interconexión, los permisos, estudios y otros.

Tabla 2

Componentes de la inversión inicial

Concepto	Monto	Participación. %
Permisos	\$85,000	1.6%
Estudios	\$8,000	0.1%
Paneles y equipo (EPC)	\$4,922,000	90.2%
Líneas de interconexión	\$425,000	7.8%
Otros	\$15,000	0.3%
Total inversión inicial	\$5,455,000	100.0%

Nota: Elaboración propia para desarrollar el caso hipotético

Los paneles solares por lo general cuentan con garantía de ratio de rendimiento mínimo por 20 años, el cual, si no se cumple se puede solicitar un cambio al proveedor de estos, al igual que con los

inversores, solamente que en este caso para un plazo de 5 años de garantía por defectos de fábrica que alejen su funcionamiento de lo esperado.

El cálculo de la potencia instalada se realizó con la fórmula:

$$Potencia\ Instalada = \frac{Cantidad\ de\ paneles * Potencia\ unitaria\ c/panel}{1,000,000}$$

$$Potencia\ Instalada = \frac{10,000 * 550}{1,000,000}$$

$$Potencia\ Instalada = 5.50\ MWp$$

El Costo por MWp instalado se calcula dividiendo el total de la inversión inicial entre la potencia instalada del proyecto el cual se estimó en \$991,818 siendo este valor por debajo de \$1 millón.

4.5.3 Estructura de financiamiento

Para el caso práctico se consideró una estructura de financiamiento con un crédito suscrito a 10 años plazo, por \$4,500,000 lo que representa un 82.5% del total de la inversión inicial, a una tasa del 8.50% nominal. El aporte del inversionista corresponde al resto que son \$955,000, siendo un 17.5% del plan global de inversión, con un costo de fondos propios del 10.0%. Respecto al plazo del crédito, se consideró 10 años para calzar con los años que dura de la exención de impuesto sobre la renta desde el inicio de operaciones.

4.5.4 Costo de capital

Para el cálculo del costo de capital se considera la fórmula del costo de capital promedio ponderado, conocida como WACC por sus siglas en inglés. Esta utiliza como parte de sus componentes la estructura de financiamiento con los costos de capital por cada fuente de fondeo a utilizar para el proyecto. La fórmula a aplicar es la siguiente:

$$WACC = \frac{D}{D + E} * Kd * (1 - t) + \frac{E}{D + E} * Ke$$

Donde:

WACC: Costo promedio ponderado de capital

D: Valor de la deuda

E: Valor del aporte de los accionistas

Kd: Costo de la deuda

Ke: Costo del aporte de los accionistas

T: tasa impositiva de impuesto sobre la renta

Aplicando se obtuvo el siguiente resultado:

$$WACC = \frac{\$4,500,000}{\$5,455,000} * 8.50\% * (1 - 30\%) + \frac{\$955,000}{\$5,455,000} * 10.00\%$$

$$WACC = 6.66\%$$

El costo de capital determinado para el proyecto se estimó en 6.66% que se utilizó para el descuento de los flujos de efectivo del sistema fotovoltaico.

4.5.5 Horizonte de inversión

La evaluación se hizo a 20 años plazo, considerando los años de vida útil estimada de los paneles solares que envían los fabricantes en las fichas técnicas. Cabe mencionar que en la mitad de este plazo el proyecto contará con beneficios fiscales en cuanto a impuesto sobre la renta. Si bien los paneles solares pudieran estar generando energía por un plazo superior, el factor de degradación anual implica que la cantidad se iría reduciendo cada año, aunado a la duración del contrato de suministro que se suscriba, vuelven razonable un horizonte de inversión de 20 años.

4.5.6 Flujos de efectivo

En los flujos de efectivo se consideró la generación de energía de la siguiente manera: La potencia de cada panel se multiplica por el número de paneles del SFV y esto por el número de días del mes; luego, se multiplica por las horas de radiación o irradiancia promedio diaria del lugar, esto determinado por la simulación realizada en el software informático, ya sea PVSyst u otro paquete informático especializado. Además, se puede tener una estimación con el mapa de irradiancia del país, ubicando la zona del proyecto y verificando el mapa de calor y las horas de radiación promedio al día. Con lo anterior, es importante considerar la multiplicación por el factor de rendimiento del panel, esto dado por el fabricante, con lo cual se obtendría la generación de energía de manera mensual y anual, tanto en KWh como en MWh. (Ver tabla 3)

La cantidad de MWh que se generan en un año se irán reduciendo por efecto del factor de degradación con el que cuentan los paneles solares, los cuales hacen que la producción anual se reduzca a un ritmo de entre el 0.50% al 1.0%. En el caso práctico se ha considerado una reducción del 0.50% por la pérdida de potencia de los paneles solares con el paso de los años.

Tabla 3*Generación mensual y anual de energía*

Mes	Horas de radiación	Potencia Panel (Wp)	Factor de rendimiento	Cantidad de paneles	Días	KWh generados	MWh generados
Enero	5.8	550	80%	10000	31	791120	791.12
Febrero	5.8	550	80%	10000	28	714560	714.56
Marzo	5.8	550	80%	10000	31	791120	791.12
Abril	5.8	550	80%	10000	30	765600	765.6
Mayo	5.8	550	80%	10000	31	791120	791.12
Junio	5.8	550	80%	10000	30	765600	765.6
Julio	5.8	550	80%	10000	31	791120	791.12
Agosto	5.8	550	80%	10000	31	791120	791.12
Septiembre	5.8	550	80%	10000	30	765600	765.6
Octubre	5.8	550	80%	10000	31	791120	791.12
Noviembre	5.8	550	80%	10000	30	765600	765.6
Diciembre	5.8	550	80%	10000	31	791120	791.12
TOTAL				10000	365	9314800	9314.8

Nota: Elaboración propia para desarrollar el caso hipotético

En cuanto al precio, hay que tomar en cuenta que se requiere de la cláusula suscrita para la tarifa del contrato de suministro, en las que se usa como referencia el precio PEN menos un factor de descuento, el cual es negociado entre el dueño del proyecto y la distribuidora de energía eléctrica y puede oscilar entre el 10% y el 15%. El precio PEN se actualiza de manera trimestral de acuerdo con las publicaciones realizadas por la SIGET y al aplicar el factor de descuento se obtiene la tarifa a cobrar por parte del generador de energía.

Con base en el análisis efectuado sobre el comportamiento del precio PEN de los últimos 5 años, este ha sido fluctuante, con una tendencia creciente hasta 2019 que se vio cortada por efecto de la pandemia COVID-19 y, a 2022 el precio promedio ya ha superado el promedio del año 2019. Al considerar un factor de descuento del 12% sobre el precio PEN, se obtuvo un promedio de \$115.00 por MWh a vender en los 5 años desde 2018 hasta 2022.

Tabla 4*Precio promedio PEN*

AÑO	PEN	Tarifa=PEN- 12%
2018	\$134.35	\$118.23
2019	\$141.56	\$124.57
2020	\$110.20	\$96.98
2021	\$122.90	\$108.15
2022	\$144.35	\$127.03
Promedio	\$130.67	\$114.99

Nota: Elaboración propia para desarrollar el caso hipotético

Al multiplicar la cantidad de MWh a generar en un año por la tarifa se obtienen ingresos por \$1,071,225 para el primer año de operación, lo que se irá reduciendo al ritmo del factor de degradación anual de los paneles solares.

En cuanto a los costos de operación, estos se componen por la Operación y Mantenimiento (O&M), gastos de personal y otros donde se consideró como principal erogación el arrendamiento del inmueble donde operará el proyecto, seguido de los seguros para la planta solar, seguridad, servicios contables y otros. (Ver tabla 5)

En caso el proyecto sea sobre un terreno propio puede no incluir el costo del arrendamiento del inmueble y puede ser considerado como parte de la inversión inicial, lo cual impactaría al alza los flujos de efectivo libres del proyecto.

Tabla 5*Erogaciones del proyecto*

Erogaciones anuales	Monto
Arrendamiento terreno	\$108,000
Seguros sobre equipos	\$25,000
Vigilancia y Seguridad	\$15,000
Servicios Contables	\$5,400
Mantenimientos	\$3,000
Servicios básicos	\$4,800
Fianzas	\$1,800
Limpieza	\$1,800
Otros	\$15,000
TOTAL	\$179,800

Nota: Elaboración propia para desarrollar el caso hipotético

Aparte de los gastos anteriores, se considera el costo de la depreciación anual por la pérdida de valor de los componentes de la inversión inicial, que, si bien no es un flujo de caja como tal, impacta el flujo de impuestos a partir del año 11, puesto que a partir de ese período se empezaría a cancelar impuesto sobre la renta sobre la operación del proyecto a una tasa impositiva del 30%.

Considerando lo anterior, el flujo de caja del proyecto sería de \$749,560 para el primer año, con una reducción para los siguientes años por una baja en el nivel de ingresos por el factor de degradación de los paneles solares.

Figura 23*Flujo de caja proyectado – Años 1 al 10*

Período	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ventas anuales		\$1,071,225	\$1,065,869	\$1,060,540	\$1,055,237	\$1,049,961	\$1,044,711	\$1,039,487	\$1,034,290	\$1,029,118	\$1,023,973
Generación anual (MWh)		9,315	9,268	9,222	9,176	9,130	9,084	9,039	8,994	8,949	8,904
Tarifa (MWh)		\$115.00	\$115.00	\$115.00	\$115.00	\$115.00	\$115.00	\$115.00	\$115.00	\$115.00	\$115.00
Factor de degradación			0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%
Costos de Operación		\$589,016	\$589,016	\$589,016	\$589,016	\$589,016	\$589,016	\$589,016	\$589,016	\$589,016	\$589,016
O&M		\$84,000	\$84,000	\$84,000	\$84,000	\$84,000	\$84,000	\$84,000	\$84,000	\$84,000	\$84,000
Gastos de Personal		\$57,866	\$57,866	\$57,866	\$57,866	\$57,866	\$57,866	\$57,866	\$57,866	\$57,866	\$57,866
Otros		\$179,800	\$179,800	\$179,800	\$179,800	\$179,800	\$179,800	\$179,800	\$179,800	\$179,800	\$179,800
Depreciación		\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350
Utilidad de Operación		\$482,210	\$476,853	\$471,524	\$466,221	\$460,945	\$455,695	\$450,472	\$445,274	\$440,103	\$434,957
Impuesto Sobre la Renta		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Utilidad Neta		\$482,210	\$476,853	\$471,524	\$466,221	\$460,945	\$455,695	\$450,472	\$445,274	\$440,103	\$434,957
Depreciación		\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350
Flujo de fondos del proyecto	-\$5,455,000	\$749,560	\$744,203	\$738,874	\$733,571	\$728,295	\$723,045	\$717,822	\$712,624	\$707,453	\$702,307
Carga financiera		\$640,699	\$640,699	\$640,699	\$640,699	\$640,699	\$640,699	\$640,699	\$640,699	\$640,699	\$640,699
Intereses		\$315,000	\$292,201	\$267,806	\$241,704	\$213,774	\$183,889	\$151,913	\$117,698	\$81,088	\$41,915
Capital		\$325,699	\$348,498	\$372,893	\$398,995	\$426,925	\$456,809	\$488,786	\$523,001	\$559,611	\$598,784
Fujo de fondos del inversionista	-\$955,000	\$108,861	\$103,505	\$98,175	\$92,873	\$87,596	\$82,347	\$77,123	\$71,926	\$66,754	\$61,609

Nota: Elaboración propia para desarrollar el caso hipotético

El flujo para pago de la deuda bancaria se estima en \$640,699 tanto de intereses como de capital, lo que daría un resultado de un flujo de caja libre para el proyecto de \$108,861, con una reducción cada año por la tendencia en los ingresos.

Cabe destacar que, a partir del año 11 se empezaría a cancelar impuesto sobre la renta, pero el proyecto ya habría cancelado el crédito bancario, por lo que, si bien se tiene una erogación importante con el impuesto, a ese plazo ya se habría cubierto la totalidad del crédito, por lo que el flujo de caja para el accionista se vería impactado al alza.

Figura 24*Flujo de caja proyectado –Años de 11 al 20*

Periodo	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ventas anuales	\$1,018,853	\$1,013,759	\$1,008,690	\$1,003,646	\$998,628	\$993,635	\$988,667	\$983,724	\$978,805	\$973,911
Generación anual (MWh)	8,860	8,815	8,771	8,727	8,684	8,640	8,597	8,554	8,511	8,469
Tarifa (MWh)	\$115.00	\$115.00	\$115.00	\$115.00	\$115.00	\$115.00	\$115.00	\$115.00	\$115.00	\$115.00
Factor de degradación	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%
Costos de Operación	\$589,016	\$589,016	\$589,016	\$589,016	\$589,016	\$589,016	\$589,016	\$589,016	\$589,016	\$589,016
O&M	\$84,000	\$84,000	\$84,000	\$84,000	\$84,000	\$84,000	\$84,000	\$84,000	\$84,000	\$84,000
Gastos de Personal	\$57,866	\$57,866	\$57,866	\$57,866	\$57,866	\$57,866	\$57,866	\$57,866	\$57,866	\$57,866
Otros	\$179,800	\$179,800	\$179,800	\$179,800	\$179,800	\$179,800	\$179,800	\$179,800	\$179,800	\$179,800
Depreciación	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350
Utilidad de Operación	\$429,837	\$424,743	\$419,674	\$414,631	\$409,613	\$404,620	\$399,651	\$394,708	\$389,789	\$384,895
Impuesto Sobre la Renta	\$128,951	\$127,423	\$125,902	\$124,389	\$122,884	\$121,386	\$119,895	\$118,412	\$116,937	\$115,469
Utilidad Neta	\$300,886	\$297,320	\$293,772	\$290,242	\$286,729	\$283,234	\$279,756	\$276,296	\$272,853	\$269,427
Depreciación	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350	\$267,350
Flujo de fondos del proyecto	\$568,236	\$564,670	\$561,122	\$557,592	\$554,079	\$550,584	\$547,106	\$543,646	\$540,203	\$536,777
Carga financiera	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Intereses										
Capital										
Fujo de fondos del inversionista	\$568,236	\$564,670	\$561,122	\$557,592	\$554,079	\$550,584	\$547,106	\$543,646	\$540,203	\$536,777

Nota: Elaboración propia para desarrollar el caso hipotético

4.5.7 Indicadores del proyecto

Con las premisas utilizadas para la evaluación del proyecto, el VAN del proyecto se determinó en \$1,819,346 y una TIR de 10.99%, y considerando que el costo de capital es del 6.66%, el proyecto genera flujos de caja suficientes que al descontarlos reditúan en rentabilidad, con un período de recuperación de 7.81 años. Para el inversionista, luego del pago del financiamiento bancario, la rentabilidad de su inversión es del 17.14%, superior al costo de capital del aporte realizado por este, lo que indica que el dueño del proyecto recuperará su inversión y aparte de ello incrementará su patrimonio en \$907,821, con una rentabilidad superior al costo de los fondos propios.

Tabla 6*Indicadores del proyecto*

INDICADOR	VAN	TIR
Proyecto	\$1,819,346	10.99%
Inversionista	\$907,821	17.14%

Tabla 2

Nota: Elaboración propia para desarrollar el caso hipotético

4.5.8 Análisis de sensibilidad

Dado que las variables que se identificaron como críticas fueron tanto la cantidad como precios, incluyó un análisis de escenarios donde se cambió a la baja estas variables para verificar la sensibilidad de los resultados ante las fluctuaciones de estas variables.

Figura 25*Resultados del análisis de escenarios*

	Caso base	Reducción 10% Generación	Reducción 20% Generación	Reducción 10% Tarifa	Reducción 20% Tarifa
Variables					
Cantidad	9,315	8,384	7,452	9,315	9,315
Precio	\$115.00	\$115.00	\$115.00	\$103.50	\$92.00
Resultados					
VAN Proyecto	\$1,819,346	\$808,637	-\$203,157	\$808,095	-\$203,157
TIR Proyecto	10.99%	8.63%	6.15%	8.63%	6.15%
VAN Inversionista	\$907,821	\$96,302	-\$716,088	\$95,866	-\$716,088
TIR Inversionista	17.14%	10.69%	5.26%	10.69%	5.26%

Nota: Elaboración propia para desarrollar el caso hipotético

Con base en los resultados se determinó que al reducir un 10% tanto la variable cantidad como precio, ambos tienen el mismo nivel de impacto sobre los resultados, siendo con esta reducción todavía

rentable el proyecto ya que el VAN, TIR del proyecto y del inversionista son superiores a los parámetros designados. Al realizar un cambio a una reducción del 20% de manera individual a ambas variables, los indicadores financieros muestran que el proyecto no tendría rentabilidad y los inversionistas verían reducido su nivel de patrimonio y sobre estas premisas, no se consideraría conveniente llevar a cabo la inversión. Este análisis permite identificar el margen de tolerancia a reducción de las variables y, considerando que la variable cantidad se mantendría estable en condiciones normales, el precio sería la variable que necesitaría un mayor control por parte de la administración del proyecto para poder operar en condiciones que si reflejen rentabilidad.

4.5.9 Punto de equilibrio de efectivo

La generación de flujos de efectivo para cubrir las erogaciones monetarias permite visualizar en qué nivel de operación o con qué precios se mantendría el proyecto con capacidad de cancelar sus erogaciones, tanto operativas como financieras. (Ver tabla 7)

Los ingresos con los cuales se cubren los costos operativos y financieros del proyecto son de \$62,364, lo que se alcanzaría si la generación bajara a 8,368 MWh al año, manteniendo la tarifa constante, o reducir la tarifa a \$103.31, con la cantidad sin cambios respecto al caso base. Esto representa una variación del 10.16% para ambas variables.

Tabla 7*Análisis de punto de equilibrio de efectivo para el año 1*

Variable	Caso Base	Var. Cantidad	Var. Precio
MWh	9315	8368	9315
Precio	\$115.00	\$115.00	\$103.31
Ingresos	\$1,071,225	\$962,364	\$962,364
Costo de O&M	\$84,000	\$84,000	\$84,000
Gastos de Personal	\$57,866	\$57,866	\$57,866
Otros	\$179,800	\$179,800	\$179,800
Flujo Operativo	\$749,560	\$640,699	\$640,699
Intereses	\$315,000	\$315,000	\$315,000
Capital	\$325,699	\$325,699	\$325,699
Excedente	\$108,861	\$0	\$0

Nota: Elaboración propia para desarrollar el caso hipotético

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Los costos de instalación de los proyectos de generación mediante sistemas fotovoltaicos e inversión inicial son altos, sin embargo, estos proyectos se consideran que tienen bajos costos de operación y excedentes de flujo que permiten cubrir el costo de capital de las fuentes de financiamiento utilizadas.
- El clima, irradiancia, condiciones topográficas e hidrológicas determinan la idoneidad de una ubicación para un proyecto fotovoltaico y dado que estos requisitos se encuentran en terrenos fuera de la zona metropolitana, el costo de la adquisición de suelo o su alquiler es bajo comparado a localizaciones urbanas y así no encarecer el SFV.
- De las principales ventajas para invertir en proyectos de generación de energía eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos, son los periodos de recuperación cortos y la tasa interna de retorno superior al diez por ciento, siendo importantes al momento de la toma de decisiones de inversión.
- Las variables que mayor peso tienen sobre los flujos de efectivo y que están sujetas a mayor variabilidad son el precio por MWh y la cantidad de energía eléctrica a generar y de estas, la tarifa es la que requiere un mayor monitoreo por las actualizaciones de los pliegos tarifarios de manera trimestral por la SIGET, mientras que la energía, siempre y cuando los paneles solares e inversores tengan un funcionamiento dentro de lo previsto no mostrarían variaciones que afecten los niveles de ingresos a generar.

5.2 Recomendaciones

- La contratación de un Epecista con experiencia comprobable en el desarrollo de proyectos con una oferta competitiva en cuanto a precios, marca y calidad de los componentes a utilizar y con la modalidad de llave en mano permitirá la instalación de un proyecto en un tiempo adecuado y con un bajo riesgo de construcción.
- La realización de los estudios técnicos, junto con asesorías para obtención de permisos y la empresa que preste el servicio de operación y mantenimiento se recomienda sean diferentes a la empresa que se contrate como epecista, esto con el objeto de tener contrapartes con conocimiento y experticia en el sector de generación de energías eléctricas renovables, con énfasis en proyectos fotovoltaicos.
- El período adecuado para el financiamiento a negociar con instituciones financieras se estima en 10 años plazo, período en el cual se gozará exención de beneficios fiscales, para que el fondeo bancario se cancele en dicho período previo a empezar a tributar impuesto sobre la renta, ya que esto, si se combina con el pago de crédito bancario, ejercerá presión sobre el flujo de caja.
- La variable precio requerirá una negociación con un factor de descuento lo más cercano posible al 10% para efectos de impactar positivamente al flujo de caja a generar por parte del proyecto o que los impactos a la baja de la variable precio sean reducidos por dicha tarifa negociada, mientras que el contrato O&M y las garantías negociadas mitigarán las posibles fallas de los componentes de la planta solar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Calvo, R., Álamos, N., Billi, M., Urquiza, A., & Lisperguer, R. C. (2021). Desarrollo de indicadores de pobreza energética en América Latina y el Caribe. *Naciones Unidas, Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021., 207, 88.*
- Chafoya Castro, P. J., Larios Rivera, E., & Torres García, J. I. (2021). *Análisis Comparativo de la utilización de módulos fotovoltaicos bifaciales respecto a los tradicionales.*
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021). Estadísticas del subsector eléctrico de los países del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), 2019 y avances a 2020, CEPAL. *Naciones Unidas, (LC/MEX/TS.2021/14), Ciudad de México, 2021., 148.*
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021). La Inversión Extranjera Directa en América Latina y el Caribe 2021. *Naciones Unidas, (LC/PUB.2021/8-P), Santiago, 2021., 195.*
- Consejo Nacional de Energía. (s. f.-b). *Portal de Energías Renovables – CNE.* Recuperado 4 de mayo de 2022, de <http://energiasrenovables.cne.gob.sv/>
- Consejo Nacional de Energía. (s. f.-c). *RECURSO EÓLICO – Portal de Energías Renovables.* Consejo Nacional de Energía, Gobierno de El Salvador. Recuperado 28 de agosto de 2022, de <http://energiasrenovables.cne.gob.sv/index.php/documentos/recurso-eolico/>
- Consejo Nacional de Energía. (2022a). *Consejo Nacional de Energía.* Consejo Nacional de Energía. <https://www.cne.gob.sv/>
- Cortéz Méndez, C. E., Menjívar Urquilla, E. A., & Padilla Marroquín, L. E. (2014). *Actualización del mapa de radiación solar en El Salvador.*

- Hernández-Sampieri, Dr. R., & Mendoza Torres, Dra. C. P. (2018). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA* (Primera edición). McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V.
- International Renewable Energy Agency. (2021a, marzo 31). *Renewable capacity highlights -31 March 2021*. Irena.Org/Publications. <https://www.irena.org/publications>
- International Renewable Energy Agency, I., 2021. (2021b). *Renewable Power Generation Costs 2020*. IRENA, 2021, 180.
- IRENA – International Renewable Energy Agency. (s. f.). /. Recuperado 4 de mayo de 2022, de <https://www.irena.org/>
- IRENA – International Renewable Energy Agency. (2022). *IRENA – International Renewable Energy Agency*. IRENA – International Renewable Energy Agency. <https://www.irena.org/>
- IRENA, A. I. de E. R., Abu Dabi. (2020). *Evaluación del Estado de Preparación de las Energías Renovables: El Salvador*. IRENA (2020), 68.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, M. (2017). *Categorización de actividades, obras o proyectos*.
- Secretaría General del Sistema de la Integración Centroamericana (SG-SICA). (2014). RE 8.52 *Guía de Proyectos Fotovoltaicos*. *Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica (AEA)*, 56.
- Superintendencia de Electricidad y Telecomunicaciones. (s. f.). Marco Institucional. *Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones*. Recuperado 5 de junio de 2022, de <https://www.siget.gob.sv/marco-institucional/>
- Superintendencia de Electricidad y Telecomunicaciones. (2019). *Boletín de estadísticas Eléctricas No.20—Año 2018*.

Superintendencia de Electricidad y Telecomunicaciones. (2020). *Boletín de estadísticas Eléctricas No.21 - Año 2019*.

Superintendencia de Electricidad y Telecomunicaciones. (2021). *Marco jurídico y de incentivos fiscales para la inversión de la transformación energética en El Salvador*.

Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET). (2022). Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones. <https://www.siget.gob.sv/marco-institucional/>

Unidad de Transacciones. (2022). *Informe estadístico anual -Enero a Diciembre 2021*.

Unidad de Transacciones, S.A. de C.V. (2022). *Unidad de Transacciones*. Unidad de Transacciones. <https://www.ut.com.sv/quienes-somos>

Unidad de Transacciones, S.A. de C.V. (2022). *Boletín estadístico—Abril 2022*.

Van Horne, J. C., & Wachowicz, Jr., J. M. (2010). *Fundamentos de Administración Financiera* (Decimotercera). PEARSON EDUCACIÓN.

ANEXOS**ANEXO A**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA

Guía de recolección de datos para generadores de energía eléctrica fotovoltaica

1. ¿Qué ventajas o fortalezas se visualizaron en un proyecto de inversión de sistema fotovoltaico?
2. ¿De qué forma se realizó el proceso de formulación de proyectos en la evaluación técnica?
3. ¿Cuál fue el proceso que siguió para la elección del EPC que hizo la ejecución del sistema fotovoltaico?
4. ¿Qué tipo de validación se realizó para determinar que la propuesta realizada por el EPC seleccionado era razonable?
5. Acerca de los permisos, ¿Cuáles fueron los necesarios para poder empezar la instalación del proyecto?
6. ¿Qué estudios técnicos se realizaron en la etapa de pre-inversión del proyecto (ejemplo: suelo, radiación, eléctricos u otros)?
7. ¿De qué manera se evaluó los precios y la cantidad de energía para efectos de la determinación de los flujos de efectivo?
8. ¿Cuáles variables críticas lograron identificar para la ejecución del proyecto? (Variables como Cantidad de MWh, Precio por MWh, Costos fijos y variables, otras)

9. ¿Qué condiciones de financiamiento se negociaron ya sea con banca comercial, inversionistas, programas de apoyo u otros?
10. ¿Qué indicadores se utilizaron para determinar la rentabilidad del sistema fotovoltaico?
11. ¿Cuáles técnicas de análisis de riesgos financieros se utilizaron?
12. ¿Cuáles fueron las dificultades operativas que se encontraron en la etapa de pre-inversión e inversión del proyecto?
13. ¿Considera que un modelo de evaluación financiera para proyectos de generación de energía fotovoltaica contribuiría a desarrollar más proyectos de esta naturaleza?

ANEXO B

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA
Guía de recolección de datos para los EPC.

1. ¿Cómo se ha comportado la demanda de proyectos de energía fotovoltaica en los años recientes 2015-2020?
2. ¿Cuál ha sido el comportamiento de los precios por MWp de los proyectos llave en mano en los últimos años 2015-2020?
3. ¿De qué manera determinan la capacidad instalada en MWp y la cantidad de MWh que va a generar el proyecto de energía solar?
4. ¿Cuál es la oferta de componentes y/o servicios que se ponen a disposición de los clientes para el desarrollo de nuevos proyectos fotovoltaicos?
5. ¿Cuáles son los servicios post entrega de los proyectos que ofrecen a los generadores de energía?
6. ¿Cuáles son las actividades clave en la instalación y el tiempo estimado del montaje de un proyecto de energía fotovoltaica?

ANEXO C

Visualizador de información geográfico – VIGEA, página web MARN

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

VIGEA

 Visualizador de Información Geográfica de Evaluación Ambiental

Ayuda

Usuario (guest): Contraseña (guestmarn):

Visualizador de Información Geográfica de Evaluación Ambiental

VIGEA

Bienvenidos al Visualizador de Información Geográfica de Evaluación Ambiental (VIGEA), herramienta que facilita el proceso de Evaluación Ambiental de las Actividades, Obras o Proyectos, que realiza el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). El VIGEA basa su aplicación en una plataforma Web y muestra los datos ambientales del Sistema de Información Geográfica disponibles en el MARN de forma dinámica, facilitando la realización de evaluaciones ambientales de actividades, obras o proyectos, a efecto de determinar sus potenciales impactos ambientales.

Esta herramienta está disponible al público con el propósito de facilitar consultas a la información cartográfica proporcionada. Su fácil aplicación, contribuye a un análisis orientador y simplificado, que identifica posibles e importantes aspectos ambientales, previo al inicio de cualquier actividad, obra o proyecto.

VIGEA is a result of collaboration with USAID's (ELE) and US EPA.
Thanks to USAID (ELE) and US EPA for the system that they provide to El Salvador.
VIGEA es el resultado de una colaboración con el (ELE) de USAID y US EPA.
Gracias a (ELE) USAID y US EPA por el sistema que le proporcionan a El Salvador.

ANEXO D

Sistema de evaluación ambiental – página MARN

☰ Sistema de evaluación ambiental ¿Necesitas ayuda? [f](#) [t](#) [v](#)



MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

GOBIERNO DE EL SALVADOR

MENU PRINCIPAL

- Panel de usuario >
- Inicio
- Registrarse
- Consultas y documentos >
- Consulta de proyectos
- Prestadores de servicios
- Documentos
- Comentarios
- Herramientas >
- VIGEA
- RICA
- Pasos para permiso ambiental

Iniciar Sesión

Inicio



Usuario o email

Contraseña

[¿Olvidaste tu contraseña?](#)

Iniciar Sesión

Accesos Directos



Proyectos



Documentos



Prestadores de servicios ambientales



Comentarios



MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

GOBIERNO DE EL SALVADOR

Redes sociales

[f marn.gob.sv](#)

[t @MARNsv](#)

[v @MARNsv](#)

Dirección

Kilómetro 5½ Carretera a Santa Tecla, calle y colonia Las Mercedes, Edificios MARN San Salvador, El Salvador, Centroamérica

Telefono(+503) 2132-9316