



FACULTAD DE POSTGRADO

TESIS DE POSTGRADO

**PREFACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA
SOLAR FOTOVOLTAICA CON ALMACENAMIENTO EN DOS
EDIFICIOS DE LA FUNDACIÓN OSOVI DE SAN PEDRO SULA.**

SUSTENTADO POR:

EMILIO ARTURO CASTRO MEJÍA

MABEL ESTEPHANI FIGUEROA VASQUEZ

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE MÁSTER EN
GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES**

SAN PEDRO SULA, CORTÉS, HONDURAS, C.A.

AGOSTO, 2020

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA
UNITEC**

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MARLON BREVÉ REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICERRECTORA ACADÉMICA

DESIREE TEJADA CALVO

VICEPRESIDENTE UNITEC, CAMPUS S.P.S

CARLA MARÍA PANTOJA

**PREFACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA
SOLAR FOTOVOLTAICA CON ALMACENAMIENTO EN DOS
EDIFICIOS DE LA FUNDACIÓN OSOVI DE SAN PEDRO SULA.**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MÁSTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES**

**ASESOR METODOLÓGICO
EDUARDO VALLE VEGA**

**ASESOR TEMÁTICO
HÉCTOR FERNANDO VILLATORO FLORES**

**COMISIÓN EVALUADORA:
JULISSA CORTÉS
LISETTE CARCAMO**

DERECHOS DE AUTOR

© Copyright 2020

EMILIO ARTURO CASTRO MEJÍA
MABEL ESTEPHANI FIGUEROA VASQUEZ

Todos los derechos son reservados.



FACULTAD DE POSTGRADO

PREFACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA CON ALMACENAMIENTO EN DOS EDIFICIOS DE LA FUNDACIÓN OSOVI DE SAN PEDRO SULA.

NOMBRE LOS MAESTRANTE:

Mabel Estephani Figueroa Vasquez y Emilio Arturo Castro Mejía

RESUMEN

El proyecto de investigación tuvo como propósito determinar la prefactibilidad de implementación de energía solar fotovoltaica con almacenamiento en dos edificios de la fundación OSOVI, de San Pedro Sula, con el fin de contribuir con el medio ambiente a través del acceso a energía limpia que respalde el suministro eléctrico en los edificios la casa del niño y el colegio, tomamos como referencia obtener un PR mayor del 70% para validar que el proyecto era viable técnicamente, nos planteamos una hipótesis de determinar si el proyecto es factible al obtener una TIR mayor que el costo del capital. Logramos cuantificar la demanda de energía eléctrica, se realizó el estudio técnico y el estudio financiero, los resultados demostraron que el proyecto es viable técnicamente, puesto que el coeficiente de rendimiento (PR) es mayor al 70%, sin embargo, encontramos que el proyecto no es viable financieramente ya que la tasa interna de retorno (TIR 2%) es menor al costo de capital 8%. Con todo ello rechazamos la hipótesis nula y no encontramos evidencia para rechazar la hipótesis alternativa, en pocas palabras el proyecto no es factible al obtener una TIR menor que el costo de capital. El proyecto no es factible económicamente, sin embargo, existen situaciones a las que no se les puede poner un valor monetario, como la calidad de vida de los niños de la fundación.

Palabras Claves: Almacenamiento, Coeficiente de Rendimiento, Energía, Módulo fotovoltaico.



POSTGRADUATE FACULTY

FEASIBILITY STUDY OF PHOTOVOLTAIC ENERGY FOR TWO BUILDINGS OF THE FOUNDATION “OBRAS VICENTINAS” IN SAN PEDRO SULA, HONDURAS.

BY:

Mabel Estephani Figueroa Vasquez and Emilio Arturo Castro Mejía

SUMMARY

The objective of the investigation project was to determine the prefeasibility of implementing photovoltaic solar energy with storage in two buildings of the OSOVI foundation, in San Pedro Sula, to be able of contribute to the environment through access to clean energy that supports the electrical supply in the house and the school where the children lives, we take as a reference to obtain a PR greater than 70% to validate that the project was technically feasible, we hypothesized to determine if the project is feasible by obtaining an IRR greater than the capital cost. We were able to quantify the demand for electrical energy, the technical study and the financial study were carried out, the results showed that the project is technically feasible, since the performance ratio (PR) is greater than 70%, however, we found that the project it is not financially viable since the internal rate of return (IRR 2%) is less than the cost of capital 8%. With all this we reject the null hypothesis and we found no evidence to reject the alternative hypothesis, in short, the project is not feasible to obtain an IRR less than the cost of capital. The project is not economically feasible, however there are situations to which a monetary value cannot be put, such as the quality of life of the children of the foundation.

Key Words: Storage, Performance Ratio, Energy, Photovoltaic module.

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios por brindar la sabiduría, fuerzas y salud necesarias para lograr cumplir mis sueños y por la bendición de alcanzar una meta más en mi vida.

A mis Padres, Isis Dinora Vasquez Alvarado y Fredy Omar Figueroa Ochoa por ser los principales impulsores de mis sueños, hoy les agradezco por el tiempo dedicado, su enseñanza, la constancia y por el amor.

A mis compañeros de la maestría por su apoyo y por dejarme ser parte de la historia de sus vidas.

Mabel Estephani Figueroa Vasquez

En primer lugar, a Dios por brindar la sabiduría y fuerzas y salud necesaria con el propósito de cumplir mis sueños y por la bendición de alcanzar una meta más en mi vida.

A mis Padres, María Concebida Mejía y Emilio Arturo Castro Velásquez por ser los principales impulsores de mis sueños, hoy les agradezco por el tiempo dedicado, su enseñanza, la constancia y por el amor.

A mi compañera de vida Joselin Turcios por su comprensión y apoyo en esta etapa de mi vida y en especial a mi pequeña hija Mia Jimena mi orgullo y mi gran motivación, tu afecto y cariño que son los detonantes de mi felicidad, de mi esfuerzo y mis ganas de buscar lo mejor para ti.

A mis compañeros de la maestría por su apoyo y por dejarme ser parte de la historia de sus vidas.

Emilio Arturo Castro Mejía

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios por ser nuestra guía, fortaleza y la sabiduría con el fin de poder alcanzar nuestras metas.

A UNITEC, por la oportunidad de cursar nuestra maestría en gestión de energía renovables, lo cual estamos seguros que dará un valor agregado a nuestra vida profesional.

A nuestros profesores que fueron nuestra guía a lo largo de la carrera y compartieron sus conocimientos y experiencias.

A nuestro asesor metodológico de tesis Lic. Eduardo Valle Vega por su constante apoyo, dedicación y paciencia hacia nosotros.

A nuestro asesor temático de tesis Ing. Héctor Villatoro por su atención y apoyo durante el desarrollo de la tesis.

A nuestros mis amigos, que siempre nos han prestado un gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles en cada etapa de nuestras vidas.

A nuestros compañeros de maestría, por su paciencia, comprensión y solidaridad con este proyecto.

A todas las personas que de una u otra manera estuvieron a nuestro lado, que nos enseñaron y nos dieron ánimos, gracias a todos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	7
1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA	7
1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	8
1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	8
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO	8
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	9
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
1.5 HIPÓTESIS	9
1.6 JUSTIFICACIÓN	10
1.6.1 CONVENIENCIA	10
1.6.2 RELEVANCIA SOCIAL	10
1.6.3 IMPLICACIONES PRÁCTICAS	10
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	11
2.1.1 ANÁLISIS MACROENTORNO.....	11
2.1.1.1 EL SOL COMO FUENTE DE ENERGÍA	11
2.1.1.2 RADIACIÓN SOLAR.....	12
2.1.1.3 RADIACIÓN SOLAR TERRESTRE	13
2.1.1.4 PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN EL POTENCIAL SOLAR	14
2.1.1.5 TENDENCIAS DE ENERGÍA SOLAR EN EL MUNDO	14
2.1.1.6 TENDENCIA DE ENERGÍA SOLAR EN CENTROAMÉRICA	16
2.1.2 ANÁLISIS MICROENTORNO	17
2.1.2.1 RADIACIÓN EN HONDURAS	17
2.1.2.2 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN HONDURAS.....	18
2.1.2.3 MATRIZ ENERGÉTICA EN HONDURAS.....	20
2.1.2.4 ÍNDICE DE COBERTURA ELÉCTRICA EN HONDURAS	22

2.1.2.5 LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN HONDURAS.....	23
2.1.2.6 TARIFA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN HONDURAS.....	24
2.1.3 ANÁLISIS INTERNO (OSOVI).....	25
2.2 TEORÍA DE SUSTENTO	26
2.2.1 EL EFECTO FOTOVOLTAICO.....	26
2.2.2 GENERACIÓN FOTOVOLTAICA.....	27
2.2.3 COMPONENTES DE INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA.....	27
2.2.3.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	28
2.2.3.2 LAS BATERÍAS (SISTEMA DE ALMACENAMIENTO)	30
2.2.3.3 REGULADORES.....	31
2.2.3.4 INVERSORES DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS	31
2.2.3.5 PROTECCIONES DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS	32
2.2.4 TIPOS DE INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS.....	34
2.2.4.1 INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS AISLADAS.....	34
2.2.4.2 INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A LA RED.....	34
2.2.4.3 INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS PARA AUTOCONSUMO.....	35
2.2.5 RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES SOLARES	35
2.2.6 OPORTUNIDADES Y BARRERAS DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA.....	35
2.2.7 SURGIMIENTO DE LA CAPTACIÓN FOTOVOLTAICA EN EDIFICIOS.....	36
2.2.8 PARÁMETROS TÉCNICOS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO	37
2.2.8.1 UBICACIÓN.....	37
2.2.8.2 LA ORIENTACIÓN (AZIMUT) E INCLINACIÓN DE LOS MÓDULOS ..	37
2.2.8.3 FACTOR DE CARGA	38
2.2.8.4 FACTOR DE PLANTA.....	39
2.2.8.5 CURVA DE CARGA	39
2.2.8.6 DEMANDA ELÉCTRICA	39
2.2.8.7 EL COEFICIENTE DE RENDIMIENTO (PR).....	40
2.2.9 PARÁMETROS FINANCIEROS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	40
2.2.9.1 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	41
2.2.9.2 COSTO DE CAPITAL (CC)	41
2.2.9.3 PERÍODO DE RECUPERACIÓN.....	42

2.2.9.4 TASA DE DESCUENTO	42
2.2.9.5 VALOR ACTUAL NETO (VAN)	42
2.2.9.6 EL COSTO NIVELADO DE LA ENERGÍA (LCOE)	43
2.3 CONCEPTUALIZACIÓN	44
2.4 INSTRUMENTOS UTILIZADOS	46
2.4.1 GOOGLE EARTH	46
2.4.2 SYSTEM ADVISOR MODEL (SAM)	47
2.4.3 SOFTWARE AVANZADO DE DISEÑO SOLAR (HELIOSCOPE)	47
2.4.4 SOFTWARE MINITAB	47
2.5 MARCO LEGAL	48
2.5.1 LEYES SECTOR ENERGÉTICO EN HONDURAS	48
2.5.1.1 REFORMA DE LA LEY	48
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	51
3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA	51
3.1.1 MATRIZ DE CONGRUENCIA METODOLÓGICA	51
3.1.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	52
3.1.3 HIPÓTESIS	55
3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS	55
3.2.1 EVALUACIÓN DE PROYECTOS	56
3.2.1.1 PROCESO DE PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN PROYECTO	56
3.2.1.2 RIESGOS DEL PROYECTO	60
3.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	61
3.4 FUENTES DE INFORMACIÓN	62
3.4.1 FUENTES PRIMARIAS	62
3.4.2 FUENTES SECUNDARIAS	63
3.5 LIMITANTES DEL ESTUDIO	63
3.5.1 LIMITACIÓN TEMPORAL	63
3.5.2 LIMITACIÓN ESPACIAL	63
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS	64
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	64
4.2 PLANIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN DEL PROYECTO	66

4.3 ANÁLISIS FODA DEL PROYECTO.....	66
4.4 DEMANDA ELÉCTRICA	67
4.4.1 POTENCIA DE LOS EQUIPOS	67
4.4.2 CURVA DE CARGA.....	70
4.4.2.1 PROYECCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	72
4.5 ESTUDIO TÉCNICO	73
4.5.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	73
4.5.2 ORIENTACIÓN (AZIMUT) E INCLINACIÓN DE LOS MÓDULOS FV	75
4.5.3 IRRADIACIÓN GLOBAL HORIZONTAL.....	76
4.5.3.1 PRUEBA ESTADÍSTICA DE LA IRRADIACIÓN.....	78
4.5.4 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA	79
4.5.4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS	80
4.5.4.2 CÁLCULOS TÉCNICOS	81
4.5.4.3 PARÁMETROS DEL DIMENSIONAMIENTO DE CADENAS	83
4.5.5 DISTRIBUCIÓN DE LOS MÓDULOS SOBRE LAS AGUAS DE LOS TECHOS .	84
4.5.6 PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA.....	87
4.5.7 IMPACTO AMBIENTAL.....	90
4.5.7.1 REDUCCIÓN DE EMISIONES EN ÁRBOLES PLANTADOS.....	90
4.6 ESTUDIO FINANCIERO	91
4.6.1 ESTRUCTURA DE CAPITAL	91
4.6.2 ESTIMACIÓN DE CANTIDADES DE MATERIALES.....	92
4.6.3 PREPARACIÓN DE PRESUPUESTO	94
4.6.4 AHORROS	96
4.6.5 FLUJOS DE EFECTIVOS	98
4.6.6 FLUJOS DE EFECTIVO A LO LARGO DE LA VIDA DEL GENERADOR	99
4.6.7 CÁLCULOS DE INDICADORES FINANCIEROS.....	100
4.7 PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	101
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	102
5.1 CONCLUSIONES.....	102
5.2 RECOMENDACIONES	103
CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD	104

6.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA.....	104
6.2 INTRODUCCIÓN.....	104
6.3 DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN.....	105
6.4 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN	106
6.5 PRESUPUESTO.....	109
6.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	110
6.7 ANÁLISIS DE ESCENARIO	110
6.7.1 ESCENARIO SIN ALMACENAMIENTO	110
6.7.1.1 PRESUPUESTO.....	110
6.7.1.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA.....	112
BIBLIOGRAFÍA.....	116
ANEXOS	128
ANEXO 1. DIARIO OFICIAL LA GACETA	128
ANEXO 2. CARTA DE COMPROMISO.....	130
ANEXO 3. COTIZACIÓN DE MATERIALES.....	131
ANEXO 4. INSTALACIONES DE LA FUNDACIÓN OSOVI.....	133
ANEXO 5. FICHA TÉCNICA MÓDULO FV	136
ANEXO 6. FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR.....	138
ANEXO 7. FICHA TÉCNICA DE LAS BATERIAS	140
ANEXO 8. ANÁLISIS DE SOMBRAS HELISCOPE	142
ANEXO 9. REPORTE HELISCOPE EDIFICIO 1	143
ANEXO 10. REPORTE HELIOSCOPE EDIFICIO 2.....	144
ANEXO 11. AGENDA 2030 PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE.....	145
ANEXO 12. PROYECTO SOCIAL.....	146
ANEXO 13. GLOSARIO	147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estructura tarifaria a partir del mes de enero 2020	6
Tabla 2. Capacidad solar instalada en C.A	16
Tabla 3. Capacidad total instalada de plantas fotovoltaica en Honduras	20
Tabla 4. Congruencia Metodológica	52
Tabla 5. Operacionalización de las variables	53
Tabla 6 Lista de riesgos del proyecto	60
Tabla 7 Criterios de decisión para evaluar los riesgos	60
Tabla 8. Matriz de riesgo	61
Tabla 9 Clasificación de los riesgos	61
Tabla 10 Lista de potencia de los equipos en la casa del niño (Edificio 1)	68
Tabla 11 Lista de potencia de los equipos en el colegio OSOVI (Edificio 2)	68
Tabla 12 Factores de carga eléctrica para diferentes sistemas	69
Tabla 13 Cuadro de demanda eléctrica.....	69
Tabla 14 Detalles de Azimut en los Edificios	75
Tabla 15 Tabla de Irradiación Software System Advisor Model (SAM).....	77
Tabla 16 Tabla de Irradiación Software de Diseño Solar (Helioscope)	77
Tabla 17 Comparativo de Proveedores de módulos fotovoltaicos	80
Tabla 18 Descripción de equipos del proyecto	80
Tabla 19 Factor de pérdidas del proceso de generación de energía	81
Tabla 20 Resumen de Cálculos Técnicos	82
Tabla 21 Parámetros de los Edificios	82
Tabla 22 Dimensionamiento de Inversores por cadenas	83
Tabla 23 Parámetros necesarios del Dimensionamiento de Cadenas.....	84
Tabla 24 Proyección generación de energía generada anual edificio 1	88
Tabla 25 Proyección generación de energía generada anual edificio 2.....	89
Tabla 26 Equivalente de la reducción de emisiones en árboles plantados	90
Tabla 27 Estructura del capital.....	91
Tabla 28 Resumen de inversión	91
Tabla 29 Lista de materiales edificio casa del niño y colegio	92

Tabla 30 Lista de materiales del Proyecto (Edificio 1 y 2)	93
Tabla 31 Presupuesto del Edificio 1	94
Tabla 32 Presupuesto Edificio 2.....	95
Tabla 33 Flujo del proyecto (Edificio 1 y 2).....	98
Tabla 34 Continuación Flujo del proyecto (Edificio 1 y 2).....	98
Tabla 35 Flujo de Efectivo Acumulado del Proyecto	99
Tabla 36 Cálculo de los Indicadores financieros del proyecto	100
Tabla 37 Prueba de Hipótesis.....	101
Tabla 38 Ventajas y Desventajas del proyecto	105
Tabla 39 Check list del plan de acción	105
Tabla 40 Escenario Presupuesto del Edificio 1	111
Tabla 41 Escenario Presupuesto Edificio 2	112
Tabla 42 Escenario Flujo de Efectivo del Proyecto	113
Tabla 43 Continuación Escenario Flujo de Efectivo del Proyecto.....	113
Tabla 44 Escenario Flujo de Efectivo Acumulado del proyecto.....	114
Tabla 45 Escenario Cálculo de los Indicadores financieros, Edificio 1 y 2	115

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Capacidad total instalada en Planta (MW), abril 2019	3
Figura 2. Potencial de generación de energía solar en el país	4
Figura 3 Porcentaje mensual de Radiación Solar en la Zona Norte de Honduras	5
Figura 4. Evolución de la Tarifa promedio.....	6
Figura 5. Calor que se trasfiere a través de esta capa por convección	11
Figura 6 Tipos de radiación que recibe un módulo fotovoltaico	13
Figura 7. Capacidad solar Mundial	15
Figura 8 Capacidad solar instalada en C.A.....	17
Figura 9. Global horizontal Irradiation.....	18
Figura 10. Potencial Fotovoltaico de Honduras.....	19
Figura 11. Capacidad total instalada plantas fotovoltaicas, abril 2019	20
Figura 12 Capacidad instalada en plantas térmicas y renovables (MW), abril 2019	21
Figura 13 Índice de cobertura eléctrica por departamento de Honduras 2018	22
Figura 14 Crecimiento de la demanda energía eléctrica 2019 – 2033	23
Figura 15 Histórico de tarifas por demanda.....	23
Figura 16 Componentes del costo de la tarifa promedio I trimestre 2020.....	24
Figura 17. Fundación OSOVI	25
Figura 18 Efecto Fotovoltaico.....	27
Figura 19 Equipos de una Instalación fotovoltaica	28
Figura 20 Tipos de módulos fotovoltaicos	29
Figura 21 Primer sistema solar fotovoltaico	37
Figura 22. Ángulo del Azimut	38
Figura 23 Estructura general de la evaluación de proyectos	57
Figura 24 Esquema del proyecto.....	57
Figura 25 Diagrama de Variables.....	58
Figura 26 Diagrama de Flujo del Proyecto	59
Figura 27 Línea de tiempo de la Instalación del proyecto.....	66
Figura 28 Matriz FODA del Proyecto	67
Figura 29 Curva de carga de lunes a viernes Casa del niño (Edificio #1).....	70

Figura 30 Curva de carga lunes a viernes en clase del colegio OSOVI (Edificio #2)	71
Figura 31 Curva de carga sábado y domingo en clase colegio OSOVI (Edificio #2).....	71
Figura 32 Curva de carga lunes a domingo sin clases colegio OSOVI (Edificio #2)	72
Figura 33 Proyección mensual de consumo de energía eléctrica Edificio #1	72
Figura 34 Proyección mensual de consumo de energía eléctrica Edificio #2.....	73
Figura 35 Latitud y Longitud de la fundación OSOVI.....	74
Figura 36 Identificación de los Edificios de la Fundación OSOVI.....	74
Figura 37 Plano de Azimut Edificio 1	75
Figura 38 Plano de Azimut Edificio 2	76
Figura 39 Prueba de hipótesis media para la diferencia de SAM y Helioscope	78
Figura 40 Componentes de la instalación híbrido	79
Figura 41 Esquema del sistema híbrido.....	79
Figura 42 Equipos utilizados en el proyecto	81
Figura 43 Resumen del Proyecto Edificio 1	85
Figura 44 Distribución de los módulos e inversores en las aguas del edificio 1	85
Figura 45 Resumen del Proyecto Edificio 2	86
Figura 46 Distribución de los módulos e inversores en las aguas del edificio 2	86
Figura 47 Proyección de Energía mensual Edificio 1	87
Figura 48 Proyección de Energía mensual Edificio 2	87
Figura 49 Gráfico de Generación de energía Anual Edificio 1.....	88
Figura 50 Gráfico de Generación de energía Anual Edificio 2.....	89
Figura 51 Comparativo Demanda y el porcentaje con energía fotovoltaica Edificio 1	96
Figura 52 Comparativo Demanda y el porcentaje con energía fotovoltaica Edificio 2	97
Figura 53 Comparativo Demanda y el porcentaje con energía fotovoltaica Proyecto.....	97
Figura 54 Grafico de Flujos de efectivos acumulados del proyecto	100
Figura 55 Organigrama de planificación de actividades	106
Figura 56 Proyecto energía solar fotovoltaica con almacenamiento.....	107
Figura 57 Segunda parte del proyecto energía solar fotovoltaica con almacenamiento	107
Figura 58 Tercera parte del proyecto energía solar fotovoltaica con almacenamiento	108
Figura 59 Diagrama de GANTT del proyecto	108
Figura 60 Continuación del diagrama de GANTT del proyecto.....	109

Figura 61 Escenario Flujos de efectivos acumulados en edificios 1 y edificio 2 114

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

El primer capítulo tiene como propósito presentar el planteamiento de la investigación, comenzando con la introducción, luego los antecedentes, definición, enunciado y formulación del problema, continuando con las preguntas de investigación y objetivos del proyecto tanto generales como específicos y por último la justificación donde hay que explicar porque se llevará a cabo el estudio de prefactibilidad.

1.1 INTRODUCCIÓN

El estudio busca determinar la prefactibilidad de implementación de Energía Solar Fotovoltaica con almacenamiento de energía a través de baterías, ubicado en dos edificios de Fundación Obras Sociales Vicentinas de San Pedro Sula (OSOVI) fundada en el año 1995, es una organización no gubernamental, sin fines de lucro, beneficiando a las personas más necesitadas de la sociedad hondureña a través de los diferentes programas de asistencia y promoción social, dirigidos a niños(as) y jóvenes en riesgo social.

El proyecto nace como una iniciativa enmarcada en el acuerdo de cooperación firmado entre la Fundación Obras Sociales Vicentinas (OSOVI) y la ONG Poble Solidari de España, quien suministra apoyo económico a la fundación OSOVI. El proyecto se enmarca en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), agenda 2030 (No. 1, 2, 4, 7, 10, 11 y 13) de la ONU, con el propósito de contribuir con el medio ambiente a través del acceso a energía limpia para autoconsumo a bajo costo y asimismo mejorar las condiciones de vida de la población meta de la fundación OSOVI (Grupos Vulnerables), donde surge la necesidad de una alternativa que respalde el suministro eléctrico en los edificios la casa del niño y el colegio OSOVI, cuando se interrumpa el servicio de energía eléctrica proporcionada por la red eléctrica convencional.

La Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), es el organismo responsable de la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica en Honduras, el cual maneja la interrupción del servicio mediante una programación por zonas, sin descartar los apagones imprevistos, los cuales afectan directamente la calidad de vida en los hogares. Debido a

que la fundación no cuenta con un sistema de respaldo que suministre de energía los edificios cuando ocurra un corte de energía eléctrica, surgen dos alternativas de respaldo: la primera es utilizar un generador eléctrico con el fin de suministrar energía, pero esto representa contaminación al medio ambiente, ya que genera ruido y libera gases de efecto invernadero. Y la segunda es utilizar baterías, se escoge una alternativa más viable y menos contaminante como ser el almacenamiento de energía a través de baterías de litio, debido a que el proyecto debe ser renovable y con el menor impacto al medio ambiente para ser presentado a la fundación OSOVI.

A raíz de esta problemática se realizará el estudio de prefactibilidad, comenzando con la demanda de energía eléctrica, el estudio técnico en los edificios la casa del niño y el colegio de la fundación, con el propósito de determinar la capacidad del proyecto fotovoltaico, sus componentes y la estadística de los niveles de radiación solar de la región, se estimará la energía producida y se obtendrán los indicadores financieros con el fin de determinar si el proyecto es factible económicamente al obtener una TIR mayor que el costo del capital.

1.2 ANTECEDENTES

El sector energético en Honduras es de gran importancia para el desarrollo desde el punto de vista económico, social y en relación con el funcionamiento de las actividades productivas. Es preciso mencionar que entre las ventajas que hacen competitivo el sector se encuentran la disponibilidad de abundantes recursos renovables que pueden ser utilizados en generación de electricidad.(Perfil Sector Energía Honduras, 2016).

Honduras cuenta con un gran potencial de recursos renovables para la generación de energía eléctrica, según el boletín estadístico de la ENEE, abril 2019, el país tiene una capacidad total instalada del sistema de 2,698.43 MW, el cual un 62.8% de esa capacidad instalada es Renovable y un 37.2%, es térmica. Entre las tecnologías renovables están: Hidráulica 713.4 MW, Biomasa 209.7 MW, Eólica 225.0 MW, Fotovoltaica 510.8 MW y Geotérmica 35.0 MW. (ENEE, 2019)

Sumado al gran potencial no explotado que tiene el país y con una demanda Nacional no satisfecha al 100%. Esto hace que exista una oportunidad hacia la empresa privada y las inversiones del sector energético.(Perfil Sector Energia Honduras, 2016). La figura 1, muestra la capacidad

total instalada en plantas (MW) de Honduras, en el mes de abril del año 2019, según boletín estadístico ENEE, 2019.

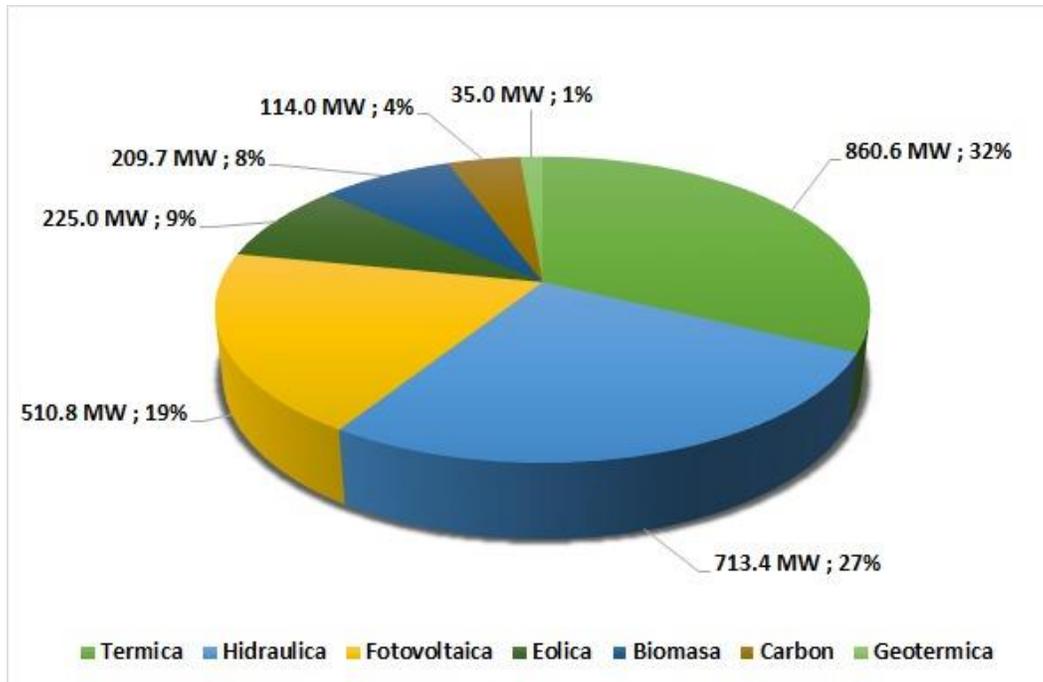


Figura 1. Capacidad total instalada en Planta (MW), abril 2019

Fuente: (ENEE, 2019)

En Honduras las energías renovables han presentado un crecimiento notorio desde el año 2015 debido a los diferentes programas del gobierno para revertir la matriz energética usando energías renovables. Reyes et al. (2020) Dentro de los tipos de energía renovable que tiene un gran potencial de explotar, se encuentra la energía solar fotovoltaica, esta transforma la radiación solar en electricidad y es la segunda fuente de energía renovable más utilizada en el País. Según el boletín estadístico ENEE 2019, el país cuenta con 17 plantas fotovoltaicas, teniendo una capacidad total instalada de 510.8 MW en solar fotovoltaica y una participación del 19%. (ENEE, 2019).

La figura 2, muestra el potencial de generación de energía solar en el país, el mapa representa la irradiación horizontal promedio anual global en kilovatio hora por metro cuadrado (kWh/m^2), se puede observar que el mayor potencial de generación con este recurso es identificado en la zona Sur del país, así como zonas centrales de Cortés, Yoro y Colón y en menor medida, Olancho, Ocotepeque, Copán y Gracias a Dios. (Nacional, 2017).

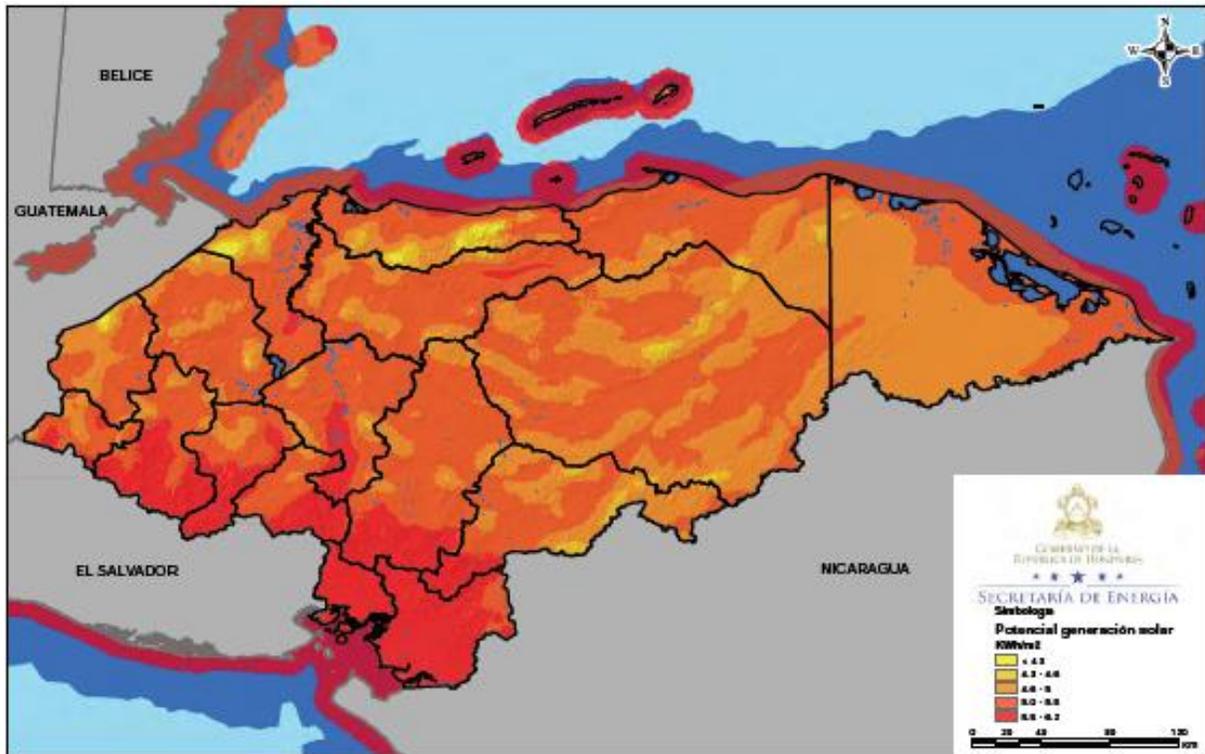


Figura 2. Potencial de generación de energía solar en el país

Fuente: (Balance energético Nacional, 2017)

En la región norte de Honduras se estima una irradiación solar global según National Radiation Data Base (NRDB), tiene un valor de $5.48 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{día}$, lo cual indica un alto potencial de radiación solar global, siendo rentable en diversas aplicaciones de energía solar. (Home - NSRDB, s. f.).

En comparación con otras regiones del planeta, Perú ocupa el primer lugar entre los altos índices de radiación solar según el atlas de la energía solar, el país tiene una radiación solar de 5.5 a 6.5 kWh/m^2 ; 5.0 a 6.0 kWh/m^2 en la Costa y en la Selva de aproximadamente 4.5 a 5.0 kWh/m^2 . (La radiación solar más alta del mundo, 2020). Bolivia ocupa el segundo lugar con mayor radiación solar del mundo entre 5 y $6 \text{ kWh/m}^2 \text{ día}$. (Mapa de Radiación Solar Media Anual para Bolivia, 2020).

La figura 3, muestra el porcentaje mensual de radiación solar en la zona norte de Honduras, el cual se observa que los meses con mayor radiación son: marzo, abril, mayo, agosto y los meses con menor radiación son: noviembre, diciembre y enero.

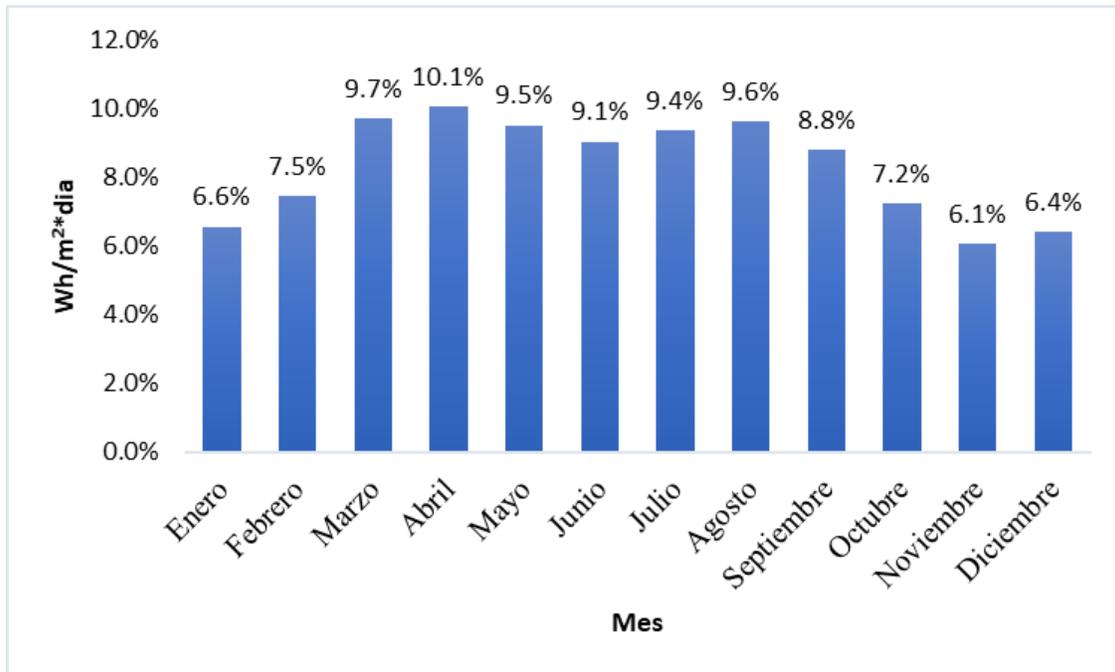


Figura 3 Porcentaje mensual de Radiación Solar en la Zona Norte de Honduras

Fuente: (Nacional Data Base 2020)

El potencial de recurso solar que tiene el país hace que la tecnología solar fotovoltaica con almacenamiento sea una alternativa activa con el fin de aprovechar los recursos naturales como ser el sol, contribuyendo así con el medio ambiente, además de brindar una alternativa de respaldo de energía frente a la mala calidad del suministro eléctrico en el país y disminuyendo el alto costo en la factura de electricidad.

En el país la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE), aprobó un nuevo ajuste a la tarifa de energía eléctrica de 2.9 por ciento, a partir del mes de enero hasta marzo del año 2020. El aumento va desde un uno por ciento en la tarifa en baja tensión general y hasta un 3.64 por ciento para los consumidores residenciales y en la tarifa de media tensión un 3.8 por ciento.(Hondudiario, s. f.)

La CREE en uso de sus facultades y de conformidad con lo establecido en el Artículo 3, de la Ley General de la Industria Eléctrica, y el Artículo 4 del Reglamento Interno del Directorio de Comisionados de la CREE, por unanimidad de votos de sus comisionados acordó aprobar el ajuste a la estructura tarifaria que debe aplicar la ENEE para la facturación a partir del mes de enero de 2020, ver tabla 1 (CREE, 2020).

Tabla 1. Estructura tarifaria a partir del mes de enero 2020

SERVICIO	Cargo fijo	Precio de la Potencia	Precio de la Energía
	L/abonado-m	L/kW-mes	L/kWh
Servicio Residencial			
Consumo de 0 a 50 kWh/mes	54.57		4.0088
Consumo mayor de 50 kWh/mes	54.57		5.2164
Servicio General en Baja Tensión	54.57		5.1945
Servicio en Media Tensión	2,280.00	297.2365	3.3617
Servicio en Alta Tensión	5,700.00	252.4619	3.1463

SERVICIO	Cargo fijo	Precio de la Energía
	L/Lámpara-m	L/kWh
Alumbrado Público	58.68	4.1317

Fuente: (ENEE, 2019)

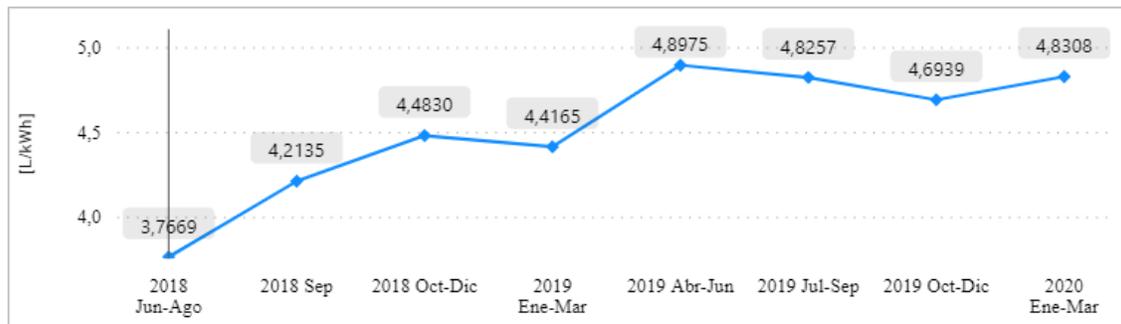


Figura 4. Evolución de la Tarifa promedio.

Fuente: (ENEE, 2020)

El historial de tarifas es aplicado a la energía y potencia suministrada por la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) dentro del Sistema Interconectado Nacional de Honduras (SIN). (CREE Tarifas, 2020). La figura 4, muestra la evolución tarifaria promedio según la ENEE, se puede observar el incremento constante que ha tenido la tarifa, de junio del 2018 a junio del 2019 tuvo un incremento de un 30%.

En Honduras la zona productiva del Valle de Sula está a las puertas de enfrentar racionamientos, a causa del poco caudal de la represa el cajón y los efectos de la sequía en el país, otro factor detonante, es la mala planificación de la empresa ENEE. (Digital, s. f.). Los municipios más afectados serían: San Pedro Sula, Villanueva, Choloma, Puerto Cortés, La Lima, Potrerillos, Pimienta, San Manuel en Cortés y El Progreso en Yoro. Estos sectores dependen en gran medida de la producción de energía de la represa El Cajón. La cual está ubicada en el municipio de Santa Cruz de Yojoa, en el cono sur de Cortés (Digital, s. f.).

La empresa Nacional de energía eléctrica (ENEE), en colaboración con la empresa de energía Honduras (EEH), anuncia los listados de zonas del país, donde se hará la interrupción del fluido eléctrico por trabajos de mantenimientos cada semana. (Diario El Herald, s. f.) Debido a las constantes suspensiones del servicio y los nuevos ajustes de la tarifa de electricidad por parte de la empresa Nacional de energía eléctrica (ENEE), se llevará a cabo la ejecución de este estudio de prefactibilidad de la implementación de energía solar fotovoltaica con almacenamiento de energía a través de baterías en dos edificios de la fundación OSOVI.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El problema de investigación es el combustible que impulsa el proceso científico y constituye la base de cualquier método de investigación y diseño experimental. (Definición de un Problema de Investigación, s. f.). A continuación, se presentará el enunciado y formulación del problema, así como las preguntas de investigación.

1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

La fundación Obras Sociales Vicentinas (OSOVI), preocupados por la gran afluencia de problemas sociales que afectan la ciudad de San Pedro Sula, deciden brindar apoyo como ser salud, alimentación y vivienda a cientos de niños y adultos pobres de la zona. Todos los integrantes de la Fundación OSOVI se esmeran a brindar un servicio de calidad, considerando al receptor del servicio (grupos vulnerables), como una persona que merece el mejor trato y la mejor atención.

La fundación no cuenta con un sistema de respaldo que proporcione energía los edificios la casa del niño y el colegio OSOVI, es por ello que les preocupa el tema del suministro eléctrico en el país, ya que en vez de mejorar la calidad del servicio y reducir los precios del mismo, ha sido lo contrario, lo que ha contribuido al incremento del costo de la vida y de la producción, asociado a ello, el servicio ha venido siendo suministrado en medio de cortes o “apagones” que la empresa proveedora los maneja mediante una programación por zonas, sin descartar los apagones imprevistos, afectando la calidad de vida de las personas usuarias de los servicios en los hogares, la educación, la pérdida de productos perecederos (alimentos, abarrotes, medicamentos) y daños en artículos eléctricos.

1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El servicio de energía eléctrica que la empresa ENEE, proporciona a sus abonados en la zona de San Pedro Sula, departamento de Cortés del Litoral Atlántico del País, donde se ubicará el presente proyecto, es de baja calidad suministrado en medio de cortes que la empresa proveedora maneja mediante una programación por zonas, sin descartar los apagones imprevistos, es por ese motivo que se ha decidido apoyar a la fundación Obras Sociales Vicentinas (OSOVI), mediante un estudio de prefactibilidad de la implementación de Energía Solar Fotovoltaica con almacenamiento de energía a través de baterías, en los edificios de la casa del niño y el colegio de la fundación. Con base a esto se formula la siguiente pregunta:

¿Es económicamente factible llevar a cabo un proyecto de Energía Solar Fotovoltaico con almacenamiento de energía a través de baterías en dos edificios de la Fundación Obras Sociales Vicentinas de San Pedro Sula?

1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) ¿Cuánta es la demanda de energía eléctrica en dos edificios de la fundación OSOVI?
- 2) ¿Es viable técnicamente la implementación de energía solar fotovoltaica con almacenamiento de energía a través de baterías, en dos edificios de la fundación OSOVI?
- 3) ¿Es viable financieramente la implementación de energía solar fotovoltaica con almacenamiento de energía a través de baterías, en dos edificios de la fundación OSOVI?

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

A continuación, se presentan los objetivos de la investigación, se divide en objetivo general y específicos. Los objetivos expresan la intención principal del estudio en una o varias oraciones, señalan a lo que se aspira en la investigación y deben expresarse con claridad, pues son las guías del estudio (Hernandez Sampieri et al., 2010).

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Al realizar el planteamiento de la investigación se propone como objetivo general: Desarrollar un estudio de prefactibilidad de implementación de Energía Solar Fotovoltaica con almacenamiento de energía a través de baterías en dos edificios de la fundación OSOVI de San Pedro Sula.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Cuantificar la demanda de energía eléctrica en dos edificios de la fundación OSOVI.
- 2) Realizar un estudio técnico a fin de conocer la viabilidad de implementación de energía solar fotovoltaica con almacenamiento de energía a través de baterías, en dos edificios de la fundación OSOVI, mediante un coeficiente de rendimiento $(PR) \geq 70\%$.
- 3) Realizar un estudio financiero con la finalidad conocer si es económicamente factible la implementación de energía solar fotovoltaica con almacenamiento de energía a través de baterías, en dos edificios de la fundación OSOVI, mediante una tasa interna de retorno (TIR), mayor al costo de capital (CC).

1.5 HIPÓTESIS

Las hipótesis indican lo que tratamos de probar y se definen como explicaciones tentativas del fenómeno investigado. Después investigamos si se acepta o se rechaza la hipótesis, al cortejar y observar el resultado obtenido. (Hernandez Sampieri et al., 2010)

A continuación, se presentan la hipótesis nula y la hipótesis alternativa a ser sometidas a investigación y determinar cuál se acepta o se rechaza:

H₀: El proyecto de energía solar fotovoltaico con almacenamiento de energía es factible al obtener una TIR mayor que el costo del capital.

H₁: El proyecto de energía solar fotovoltaico con almacenamiento de energía no es factible al obtener una TIR menor o igual que el costo del capital.

$$H_0: TIR > CC$$

$$H_1: TIR \leq CC \quad (1)$$

1.6 JUSTIFICACIÓN

La justificación indica el porqué de la investigación exponiendo sus razones. Debemos demostrar que el estudio es necesario e importante (Hernandez Sampieri et al., 2010).

1.6.1 CONVENIENCIA

La conveniencia del estudio es contribuir con el medio ambiente a través del acceso a energía limpia, que sirva de alternativa estable para abastecimiento de energía eléctrica de los edificios la casa del niño y el colegio de OSOVI, cuando se presenten las constantes suspensiones de energía eléctrica en la zona y a la vez obtener una reducción en la factura de energía eléctrica.

1.6.2 RELEVANCIA SOCIAL

Los beneficiarios del proyecto de implementación de energía solar fotovoltaica con almacenamiento son los niños, niñas y jóvenes en situación de extrema pobreza que residen en estos albergues de la fundación OSOVI, ya que podrán tener sus actividades educativas, recreativas y sanitarias cubiertas en todo momento.

1.6.3 IMPLICACIONES PRÁCTICAS

Al cuantificar la demanda de energía eléctrica y realizar el estudio técnico en los edificios se estimará la capacidad del proyecto fotovoltaico y sus componentes (inversión), con esta capacidad y la estadística de los niveles de radiación solar de la región se estimará la energía producida que son los ingresos del proyecto y con ello se obtendrán los indicadores financieros a fin de determinar si el proyecto es factible económicamente al obtener una TIR mayor que el costo del capital.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

El segundo capítulo tiene como propósito presentar el marco teórico de la investigación, comenzando con la situación actual, la teoría de sustento, conceptualización, instrumentos utilizados y por último el marco legal. El marco teórico es un elemento que ayuda a justificar la necesidad de investigar un problema planteado (Hernandez Sampieri et al., 2010).

2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

A continuación, se detallan los factores macroeconómicos (externos), microeconómicos (internos) y análisis interno de la fundación OSOVI. Partiendo de las tendencias mundiales y reduciéndose al entorno del país, hasta llegar al objetivo de estudio la fundación.

2.1.1 ANÁLISIS MACROENTORNO

2.1.1.1 EL SOL COMO FUENTE DE ENERGÍA

El sol constituye una fuente de energía diaria permanente, gratuita, renovable y que es posible utilizar con el máximo respeto al medio ambiente (Cantos Serrano, 2016).

El sol es una esfera caliente de gas cuyas temperaturas internas alcanzan más de 20 millones de grados Kelvin debido a las reacciones de fusión nuclear en el núcleo del sol que convierten el hidrógeno en helio (El sol | Educación PVE, 2020).

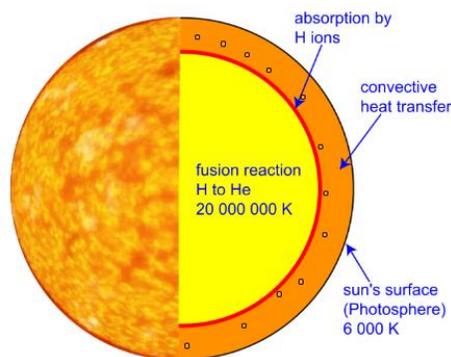


Figura 5. Calor que se trasfiere a través de esta capa por convección

Fuente: (PVEDucation, 2020)

La superficie del sol está a una temperatura de aproximadamente 6000 K y se aproxima mucho a un cuerpo negro. (El sol | Educación PVE, 2020).

2.1.1.2 RADIACIÓN SOLAR

Es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. El sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro que emite energía siguiendo la ley de Planck a una temperatura de unos 6000 K. La radiación solar se distribuye desde infrarrojo hasta ultravioleta, no toda la radiación alcanza la superficie de la tierra pues las ondas ultravioletas más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la tierra. Su unidad es el W/m^2 (Barberá Santos, 2014).

La radiación solar es la energía que se genera en el sol mediante reacciones nucleares de fusión, transmitiéndose en forma de radiación electromagnética y alcanzando la atmósfera terrestre. La radiación que recibe un módulo fotovoltaico es la sumatoria de los siguientes tipos de radiación Cantos Serrano (2016):

- 1) Radiación directa: Proviene directamente desde el sol y es inferior cuanto más nublado sea el día.
- 2) Radiación difusa: Proviene de la atmósfera debido a la dispersión de parte de la radiación solar en ella y se dirige en todas las direcciones.
- 3) Radiación reflejada o de Albedo: Procede de la superficie terrestre y otros objetos, debido a la reflexión de la radiación solar sobre el terreno, lagos, etc.

Se conoce como radiación solar global sobre una superficie a la suma de radiaciones directa, difusa, reflejada y es la que nos interesa conocer (Cantos Serrano, 2016).

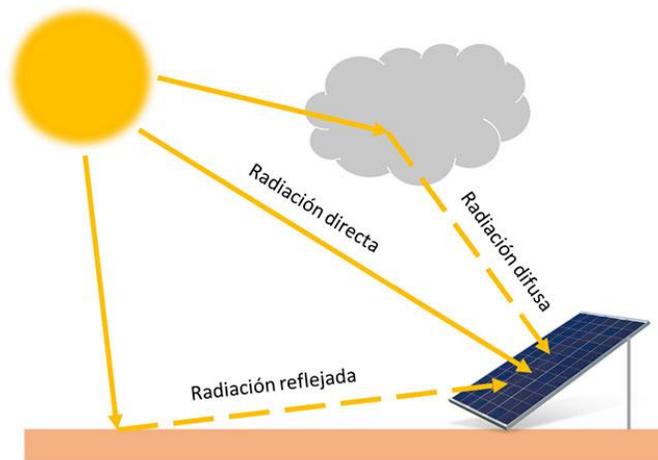


Figura 6 Tipos de radiación que recibe un módulo fotovoltaico

Fuente: (La Radiación solar, 2020)

2.1.1.3 RADIACIÓN SOLAR TERRESTRE

El incidente de radiación solar en la atmósfera de la tierra es relativamente constante, la radiación en la superficie de la tierra varía ampliamente debido a: (Radiación solar terrestre | Educación PVE, 2020)

- 1) Efectos atmosféricos, incluyendo absorción y dispersión.
- 2) Variaciones locales en la atmósfera, como vapor de agua, nubes y contaminación.
- 3) Latitud de la ubicación.
- 4) La estación del año y la hora del día.

Estos efectos tienen varios impactos en la radiación solar recibida en la superficie de la tierra, ya que hay variaciones en la potencia total recibida, el contenido espectral de la luz y el ángulo desde el cual la luz incide en una superficie. La variabilidad se debe tanto a los efectos locales, como las nubes y las variaciones estacionales, entre a otros efectos, como la duración del día en una latitud en particular. Las regiones desérticas tienden a tener variaciones más bajas debido a fenómenos atmosféricos locales como las nubes, las regiones ecuatoriales tienen baja variabilidad entre estaciones (Radiación solar terrestre | Educación PVE, 2020).

La radiación solar en la superficie de la tierra varía de la radiación solar incidente en la atmósfera de la tierra. La cobertura de nubes, la contaminación del aire, la latitud de un lugar y la época del año pueden causar variaciones en la radiación solar en la superficie de la tierra (Radiación solar terrestre | Educación PVE, 2020).

2.1.1.4 PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN EL POTENCIAL SOLAR

El potencial solar de una zona está directamente ligado a la cantidad de radiación de solar que llega a la superficie, que a su vez depende de los siguientes parámetros Cantos Serrano (2016):

- 1) Geografía: el lugar caracterizado por su latitud determina el potencial de la radiación solar incidente.
- 2) Grado de exposición al sol: la superficie de los módulos, condicionada por su orientación, inclinación y posibles sombras, influye directamente en cuanto a potencial solar es aprovechable.
- 3) Condiciones atmosféricas: la nubosidad y las partículas en suspensión (ya sean naturales o debido a la contaminación), dificultan la llegada de la radiación solar directa a la superficie terrestre.
- 4) Situación temporal: dependiendo de la hora del día y del día del año que nos encontremos, las condiciones de radiación variarán.

2.1.1.5 TENDENCIAS DE ENERGÍA SOLAR EN EL MUNDO

La capacidad de energía solar aumentó en 94 GW (+ 24 por ciento). Asia continuó dominando el crecimiento global con un aumento de 64 GW (alrededor del 70% de la expansión mundial en 2018). Manteniendo la tendencia, China, India, Japón y la República de Corea representaron la mayor parte de esto. Otros aumentos importantes fueron en los Estados Unidos (+8.4 GW), Australia (+3.8 GW) y Alemania (+3.6 GW). Otros países con expansiones significativas en 2018 incluyen: Brasil; Egipto; Pakistán; México, Turquía y los Países Bajos. (La capacidad mundial de energías renovables., 2019).

La tendencia de crecimiento en la capacidad de energía renovable continuó en 2018 con adiciones globales de 171 gigavatios (GW), según nuevos datos publicados por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA). El aumento del 7.9 por ciento se vio reforzado por nuevas adiciones de energía solar y eólica, que representaron el 84 por ciento del crecimiento. Una tercera parte de la capacidad de potencia global proviene actualmente de energías renovables. (IRENA, 2019).

El informe Estadísticas de Capacidad Renovable 2019 de IRENA, concluye que la capacidad renovable ha crecido en todas las regiones del mundo, aunque a distinto ritmo. Mientras que Asia representó el 61 por ciento del total de nuevas instalaciones de energía renovable, Oceanía fue la región de más rápido crecimiento con un 17.7 por ciento, seguida por Asia con un 11.4 por ciento y África con un 8.4 por ciento en 2018. Cerca de dos terceras partes del total de nueva capacidad de generación de energía agregada en 2018 provino de fuentes renovables. Este crecimiento fue liderado por economías emergentes y en desarrollo. (IRENA, 2019)

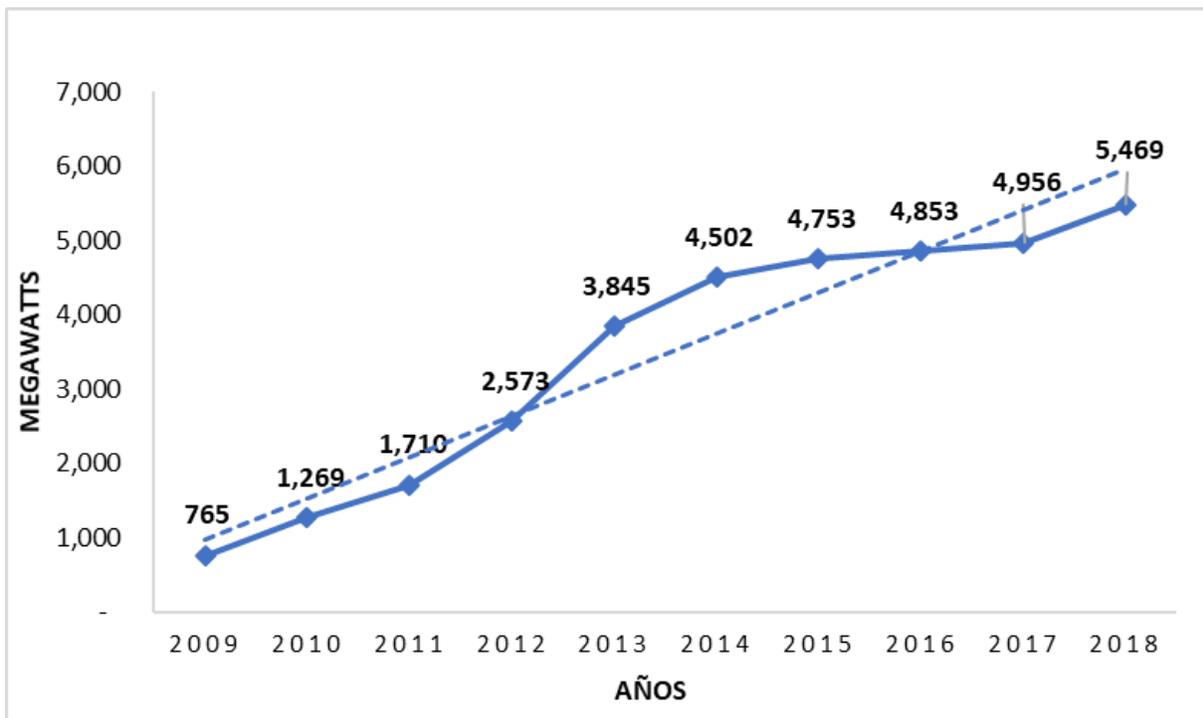


Figura 7. Capacidad solar Mundial
Fuente: (IRENA, 2019)

2.1.1.6 TENDENCIA DE ENERGÍA SOLAR EN CENTROAMÉRICA

Honduras lidera producción de energía solar en Centroamérica. La nueva tendencia de la generación de energía a nivel mundial logra consolidar a la energía limpia como la principal fuente de generación en el país logrando revertir la matriz energética Nacional. (*Matriz Energética*, 2020).

En el 2015, las fuentes renovables no convencionales (eólica y solar fotovoltaica y en menor medida el biogás), tuvieron un incremento sustancial, en especial en algunos países centroamericanos en donde esas fuentes llegaron a representar una porción muy significativa de la producción total de energía eléctrica de los países: 20.5% en Nicaragua, 12.8% en Honduras, 10.8% en Costa Rica, 4.5% en Panamá, y 2.5% en Guatemala. (CEPAL, 2015).

En el 2016 la energía solar fotovoltaica continuó con su crecimiento en Honduras: 5.4% en Panamá: 95.8% y en Guatemala: 12.4%. (CEPAL, 2016). En el 2017 los incrementos de capacidad en energía solar fueron de la siguiente manera 134 MW en El Salvador, 54 MW en Panamá, 42 MW en Honduras, 12 MW en Nicaragua, sumando un total de 254MW instalados en el año 2017.(CEPAL, 2017).

Tabla 2. Capacidad solar instalada en C.A

CAPACIDAD SOLAR INSTALADA EN CENTROAMÉRICA [MW]			
País \ Año	2015	2016	2017
Costa rica	1.0	1.0	5.4
El Salvador	9.7	10.9	145.7
Guatemala	85.0	85.0	92.5
Honduras	388.0	409.0	450.9
Nicaragua	1.4	1.4	14
Panamá	45.6	89.3	143

Fuente: (CEPAL 2017)

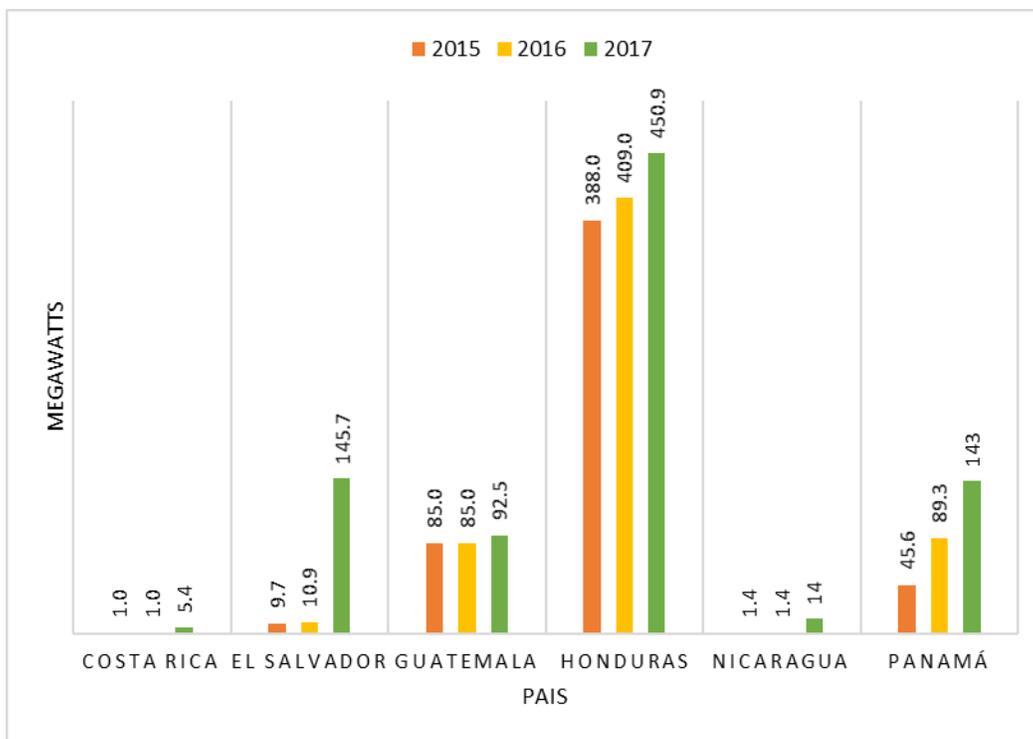


Figura 8 Capacidad solar instalada en C.A

Fuente: (Cepal, 2017)

2.1.2 ANÁLISIS MICROENTORNO

2.1.2.1 RADIACIÓN EN HONDURAS

La radiación solar es aprovechable como fuente de energía, pero tiene el inconveniente de que la posición de la tierra cambia respecto al sol, dando lugar a los días, las noches y las estaciones, por lo que la cantidad de energía solar que nos llega es variable. Sin embargo, conociendo el movimiento cíclico de nuestro planeta alrededor del sol, podemos calcular la posición relativa entre ambos. Y gracias a los datos obtenidos por las estaciones meteorológicas, disponemos de tablas con valores de radiación muy útiles para determinar cuántos módulos fotovoltaicos serán necesarios con el fin de satisfacer los requisitos que deseamos (Cantos Serrano, 2016).

Las variaciones de la latitud en el territorio hondureño, la geografía, el tipo de vegetación, las condiciones atmosféricas y el clima local, son algunas de las causas por las que la energía solar incidente sobre Honduras, al igual que en todo el planeta, no sea uniforme en el contexto espacial y temporal (Aeronáutico et al., 2009).

La revista ciencia y tecnología publicada por la Universidad nacional autónoma. “Honduras se encuentra en una de las regiones de mayor insolación del planeta, localizada en el amplio cinturón ecuatorial entre 15° de latitud norte y 15° de latitud sur, zona caracterizada por una alta humedad, gran nubosidad, leves variaciones estacionales y elevada proporción de radiación difusa con un promedio anual total de 2,300 horas de brillo solar. La zona central del país tiene un promedio diario mensual de 6.7 horas” (Flores Barahona & Licona Martínez, 2018).

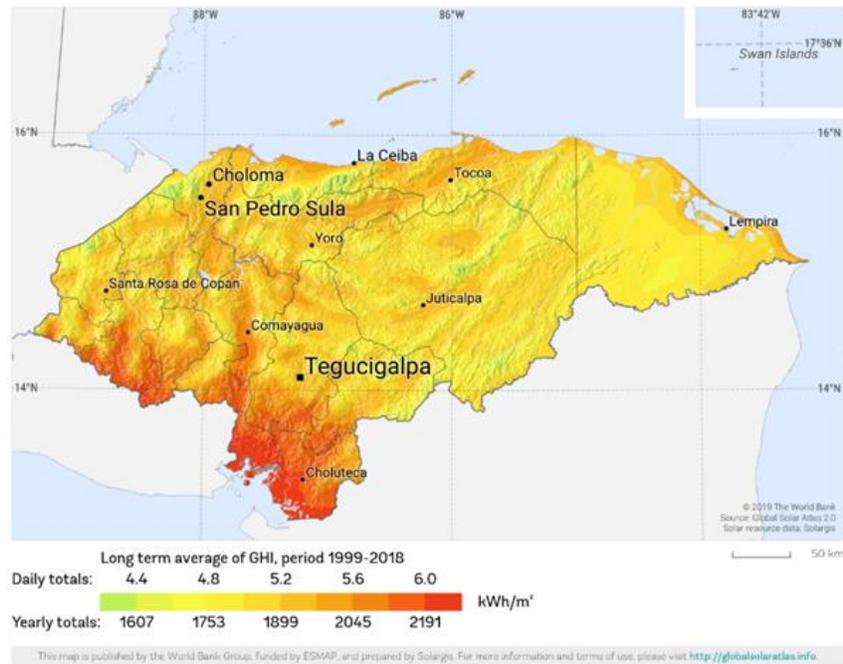


Figura 9. Global horizontal Irradiation

Fuente: (Global Solar Atlas, 2020)

2.1.2.2 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN HONDURAS

Las plantas solar fotovoltaicas, pueden contribuir a mejorar la matriz energética del país, no sólo mediante la contribución de la capacidad, sino también mediante la integración de nuevas empresas generadoras de energía. Las plantas de energía solar fotovoltaica representan una parte significativa de la capacidad instalada en el país y tienen un buen potencial a futuro (Wärneryd & Karltorp, 2020).

La tecnología de energía renovable está transformando los sistemas globales de energía con la energía solar fotovoltaica, destacándose como la tecnología más rápida expansión. En Honduras a partir del mes de julio del año 2015, se vio reflejado la generación solar fotovoltaicas en los

boletines estadísticos, según la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE). A pesar de ello, la proporción de despliegue es todavía baja, sólo representa aproximadamente el 18.9% de la producción total de electricidad, según el boletín estadístico de la empresa de energía eléctrica (ENEE).(Wärneryd & Karltorp, 2020).

En los últimos años las plantas solares se han convertido en el nuevo “boom” de la energía. El Gobierno de la República de Honduras a través de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) fomenta la inversión en generación de energía renovable, proyectos que han contribuido a la diversificación y reversión de la matriz eléctrica a nivel nacional (ENEE, 2017).

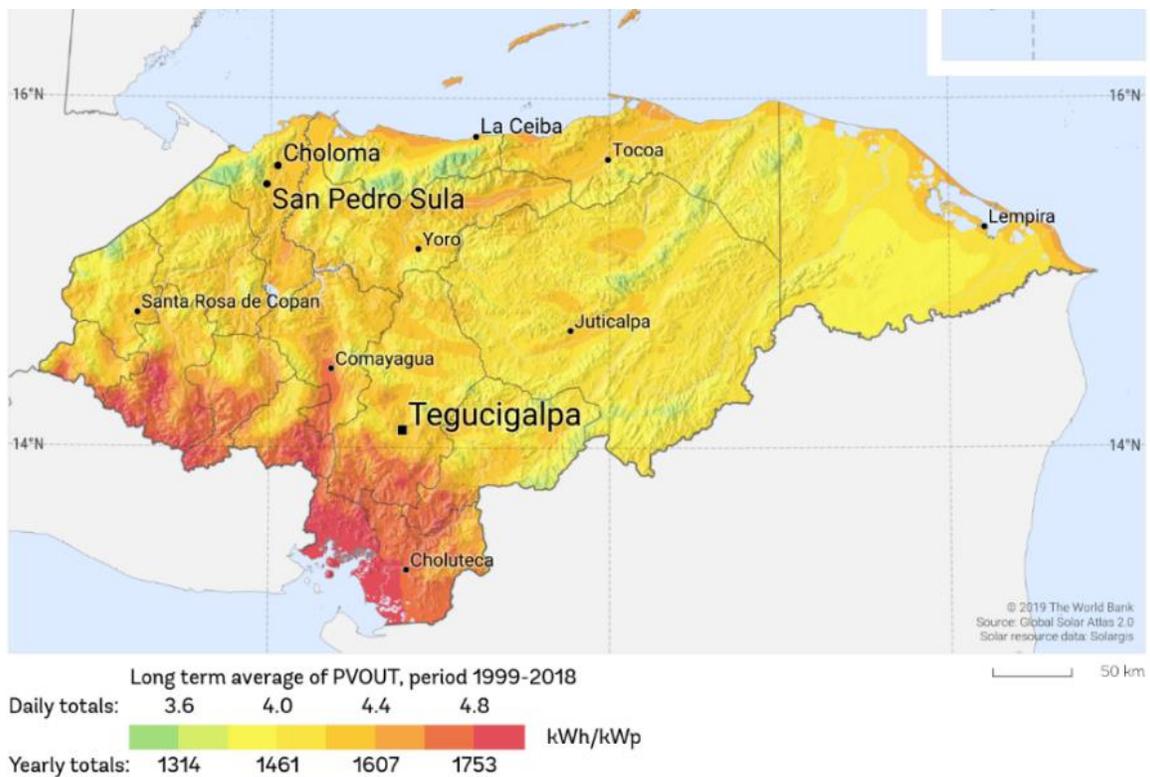


Figura 10. Potencial Fotovoltaico de Honduras

Fuente: (Global Solar Atlas, 2020)

La figura 10, muestra el mapa del potencial fotovoltaico de Honduras, se observan los rangos de los totales diarios y anuales en kWh/kWp. (Global Solar Atlas, 2020). La Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), a través de su boletín de datos estadísticos abril 2019, muestra las 17 plantas fotovoltaicas, ubicadas en diferentes sectores del territorio nacional.(ENEE, 2019) La capacidad total instalada de plantas fotovoltaicas de 510.8 MW. Ver tabla 3.

Tabla 3. Capacidad total instalada de plantas fotovoltaica en Honduras

Fotovoltaica	MW	Porcentaje
Enerbasa	24.0MW	4.7%
Marcovia	35.0MW	6.9%
Cohessa	50.0MW	9.8%
Soposa	50.0MW	9.8%
Mecer	25.0MW	4.9%
Llanos del Sur	14.0MW	2.7%
Los Pollitos	20.0MW	3.9%
Fotersa	20.0MW	3.9%
Cinco Estrellas	50.0MW	9.8%
Choluteca Uno	20.0MW	3.9%
Choluteca Dos	30.0MW	5.9%
Proderssa	50.0MW	9.8%
Pacific (Nacaome 1)	49.9MW	9.8%
Helios	25.0MW	4.9%
Lajas	11.9MW	2.3%
Fray Lazaro	5.0MW	1.0%
Prados Sur	31.0MW	6.1%
Total	510.8MW	

Fuente: (ENEE, 2019)

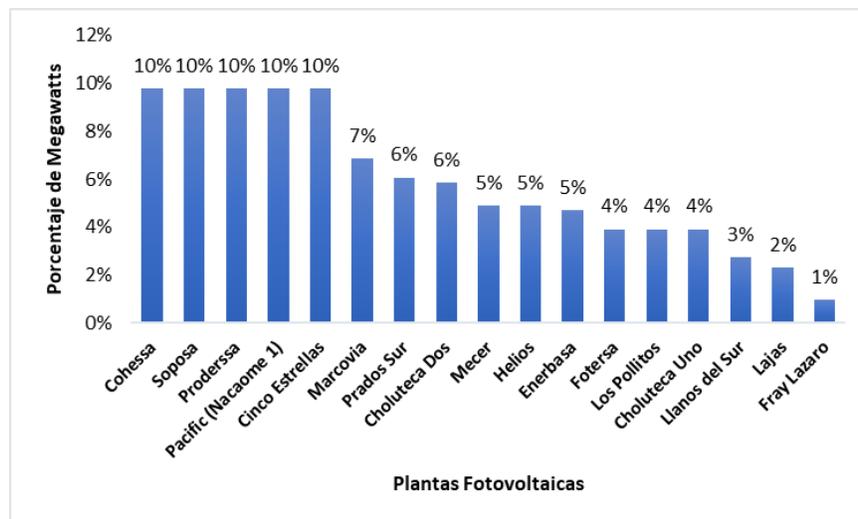


Figura 11. Capacidad total instalada plantas fotovoltaicas, abril 2019

Fuente: (ENEE, 2019)

2.1.2.3 MATRIZ ENERGÉTICA EN HONDURAS

La Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), suministra actualmente el 83 % de la demanda eléctrica del país, la que al inicio de 2010 dependía en un 70% de las plantas termoeléctricas, empresas que a partir de la crisis energética de 1994 se consolidaron como las principales generadoras de energía en Honduras. En dos años de trabajo regidos por las normas del

programa de cambio de matriz energética dictado por el Plan de Nación y Visión de País del Gobierno Nacional, esta dependencia se ha logrado reducir a un 62% (ENEE, 2020).

La ENEE, con el respaldo del Gobierno de la República, dio inicio al cambio de matriz eléctrica, en respuesta a las constantes quejas de los consumidores debidos a los reajustes por combustible en su factura, hecho que dependen directamente de los precios internacionales del petróleo (ENEE, 2020).

En el país se promueve el Cambio de matriz energética y a la vez el fortalecimiento del Sistema de Interconexión Nacional (SIN). El proyecto de mejoramiento del Sistema y Cambio de matriz energética del país constituye parte fundamental del Plan de Nación y Visión de País. Proyectos que permitirán la consolidación de mayores niveles de inversión orientados a la optimización y ampliación de la cobertura eléctrica de Honduras (ENEE, 2020).

La ENEE, ha orientado sus acciones en el desarrollo, ampliación, modernización y optimización del servicio eléctrico a través de la generación de energía limpia, la que actualmente alcanza un 62.8 por ciento de la matriz eléctrica nacional contra un 37.2 por ciento térmica (ENEE, 2019). La figura 12, muestra capacidad instalada en plantas térmicas y renovables (MW), abril 2019, se observa que la matriz eléctrica nacional, las fuentes de energía renovable tienen una mayor generación con respecto a las térmicas.

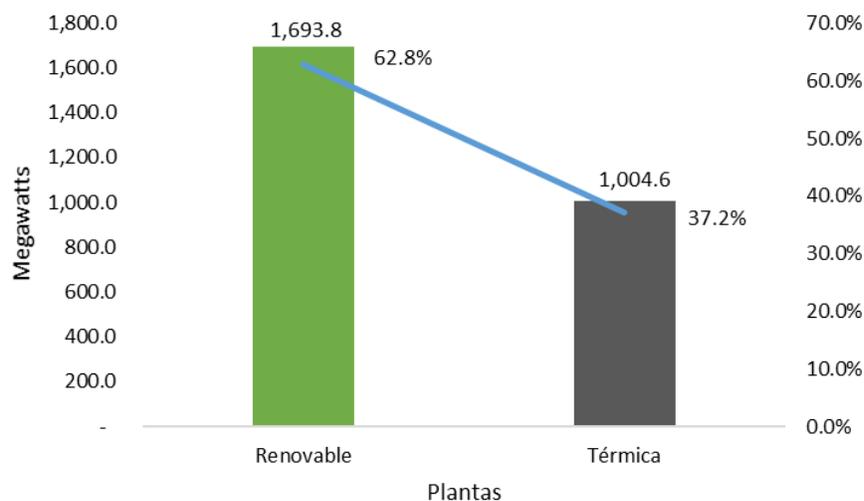


Figura 12 Capacidad instalada en plantas térmicas y renovables (MW), abril 2019
Fuente: (ENEE, 2019)

2.1.2.4 ÍNDICE DE COBERTURA ELÉCTRICA EN HONDURAS

El índice de cobertura del servicio de energía eléctrica en el país a diciembre del año 2018 era de aproximadamente 81% por lo que el porcentaje de viviendas del país que no tendrían acceso al servicio eléctrico sería de aproximadamente 19%, producto de la escasa disponibilidad de recursos económicos que para este tipo de proyectos tiene la ENEE, esto se debe a la ubicación con difícil acceso de ciertas zonas del país (ENEE, 2016).

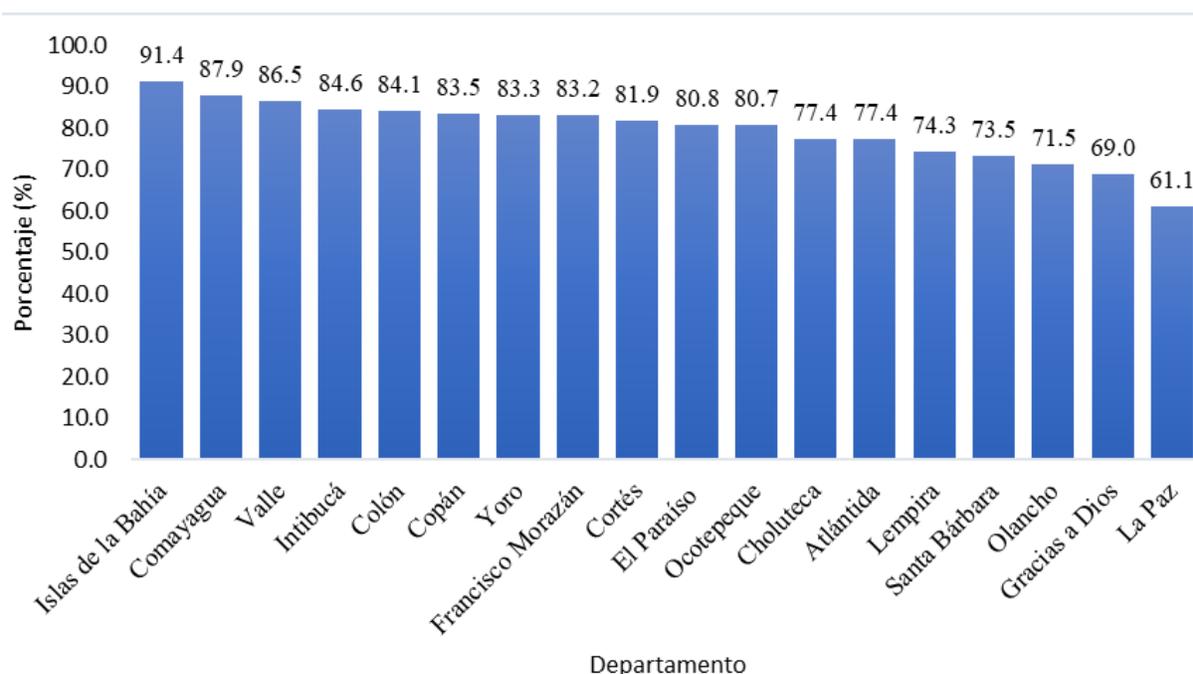


Figura 13 Índice de cobertura eléctrica por departamento de Honduras 2018

Fuente: (ENEE, 2020)

La figura 13, indica que, de los 18 Departamentos de Honduras, 11 tienen un índice de cobertura de energía eléctrica, superior o igual al 80%. Colón, Comayagua, Copán, Cortés, El Paraíso, Francisco Morazán, Intibucá, Islas de la Bahía, Ocotepeque, Valle, Yoro. Los siguientes con un Índice de Cobertura Mayor al 70% y Menor a 80%. Atlántida, Choluteca, Lempira, Olancho, Santa Bárbara. Con un índice mayor a 60% pero menor a 70% Gracias a Dios (atendido por sistemas aislados) y La Paz, con 69% y 61% respectivamente.

2.1.2.5 LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN HONDURAS

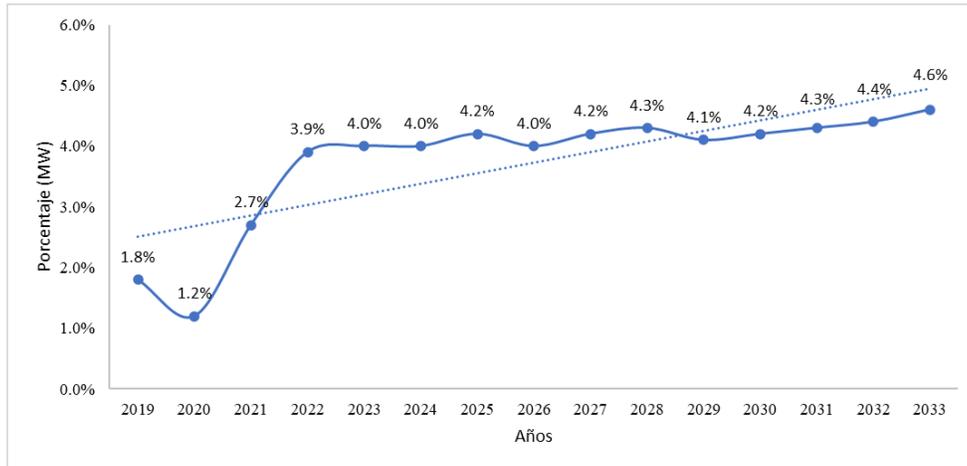


Figura 14 Crecimiento de la demanda energía eléctrica 2019 – 2033

Fuente: (ENEE, 2020)

La figura 14, muestra que el porcentaje de crecimiento de la demanda de energía eléctrica 2019-2033, según la ENEE, se puede observar que la demanda continúa en aumento, con el paso del tiempo son más los abonados a los servicios eléctricos. Los estudios de demanda se hacen con previsiones que tienen las empresas para aumentar o disminuir su producción y en función a eso el equipo que va a cada una de las empresas, determina que en el año 2020 no hay nada previsto de crecimiento y en proyección si hay crecimiento en los próximos años. En resumen, la evaluación de cada año se ajusta al del siguiente año y después de cinco años se vuelve hacer la corrida hacia el resto de los años.

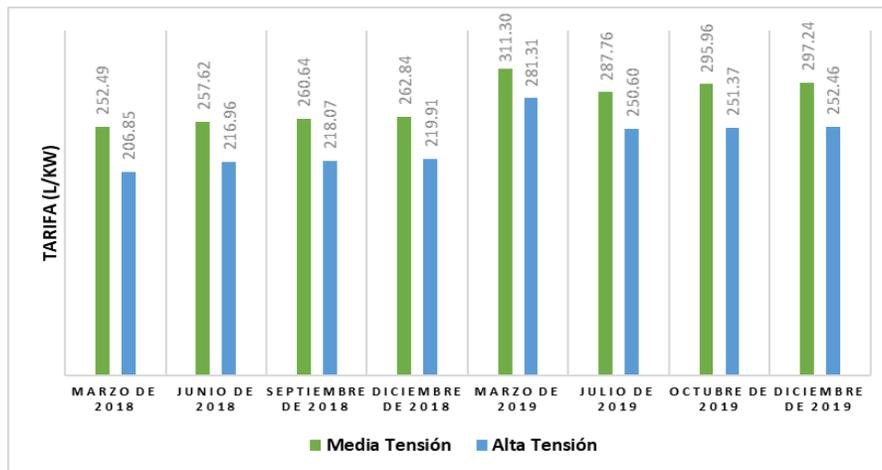


Figura 15 Histórico de tarifas por demanda

Fuente: (ENEE, 2020)

La figura 15, muestra el histórico de tarifas por demanda, la media tensión desde el año 2018 hasta el año 2019 es la de mayor demanda, en comparación a la alta tensión. También se observa el incremento de la tarifa en media tensión y alta tensión, aunque este aumento no es el mismo porcentaje que el sector residencial.

2.1.2.6 TARIFA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN HONDURAS

En Honduras la tarifa se divide en cuatro componentes: generación, transmisión, distribución y comercialización, cada uno de ellos representa un costo a cubrir y su suma representa la tarifa.

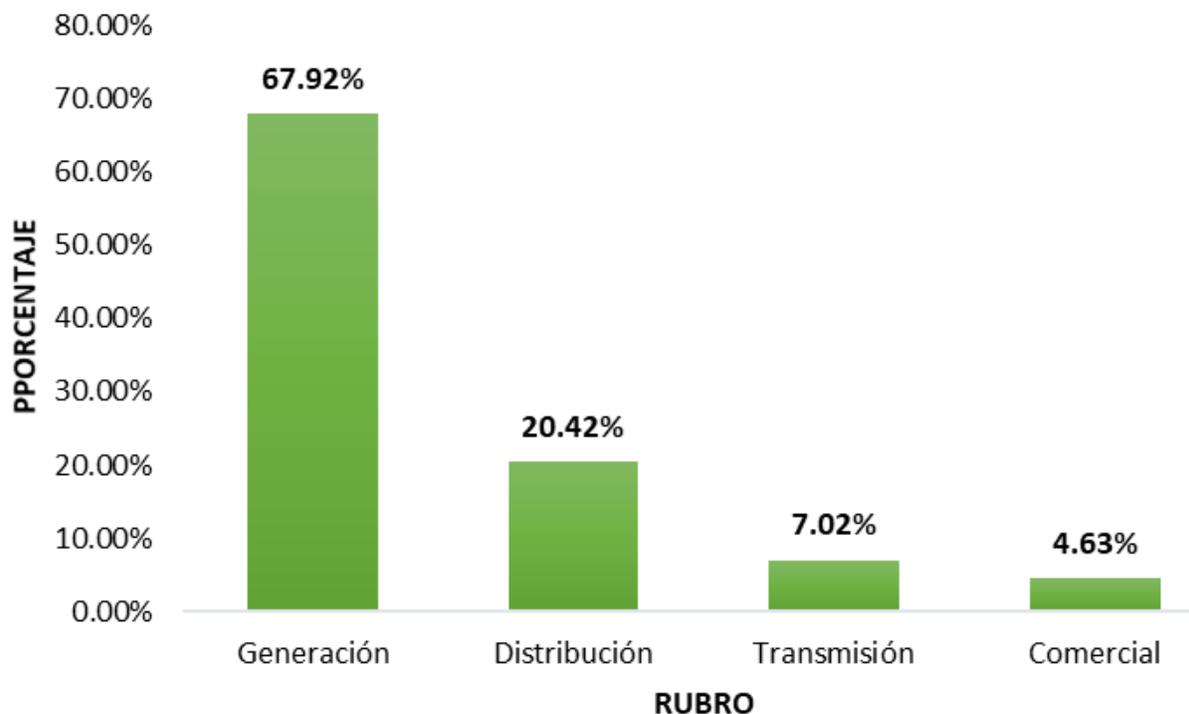


Figura 16 Componentes del costo de la tarifa promedio I trimestre 2020

Fuente: (CREE, 2020)

La figura 16, muestra el ajuste en la participación de cada componente del costo de la tarifa promedio del primer trimestre del año 2020. Se observa que en este ajuste el componente de generación con 67.92% representa el mayor costo a cubrir en la tarifa promedio, seguida de distribución con 20.42%, luego transmisión con 7.02% y por último comercialización con 4.63%.

2.1.3 ANÁLISIS INTERNO (OSOVI)

La Fundación Obras Sociales Vicentinas-OSOVI fue fundada en 1995, por el Reverendo Padre Antonio Quetglas, de la Congregación de Padres Paulinos de la Iglesia Católica, preocupados por la gran afluencia de problemas sociales que afectan la ciudad de San Pedro Sula, luego de consolidar los programas de OSOVI en dicha ciudad, la cobertura de la Fundación OSOVI, años después se extiende a la ciudad de Tegucigalpa (Capital de Honduras), donde había sido trasladado Padre Antonio. La fundación Obras Sociales Vicentinas, es una organización sin fines de lucro (ONG), tiene como finalidad brindar atención a las personas vulnerables de nuestra sociedad, a través de centros especializados propios y en alianzas con otras instituciones afines. (OSOVI,2020).

El estudio de prefactibilidad consta de determinar la demanda eléctrica, el estudio técnico y el estudio financiero con el propósito de conocer si es factible el proyecto, de lo contrario, buscar alternativas para el abastecimiento de energía eléctrica en las instalaciones de la Fundación. Los edificios en los cuales se realizará el estudio son: la casa del niño (Edificio 1) y el colegio de la Fundación OSOVI (Edificio 2), ubicadas en la Colonia San Vicente de Paúl, en el sector Sureste de la ciudad de San Pedro Sula, Departamento de Cortés, al norte de Honduras, como una solución alternativa a fin de obtener un suministro eléctrico constante y confiable que mejore la calidad de vida de todas las personas que habitan en los centros (OSOVI,2020). La casa del niño (edificio 1), es un centro que tiene como objetivo albergar menores con problemas de orden social, familiares y otros similares. El colegio de la Fundación OSOVI (Edificio 2), contribuye a la formación educativa de niños y jóvenes de escasos recursos, gracias a donaciones y aportes simbólicos de los padres de familia.



Figura 17. Fundación OSOVI

Fuente: (OSOVI,2020)

2.2 TEORÍA DE SUSTENTO

2.2.1 EL EFECTO FOTOVOLTAICO

El efecto fotovoltaico consiste en que la luz puede generar una corriente eléctrica al iluminar ciertos materiales. Fue descubierto en 1839 por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel y en la década de los años cincuenta del siglo XX se encontró un material que presentaba el efecto fotovoltaico de manera eficiente: el silicio.(Buitrago, 2005). El silicio es un material semiconductor, elemento que tiene una conductividad eléctrica inferior a la de un conductor metálico pero superior a la de un buen aislante (Electricidad, 2019).

El Efecto Fotovoltaico es la base del proceso mediante el cual una célula FV convierte la luz solar en electricidad, la luz solar está compuesta por fotones, o partículas energéticas. Estos fotones son de diferentes energías, correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar. Cuando los fotones inciden sobre una célula FV, pueden ser reflejados o absorbidos y únicamente los fotones absorbidos generan electricidad (Barberá Santos, 2014).

El efecto fotovoltaico se produce por generación de una fuerza electromotriz, mediante la absorción de la radiación luminosa, en un material semiconductor dentro de un sistema heterogéneo.(Efecto Fotovoltaico en un panel solar, 2020). El efecto se basa en el uso de materiales semiconductores, estos se caracterizan porque conducen la electricidad mejor que un aislante y menos efectivamente que un metal, pero sobre todo porque mejoran su capacidad para conducir la electricidad al ser iluminados (Buitrago, 2005).

Cuando incide luz sobre un semiconductor, la energía suministrada ayuda a darle mayor movilidad a algunos de los electrones presentes en el material, por lo que su capacidad de conducción de electricidad aumenta. Para producir el efecto fotovoltaico no basta con liberar electrones, es necesario que aparezca un voltaje que mueva a estos electrones en una dirección preferencial, generando una corriente eléctrica (Buitrago, 2005).

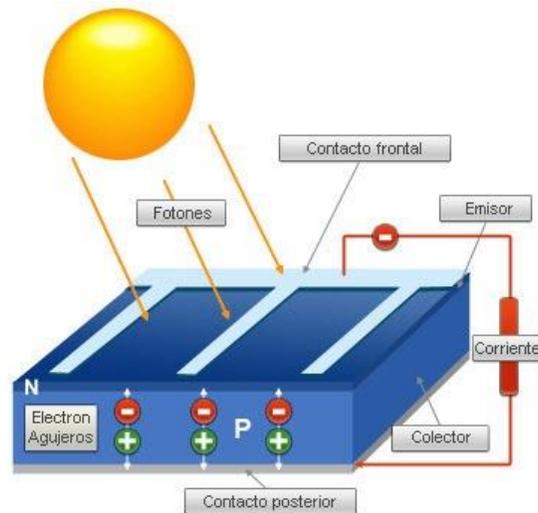


Figura 18 Efecto Fotovoltaico

Fuente: (Célula Fotovoltaica, 2020)

2.2.2 GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

El conjunto de módulos constituye la parte generadora de una instalación fotovoltaica. Cada uno de ellos está formado por células fotovoltaicas conectadas eléctricamente entre sí y puede llegar a tener una superficie de hasta 2 m² y una potencia de hasta 400W (Cantos Serrano, 2016).

2.2.3 COMPONENTES DE INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

Una instalación fotovoltaica constituye una fuente de suministro eléctrico gracias a los módulos, que captan la energía solar y la convierten en energía eléctrica, debido al efecto fotoeléctrico que se producen en sus células (Cantos Serrano, 2016).

Una instalación fotovoltaica incluye los siguientes equipos Cantos Serrano (2016):

- 1) Módulos fotovoltaicos: generan energía eléctrica en corriente continua.
- 2) Sistema de almacenamiento (Batería): almacena la energía generada en los módulos.
- 3) Regulador: controla los procesos de carga y descarga de la batería.
- 4) Inversor: convierte la corriente continua generada en corriente alterna, para suministrarla a los consumos.



Figura 19 Equipos de una Instalación fotovoltaica

Fuente: (Google, 2020)

2.2.3.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Los módulos fotovoltaicos o colectores solares fotovoltaicos (llamados a veces paneles solares, aunque esta denominación abarca otros dispositivos) están formados por un conjunto de celdas (Células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son: La radiación de 1000 W/m^2 y la temperatura de célula de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ (no temperatura ambiente) (Barberá Santos, 2014).

Los módulos fotovoltaicos, dependiendo del material semiconductor con el que se fabriquen sus células, pueden ser los siguientes tipos Cantos Serrano (2016):

- 1) Módulo de silicio monocristalino: su eficiencia es una de las más altas del mercado. Además, tienen una gran durabilidad y sus propiedades se deterioran poco con el paso del tiempo.
- 2) Módulo de silicio policristalino: su eficiencia es algo menor a la de los módulos anteriores. Sin embargo, su durabilidad es notable y el rendimiento que mantienen con el paso de los años es similar al de los módulos de silicio monocristalinos.
- 3) Módulos de capa fina: se fabrican añadiendo un material semiconductor sobre otro elemento que sirve como soporte físico. En estos casos el ahorro de material es considerable, ya que se

utiliza menos cantidad, y además tiene la ventaja de que son flexibles, pudiéndolos aplicar en diferentes soluciones. Los materiales más utilizados son los siguientes:

- 4.1) Silicio Amorfo: los costes de fabricación de los módulos con este material son inferiores a los de los anteriores módulos de silicio, pero su eficiencia también es inferior, situándose en torno al 6 o 7%, y disminuye con el paso de los años.
- 4.2) Teluro de Cadmio (CdTe): los módulos fabricados con este material presentan una eficiencia entre el 10 y el 11%, pero tienen como inconveniente el tratamiento y reciclaje del CdTe que contienen las células.
- 4.3) Arseniuro de galeo (GaAs): la eficiencia de estos módulos es la más alta, de aproximadamente el 30%. Presentan unos costes de fabricación elevados, quedando estos módulos limitados a aplicaciones espaciales, donde el bajo peso y las reducidas dimensiones son factores determinantes.

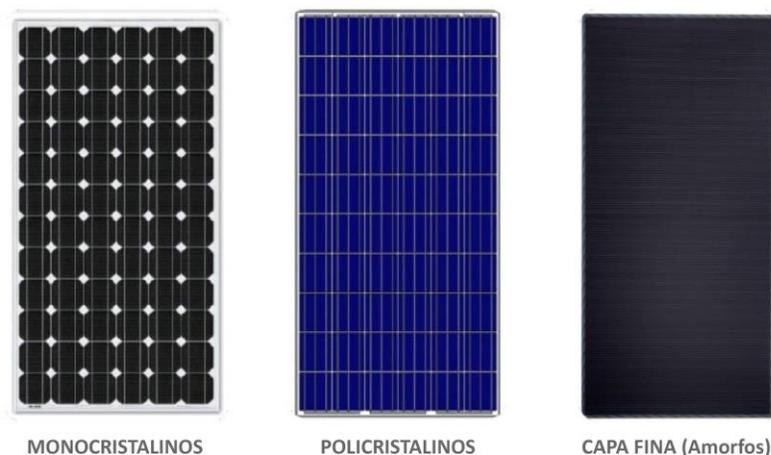


Figura 20 Tipos de módulos fotovoltaicos

Fuente: (Energía solar fotovoltaica. 2020)

Los módulos más utilizados en instalaciones fotovoltaicas convencionales son los de silicio monocristalinos o policristalinos, debido a su buena relación con el rendimiento y el costo de fabricación, y se prevé que seguirán siendo los más empleados a corto y medio plazo (Cantos Serrano, 2016).

2.2.3.2 LAS BATERÍAS (SISTEMA DE ALMACENAMIENTO)

La batería solar es la encargada de acumular la energía generada durante las horas de mayor luz, recogen la energía generada por los módulos o paneles solares. La función de estas baterías es la de generar una intensidad de corriente superior a la de los dispositivos conectados a la red eléctrica. Las baterías solares suelen clasificarse según su potencia, capacidad de almacenamiento y ciclos de carga (Baterías Solares, 2019).

Tipos de baterías solares (Baterías Solares, 2019):

- 1) **Baterías Estacionarias:** son un tipo de baterías solares con un alto número de ciclos de carga, estas baterías son las de mayor vida útil del mercado, en algunos casos incluso superan los 30 años de buen rendimiento. Dentro de la gama de baterías estacionarias encontramos de dos tipos: Baterías de plomo-ácido y Baterías de gel.
- 2) **Baterías Absortion Glass Mat (AGM):** son un nuevo tipo de baterías que surgen como alternativa a las baterías de gel. Estas baterías están selladas, por lo que no necesitan de mantenimiento, no sufren pérdida de líquido durante toda la vida útil de estas ofrecen una buena resistencia mecánica y permiten descargas superiores que las baterías de gel.
- 3) **Baterías de Gel:** las baterías solares de gel son selladas y tienen un buen rendimiento, no necesitan de mantenimiento ya que se comercializan selladas, su funcionamiento se realiza mediante el ácido sulfúrico que se presenta en forma de gel.
- 4) **Baterías de Litio:** tienen un excelente rendimiento y una larga vida útil, otra de sus principales ventajas es que no generan ningún tipo de gas. Estas baterías cuentan un diseño realmente moderno y diferentes fabricantes apuestan por ellas en el sector de las baterías solares.
- 5) **Las baterías de plomo ácido,** o también denominadas “baterías de plomo abierto” son las más comunes en el mercado, estas están compuestas por placas positivas y negativas, se cargan mediante un líquido denominado ácido sulfúrico. Cuando reciben el ácido sulfúrico, deben de

recibir la corriente eléctrica idónea para ser cargadas, requieren de un mantenimiento cada cierto tiempo ya que el ácido sulfúrico que incorporan se va evaporando con el uso.

2.2.3.3 REGULADORES

Los reguladores en función de cómo se realicen los procesos de carga y descarga de las baterías, tradicionalmente se clasifican en los siguientes tipos Cantos Serrano (2016):

- 1) Regulador Shunt o paralelo: se conecta en paralelo con el generador fotovoltaico y las baterías, cuando detecta que se ha alcanzado un determinado nivel de tensión en las baterías, deriva la corriente debida al exceso de tensión a través de un circuito que la disipa en forma de calor. Este regulador suele incluir un diodo de bloqueo para evitar que la intensidad circule desde las baterías a los módulos. En sistemas de cierta potencia, este equipo debería ser de grandes dimensiones, con lo que su coste sería elevado, además de los problemas técnicos que podría presentar. Por ello, debido a las mejoras de la electrónica actual estos reguladores no son muy utilizados y solamente se encuentran en instalaciones de pequeña potencia.
- 2) Regulador Serie: este tipo de regulador no utiliza la disipación de energía en su funcionamiento, sino que desconecta el generador fotovoltaico de las baterías cuando se alcanza un determinado valor de carga definido previamente, normalmente mediante un relé. También permite desconectar el sistema de baterías a través de otro relé con el objetivo de que, a partir de un determinado valor de profundidad de descarga, no se sigan descargando, avisando previamente mediante una alarma.

2.2.3.4 INVERSORES DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

El inversor es un equipo que no siempre existe en las instalaciones fotovoltaicas aisladas, ya que su función es convertir la corriente continua en alterna, por lo que solo será necesario si existe consumo de corriente alterna. En instalaciones conectadas a la red, se trata de un equipo imprescindible, ya que es necesario que la corriente generada se entregue en forma de corriente alterna. Un inversor incluye circuitos electrónicos con transistores o tiristores para realizar la

conversión de la forma de onda, además de filtros con el fin de afinar esta forma de onda (Cantos Serrano, 2016).

Inversores en instalaciones fotovoltaicas aisladas

En instalaciones fotovoltaicas aisladas el inversor se conecta a la salida del regulador, convirtiendo la corriente continua en alterna con forma de onda sinusoidal con el propósito de entregarse a los consumos que requieren este tipo de corriente (Cantos Serrano, 2016). También existen inversores-cargadores (también llamados inversores-reguladores) que incorporan las funciones propias de un regulador, además de suministrar corriente alterna a los consumos. Por tanto, no se requiere un regulador si se instala un inversor-cargador, el cual tiene las siguientes conexiones Cantos Serrano (2016):

- 1) Conexión con el generador fotovoltaico.
- 2) Conexión con las baterías.
- 3) Conexión con los consumos que hay que alimentar.

Inversores en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red.

Los inversores conectados a la red deben garantizar condiciones más exigentes para no causar perturbaciones en la propia red, inyectando la corriente alterna con una forma de onda senoidal a una tensión eficaz y dentro de unos márgenes muy estrechos. La mayoría de los inversores modernos incluyen la función del seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT), obteniendo el mayor rendimiento posible en los módulos (Cantos Serrano, 2016).

2.2.3.5 PROTECCIONES DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

Los dispositivos de protección proporcionan seguridad tanto en las personas como en los equipos de la instalación, minimizando la consecuencia de posibles contactos directos o indirectos,

cortocircuitos, sobreintensidades y sobretensiones. Los principales elementos de protección son los siguientes Cantos Serrano (2016):

- 1) Diodo de bloqueo: se instala en la salida de cada cadena de módulo para que no se disipe la potencia generada en caso de defecto, evitando que la corriente circule en sentido contrario al que se pretende.
- 2) Diodo de Bypass o diodo de paso: se colocan en la caja de conexiones de cada módulo y minimiza los problemas ocasionados por sombreados parciales, ya que impide que las células en sombra actúen como receptor.
- 3) Fusibles: los equipos de instalación suelen incluir internamente sus propios fusibles, con el objetivo de protegerlo frente a sobreintensidades. También se colocan fusibles externos en la protección de los circuitos de corriente continua contra sobrecarga y cortocircuitos.
- 4) Interruptores Termomagnéticos: se colocan a la salida del inversor, aunque en muchos casos viene incluido en el propio equipo. Además, se colocan con el propósito proteger los diferentes circuitos de corriente alterna. Al igual que los fusibles, también protegen de sobrecarga y cortocircuitos.
- 5) Interruptores Diferenciales: se colocan en las instalaciones de corriente alterna para garantizar la seguridad de las personas contra los contactos directos (debido al contacto con partes activas), e indirectos (debido a una derivación por un fallo del aislamiento de partes en tensión), y también con el fin de proteger a la propia instalación contra los incendios que podría provocar estas derivaciones.
- 6) Varistores: son dispositivos de protección contra sobretensiones (tensiones más elevadas de los niveles normales que ocurren durante un cierto tiempo), por lo que también se la llama limitadores o descargadores de sobretensiones.
- 7) Puesta a tierra: dota de seguridad a las personas y los equipos derivando a tierra la corriente de defecto que se pueda generar debido a fallos de aislamiento, averías etc.

2.2.4 TIPOS DE INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS

Las instalaciones fotovoltaicas se dividen en dos grupos: las aisladas que proporcionan suministro eléctrico a los consumos que se encuentran en zonas que no están conectadas a la red eléctrica convencional. Las conectadas a la red, estas inyectan a la red todo lo que producen. En los últimos años está surgiendo instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo. Se trata de instalaciones que, aunque están conectados a la red, también son capaces de alimentar ciertos consumos eléctricos (Cantos Serrano, 2016).

2.2.4.1 INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS AISLADAS

Constituye un sistema de generación de electricidad sin la necesidad de estar conectado a la red eléctrica. Debido a que no siempre coincide la necesidad de suministro con la producción eléctrica, en la mayoría de los casos se incluyen baterías que almacenen la energía generada por los módulos y que no se consume en ese momento, para poder suministrarla cuando sea necesario. Un caso especial de instalación fotovoltaica aislada es la que se conoce como sistema híbrido, que influye un generador diésel o eólico que, combinado con el generador fotovoltaico permite proporcionar un suministro eléctrico más seguro en los momentos de grandes consumos o cuando la radiación solar no es suficiente (Cantos Serrano, 2016).

2.2.4.2 INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A LA RED

Estas instalaciones inyectan toda la energía generada en la línea eléctrica a la que se conecta. Es decir, la electricidad producida se vende a la compañía eléctrica que opere en la zona donde se encuentre la instalación. Estas instalaciones tienen la ventaja de que el periodo de generación coincide con el de mayor demanda, ya que es durante el día cuando se producen los mayores consumos. Otra ventaja de estas instalaciones tanto técnica como económica es que no se necesitan baterías, ya que la energía que se produce se entrega a la red de una forma directa y por tanto tampoco se requieren reguladores (Cantos Serrano, 2016).

El inversor o conjunto de inversores es el encargado de convertir la corriente continua generada en los módulos en corriente alterna, cuyos parámetros deben ser los adecuados para que

pueda inyectarse a la red sin ocasionar perturbaciones en ella. Además, este equipo debe de disponer de los dispositivos de protección necesarios con el propósito de garantizar la seguridad de la propia instalación y de las personas (Cantos Serrano, 2016).

2.2.4.3 INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS PARA AUTOCONSUMO

Se utilizan como fuente de suministro eléctrico, inyectando a la red el excedente de energía generada, pero también consumiendo de ella cuando la producción fotovoltaica no es suficiente (Cantos Serrano, 2016).

2.2.5 RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES SOLARES

Las variables climáticas que afectan al rendimiento de las instalaciones solares fotovoltaicas son las siguientes:

- 1) Irradiancia: si la irradiancia aumenta, también se produce un incremento del valor de la corriente de corto circuito (sin apenas existir variación en la tensión sin carga), y por tanto la potencia generada aumenta.
- 2) Temperatura: cuando la temperatura aumenta también se produce un incremento en la temperatura de las células, ya que estas condiciones disipan peor el calor. Como consecuencia, se produce un descenso de tensión sin carga, por lo que también disminuye la potencia generada (Cantos Serrano, 2016).

2.2.6 OPORTUNIDADES Y BARRERAS DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

La tecnología solar fotovoltaica es tomada como una fuente de energía alternativa al utilizar baterías o sistemas de almacenamiento y así suministrar energía, estando sin conexión de red. Esta fuente de energía renovable se considera abundante en el país, es por ello de suma importancia conocer las ventajas y barreras que tiene esta tecnología. (Vanessa et al., 2018)

La tecnología solar fotovoltaica tiene varias ventajas, desde el punto de vista ambiental, hay una reducción de emisión de gases de efecto invernadero, además fuente de energía limpia, infinita y silenciosa. Desde el punto de vista energético contribuye a revertir la matriz a generación renovables. Desde el punto de vista socioeconómico contribuye a generación de puestos de trabajo, aumento de la mano de obra calificada por ende aumento de ingresos y aumento de inversión. Como en todo proyecto hay barreras tales como la inversión inicial, ya que si el sistema lleva sistema de almacenamiento (baterías), los costos se elevan (Vanessa et al., 2018).

2.2.7 SURGIMIENTO DE LA CAPTACIÓN FOTOVOLTAICA EN EDIFICIOS

El primer proyecto residencial emblemático es la Carlisle House (1980) en Massachusetts, siendo la casa pionera en adopción de placas en su cubierta y con enlace a la red pública, entregando excedentes y comprando electricidad en ausencia de irradiación, con una capacidad de producción de 7,5 kWp mediante módulos de sílice cristalino. En 1993, el Departamento de Energía de Estados Unidos inicia el programa de investigación “Oportunidades para edificaciones de Estados Unidos para PV”. El desarrollo comercial de la tecnología se ve eclipsado por Europa y Japón, que miran alternativas energéticas con mayor urgencia. A mediados de los años ochenta, en Japón, Sanyo desarrolla la casa Kansai electric’s PV Demo House. (Zalamea-León & Quesada, 2017).

A principios de los años noventa, en Alemania se pone en marcha el programa piloto denominado “1.000 techos fotovoltaicos”. En Suiza, la Escuela Politécnica de Lausanne (EPFL) ejecuta 14 pabellones donde se muestran distintas alternativas de instalaciones PV integradas a edificación. En Inglaterra, el surgimiento de PV es levemente posterior, la primera instalación fue en la fachada de la University of Northumbria en Newcastle, otra instalación importante en 1995 de 10kWp es el Center Alternative for Technology en Gales. En el resto de Europa también se suceden al final del siglo XX importantes instalaciones como el plan para 200.000 cabañas en zonas remotas de Finlandia, que carecen de conexión por estar lejanas de las redes eléctricas (Little, 1995). Entre 1990 y 1995 se desarrolla la Task 16 de la Agencia Internacional de la Energía, que propone los primeros lineamientos de adopción de colectores solares en la arquitectura. (Zalamea-León & Quesada, 2017).



Figura 21 Primer sistema solar fotovoltaico

Fuente: (Asociación solar, 2020)

2.2.8 PARÁMETROS TÉCNICOS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

En un sistema fotovoltaico es importante identificar la correcta ubicación, orientación, inclinación y distancia de los módulos fotovoltaicos con el propósito de obtener el mejor resultado posible de radiación solar, sobre los módulos. Incluyendo un correcto análisis de carga y así determinar la capacidad necesaria del sistema (Application, 2017).

2.2.8.1 UBICACIÓN

La optima ubicación del sistema fotovoltaico, es preferiblemente en los techos de las casas o los edificios, ya que este espacio normalmente son lugares desaprovechados, donde no suele haber nada instalado. Los techos son ubicación de difícil alcance lo cual disminuye la posibilidad de un robo (Application, 2017).

La ubicación es el lugar caracterizado por su latitud, determina el potencial de la radiación solar incidente, es decir en cuanto más al sur, mayor potencial solar (Cantos Serrano, 2016).

2.2.8.2 LA ORIENTACIÓN (AZIMUT) E INCLINACIÓN DE LOS MÓDULOS

El ángulo de azimut es la dirección de la brújula que señala de donde proviene la luz del sol. Al mediodía solar, el sol siempre está directamente al sur en el hemisferio norte y directamente al norte en el hemisferio sur. El ángulo de azimut varía durante todo el día, en los equinoccios el sol sale directamente desde el este y se pone directamente al oeste, independientemente de la latitud;

con lo que el ángulo azimut es de 90° al amanecer y al atardecer 270° . Sin embargo, en general, el ángulo de azimut varía con la latitud y la época del año (Ángulo acimut | PVEducation, 2020).

El ángulo de azimut es como una dirección de la brújula con el Norte = 0° y Sur = 180° . Otros autores utilizan una variedad de definiciones ligeramente diferentes (es decir, los ángulos de $\pm 180^\circ$ y el Sur = 0°) (Ángulo acimut | PVEducation, 2020).

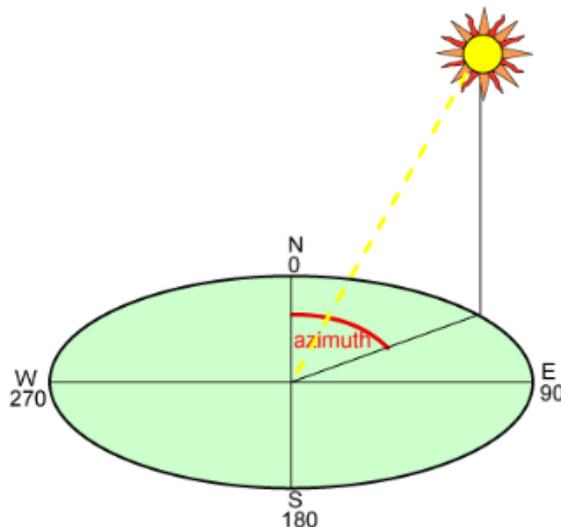


Figura 22. Ángulo del Azimut

Fuente: (PVEducation,2020)

2.2.8.3 FACTOR DE CARGA

El factor de carga es un indicador que relaciona el consumo real de energía de una planta contra el consumo de energía proyectado en la planta, suponiendo una operación continua de la demanda máxima registrada, en un periodo de tiempo determinado (Términos Eléctricos, 2020).

El factor de carga puede variar entre 0% y 100%, siendo preferible un valor cercano al 100%. Sin embargo, la forma de operar de cada planta determinará el valor del factor de carga, es decir, que, en algunas condiciones, es muy difícil lograr modificaciones al factor de carga debido a que ya hay definidos horarios, como por ejemplo en los edificios de oficinas. Hay otras condiciones en las cuales, la modificación de la curva de carga es posible, logrando incrementos en el factor de carga y eventuales disminuciones en la facturación (Términos Eléctricos, 2020).

La fórmula para calcular el factor de carga en un mes de 30 días es:

(2)

$$FC = \frac{\text{Energía consumida en 30 días}}{\text{Demanda Máxima} * 24 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 30 \frac{\text{días}}{\text{mes}}}$$

2.2.8.4 FACTOR DE PLANTA

Conocido también como factor de utilización de una central, es la relación entre la energía eléctrica producida por un generador o conjunto de generadores, durante un intervalo de tiempo determinado y la energía que habría sido producida si este generador o conjunto generadores hubiese funcionado durante ese intervalo de tiempo, a su potencia máxima posible en servicio. Se expresa generalmente en por ciento (Terminos de electricidad, 2020).

(3)

$$FP = \frac{\text{Energía Entregada}}{\text{Energía Nominal}}$$

2.2.8.5 CURVA DE CARGA

La curva de carga permite alcanzar un conocimiento más detallado sobre el consumo de energía y la demanda máxima. Posibilita verificar si existen consumos fuera del horario laboral provocados por la operación de algunos equipos específicos y de esta manera determinar si este consumo es justificado o es generado por descuido al no apagar cargas eléctricas como aires acondicionados o iluminación. Además, brinda información a fin de conocer mejor los equipos y el impacto que estos tienen en la curva de carga diaria (Términos Eléctricos, 2020).

2.2.8.6 DEMANDA ELÉCTRICA

Requerimiento instantáneo a un sistema eléctrico de potencia, normalmente expresado en mega watts (MW) o kilowatts (kW). Se determina a partir del consumo de energía de un equipo o máquina y equivale al valor promedio de potencia eléctrica en un intervalo de 15 minutos. Para calcularla se utiliza la siguiente fórmula: (Términos Eléctricos, 2020).

(4)

$$\text{Demanda Eléctrica} = \frac{\text{Energía (kWh)}}{\text{Intervalo (h)}}$$

2.2.8.7 EL COEFICIENTE DE RENDIMIENTO (PR)

La relación de rendimiento es una medida de la calidad de una planta fotovoltaica que es independiente de la ubicación y, por lo tanto, a menudo descrito como un factor de calidad. La relación de rendimiento (PR) se indica como porcentaje y describe la relación entre la producción de energía real y teórica de la planta fotovoltaica. Por lo tanto, muestra la proporción de la energía que está realmente disponible a exportar a la red después de la deducción de la pérdida de energía (por ejemplo, debido a la energía térmica pérdidas y pérdidas de conducción) y del consumo de energía necesario en la operación (SMA, 2020).

Cuanto más se acerque el valor de PR determinado en una planta fotovoltaica al 100%, más eficiente será el funcionamiento de la planta. En la vida real, no se puede alcanzar un valor del 100%, ya que siempre surgen pérdidas inevitables con el funcionamiento de la planta fotovoltaica (por ejemplo, pérdida térmica debido al calentamiento de los módulos fotovoltaicos). La plantas fotovoltaicas de alto rendimiento, pueden alcanzar una relación de rendimiento de hasta el 80%.(SMA, 2020).

(5)

$$PR = \frac{\text{Energía generada durante un año}}{\text{Irradiación de un año} * \text{No. módulos} * \text{Eficiencia del módulo}}$$

2.2.9 PARÁMETROS FINANCIEROS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

El estudio financiero es el proceso a través del cual se analiza la viabilidad de un proyecto, su finalidad es ver si el proyecto que nos interesa, si es viable en términos de rentabilidad económica. Por ello, el estudio financiero se convierte en una parte fundamental en cualquier proyecto de inversión, este conforma el tercer aspecto en la evaluación de un proyecto donde figura de manera sistemática y ordenada la información de carácter monetario en resultado a la

investigación y análisis, para ello es necesario haber realizado el estudio técnico ya que en este se proyecta la generación de energía eléctrica que será útil en la evaluación de la rentabilidad económica del proyecto (OBS, 2020).

2.2.9.1 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La tasa interna de retorno es la tasa de descuento que hace el VAN igual a cero. En otras palabras, al calcular la TIR realizamos un análisis de sensibilidad al VAN del proyecto contra la tasa de descuento, con el fin de encontrar el punto de equilibrio donde el VAN se hace cero (Pablo Lledó, 2019).

$$VAN = 0 = -A + \sum \frac{Q_t}{(1+r^t)} \quad (6)$$

Donde r es el tipo de rendimiento interno o TIR de la inversión.

La TIR mide la rentabilidad anual del proyecto de inversión, implícita en los flujos de caja que ofrece el proyecto de inversión analizado. Debe compararse con la tasa mínima que la empresa haya fijado como deseable para obtener en sus proyectos de inversión. No obstante, es importante que la empresa compare el valor de la TIR del proyecto de inversión frente al coste de la financiación del mismo, así como frente a la que podría obtener en otros usos posibles. Cuando existen varios proyectos se ordenarán dando preferencia a aquellos que tengan un TIR mayor (Benedicto, 2009).

Regla de decisión:

- 1) Si $TIR >$ tasa de descuento (Invertir)
- 2) Si $TIR <$ tasa de descuento (No invertir)

2.2.9.2 COSTO DE CAPITAL (CC)

Es la mínima tasa de rentabilidad a la que deberá remunerar a las diversas fuentes financieras que componen su pasivo, con objeto de mantener a sus inversores satisfechos evitando, al mismo tiempo, que descienda el valor de mercado de sus acciones. Es por esto por lo que dicha tasa será,

a su vez, el tope mínimo de rentabilidad que la compañía deberá exigir a sus inversiones (Navarrete Sanz, 1980).

2.2.9.3 PERÍODO DE RECUPERACIÓN

El período de recuperación o Payback de una inversión es el tiempo necesario para que las entradas de caja generadas por la inversión hasta ese momento anulen o compensen las salidas que ésta ha originado.(Benedicto, 2009). Si tenemos un flujo de fondos en años, el período de recuperación de la inversión es el número de años que deben transcurrir con el objetivo de que los beneficios netos amorticen la inversión inicial. Si todos los Q_t son positivos e iguales ($Q_t = Q$ para cualquier t), entonces el período de recuperación P vendrá dado por:

$$P = A/Q \quad (7)$$

Regla de decisión:

Mientras menor sea el PRI, ¡mejor!

2.2.9.4 TASA DE DESCUENTO

Se aplica con el propósito de determinar el valor actual de un pago futuro, la tasa de descuento se diferencia de la tasa de interés, la tasa de interés se aplica a una cantidad original con el fin de obtener el incremento que sumado a ella da la cantidad final, mientras que el descuento se resta de una cantidad esperada para obtener una cantidad en el presente.(Gutiérrez Jiménez, 2001)La tasa de descuento o costo de oportunidad del dinero o retorno mínimo exigido a una inversión, dependerá de varios factores tales como: riesgo país, riesgo de la industria, riesgo del proyecto. El principio básico de las finanzas dice que, a mayor riesgo, mayor debería ser el retorno exigido a la inversión (Pablo Lledó, 2019).

2.2.9.5 VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El Valor Actual (o Actualizado) Neto de una inversión es igual al valor actualizado de todos los flujos de dinero esperados, es decir, es igual a la diferencia entre el valor actual de los cobros que genera y los pagos que origina (Benedicto, 2009).

Lo que calcula el VAN es la riqueza neta que genera el proyecto de inversión, por encima de la que generaría un proyecto similar. Dado que se descuentan los flujos a una tasa determinada, si el VAN es positivo, indica que ese es el exceso de riqueza que se crea por encima de la tasa de descuento utilizada. Si un proyecto de inversión tiene un VAN positivo significa que está proporcionando una ganancia total neta actualizada, es decir, que genera unos flujos netos de caja más que suficientes para amortizar y retribuir al capital invertido (Benedicto, 2009).

El VAN consiste en calcular el valor actual de cada uno de los flujos de beneficios netos del proyecto. (8)

$$VAN = BN_0 + \frac{BN^1}{(1+i)} + \frac{BN^2}{(1+i)^2} + \frac{BN^3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{BN^n}{(1+i)^n}$$

Donde BN son los beneficios netos de cada periodo y BN_0 generalmente coincide con la inversión inicial que es un valor negativo. (Pablo Lledó, 2019)

Regla de decisión:

- 1) Si $VAN > 0$ (Invertir)
- 2) Si $VAN < 0$ (No invertir)

2.2.9.6 EL COSTO NIVELADO DE LA ENERGÍA (LCOE)

Con el incremento del uso de energía renovable y el uso de almacenamiento de energía, es importante evaluar el costo del sistema a través del cálculo del costo nivelado de la energía (LCOE), el cual es valoración económica del costo del sistema de generación de electricidad, que incluye todos los costos a lo largo de la vida útil del proyecto, entre ellos la inversión inicial (CAPEX), costos de operación y mantenimiento (OPEX) (Lotfi et al., 2016).

Para identificar qué tipo de instalación de generación de electricidad es más competitiva, dependiendo de su tecnología y de la zona donde se encuentre, es necesario medir su nivel de producción a lo largo de su ciclo de vida. Esto es posible saberlo mediante su Levelized Cost of

Energy (LCOE) o costo energético nivelado, una metodología que nos proporciona el costo por kilowatt-hora generado y que puede aplicarse a sistemas fotovoltaicos, eólicos, térmicos, geotérmicos y a cualquier tipo de generación de electricidad.(LCOE (Levelized Cost of Energy), 2020).

(9)

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n It + Gt * (1 - IM) - Dt * IM}{\sum_{t=1}^n Et * (1 - IM)}$$

Descripción:

- 1) I: Inversión
- 2) G: Gasto O&M
- 3) D: Depreciación
- 4) E: Energía eléctrica generada
- 5) IM: Impuesto sobre la renta
- 6) n: Horizonte económico

LCOE, es igual a la sumatoria de los I, G y D, descontados a una tasa en el horizonte económico, dividido entre la sumatoria de la E, descontada a la misma tasa en el horizonte económico.

2.3 CONCEPTUALIZACIÓN

Variable Dependiente: es la variable que se investiga y se mide, en nuestro caso es la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Variable Independiente: es la que cambia o es controlada con la finalidad de estudiar sus efectos en la variable dependiente, en nuestro caso es la demanda de energía eléctrica, el estudio técnico y el estudio financiero.

Corriente Alterna (CA): es un tipo de corriente eléctrica, en la que la dirección del flujo de electrones va y viene a intervalos regulares o en ciclos (GreenFacts, 2020).

Corriente Continua (DC): es la corriente eléctrica que fluye de forma constante en una dirección, como la que fluye en una linterna o en cualquier otro aparato con baterías es corriente continua (GreenFacts, 2020).

Cuerpo Negro: absorbe toda la radiación incidente sobre su superficie y emite radiación en función de su temperatura. Su nombre se deriva del hecho de que, si no emiten radiación en el rango visible, se ven de color negro debido a la absorción completa de todas las longitudes de onda (PVEducation, 2019).

Factor de carga: también llamado Factor de utilización se define como: la “Relación entre la demanda máxima de un sistema o parte del mismo, y la carga total conectada al sistema o a una parte del mismo” (Electricista, 2020).

Giga Watt: múltiplo de la potencia activa, que equivale a mil millones de watts y cuyo símbolo es GW (Glosario Electricidad, 2017).

Irradiancia: medida de la potencia solar incidente por unidad de superficie, cuantificando la intensidad de la radiación y midiéndose en W/m^2 o en algún otro múltiplo de esta unidad, por ejemplo, (kW/m^2) (Cantos Serrano, 2016).

Irradiación: es la energía solar que recibe una unidad de superficie en un tiempo determinado. Es decir, se obtiene integrando o sumando las irradiancias que se presentan durante ese período de tiempo considerado. Se mide en Wh/m^2 . O en algún otro múltiplo por ejemplo kWh/m^2 . (Cantos Serrano, 2016).

Energía fotovoltaica: es el proceso de convertir directamente la luz solar en electricidad mediante células solares (Conceptos básicos de la luz | Educación PVE, 2020).

Energía bruta: energía que se requiere para satisfacer la demanda de un sistema eléctrico, incluyendo los usos propios de la central (Glosario Electricidad, 2017).

Energía neta: energía necesaria bruta menos la energía de los usos propios de la central (Glosario Electricidad, 2017).

Energía Útil: energía de que se dispone al consumidor después de la última conversión realizada por sus propios aparatos (DGIEM, 2004).

Kilowatt: es un múltiplo de la unidad de medida de la potencia eléctrica y representa 1,000 watts; se abrevia kW (Glosario Electricidad, 2017).

Kilovatios-hora (kWh): unidad de energía utilizada a fin de registrar los consumos. Equivale al consumo de un artefacto de 1.000 W de potencia durante una hora (Glosario Electricidad, 2017)

Ley de Planck: la ley de Planck describe la distribución de energía espectral de la radiación del cuerpo negro (RAMMB, 2020)

Potencia: es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo. Es la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado (Glosario Electricidad, 2017).

Radiación Electromagnética: ondas producidas por la oscilación o la aceleración de una carga eléctrica (Climatico, 2020).

2.4 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

2.4.1 GOOGLE EARTH

Es un programa que permite viajar por todo el planeta a través de imágenes satelitales, planos, mapas y fotografías en 3D. Con esta aplicación se puede observar la tierra en forma deslumbrante y es una herramienta de mucho valor para la enseñanza de la geografía (Google Earth - EcuRed, 2020).

2.4.2 SYSTEM ADVISOR MODEL (SAM)

El System Advisor Model (SAM) es un modelo de software técnico económico gratuito que facilita la toma de decisiones para las personas en la industria de las energías renovables. SAM es desarrollado por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL) con fondos del Departamento de Energía de los Estados Unidos.

El equipo de desarrollo de SAM colabora con socios de la industria, personal y pasantes de NREL, y otras organizaciones de investigación desarrollan y mejoran el modelo. Los modelos solares originales fueron desarrollados en colaboración con Sandia National Laboratories y el Laboratorio de Energía Solar de la Universidad de Wisconsin (NREL, 2020).

2.4.3 SOFTWARE AVANZADO DE DISEÑO SOLAR (HELIOSCOPE)

HelioScope es un software de diseño solar, desarrollada por Folsom Labs, que simplifica el proceso de diseño y dimensionamiento de una instalación de paneles solares. Realiza lo que PVsyst y AutoCAD hacen juntos, tiene una interfaz de usuario mejorada drásticamente con características más intuitivas en el lado del diseño, y es más fácil ejecutar simulaciones múltiples (Folsom, 2020).

2.4.4 SOFTWARE MINITAB

Es una de las herramientas estadísticas más confiables del mercado con el cual se puede obtener provecho de los datos, encontrar tendencias, predecir patrones, descubrir relaciones ocultas entre las variables, visualizar las interacciones de los datos e identificar factores importantes a fin de responder incluso a las preguntas y problemas más desafiantes (Minitab, 2020).

2.5 MARCO LEGAL

2.5.1 LEYES SECTOR ENERGÉTICO EN HONDURAS

2.5.1.1 REFORMA DE LA LEY

Reforma a la ley de promoción a la generación de energía eléctrica con recursos renovables, de acuerdo al decreto No. 138-2013, publicado en La Gaceta del día 1 de agosto del 2013, El Gobierno de la Republica ha legislado con relación a la energía solar lo siguiente: ARTÍCULO 2.- Como medidas de política estatal orientadas a preservar, conservar y mejorar el ambiente y en concordancia con el Artículo 81 de la Ley General del Ambiente, las personas naturales y jurídicas, así como sus contratistas, que conforme a esta Ley desarrollen u operen proyectos de generación de energía eléctrica utilizando recursos naturales renovables nacionales, gozarán de los incentivos siguientes: Gaceta (2013):

- 1) Exoneración del pago del Impuesto Sobre Ventas para todos aquellos equipos, materiales, repuestos, partes, aditamentos, servicios y cualesquiera bienes y servicios que estén destinados o relacionados directamente con la infraestructura necesaria para la generación de energía eléctrica con recursos renovables, incluyendo pero sin limitarse a sistemas, materiales, maquinarias y equipos para turbinar, generar, controlar, regular, transformar, y/o transmitir la energía; así como equipos y maquinarias para la construcción, exceptuando vehículos automotores cuya función principal sea el transporte de personas, que sean utilizados en el estudio, desarrollo, diseño, ingeniería, construcción, instalación, administración, operación y mantenimiento de la planta de generación de energía eléctrica renovable. El Impuesto Sobre Ventas que haya sido pagado por el desarrollador previo al inicio de la construcción del proyecto será objeto de crédito fiscal una vez que se haya iniciado la construcción del proyecto, debiendo el desarrollador acreditar que ha iniciado el periodo de construcción. La exoneración prevista en el párrafo anterior es aplicable a las personas naturales y jurídicas que desarrollen, construyan, u operen el proyecto de generación de energía eléctrica con recursos renovables nacionales y a sus contratistas. El periodo de exoneración caduca el día del vencimiento del contrato o licencia de operación, según corresponda" (Gaceta, 2013).

- 2) Exoneración del pago de todos los impuestos, tasas, contribuciones, aranceles y derechos de importación, para todos aquellos equipos, materiales, repuestos, partes, aditamentos y cualesquiera bienes en general adquiridos localmente o en el exterior destinados o relacionados directamente con la infraestructura necesaria para la generación de energía eléctrica con recursos renovables, incluyendo pero sin limitarse a sistemas, materiales, maquinarias y equipos para turbinar, generar, controlar, regular, transformar y transmitir la energía; así como equipos y maquinarias para la construcción, exceptuando vehículos automotores cuya función principal sea el transporte de personas, y que serán utilizados en el estudio, desarrollo, diseño, ingeniería, construcción, instalación, administración, operación y mantenimiento de la planta de generación de energía eléctrica con recursos renovables. Todos los impuestos, tasas, contribuciones, aranceles y derechos de importación pagados por el desarrollador previo al inicio de construcción del proyecto serán objeto de crédito fiscal una vez que se haya iniciado la construcción del proyecto"(Gaceta, 2013).
- 3) Exoneración del pago del Impuesto Sobre la Renta, Aportación Solidaria Temporal, Impuesto al Activo Neto, Impuesto de Ganancia de Capital y todos aquellos impuestos conexos a la renta por diez (10) años, equivalente a ciento veinte (120) meses, contados a partir de la fecha de inicio de operación comercial del proyecto de generación de energía con recursos renovables, establecida a través de la Certificación de Inicio de Operación Comercial emitida por la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) o la Certificación emitida por la Comisión Nacional de Energía (CNE), en su defecto. En casos de proyectos que se construyan por etapas dentro del mismo periodo de diez (10) años y a solicitud del desarrollador del proyecto, esta exoneración incluye la renta originada por la potencia y su energía asociada entregada durante el periodo de construcción de la planta de energía renovable. " (Gaceta, 2013).
- 4) Exoneración del Impuesto Sobre la Renta y sus retenciones sobre los pagos de servicios u honorarios contratados con personas naturales o jurídicas extranjeras, necesarios para los estudios, desarrollo, diseño, ingeniería, construcción, instalación, administración y monitoreo del proyecto de energía renovable" Esta exoneración incluye todos los impuestos y sus retenciones sobre toda clase de servicios financieros y/o de inversión proveídos para la construcción y operación de los proyectos de generación de energía con recursos renovables

nacionales, brindados por instituciones de inversión o financieras extranjeras o con sede fuera del territorio nacional, siempre y cuando se trate de Organismos Bilaterales y/o Organismos Multilaterales con algún enfoque en desarrollo. La exoneración se hace extensiva a otras personas jurídicas extranjeras que se dediquen a financiar, entre otros, proyectos de generación de energía eléctrica con fuentes renovables y cuyos fondos y/o patrimonio provengan de o estén integrados parcial o totalmente por Organismos Bilaterales y/o Multilaterales con algún enfoque en desarrollo"(Gaceta, 2013).

ARTÍCULO 5- Los usuarios o clientes con instalaciones de generación con recursos renovables con capacidad instalada menor a los Doscientos Cincuenta Kilovatios (250 KW) que se instalen en baja tensión podrán entregar su producción a la red y contabilizarla a través de medidores bidireccionales de tal manera que al final de dicho mes el propietario de tales instalaciones, solo pagará a la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) el Balance Neto Mensual entre la energía consumida por el cliente y la energía entregada por la instalación renovable. Cuando la producción de un mes supere el consumo de energía de tal mes, la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) aplicará al propietario de la instalación un crédito en energía por la producción entregada en exceso; tal crédito podrá ser utilizado por el propietario en cualquier mes siguiente. Las instalaciones amparadas bajo este Artículo no requerirán de permiso alguno ante ninguna dependencia o Secretaria de Estado, debiendo únicamente ser registradas por la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) y cumplir con las normas de conexión/desconexión, protección y medición que esta defina.(Gaceta, 2013)

ARTÍCULO 27- Los equipos y materiales utilizados para las instalaciones de los Sistemas de Energía Solar como la solar fotovoltaica y solar térmica, que se utiliza para uso rural, residencial e industrial y/o autoconsumo o generación de energía, estarán exonerados del pago de impuestos y/o aranceles de importación, incluyendo el Impuesto Sobre Ventas. Las empresas proveedoras de estos sistemas o equipos deben, para el trámite de dichas exoneraciones, acreditar la respectiva inscripción en el registro que para tal efecto lleve la Secretaria de Estado en los Despachos de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA) (Gaceta, 2013).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

El tercer capítulo tiene como propósito presentar la metodología de la investigación, comenzando con la congruencia metodológica, la operacionalización de las variables, la hipótesis de investigación, seguido del enfoque, métodos, materiales, diseño de la investigación, técnicas, fuentes de información y limitantes de estudio.

3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA

La congruencia metodológica debe mostrar la relación existente entre el planteamiento del problema, las preguntas de investigación, los objetivos, las variables dependientes e independientes y la metodología propuesta con el propósito de encontrar una solución del problema planteado.

3.1.1 MATRIZ DE CONGRUENCIA METODOLÓGICA

La matriz de congruencia metodológica es una herramienta que permite organizar las etapas del proceso de la investigación, comenzando en el planteamiento del problema y así que exista una congruencia entre cada una de las partes involucradas (Rendón, 2001).

La presentación en forma de matriz permite apreciar a simple vista el resumen de la investigación y comprobar si existe una secuencia lógica, lo que elimina de golpe las vaguedades que pudieran existir durante los análisis correspondientes con el fin de avanzar en el estudio. En resumen, es un cuadro que permite reducir tiempo y esfuerzos destinados a la investigación, pues permite organizar cada una de las etapas del proceso y es útil para comprobar la coherencia entre ellas (Rendón, 2001).

La tabla 4, muestra la matriz de congruencia metodológica, en este cuadro se observa la relación que debe existir entre el planteamiento del problema, las preguntas de investigación, los objetivos y las variables dependientes e independientes.

Tabla 4. Congruencia Metodológica

Problema de investigación	Preguntas de Investigación	Objetivos		Variables	
		General	Específicos	Dependiente	Independiente
El servicio de energía eléctrica que la empresa ENEE, proporciona a sus abonados en la zona de San Pedro Sula, es suministrado en medio de cortes o apagones que dicha empresa proveedora maneja mediante una programación por zonas, sin descartar los apagones imprevistos. ¿Es económicamente factible llevar a cabo un proyecto de Energía Solar Fotovoltaico con almacenamiento a través de baterías en la Fundación Obras Sociales Vicentinas de San Pedro Sula?	¿Cuánta es la demanda de energía eléctrica en dos edificios de la fundación OSOVI?	Desarrollar un estudio de prefactibilidad de implementación de Energía Solar Fotovoltaica con almacenamiento de energía a través de baterías en dos edificios de la fundación OSOVI de San Pedro Sula.	Cuantificar la demanda de energía eléctrica en dos edificios de la fundación OSOVI.	Tasa Interna de Retorno (TIR)	Demanda eléctrica.
	¿Es viable técnicamente la implementación de energía solar fotovoltaica en dos edificios de la fundación OSOVI?		Realizar un estudio técnico y así conocer la viabilidad de implementación de energía solar fotovoltaica en dos edificios de la fundación OSOVI, mediante un coeficiente de rendimiento (PR) $\geq 70\%$.		Estudio Técnico
	¿Es viable financieramente la implementación de energía solar fotovoltaica en dos edificios de la fundación OSOVI?		Realizar un estudio financiero para conocer si es económicamente factible la implementación de energía solar fotovoltaica en dos edificios de la fundación OSOVI, mediante una tasa interna de retorno (TIR), mayor al costo de capital.		Estudio Financiero

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

La definición operacional es el conjunto de procedimientos y actividades que se desarrollan para medir una variable. La tabla 5, muestra las variables, con sus respectivas dimensiones, indicadores, unidades y escalas (Hernández Sampieri et al., 2014).

Tabla 5. Operacionalización de las variables

Variables	Definición Conceptual de las variables	Definición Operativa de las variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Preguntas	Respuestas	Escala	Técnica
DEMANDA ELÉCTRICA	La demanda eléctrica de un sistema es la intensidad de corriente o potencia eléctrica, relativa a un intervalo de tiempo específico, que absorbe su carga para funcionar.	La demanda eléctrica se determina a partir del consumo de energía de un equipo o máquina.	Censo de Carga	Potencia de los equipos	Watt (W)	¿Cuál es la Demanda eléctrica de los edificios de la fundación OSOVI?	Se determinará la demanda de energía eléctrica, mediante cálculos técnicos	Razón	Análisis datos mediante las estimaciones de hojas de Excel.
				Curva de Carga	Potencia/Tiempo (W/h)				
ESTUDIO TÉCNICO	Conforma la segunda etapa de los proyectos de inversión, en el que se contemplan los aspectos técnicos operativos necesarios en el uso eficiente de los recursos disponibles para la producción de un bien o servicio deseado y en el cual se analizan la determinación del tamaño óptimo del lugar de producción, localización, instalaciones y organización requeridos.	Estudio tiene por objetivo diseñar, calcular y definir los equipos principales de la planta de energía solar fotovoltaica de generación de energía eléctrica	Sistema Fotovoltaico	Módulo Fotovoltaico	Irradiancia (W/m ²)	¿Es el sistema fotovoltaico eficiente en los edificios de la fundación?	Se realizará la correcta dimensión de los paneles e inversores, siempre utilizando los de mejor calidad.	Razón	Evaluación técnica mediante hojas de Excel y software Helioscope.
					Potencia del panel (W)				
				Inversor	Frecuencia (Hz)				
					Factor potencia (%)				
			Radiación Solar	Ubicación	Irradiancia (W/m ²)	¿Cuánto es la radiación solar en el sector Sureste de la ciudad de San Pedro Sula, departamento de Cortés, Honduras?	La radiación será determinada mediante los softwares Google Earth y System Advisor Model (SAM)	Razón	Simulación a través de software System Advisor Model y cálculos técnicos mediante hojas de Excel y utilización de AutoCAD
				Temperatura	Grados Celsius (°C)				
				Orientación (Azimut)	Grados ($\psi = \circ$)				
				Inclinación	Grados (°)				
			Almacenamiento (Baterías)	Ciclo de Trabajo	Unidad	¿Cuál es la capacidad requerida a fin de abastecer de energía eléctrica al momento de interrupción del servicio eléctrico?	Se realizará el adecuado dimensionamiento de baterías para abastecer de energía eléctrica	Razón	Se realizará el cálculo técnico manualmente
				Temperatura	Grados Celsius (°C)			Intervalo	
				Capacidad de almacenamiento	Amperios/ hora (Ah)			Razón	
			Coeficiente de rendimiento (PR)	Temperatura del módulo fotovoltaico	Grados Celsius (°C)	¿Cuál es la relación entre las salidas de energía reales y teóricos de la instalación fotovoltaica?	Se realizará la fórmula de Coeficiente de rendimiento (PR)	Intervalo	Se recolectarán los datos en campo y luego se aplicará la fórmula
La radiación solar	Wh/m ²	Razón							
Diseño del sistema	kWh/kWp								

Continuación de tabla 5

Variables	Definición Conceptual de las variables	Definición Operativa de las variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Preguntas	Respuestas	Escala	Técnica
ESTUDIO FINANCIERO	El estudio financiero es el análisis de la capacidad de una empresa con la finalidad de ser sustentable, viable y rentable en el tiempo. Es una parte fundamental de la evaluación de un proyecto de inversión.	Permite determinar si conviene realizar un proyecto, o sea si es o no rentable y si siendo conveniente es oportuno ejecutarlo en ese momento o cabe postergar su inicio, además de brindar elementos para decidir el tamaño de planta más adecuado.	Flujo de efectivo	Inversión inicial	Dólar (USD)	¿Cuánta es la acumulación de activos líquidos en un tiempo determinado?	Se realizará la correcta dimensión del proyecto y así proceder con la cotización de cada uno de los equipos.	Razón	Evaluación Financiera de proyectos
				Gastos					
				Ingresos					
			Costo de Capital	Tasa de los accionistas	Dólar (USD)	¿Cuál es el costo de capital del proyecto de energía solar fotovoltaica con almacenamiento?	Se realizará la fórmula de costo de capital	Razón	Evaluación financiera de proyectos
				La tasa de Interés	Porcentaje (%)				
			Costo de operación y mantenimiento	Mano de obra	Dólar (USD)	¿Cuál es el costo por operación y mantenimiento del proyecto solar fotovoltaico?	Se realizará la correcta dimensión del proyecto, para proceder a calcular los gastos de operación y mantenimiento	Razón	Evaluación Financiera de proyectos
				Repuestos y Materiales	Dólar (USD)				
				Herramientas	Dólar (USD)				
			Vida Útil de los equipos	El tiempo que se piensa utilizar el activo.	Años	¿Cuál es la vida útil de cada uno de los equipos del proyecto solar fotovoltaico?	Se determinará la vida útil de cada uno de los equipos mediante su depreciación	Razón	Evaluación Financiera de proyectos
			Costo nivelado de la energía LCOE	Inversión	USD	¿Cuál es el costo del kilowatt-hora generado?	Se realizará la fórmula del costo nivelado de la energía LCOE	Razón	Se realizará el cálculo técnico manualmente
Gastos O&M fijos/variables	USD/kWh								
Capacidad instalada	kW								
Factor de operación	Porcentaje (%)								
Indicadores Financieros	Valor Actual Neto (VAN)	USD	¿Es el valor del VAN aceptado?	Se realizará la fórmula	Razón	Evaluación Financiera de proyectos			
		Porcentaje (%)							
		Años							
Indicadores Financieros	Periodo de recuperación	Años	¿En cuántos años se recuperará el capital invertido en el proyecto?	Se realizará la fórmula	Razón	Evaluación Financiera de proyectos			

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 HIPÓTESIS

Explicaciones tentativas del fenómeno investigado que se formulan como proposiciones. (Hernandez Sampieri et al., 2010). Las hipótesis indican lo que tratamos de probar y se definen como explicaciones tentativas del fenómeno investigado. Después investigamos si se acepta o se rechaza la hipótesis, al cortejar y observar el resultado obtenido. Se consideran guías que nos permiten orientar el trabajo a la consecución de un objetivo o conclusión determinada (Hipótesis de investigación, 2020).

La hipótesis del proyecto es la relación entre la tasa interna de retorno y el costo del capital. Se presentan la hipótesis nula y la hipótesis alternativa con el fin de ser sometidas a investigación y determinar cuál se acepta o se rechaza:

H_0 : El proyecto de energía solar fotovoltaico con almacenamiento de energía es factible al obtener una TIR mayor que el costo del capital.

H_1 : El proyecto de energía solar fotovoltaico con almacenamiento de energía no es factible al obtener una TIR menor o igual que el costo del capital.

(10)

$$H_0: TIR > CC$$

$$H_1: TIR \leq CC$$

3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS

En el proyecto se utiliza un enfoque cuantitativo, ya que sus elementos de variación tienen carácter numérico. Se utiliza la recolección de datos con el objetivo de probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico. El alcance es descriptivo ya que busca especificar propiedades, características y rasgos importantes del fenómeno que se analice. Tiene como

prioridad describir cualidades, características, recolecta datos para su análisis estadístico y hacer prueba de hipótesis (Hernandez Sampieri et al., 2010).

3.2.1 EVALUACIÓN DE PROYECTOS

Un proyecto es la búsqueda inteligente al planteamiento de un problema, tiende a resolver una necesidad humana. Cuando hablamos de un proyecto de inversión nos referimos a un plan, que si le asigna determinado monto de capital y se le proporciona insumos de varios tipos, producirá un bien o un servicio útil a la sociedad (Baca Urbina, 2013).

3.2.1.1 PROCESO DE PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN PROYECTO

Todos los proyectos son únicos y distintos de los demás, la metodología que se aplica a cada uno tiene la particularidad de adaptarse a cualquier proyecto (Baca Urbina, 2013). El área donde se aplicará la metodología es en la instalación de sistema solar fotovoltaico en los techos de dos edificios ya existentes de la fundación OSOVI.

Para evaluar un proyecto se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos Baca Urbina, (2013):

- 1) Demanda Eléctrica: es la cantidad de electricidad que una serie de consumidores requieren a fin de abastecer sus necesidades.
- 2) Estudio Técnico: es una investigación que consta de determinación del tamaño y localización optima, ingeniería de proyectos y análisis organizativo.
- 3) Estudio Financiero: es el ordenamiento y sistematización de la información de carácter monetario y la elaboración de los cuadros analíticos que sirven de base en la evaluación económica.

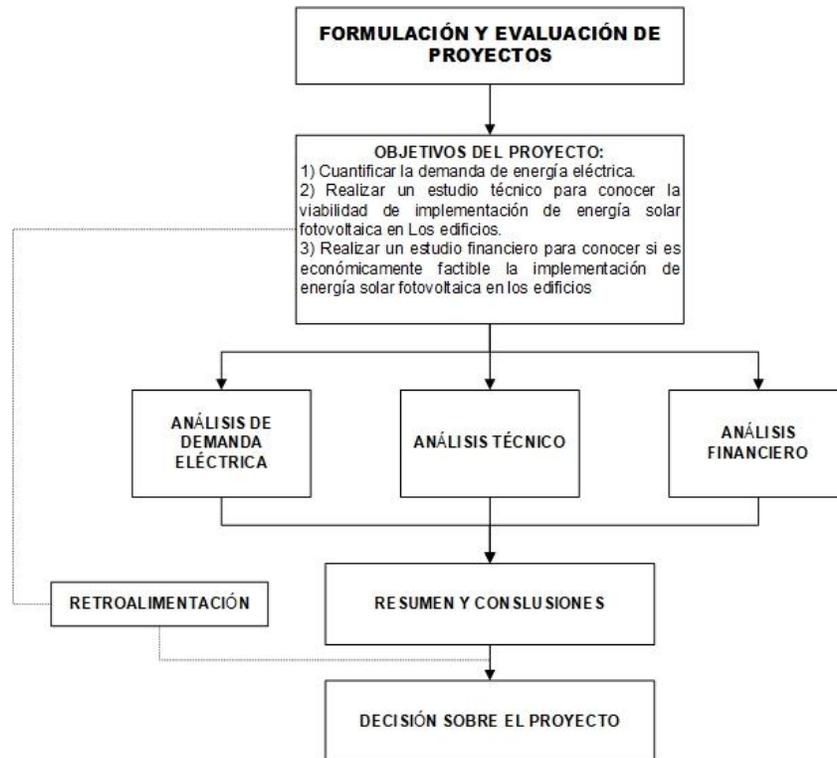


Figura 23 Estructura general de la evaluación de proyectos
Fuente: (Baca Urbina, 2013).

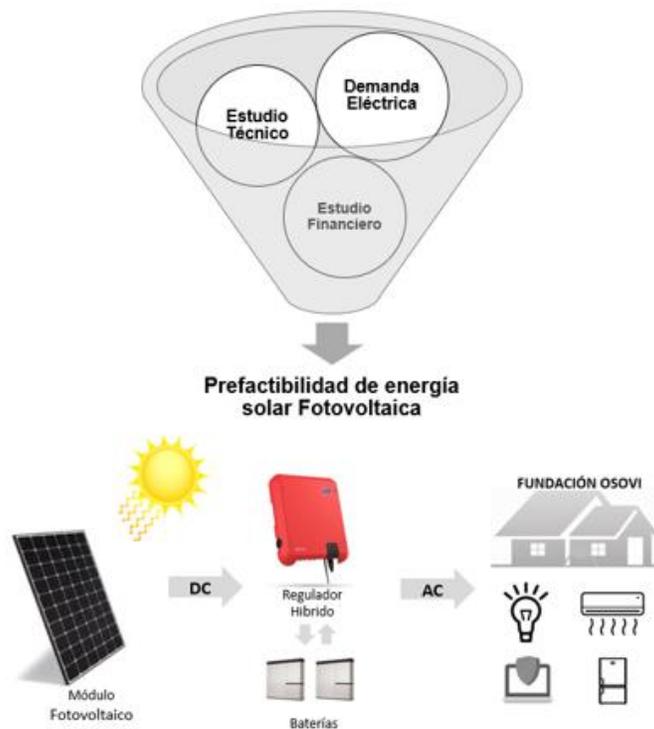


Figura 24 Esquema del proyecto
Fuente: (Elaboración propia)

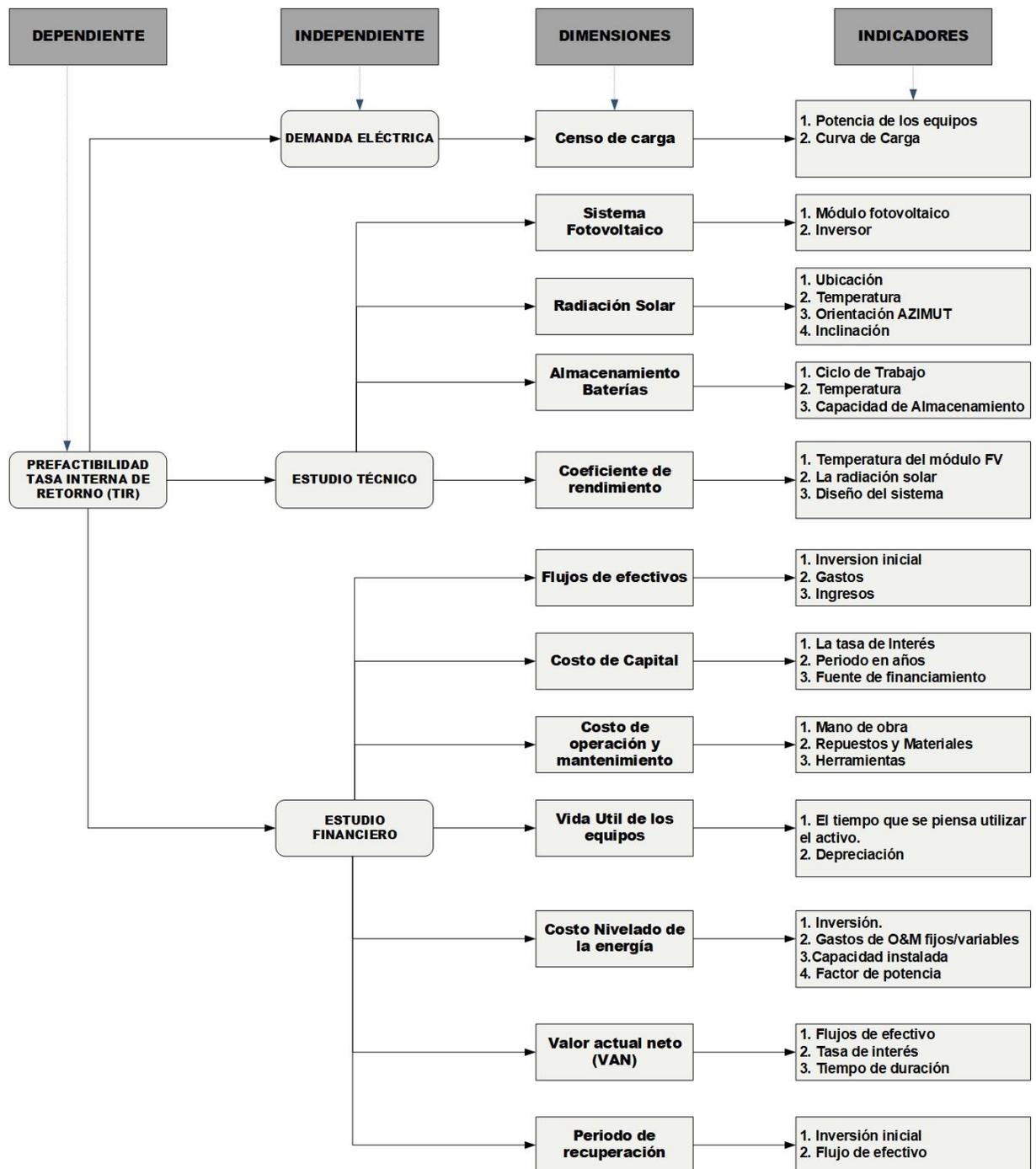


Figura 25 Diagrama de Variables

Fuente: (Elaboración propia)

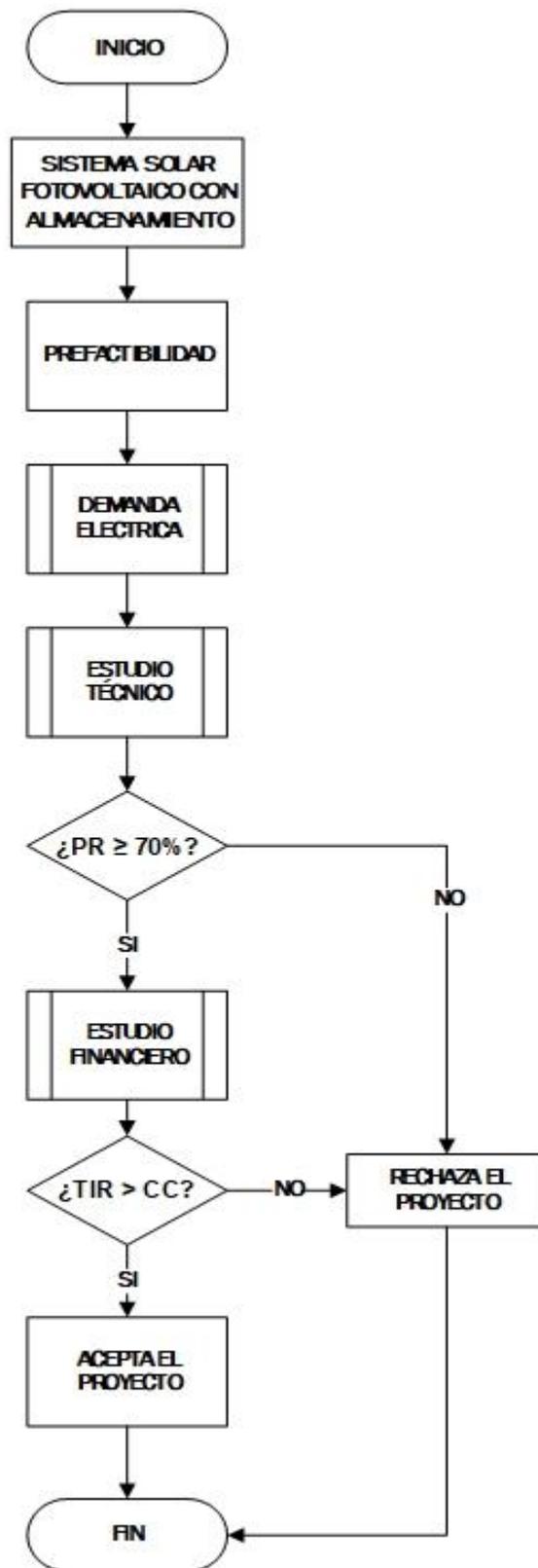


Figura 26 Diagrama de Flujo del Proyecto
 Fuente: (Elaboración propia)

3.2.1.2 RIESGOS DEL PROYECTO

Son los eventos o condiciones inciertas que, en caso de ocurrir, tiene un efecto positivo o negativo sobre los objetivos de un proyecto (Escuela Europea, 2020).

Tabla 6 Lista de riesgos del proyecto

RIESGOS	
1	Falta de mano de obra calificada
2	Falta de planificación
3	Seguridad Industrial (EPP)
4	Accidentes Laborales
5	Cambios en el marco legislativo
6	El paro de labores por falta de suministros
7	Falta de financiación
8	Falta de Mantenimiento
9	Pérdidas técnicas por sombras
10	Siniestros o catástrofes naturales
11	Garantía de los equipos

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 7 Criterios de decisión para evaluar los riesgos

MATRIZ DE PROBABILIDAD		
Ocurrencia	Significado	Valor
Frecuente	Casi certeza que se produzca	5
Probable	Probable que se produzca	4
Ocasional	Probable que se produzca a veces	3
Posible	Puede ocurrir en algún momento	2
Improbable	Nunca puede ocurrir	1

MATRIZ DE IMPACTO		
Ocurrencia	Significado	Valor
Muy Grave	Puede paralizar la operación del proyecto y tener consecuencias irreversibles	E
Grave	Compromete los resultados del proyecto, ocasionando serios retrasos o insatisfacción de los clientes.	D
Medio	Pérdida momentánea de operabilidad que puede ser corregida.	C
Leve	Casi imperceptible en los objetivos de negocio de la organización, que pueden ser corregidos con facilidad.	B
Sin impacto	No genera ningún problema para el proyecto.	A

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 8. Matriz de riesgo

P \ I		IMPACTO					
		Sin impacto	Leve	Medio	Grave	Muy Grave	
		A	B	C	D	E	
PROBABILIDAD	Frecuente	5					5E
	Probable	4				4D	
	Ocasional	3			3C		
	Posible	2		2B	2C	2D	
	Improbable	1				1D	

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 9 Clasificación de los riesgos

RIESGOS		P*I	CLASIFICACION
1	Falta de mano de obra calificada	4D	INTOLERABLE
2	Falta de planificación	5E	
3	Seguridad Industrial (EPP)	5E	
4	Accidentes Laborales	3C	MODERADO
5	Cambios en el marco legislativo	2C	
6	El paro de labores por falta de suministros	3C	
7	Falta de financiación	2D	
8	Falta de Mantenimiento	2B	TOLERABLE
9	Pérdidas técnicas por sombras	2C	MODERADO
10	Siniestros o catástrofes naturales	2B	TOLERABLE
11	Garantía de los equipos	1D	

Fuente: (Elaboración propia)

3.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos se refiere al proceso y el resultado de recolectar (reunir, recoger o cosechar algo). Un dato por su parte es una información que permite generar un cierto conocimiento, son los procedimientos y actividades que permiten obtener la información necesaria a fin de dar respuesta a la pregunta de investigación (Recolección de datos, 2020).

Dentro de la recolección de datos realizamos las siguientes técnicas:

- 1) Observación de Campo: Se visitó el área de estudio de la fundación OSOVI, con el propósito de tomar información y registrarla para su posterior análisis.
- 2) Entrevista Documental: Se buscó la literatura de sistemas fotovoltaicos en libros, boletines, revistas, folletos, periódicos y artículos científicos, que se utilizan como fuentes de recolección de datos sobre las variables de interés.

- 3) Entrevista Experto: Se realizó una entrevista con el Ingeniero Jaime Chong, experto en el área de sistemas solares fotovoltaicos.
- 4) Documentos informacionales: Se recolectarán los datos importantes del análisis financiero, como ser el precio de los materiales y equipos, esto se realizará través de las cotizaciones.
- 5) La estadística: Para recolectar, computar y organizar una serie de datos con la finalidad de establecer conclusiones a partir de algunas cifras. Se realizará a través de la utilización de programas computacionales.
- 6) Análisis datos mediante las estimaciones de hojas de Excel.

3.4 FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información brindan datos más o menos fidedignos, lo cual influirá de manera decisiva y determinante en los resultados que vayamos a obtener. Investigar es obtener información, y saber investigar es, por ende, saber cómo recoger la información del modo más confiable posible (Fuentes de Información, 2020).

3.4.1 FUENTES PRIMARIAS

Las fuentes primarias son aquellas más cercanas posible al evento que se investiga, es decir, con la menor cantidad posible de intermediaciones (Fuentes de Información, 2020).

- 1) Artículos científicos relacionados con sistemas de energía solar fotovoltaica.
- 2) Revistas científicas.
- 3) Entrevista a un experto.
- 4) Cotizaciones de los equipos.
- 5) Fotografías del área de estudio.
- 6) Observación directa en sitio.

3.4.2 FUENTES SECUNDARIAS

Las fuentes secundarias, se basan en las primarias y les dan algún tipo de tratamiento, ya sea sintético, analítico, interpretativo o evaluativo, para proponer a su vez nuevas formas de información (Fuentes de Información, 2020).

- 1) Investigación documental: Libro configuración de instalaciones solares fotovoltaicas y libros digitales.
- 2) Estudios de sistemas de energía solar fotovoltaica
- 3) Estadísticas de los institutos Nacionales
- 4) Decretos escritos del diario Oficial la Gaceta
- 5) Datos de radiación solar obtenido del software System Advisor Model.

3.5 LIMITANTES DEL ESTUDIO

3.5.1 LIMITACIÓN TEMPORAL

El período de tiempo de recolección de la información comprende de 10 semanas, empezando con una fecha inicial el día 25 de enero del año 2020, y finalizando en una fecha tentativa el mes de mayo del año 2020. Algunos datos no se obtuvieron de forma presencial, debido a la pandemia de COVID 19, es por ello que solicitamos apoyo de parte de la fundación en la recolección de información.

3.5.2 LIMITACIÓN ESPACIAL

- 1) El estudio de prefactibilidad se realizará únicamente en dos edificios, la casa del niño y el colegio de la Fundación Obras sociales vicentinas OSOVI, ubicadas en la Colonia San Vicente de Paúl, en el sector Sureste de la ciudad de San Pedro Sula, Departamento de Cortés, al norte de Honduras.
- 2) Los Boletines de datos estadísticos incompletos y no actualizados de las empresas dedicadas al rubro de energía eléctrica en el país.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El cuarto capítulo tiene como propósito presentar el estudio de prefactibilidad de implementación de Energía Solar Fotovoltaica con almacenamiento de energía a través de baterías, comenzando con la descripción del proyecto, el análisis de demanda eléctrica, estudio técnico, el estudio financiero y cerrando con la prueba de hipótesis.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de prefactibilidad de implementación de Energía Solar Fotovoltaica con almacenamiento de energía a través de baterías en los edificios: la casa del niño (edificio 1) y el colegio de la fundación (edificio 2), es una alternativa para abastecer de energía eléctrica, las instalaciones de la fundación OSOVI, cuando se presenten las constantes suspensiones. La energía generada mediante paneles solares fotovoltaicos es inagotable y no contamina, se puede aprovechar en autoabastecimiento independiente de la red eléctrica, ya que estos sistemas permiten almacenar la energía solar en baterías y así utilizarla cuando hay cortes del suministro de energía eléctrica. (Energía solar fotovoltaica, 2020).

A la fundación le interesa el tema de un suministro eléctrico confiable que respalde los edificios, cuando se presenten las constantes suspensiones en el servicio de energía eléctrica en la Colonia San Vicente de Paúl, en el sector Sureste de la ciudad de San Pedro Sula, Departamento de Cortés, al norte de Honduras, ya que este problema afecta la calidad de vida y en especial a los grupos más vulnerables como los de la población meta de Fundación OSOVI.

Para elaborar el estudio se utilizará una metodología basada en proyectos, comenzando con el estudio de demanda eléctrica, a fin de determinar la cantidad de electricidad que están consumiendo y dimensionar el sistema con la intención de abastecer las necesidades de energía eléctrica, continuando con el estudio técnico a fin de determinar el tamaño, los equipos a utilizar, la ingeniería de proyectos y finalizando con el estudio financiero con el objetivo de validar el grado de certidumbre de la decisión de invertir en un proyecto sostenible con almacenamiento de baterías (Urbina, 2013).

Para determinar la demanda eléctrica, nos basamos en la recolección de datos, de manera que se realizó una visita a las instalaciones de la fundación OSOVI, el día 19 de febrero del año 2020, comenzando con un recorrido con el objetivo de conocer las instalaciones, en el cual se observó la infraestructura de los edificios, el área de localización donde se instalarán los paneles, se identificó dónde están los puntos de conexión según el diagrama de instalación eléctrica de los edificios. Al finalizar se acordó con el personal de la fundación una segunda visita a las instalaciones con intención de instalar un equipo de medición de energía eléctrica en los edificios y también tomar fotografías aéreas mediante un dron.

Durante el periodo de este estudio surgió una pandemia global llamada COVID-19 es la enfermedad infecciosa causada por el coronavirus que se ha descubierto recientemente (OMS, 2020). Los primeros casos de la Pandemia de COVID-19 en Honduras se confirmaron en el mes de marzo de 2020. Ante la situación provocada por la pandemia, las autoridades gubernamentales de ese país, específicamente el SINAGER, COPECO, la Secretaría de Salud Pública de Honduras y la Secretaría de Seguridad de Honduras, han tomado determinaciones como la imposición de un estado de sitio, así como una calendarización que regula la circulación de ciudadanos para el abastecimiento de alimentos y medicamentos (HONDURAS, 2020).

Siguiendo con las disposiciones generales del gobierno, para protección nuestra y de las personas que están internadas en las instalaciones de la fundación OSOVI, no se puede visitar las instalaciones y realizar el estudio de la demanda de energía, (SINAGER, 2020), con la finalidad de realizar el proyecto y gracias a la colaboración del personal de la fundación, que mediante llamadas y correos electrónicos nos han proporcionado datos importantes, como ser el listado de equipos de ambos edificios y datos de placa, con esta información se podrá finalizar el estudio de la demanda eléctrica.

El estudio técnico es la segunda etapa del proyecto, el cual se realizará como se había planeado, mediante simulaciones a través de softwares, hojas de Excel y cálculos técnicos manuales. El estudio financiero es la tercera etapa del proyecto, de igual forma se realizará como se había planeado, mediante evaluación financiera de proyectos.

4.2 PLANIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN DEL PROYECTO

La planificación de proyectos es la programación y estimación del orden de prioridades de las actividades necesarias con el fin de alcanzar los objetivos (Sinnaps, 2020). Existen diferentes herramientas para la planificación de proyectos, en este caso vamos a utilizar Microsoft Project, que es una herramienta de administración que permite trabajar con tareas, esquematizarlas, asignar recursos y crear calendarios en la planificación de un proyecto (Project, 2020).

El proyecto de prefactibilidad de implementación de Energía Solar Fotovoltaica con almacenamiento de energía través de baterías en dos edificios de la fundación OSOVI, se realizó mediante el software Microsoft Project utilizado en la gestión de proyectos, el cual tendrá una fecha tentativa de duración de 27 días comenzando el jueves 6 de agosto y finalizando el viernes 11 de septiembre del año 2020.

En la planificación se desglosan las actividades más importantes como ser: la llegada de los materiales importados, las tareas previo al inicio de trabajos, instalación de la estructura, instalación de los paneles, montaje de inversores, las mediciones y parámetros de operación, en los edificios la casa del niño y el colegio OSOVI, mostrando la duración en días, fecha de comienzo y fin de cada tarea, seguido de las actividades predecesoras, la estructura de descomposición del trabajo (EDT), el diagrama de Gantt que muestra de manera clara las distintas fases del proyecto. (Ver en aplicabilidad Cap. VI).

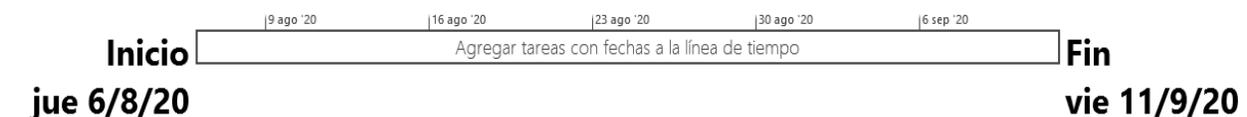


Figura 27 Línea de tiempo de la Instalación del proyecto

Fuente: Software Microsoft Project

4.3 ANÁLISIS FODA DEL PROYECTO

En la gestión de proyectos, el análisis FODA es una de las herramientas más sencillas utilizada en el análisis de la situación en que se encuentra un proyecto. Se convierte en un instrumento muy valioso para estudio del estado real de nuestro proyecto (EOI, 2020).

La matriz FODA está compuesto por sus características internas (Fortalezas y Debilidades) y sus características externas (Oportunidades y Amenazas), las cuales tienen factores positivos (Fortalezas y Oportunidades) y factores negativos (Debilidades y Amenazas). A continuación, se presenta un FODA del proyecto de prefactibilidad de implementación de Energía Solar Fotovoltaica con almacenamiento de energía a través de baterías en dos edificios de la fundación OSOVI.



Figura 28 Matriz FODA del Proyecto

Fuente: Elaboración propia

4.4 DEMANDA ELÉCTRICA

4.4.1 POTENCIA DE LOS EQUIPOS

La potencia es la velocidad a la que se consume la energía (Álvarez, 2020). En la mayoría de los aparatos eléctricos se puede ver su potencia en la placa de características que viene por la parte de atrás y pegada. Pero a veces solo viene la tensión a la que se debe conectar y la intensidad que

circula por el receptor. En estos casos hay que aplicar la ley de Ohm que significa multiplicar el voltaje por la corriente y de esta manera obtener la potencia (Tecnología, 2020).

La tabla 10 y 11, muestra la lista de los equipos de los edificios la casa del niño (Edificio 1) y el colegio OSOVI (Edificio 2), la cantidad de los mismos y la potencia en watts de cada uno de ellos. La tabla 12, muestra los factores de carga eléctrica, estas tablas se utilizan con el propósito de obtener los gráficos de la curva de carga de los edificios.

Tabla 10 Lista de potencia de los equipos en la casa del niño (Edificio 1)

#	Equipo	Potencia	Cantidad
C1	Aire acondicionado de 5 toneladas	7,500 W	1
C2	Secadoras	3,000 W	2
C3	Lavadoras	800 W	2
C4	Estufa eléctrica	1,600 W	1
C5	Oasis	450 W	1
C6	Computadoras	200 W	5
C7	Reflector grande	300 W	1
C8	Lámparas de calle	200 W	4
C9	Refrigeradoras	1,200 W	2
C10	Freezer	1,100 W	1
C11	Ventiladores de techo	200 W	18
C12	Lámparas dobles de 40	40 W	50

Fuente: Elaboración propia con colaboración del personal de la fundación

Tabla 11 Lista de potencia de los equipos en el colegio OSOVI (Edificio 2)

#	Equipo	Potencia	Cantidad
C1	Refrigeradoras	1,200 W	1
C2	Freezer	1,100 W	1
C3	Reflectores	300 W	4
C4	Licuada	500 W	1
C5	Percoladora	800 W	1
C6	Computadoras de escritorio	200 W	38
C7	Computadora portátil	100 W	2
C8	Aires acondicionados (distintas capacidades)	3,800 W	18
C9	Lámparas / focos ahorrativos	25 W	154
C10	Impresoras	100 W	2
C11	Rack	12 W	1
C12	Amplificador	1,200 W	1
C13	Parlante/amplificador	200 W	1
C14	Proyector	80 W	2

Fuente: Elaboración propia con colaboración del personal de la fundación

Tabla 12 Factores de carga eléctrica para diferentes sistemas

Sistema		Factor de Carga [-]
1	Aire acondicionado	0.5
2	Iluminación interior	0.9
3	Iluminación exterior	0.9
4	Anuncios luminosos	0.9
5	Refrigeración	0.4
6	Equipos de oficina	0.7
7	Estufa eléctrica	0.9
8	Secadoras	0.9
9	Lavadoras	0.9

Fuente: Eléctrica aplicada 2020

Tabla 13 Cuadro de demanda eléctrica

Mes	Casa del Niño Edificio 1	Colegio OSOVI Edificio 2
Enero	5,133 kWh	429 kWh
Febrero	4,637 kWh	6,594 kWh
Marzo	5,133 kWh	7,220 kWh
Abril	4,968 kWh	7,183 kWh
Mayo	5,133 kWh	6,944 kWh
Junio	4,968 kWh	7,183 kWh
Julio	5,133 kWh	7,496 kWh
Agosto	5,133 kWh	6,944 kWh
Septiembre	4,968 kWh	7,183 kWh
Octubre	5,133 kWh	7,220 kWh
Noviembre	4,968 kWh	6,907 kWh
Diciembre	5,133 kWh	429 kWh
Demanda Anual	60,441 kWh	71,727 kWh

Fuente: Elaboración propia con colaboración del personal de la fundación

La tabla 13, muestra la demanda eléctrica mensual y anual de la casa del niño (edificio 1) de 60,441 kWh/ año y para el colegio (edificio 2) de 71,727 kWh/año. La demanda total anual del proyecto es 132,168 kWh/año.

4.4.2 CURVA DE CARGA

La curva de carga es la representación gráfica de la forma en que la instalación consumidora hace uso de sus equipos eléctricos en un determinado intervalo de tiempo (Enerlike, 2020). Se realizó utilizando las potencias de los equipos, el factor de utilización o factor de carga eléctrico y el intervalo de tiempo en horas. En la casa del niño se realizó un escenario de perfil de carga, el cálculo utiliza las cargas, el factor de utilización y el tiempo de uso en horas, al sumar esas cargas tenemos la potencia y se convierte en energía. De igual forma en el colegio OSOVI, se realizaron tres escenarios de perfil de carga, el primero toma las cargas lunes a viernes en clase, el segundo las carga sábado y domingo en clase y el tercero las cargas de lunes a domingo sin clases, aplicando el mismo cálculo.

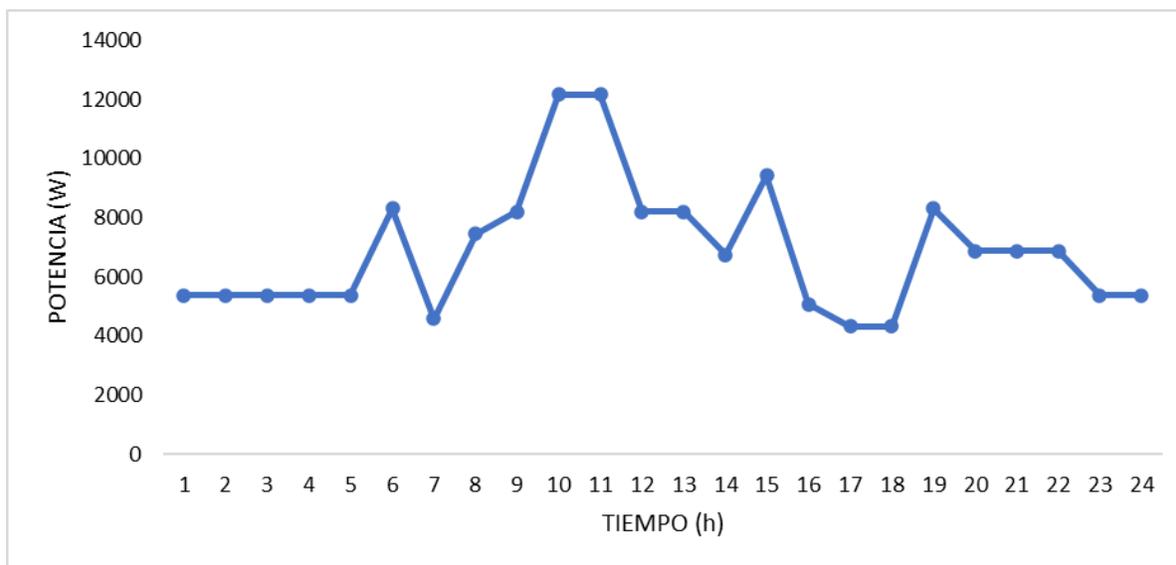


Figura 29 Curva de carga de lunes a viernes Casa del niño (Edificio #1)

Fuente: Elaboración propia con colaboración del personal de la fundación

La figura 29, muestra la curva de carga de lunes a viernes de la casa del niño (edificio 1). En el cual se muestra el pico de consumo se da al mediodía.

En el colegio (edificio 2), se realizaron 3 escenarios debido a que las actividades varían de acuerdo al calendario escolar. La figura 30, muestra el primer escenario es la curva de carga de lunes a viernes en clase, se observa un consumo constante desde la mañana hasta la tarde.

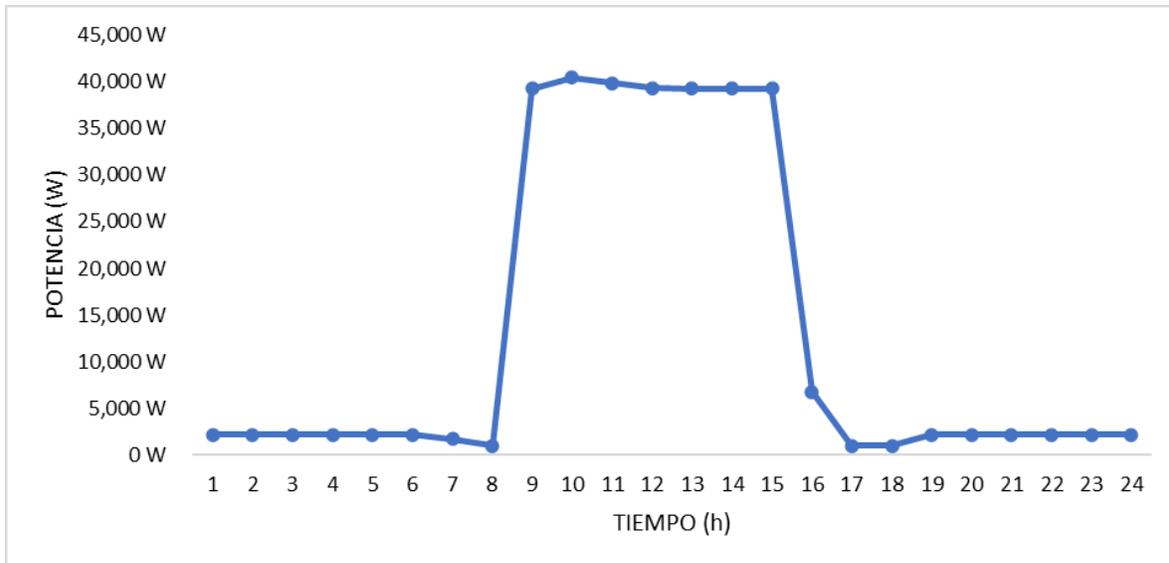


Figura 30 Curva de carga lunes a viernes en clase del colegio OSOVI (Edificio #2)

Fuente: Elaboración propia con colaboración del personal de la fundación

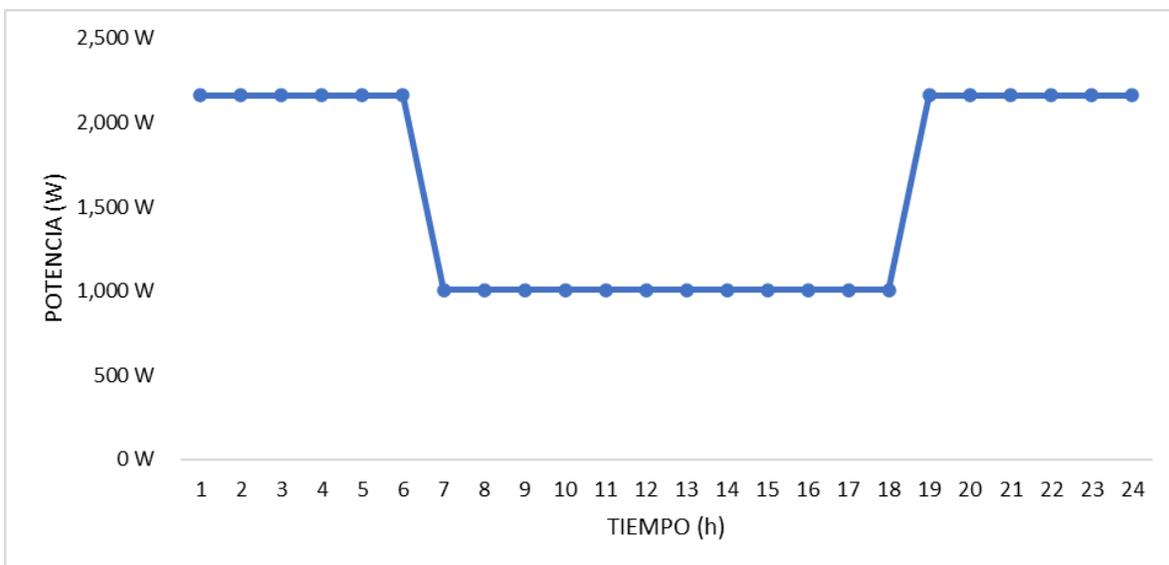


Figura 31 Curva de carga sábado y domingo en clase colegio OSOVI (Edificio #2)

Fuente: Elaboración propia con colaboración del personal de la fundación

La figura 31 muestra el segundo escenario es la curva de carga sábados y domingos en clase. Y la figura 32 muestra el tercer escenario es la curva de carga de lunes a domingo sin clase, Ambos escenarios tienen mayor consumo en la noche debido al uso de la iluminación.

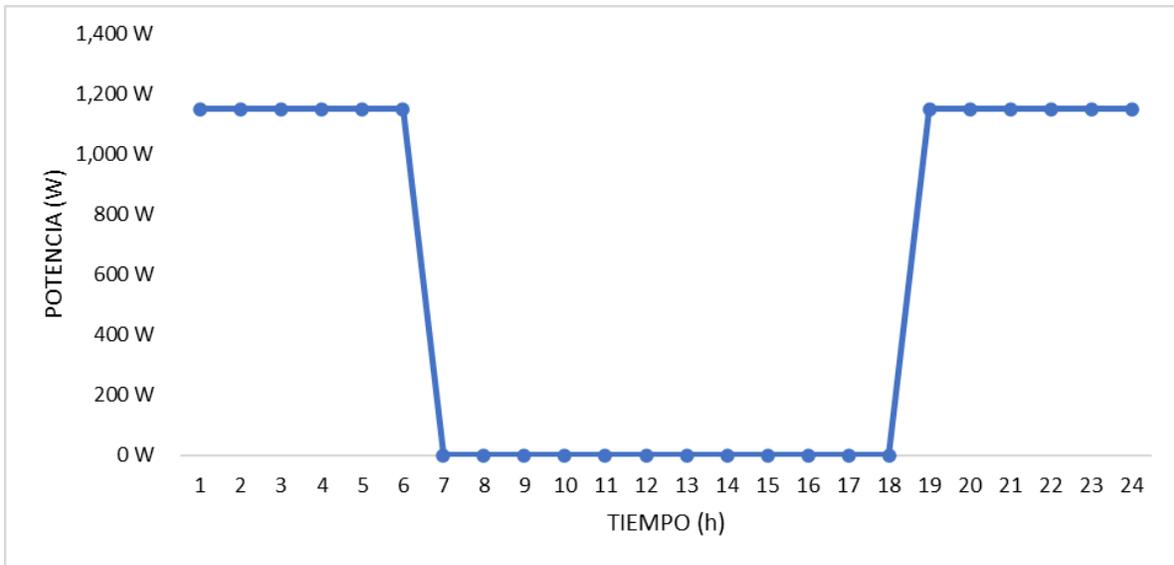


Figura 32 Curva de carga lunes a domingo sin clases colegio OSOVI (Edificio #2)

Fuente: Elaboración propia con colaboración del personal de la fundación

4.4.2.1 PROYECCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El consumo eléctrico es la cantidad de energía demandada por un determinado punto de suministro durante un plazo de tiempo denominado período de facturación (Selectra, 2020). Se realizará la proyección de energía eléctrica consumida en la casa del niño (edificio 1) y el colegio de la fundación OSOVI (edificio 2), en el transcurso de los meses del año, tomando en cuenta el calendario del año escolar en el colegio, edificio 2 (Secretaría de Educación, 2020).

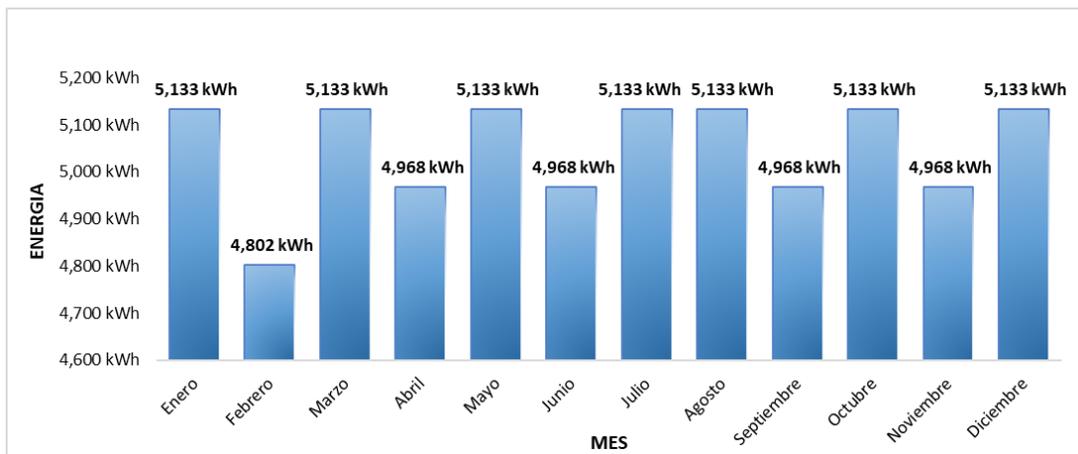


Figura 33 Proyección mensual de consumo de energía eléctrica Edificio #1

Fuente: Elaboración propia

La figura 33, muestra que los meses de mayor consumo de energía eléctrica para el edificio 1 serán: enero, marzo, mayo, julio, agosto, octubre, diciembre y los meses de menor consumo serán: febrero, abril, junio, septiembre y noviembre.

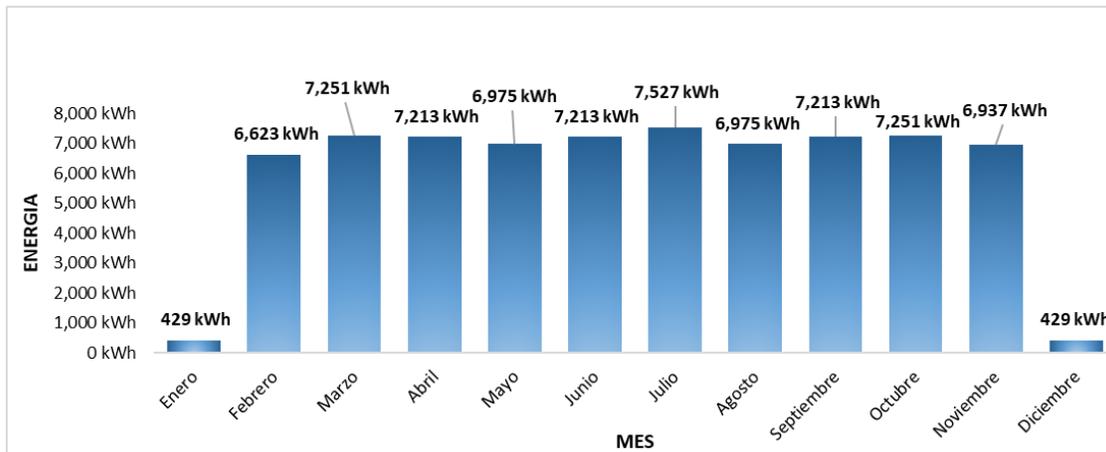


Figura 34 Proyección mensual de consumo de energía eléctrica Edificio #2

Fuente: Elaboración propia

La figura 34, muestra que los meses de mayor consumo de energía eléctrica para el edificio 2 serán: febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y los meses de menor consumo serán: enero y diciembre.

4.5 ESTUDIO TÉCNICO

4.5.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El proyecto se realizará en los de la casa del niño (edificio 1) y el colegio OSOVI (edificio 2), de la Fundación, ubicada en la Colonia San Vicente de Paúl, en el sector Sureste de la ciudad industrial de San Pedro Sula, Cortés, en el norte de Honduras. Las características geográficas principales del sitio son presentadas a continuación:

- 1) Latitud: 15.480597
- 2) Longitud: -87.969317



Figura 35 Latitud y Longitud de la fundación OSOVI

Fuente: Google Earth



Figura 36 Identificación de los Edificios de la Fundación OSOVI

Fuente: Google Earth

4.5.2 ORIENTACIÓN (AZIMUT) E INCLINACIÓN DE LOS MÓDULOS FV

El azimut es otra forma de decir dirección. El azimut de una línea es el ángulo que forma dicha línea con la dirección del norte, se miden de izquierda a derecha y su valor es entre 0 y 360 grados. El azimut es el ángulo que forma un cuerpo celeste y el Norte, medido en sentido de rotación de las agujas de un reloj alrededor del horizonte del observador (Becerra, 2019).

Tabla 14 Detalles de Azimut en los Edificios

Azimut	Casa del Niño Edificio #1			Colegio Edificio #2	
	Techo 1	Techo 2	Techo 3	Techo 1	Techo 2
Agua $\psi =$	137° N	226° N	46° N	48° N	228° N
Inclinación =	17°	17°	17°	12°	12°

Fuente: Software AutoCAD

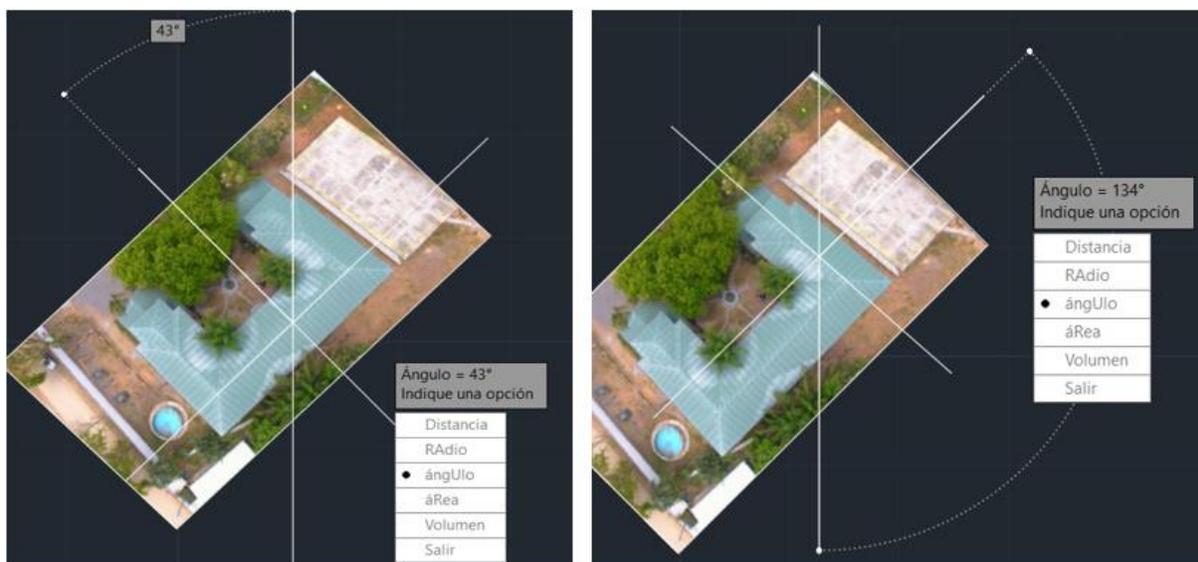


Figura 37 Plano de Azimut Edificio 1

Fuente: Software AutoCAD

Los módulos fotovoltaicos serán instalados cubierta de techo de ambos edificios, los expertos recomiendan instalar los paneles solares en el techo ya que captan mejor la radiación solar y son más eficientes que los que se colocan en el piso (Energía Solar, 2020). La figura 37 y 38 muestran el método utilizado en el cálculo del azimut para cada edificio, este se realizó en el software AutoCAD trazando una línea de norte a sur y una línea perpendicular a la orientación de cada techo, con la herramienta “medir” encontramos el ángulo entre el norte y la perpendicular de cada techo

siendo este el azimut. Los resultados encontrados de las orientaciones de cada uno de los techos se muestran en la tabla 14.



Figura 38 Plano de Azimut Edificio 2

Fuente: Software AutoCAD

4.5.3 IRRADIACIÓN GLOBAL HORIZONTAL

La irradiancia Global Horizontal (GHI) es la radiación que se recibe en una superficie perpendicular al campo de gravedad de la tierra y por lo tanto va recibiendo con distinto ángulo la radiación directa del sol a través del día. Es la suma de la irradiación directa más la difusa, se considera el parámetro más importante en la evaluación del potencial de la energía solar en una región en particular (IDEAM, 2020).

La tabla 15, muestra el archivo meteorológico del año típico de NSRDB, TMY (Tropical Meteorological Year), obtenido del programa SAM (Sistem Advisor Model), clasificado por años y meses el cual muestra la Irradiación en Wh/m^2 y en $\text{kWh/m}^2 \cdot \text{día}$ en un punto dado a través de la latitud y longitud. En la región norte de Honduras según National Radiation Data Base (NRDB), se estima una la irradiación como referencia en un plano horizontal anual (GHI) de $2,000.31 \text{ kWh/m}^2$ y una irradiación diaria de 5.48 kWh/m^2 .

Tabla 15 Tabla de Irradiación Software System Advisor Model (SAM)

Meses	Años							Irradiación		
	1998	2000	2001	2006	2007	2009	2011	Wh/m ² *mes	kWh/m ² *mes	kWh/m ² *día
Enero	0	0	0	0	0	131421	0	131,421	131.42	4.24
Febrero	0	0	0	0	0	0	149447	149,447	149.45	5.34
Marzo	0	0	194406	0	0	0	0	194,406	194.41	6.27
Abril	0	0	0	201288	0	0	0	201,288	201.29	6.71
Mayo	0	0	0	190623	0	0	0	190,623	190.62	6.15
Junio	0	0	0	0	181136	0	0	181,136	181.14	6.04
Julio	0	0	0	0	187885	0	0	187,885	187.89	6.06
Agosto	0	0	0	0	0	192501	0	192,501	192.50	6.21
Septiembre	0	176481	0	0	0	0		176,481	176.48	5.88
Octubre	0	0	144921	0	0	0	0	144,921	144.92	4.67
Noviembre	0	0	0	0	0	0	121432	121,432	121.43	4.05
Diciembre	128765	0	0	0	0	0	0	128,765	128.77	4.15
									2,000.31 kWh/m²	5.48 kWh/m²

Fuente: Software System Advisor Model (SAM)

Tabla 16 Tabla de Irradiación Software de Diseño Solar (Helioscope)

Mes	Irradiancia horizontal global
Enero	125,265.00
Febrero	142,914.00
Marzo	176,513.00
Abril	181,173.00
Mayo	184,989.00
Junio	163,325.00
Julio	167,615.00
Agosto	170,175.00
Septiembre	151,296.00
Octubre	127,846.00
Noviembre	113,777.00
Diciembre	107,768.00
Total general	1,812,656.00
Irradiación Anual	1,812.66 kWh/m²
Irradiación Diaria	4.97 kWh/m²

Fuente: Software Helioscope

La tabla 16, muestra el archivo obtenido del software helioscope. En la región norte de Honduras se estima una la irradiación como referencia en un plano horizontal anual (GHI) de 1,812.66 kWh/m² y una irradiación diaria de 4.97 kWh/m². Se utilizará la irradiación más baja en el dimensionamiento de los módulos con el fin de obtener datos conservadores.

4.5.3.1 PRUEBA ESTADÍSTICA DE LA IRRADIACIÓN

Se realizó una prueba de hipótesis para calcular la diferencia entre dos medias con muestras pequeñas, el cual se plantea como hipótesis nula que los datos de dos softwares son iguales y la hipótesis alternativa muestra que los datos de dos softwares no son iguales. Por lo tanto, las definimos como la diferencia de las medias es diferente de cero. Considerando Alpha de 5%. (Navidi, 2006).

(11)

$$H_0: SAM - Helioscope = 0$$

$$H_a: SAM - Helioscope \neq 0$$

Two-Sample T-Test and CI: SAM; Helioscope

Two-sample T for SAM vs Helioscope

	N	Mean	StDev	SE Mean
SAM	12	5.481	0.951	0.27
Helioscope	12	4.954	0.882	0.25

Difference = μ (SAM) - μ (Helioscope)

Estimate for difference: 0.527

95% CI for difference: (-0.251; 1.306)

T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = 1.41 P-Value = 0.174 DF = 21

Figura 39 Prueba de hipótesis media para la diferencia de SAM y Helioscope

Fuente: MINITAB

La figura 39 muestra el resumen que brinda el software (MINITAB), la primera sección se describe el tamaño de la muestra de cada software, además muestra la media, la desviación estándar y el error estándar de la media de ambas muestras. La segunda sección muestra la prueba de hipótesis de diferencia de la media de software SAM y Helioscope, el intervalo de confianza el cual es del 95%, el T-Value es el estadístico de prueba, debido a que el valor de P es mayor al Valor de Alpha concluimos que no existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, la media de ambas muestras es igual.

4.5.4 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

Un sistema híbrido es una combinación de la tecnología de la energía solar y la red eléctrica con el propósito de poder integrar de la mejor forma ambas fuentes de energía. Al combinar lo mejor del sistema on-grid y off-grid, el sistema híbrido toma la energía solar y la convierte en energía eléctrica para el autoconsumo, mientras que mantiene cargado un banco de baterías con la finalidad de utilizar como backup en caso de un eventual corte de energía de red. Cuando las baterías están cargadas y hay generación solar, se consume la energía proveniente de los paneles, permitiendo así el ahorro de energía de red y evitando el desgaste de las baterías (KATODO, 2020).



Figura 40 Componentes de la instalación híbrido

Fuente: Elaboración propia

ESQUEMA DEL SISTEMA PROPUESTO



Figura 41 Esquema del sistema híbrido

Fuente: Elaboración propia

4.5.4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS

En la investigación y búsqueda de los módulos fotovoltaicos se tomaron en cuenta los siguientes criterios: tipo de módulos, eficiencia y proveedor. Los módulos son de tipo monocristalinos porque tienen los índices de eficiencia más altos, ya que están hechos de silicio de la más alta calidad (SOLAR, 2020), la capacidad del módulo fotovoltaico fue elegida según la eficiencia, que sean capaces de producir la energía necesaria en el espacio disponible y el proveedor de los módulos fotovoltaicos se eligió según el ranking de los 10 principales fabricantes de paneles fotovoltaicos (Magazine, 2018). Las características eléctricas se adjuntan en el apartado de anexo 5.

Los inversores que se utilizarán en el proyecto son híbridos, que se refiere a una combinación de energía directa del sol y almacenamiento (Energy, 2018). El sistema funciona como una fuente de alimentación de respaldo durante un apagón. La marca del inversor híbrido se eligió según el ranking los mejores inversores solares 2019 (E&R Solar, 2019). Se eligió uno en específico porque es el único de la lista con sistema eléctrico monofásico. Las características eléctricas se adjuntan en el apartado de anexo 6. Las baterías que se utilizarán son las compatibles con el inversor híbrido, por efecto de garantía del equipo, ver anexo 7.

Tabla 17 Comparativo de Proveedores de módulos fotovoltaicos

Módulos FV Monocristalino	Proveedores		
	Jinko Solar	Trina Solar	Canadian Solar
Capacidad	385 W	385 W	385 W
Eficiencia	19.42%	18.9 %	19.41%
Peso	22.5 kg	26.4 kg	22.5 kg
Costo unitario	199.99 US\$	145.00 US\$	194.03 US\$

Fuente: Ficha Técnica de los proveedores

Tabla 18 Descripción de equipos del proyecto

Equipo	Capacidad	Marca
Modulo Fotovoltaico Monocristalino	385 W	Canadian Solar
Inversor Híbrido Fotovoltaico	6 kW	SMA
Batería de litio para Inversor	400V-63Ah	LG

Fuente: Elaboración propia



Figura 42 Equipos utilizados en el proyecto

Fuente: Fichas técnicas de fabricantes

4.5.4.2 CÁLCULOS TÉCNICOS

El estudio técnico comprende desarrollar fórmulas mediante hojas de Excel, simulaciones con el software System Advisor Model con la finalidad de obtener la irradiación, simulaciones con software AutoCAD para obtener los azimuts de los edificios y el software Helioscope se utilizó en la simulación de los módulos e inversores en los techos y así evaluar las mejores condiciones y diseñar el proyecto solar fotovoltaico.

La tabla 19 muestra el porcentaje de pérdidas asociadas al proceso de generación de energía que no están relacionadas con la generación específica de la celda fotovoltaica (Monje, 2017). La energía producida por el panel sufre pérdidas adicionales debido a su paso por el resto de los componentes del sistema: inversor, baterías y cableado. De toda la energía que podría llegar a producir un módulo se pierde aproximadamente un 15-20% en pérdidas por temperatura, suciedad, irradiancia y de sistema (Galva, 2020).

Tabla 19 Factor de pérdidas del proceso de generación de energía

Tipo de pérdidas	Edificio 1	Edificio 2
Pérdidas de temperatura	14%	14%
Pérdidas de Cableado DC	1%	1%
Pérdidas de Inversor	2%	2%
Pérdidas de Cableado AC	1%	1%
Pérdidas por suciedad (Polvo y hojas)	1%	1%
Pérdidas por Irradiancia	1%	1%
Total, del factor de pérdidas	20%	20%

Fuente: (Galva, 2020).

La tabla 20, muestra los datos de mayor relevancia de nuestro proyecto, como ser la demanda de energía anual, la irradiación, la capacidad nominal de los siguientes equipos: módulos fotovoltaicos, inversor, baterías y la ratio DC/AC, el factor de pérdidas, la cantidad necesarias de módulos, inversores y baterías en cada uno de los edificios de la fundación.

Tabla 20 Resumen de Cálculos Técnicos

Cálculos Técnicos	Edificio 1	Edificio 2
Demanda Energía Anual	60,441 kWh	71,727 kWh
Demanda Energía Diaria	166 kWh	197 kWh
Irradiación Anual	2,000 kWh/m ²	2,000 kWh/m ²
Promedio Irradiación Diaria	5.48 kWh/m ²	5.48 kWh/m ²
Capacidad Nominal módulo FV	0.385 kW	0.385 kW
Capacidad Nominal Inversor	6 kW	6 kW
Capacidad de Baterías	34 kW	65 kW
Capacidad en DC (Módulo FV)	38 kWp	45 kWp
Capacidad AC (Inversores)	30 kW	36 kW
Ratio DC/AC	1.25	1.25
Factor de Pérdidas	20%	20%
Números de Módulos FV	98	116
Número de Inversores	5	6
Numero de Baterías	6	10

Fuente: Elaboración propia

La tabla 21, muestra los parámetros como ser: el área total disponible en ambos edificios y el área que se va a cubrir con módulos fotovoltaicos en el proyecto, este se calcula multiplicando el número de módulos por el área de cada módulo (2 m²) y el peso que se agregará al techo se estima mediante la aplicación UNIRAC, el cual nos brinda la cantidad de estructura.

Tabla 21 Parámetros de los Edificios

Características	Edificio #1	Edificio #2
Perímetro Edificio	143.15 m	117.61 m
Área Edificio	606.55 m ²	790.70 m ²
Peso Total sobre Techo	13.71 kg/m ²	13.71 kg/m ²
Area Cubierta	186.62 m ²	238.23 m ²

Fuente: Google Earth y UNIRAC

4.5.4.3 PARÁMETROS DEL DIMENSIONAMIENTO DE CADENAS

Las cadenas (o “string”), es la cantidad de módulos fotovoltaicos que hay conectados en serie, con esto se logra aumentar el voltaje que recibe el inversor manteniendo la misma intensidad o corriente, el número mínimo y máximo de módulos conectados en una cadena depende de las características tanto del inversor como del módulo fotovoltaico. Hay inversores fotovoltaicos que tienen entrada para 1 string, 2 string, etc. Eso quiere decir que si tiene dos strings dispondremos de dos filas de módulos solares conectados en serie. (Efimarket, 2018).

La tabla 22, muestra el dimensionamiento de inversores por cadenas, en el proyecto se van a colocar dos cadenas por inversor, para el edificio 1 tendremos tres inversores con cadenas de nueve módulos FV cada una y dos inversores de diez módulos FV por cadena. En el edificio 2 tendremos seis inversores con cadenas de diez módulos FV cada una.

Tabla 22 Dimensionamiento de Inversores por cadenas

EDIFICIO 1			EDIFICIO 2		
Inversores	No. Cadena	No. de modulos FV	Inversores	No. Cadena	No. de modulos FV
Inversor.1	1	9	Inversor.1	1	10
	2	9		2	10
Inversor.2	1	9	Inversor.2	1	10
	2	9		2	10
Inversor.3	1	9	Inversor.3	1	10
	2	9		2	10
Inversor.4	1	10	Inversor.4	1	10
	2	10		2	10
Inversor.5	1	10	Inversor.5	1	10
	2	10		2	10
Inversor.6	1	10	Inversor.6	1	10
	2	10		2	10

Fuente: Elaboracion propia

La tabla 23, muestra los parámetros del dimensionamiento de cadenas: describe los datos de módulo fotovoltaico bajo condiciones estándar de medida (CEM o STC), los datos del inversor, datos climatológicos, las temperaturas extremas de los módulos fotovoltaicos bajo condiciones del valor de la temperatura de operación nominal de la célula (TONC) (IngeLibre, 2014). Y por último los rangos máximos (Max=12) y mínimos (Min=4) de módulos fotovoltaicos en una cadena. El proyecto tiene 9 y 10 módulos por cadenas, es decir que estamos dentro del rango.

Tabla 23 Parámetros necesarios del Dimensionamiento de Cadenas

Datos del Módulo FV (Bajo STC)	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2
Voltaje de Circuito Abierto Voc	48	48
Coefficiente de Temperatura del Voc	- 0.29 %/C	- 0.29 %/C
Voltaje de Punto Máximo de Potencia Vmp	40.2	40.2
Coefficiente de Temperatura del Vmp ó Coeficiente de Temperatura del MPP (Tc _{pmax})	-0.37	-0.37
Corriente de Corto Circuito I _{sc}	10.09 A	10.09 A
Corriente de Corto Circuito I _{mp}	9.58 A	9.58 A
Datos del Inversor	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2
Voltaje Máximo de Entrada	600 V	600 V
Voltaje de Inicio de Inyección del Inversor	100 V	100 V
Corriente Máxima de Cortocircuito I _{sc}	25 A	25 A
Corriente Máxima de Potencia I _{mp} ó Corriente Máxima de Entrada	15 A	15 A
Datos Climatológicos	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2
Temperatura Mínima Récord	10 °C	10 °C
Temperatura Promedio	35 °C	35 °C
Temperatura ambiente en condiciones estándar (STC)	25 °C	25 °C
Temperaturas extremas del funcionamiento de los módulos FV	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2
Temperatura Máxima	56 °C	56 °C
Temperatura Mínima	13 °C	13 °C
Número Mínimo de Módulos FV en una Cadena	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2
Número mínimo de módulos	4	4
Voltaje Mínimo	27 V	27 V
Número Máximo de Módulos FV en una Cadena	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2
Numero máximo de módulos	12	12
Voltaje Máximo	50 V	50 V

Fuente: Fichas Técnicas de los equipos

4.5.5 DISTRIBUCIÓN DE LOS MÓDULOS SOBRE LAS AGUAS DE LOS TECHOS

El proyecto considera los edificios la casa del niño y el colegio de la fundación, la figura 43 y 45 muestra un resumen del reporte de Helioscope, sobre los cuales se obtiene la configuración en los techos de ambas aguas de cada edificio. (Folsom, 2020). El PR promedio total del proyecto es de 74.7%, eso significa que es viable técnicamente al obtener PR>70%. La figura 44 y 46 muestra la distribución de los módulos fotovoltaicos e inversores sobre los techos de ambos edificios.

Casa del niño Edificio 1, san vicente, san pedro sula

Report		System Metrics		Project Location	
Project Name	Edificio 1	Design	Casa del niño		
Project Address	san vicente, san pedro sula	Module DC Nameplate	36.2 kW		
Prepared For	OSOVI	Inverter AC Nameplate	30.0 kW Load Ratio: 1.21		
Prepared By	Emilio Castro / Mabel Figueroa solintec.proyecto@gmail.com	Annual Production	49.01 MWh		
		Performance Ratio	74.5%		
		kWh/kWp	1,354.3		
		Weather Dataset	TMY, La Mesa/San Pedro Sula, SWERA (epw)		
		Simulator Version	fa0d1b63e5-fa643cbdec-1870e62ef4-d343459e55		

Figura 43 Resumen del Proyecto Edificio 1
Fuente: Software Helioscope



Figura 44 Distribución de los módulos e inversores en las aguas del edificio 1
Fuente: Software Helioscope

Colegio San Vicente de paul Edificio 2, san vicente, san pedro sula

Report	
Project Name	Edificio 2
Project Address	san vicente, san pedro sula
Prepared For	OSOVI
Prepared By	Emilio Castro / Mabel Figueroa solintec.proyecto@gmail.com



System Metrics	
Design	Colegio San Vicente de paul
Module DC Nameplate	46.2 kW
Inverter AC Nameplate	36.0 kW Load Ratio: 1.28
Annual Production	62.18 MWh
Performance Ratio	74.8%
kWh/kWp	1,345.8
Weather Dataset	TMY, La Mesa/San Pedro Sula, SWERA (epw)
Simulator Version	fa0d1b63e5-fa643cbdec-1870e62ef4-d343459e55

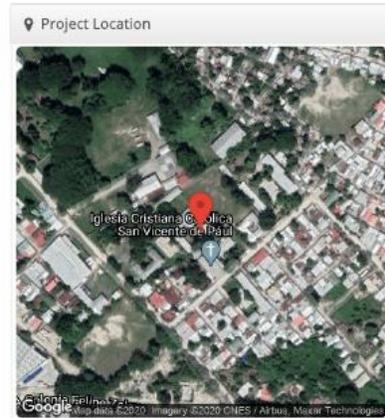


Figura 45 Resumen del Proyecto Edificio 2
Fuente: Software Helioscope

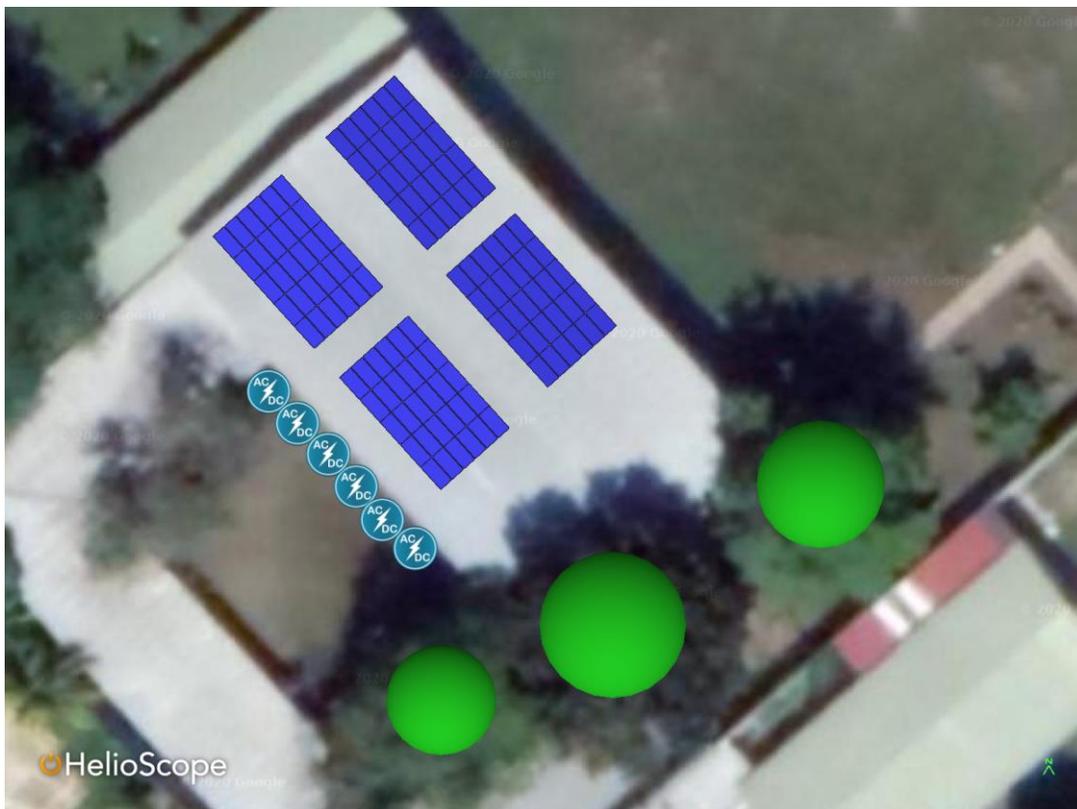


Figura 46 Distribución de los módulos e inversores en las aguas del edificio 2
Fuente: Software Helioscope

4.5.6 PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA

La figura 47 y 48, muestran la proyección de generación de energía mensual entregada a lo largo de un año en ambos edificios de la fundación proporcionado por el software helioscope, los meses con mayor generación serán marzo, abril y mayo en ambos edificios.

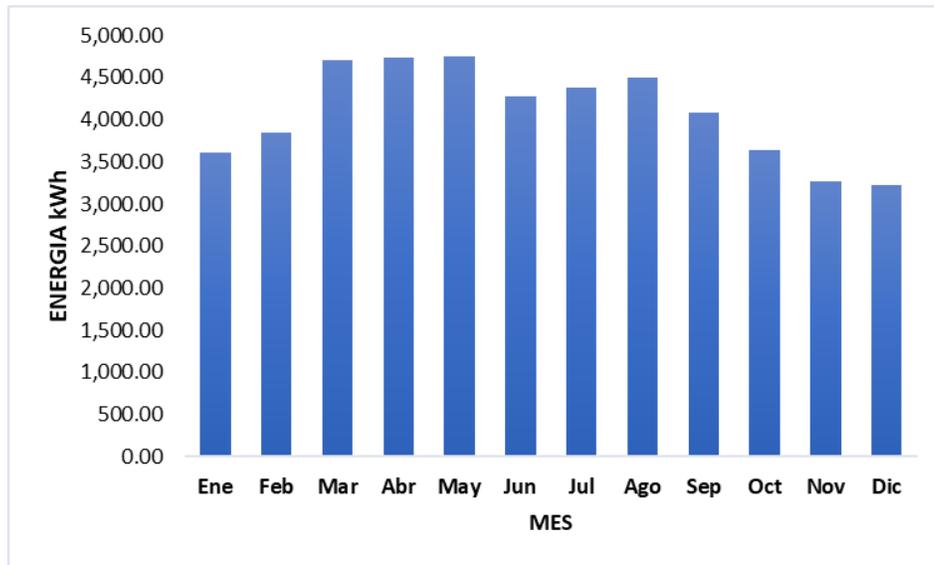


Figura 47 Proyección de Energía mensual Edificio 1

Fuente: Software Helioscope

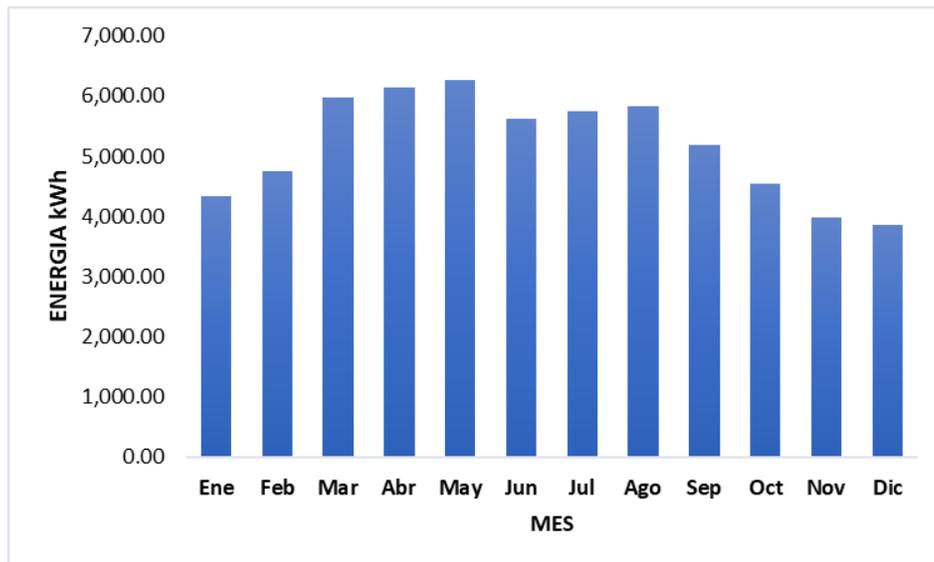


Figura 48 Proyección de Energía mensual Edificio 2

Fuente: Software Helioscope

La tabla 24 muestra la generación de energía a lo largo de la vida útil del generador que consta de 20 años y el porcentaje de degradación para el edificio la casa del niño.

Tabla 24 Proyección generación de energía generada anual edificio 1

EDIFICIO 1 CASA DEL NIÑO				
Años	Energía Generada util KWh	% de Degradación	Energía Generada kWh	Energía Generada MWh
1	49,014	2.5%	47,788	47.8
2	47,788	0.7%	47,454	47.5
3	47,454	0.7%	47,122	47.1
4	47,122	0.7%	46,792	46.8
5	46,792	0.7%	46,464	46.5
6	46,464	0.7%	46,139	46.1
7	46,139	0.7%	45,816	45.8
8	45,816	0.7%	45,495	45.5
9	45,495	0.7%	45,177	45.2
10	45,177	0.7%	44,861	44.9
11	44,861	0.7%	44,547	44.5
12	44,547	0.7%	44,235	44.2
13	44,235	0.7%	43,925	43.9
14	43,925	0.7%	43,618	43.6
15	43,618	0.7%	43,312	43.3
16	43,312	0.7%	43,009	43.0
17	43,009	0.7%	42,708	42.7
18	42,708	0.7%	42,409	42.4
19	42,409	0.7%	42,112	42.1
20	42,112	0.7%	41,817	41.8

Fuente: Elaboración propia

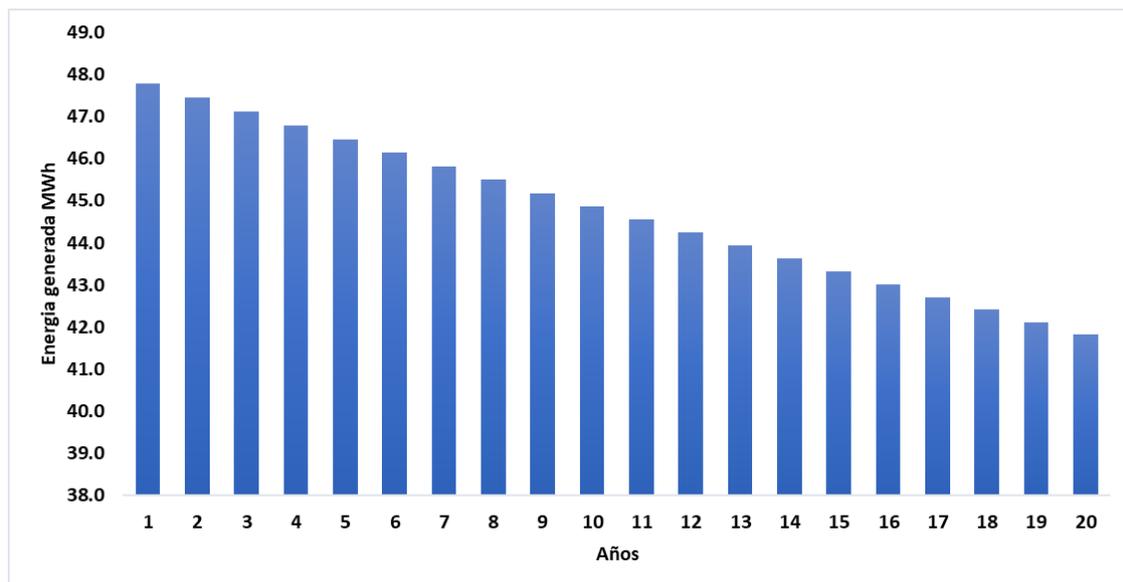


Figura 49 Gráfico de Generación de energía Anual Edificio 1

Fuente: Elaboración propia

La tabla 25 muestra la generación de energía a lo largo de la vida útil del generador que consta de 20 años y el porcentaje de degradación para el edificio del colegio.

Tabla 25 Proyección generación de energía generada anual edificio 2

EDIFICIO 2 COLEGIO OSOVI				
Años	Energía Generada util KWh	% de Degradación	Energía Generada kWh	Energía Generada MWh
1	54,867	2.5%	53,496	53.5
2	53,496	0.7%	53,121	53.1
3	53,121	0.7%	52,749	52.7
4	52,749	0.7%	52,380	52.4
5	52,380	0.7%	52,013	52.0
6	52,013	0.7%	51,649	51.6
7	51,649	0.7%	51,288	51.3
8	51,288	0.7%	50,929	50.9
9	50,929	0.7%	50,572	50.6
10	50,572	0.7%	50,218	50.2
11	50,218	0.7%	49,867	49.9
12	49,867	0.7%	49,518	49.5
13	49,518	0.7%	49,171	49.2
14	49,171	0.7%	48,827	48.8
15	48,827	0.7%	48,485	48.5
16	48,485	0.7%	48,146	48.1
17	48,146	0.7%	47,809	47.8
18	47,809	0.7%	47,474	47.5
19	47,474	0.7%	47,142	47.1
20	47,142	0.7%	46,812	46.8

Fuente: Elaboración propia

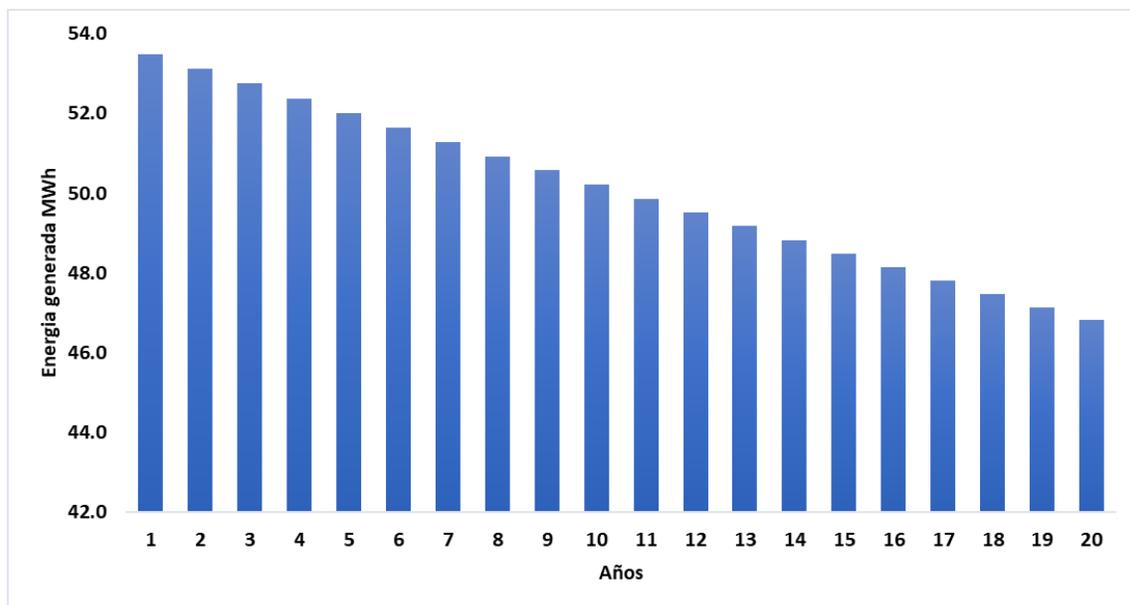


Figura 50 Gráfico de Generación de energía Anual Edificio 2

Fuente: Elaboración propia

4.5.7 IMPACTO AMBIENTAL

En un mundo con unos límites de emisiones de carbono cada vez más estrictos, las tecnologías de energía solar representan una de las formas de generación de electricidad más limpias. La energía solar no produce emisiones mientras se genera y los estudios han demostrado claramente que la huella de carbono durante su ciclo de vida es inferior a la de los combustibles fósiles (Nations, 2020).

El calentamiento global es la causa del cambio climático, es decir, el aumento de la temperatura del planeta provocado por las emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero derivadas de la actividad del ser humano (Acciona, 2020). La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que incluye 17 Objetivos y 169 metas, presenta una visión ambiciosa del desarrollo sostenible e integra sus dimensiones económica, social y ambiental (ver anexo 11). Dentro de los objetivos ambientales tenemos la energía asequible y no contaminante, la producción y el consumo responsable y la acción por el clima (CEPAL, 2020).

4.5.7.1 REDUCCIÓN DE EMISIONES EN ÁRBOLES PLANTADOS

Los árboles realizan una doble función imprescindible para la vida en la tierra, son uno de los principales mecanismos de captura de carbono del planeta: especialmente durante su fase de crecimiento, los árboles absorben dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera y lo almacenan. Por otro lado, los árboles también producen oxígeno, imprescindible para respirar (CANELA, 2020). Producir menos CO₂ es igual que plantar nuevos árboles. Este concepto se llama “compensación pasiva (Tecchio, 2019).

Tabla 26 Equivalente de la reducción de emisiones en árboles plantados

Descripcion	Total Proyecto
Factor de emisión de CO ₂ de un Sistema Convencional de Generación de Energía	0.39 kgCO ₂ /kWh
Ajuste por las emisiones que se emiten para producir un módulo FV	0.05 kgCO ₂ /kWh
Factor de emisión de CO ₂ ajustado	0.34 kgCO ₂ /kWh
Proyección de Energía a Generar KWh en 20 años	2,330,390.62 kWh
Emisiones de GEI en 20 años	783.01 TON CO ₂
Factor de captura de CO ₂ de un árbol	30 kgCO ₂ /año
Equivalente de la reducción de emisiones en árboles plantados anual	1,044 arboles plantados/ año

Fuente: (AQUAE, 2016)

La tabla 26 muestra el cálculo de la reducción de emisiones de CO₂ y su equivalente en árboles plantados en el proyecto (edificio 1 y edificio 2), siendo un total de 1,044 árboles plantados en un año. Al reducir la cantidad de CO₂ producida equivale a plantar nuevos árboles. En cambio, si aumentamos las emisiones es igual que talar árboles.

4.6 ESTUDIO FINANCIERO

Es el proceso a través del que se analiza la viabilidad de un proyecto, tomando como base los recursos económicos que tenemos disponibles y el costo total del proceso de producción (en nuestro caso energía eléctrica). Su finalidad es permitir ver si el proyecto es viable en términos de rentabilidad económica (OBS, 2020).

4.6.1 ESTRUCTURA DE CAPITAL

La fundación OSOVI, cuenta con fondos propios o autofinanciación para realizar el proyecto de energía solar fotovoltaico con almacenamiento en los edificios la casa del niño (edificio 1) y el colegio de la fundación (edificio 2), se utilizará el 8% para la tasa de descuento tomando como referencia el interés que da el banco con los préstamos verdes (energía renovable). La fuente de capital cuenta con el apoyo económico y técnico de un grupo de donantes altruistas del sector privado local, nacional e internacional.

Tabla 27 Estructura del capital

FUENTES DE CAPITAL	TASA DE DESCUENTO	PARTICIPACIÓN
Fondos Propios	8%	100%

Fuente: (OSOVI)

Tabla 28 Resumen de inversión

EDIFICIO 1	EDIFICIO 2	TOTAL, DEL PROYECTO
96,169.96 US\$	132,236.89 US\$	228,406.85 US\$

Fuente: Elaboración propia

4.6.2 ESTIMACIÓN DE CANTIDADES DE MATERIALES

La tabla 29 muestra la lista de materiales por separado de los edificios la casa del niño y el colegio de la fundación OSOVI, se detallan las cantidades de materiales de la estructura que se dividen en: materiales de sistema base y accesorios, materiales eléctricos y los componentes principales de un proyecto solar fotovoltaico como ser los paneles, los inversores y las baterías.

Tabla 29 Lista de materiales edificio casa del niño y colegio

ESTIMACIÓN EDIFICIO 1 Y EDIFICIO 2			
Tipo de Parte	Descripción	Cantidad E1	Cantidad E2
Módulos Fotovoltaicos	Canadian Solar CS3U-385	94	120
Inversor	SUNNY BOY 6.0 SMA	5	6
Baterías	LG CHEM RESU 400V	6	10
Carril, parte del sistema base	SM Rail 168" CLR	13	12
Carril, parte del sistema base	SM Rail 246" CLR	54	72
Empalme, parte del sistema base	BND Splice Bar Pro Series DRK	46	72
Abrazadera Media, parte del sistema base	SM BND Mindclamp BC SS	148	192
Abrazadera Final, parte del sistema base	SM Endclamp C CLR AL	80	96
Accesorio de Techo	L-FOOT Serrated W/T-BOLT,CLR	348	432
Accesorio, Terminal de Tierra	ILSCO Lay in Lug (GBL4DBT)	28	24
Materiales Eléctricos	Cable FV #10 [m]	616	748
Materiales Eléctricos	conector MC4 macho	50	70
Materiales Eléctricos	conector MC4 hembra	50	70
Materiales Eléctricos	Bandeja electrica galvanizada 4" [m]	86	30
Materiales Eléctricos	Cuchilla de desconexión 30 amp 2 polos	5	6
Materiales Eléctricos	Cable thhn #10 negro [m]	150	278
Materiales Eléctricos	Cable thhn #12 verde [m]	75	143
Materiales Eléctricos	Tubería IMC 2"	75	46
Materiales Eléctricos	Sensor de radiación	1	1
Materiales Eléctricos	Breaker Square D 40 amp. 2 polos	5	6
Materiales Eléctricos	Curva Conduit 2	8	10
Materiales Eléctricos	Camisa Conduit 2	12	18
Materiales Eléctricos	Conector Conduit 2	12	18
Materiales Eléctricos	Cinta Aislante 3M SCOTCH 33	20	20
Materiales Eléctricos	Cinta Aislante 3M SCOTCH 23 Hule	10	10
Materiales Eléctricos	DEXSON Tira Plástica T-10 Blanca	500	500
Materiales Eléctricos	Protecciones	5	1
Estructura	Techo para Inversores	1	1
Renta de equipos	Alquiler Andamios	14	14
Renta de equipos	Alquiler camión grúa	1	1

Fuente: Elaboración propia, Cotizaciones y UNIRAC

La tabla 30 muestra la lista de materiales necesarios en la elaboración del proyecto (edificio 1 y 2) de la fundación OSOVI, se detallan las cantidades de materiales de la estructura que se dividen en: materiales de sistema base y accesorios, materiales eléctricos y los componentes principales de un proyecto solar fotovoltaico como ser los paneles, los inversores y las baterías.

Tabla 30 Lista de materiales del Proyecto (Edificio 1 y 2)

ESTIMACIÓN TOTAL		
Tipo de Parte	Descripción	Cantidad
Módulos Fotovoltaicos	Canadian Solar CS3U-385	214
Inversor	SUNNY BOY 6.0 SMA	11
Baterías	LG CHEM RESU 400V	16
Carril, parte del sistema base	SM Rail 168" MILL	25
Carril, parte del sistema base	SM Rail 246" MILL	126
Empalme, parte del sistema base	BND Splice Bar Pro Series MILL	118
Abrazadera Media, parte del sistema base	SM BND Midclamp BC SS	340
Abrazadera Final, parte del sistema base	SM Endclamp C CLR AL	176
Accesorio de Techo	L-FOOT Serrated W/T-BOLT,CLR	780
Accesorio, Terminal de Tierra	ILSCO Lay in Lug (GBL4DBT)	52
Materiales Eléctricos	Cable FV #10 [m]	1364
Materiales Eléctricos	conector MC4 macho	120
Materiales Eléctricos	conector MC4 hembra	120
Materiales Eléctricos	Bandeja electrica galvanizada 4" [m]	116
Materiales Eléctricos	Cuchilla de desconexión 30 amp 2 polos	11
Materiales Eléctricos	Cable thhn #10 negro [m]	428
Materiales Eléctricos	Cable thhn #12 verde [m]	218
Materiales Eléctricos	Tubería IMC 2"	121
Materiales Eléctricos	Sensor de radiación	2
Materiales Eléctricos	Breaker Square D 40 amp. 2 polos	11
Materiales Eléctricos	Curva Conduit 2	18
Materiales Eléctricos	Camisa Conduit 2	30
Materiales Eléctricos	Conector Conduit 2	30
Materiales Eléctricos	Cinta Aislante 3M SCOTCH 33	40
Materiales Eléctricos	Cinta Aislante 3M SCOTCH 23 Hule	20
Materiales Eléctricos	DEXSON Tira Plástica T-10 Blanca	1000
Materiales Eléctricos	Protecciones	6
Estructura	Techo para Inversores	2
Renta de equipos	Alquiler Andamios	28
Renta de equipos	Alquiler camión grúa	2

Fuente: Elaboración propia, Cotizaciones y UNIRAC

4.6.3 PREPARACIÓN DE PRESUPUESTO

La tabla 31 y 32, muestra la información corresponde a los ítems que serán necesarios de la puesta en marcha del proyecto solar fotovoltaico, la cantidad de materiales, el precio unitario, la mano de obra y los imprevistos dando como resultado la inversión inicial del proyecto en el edificio la casa del niño (edificio 1) de 96,169.96 dólares y en el edificio colegio OSOVI (edificio 2) de 132,236.89 dólares. Se colocan los edificios por separado debido a que ciertos precios de los materiales varían.

Tabla 31 Presupuesto del Edificio 1

EDIFICIO 1 CASA DEL NIÑO			
Ítem	Cantidad	Precio Unitario (US\$)	Precio Total (US\$)
Módulos fotovoltaicos Monocristalinos	94	194.03	18,238.82
Inversor Híbrido SMA	5	2,435.00	12,175.00
Baterías LG	6	6,392.00	38,352.00
SM Rail 168" CLR	13	48.82	634.66
SM Rail 246" CLR	54	71.49	3,860.46
BND Splice Bar Pro Series DRK	46	5.43	249.78
SM BND Mindclamp BC SS	148	2.39	353.72
SM Endclamp C CLR AL	80	2.04	163.20
L-Foot Serrated W/T-BOLT,CLR	348	2.50	870.00
ILSCO Lay in Lug (GBL4DBT)	28	5.75	161.00
Costo de Flete	1	3,107.43	3,107.43
Cable FV #10 [m]	616	1.29	793.41
Conector MC4 macho	50	3.45	172.50
Conector MC4 hembra	50	3.45	172.50
Bandeja eléctrica galvanizada 4" [m]	86	18.75	1,612.23
Cuchilla de desconexión 30 amp 2 polos	5	61.74	308.69
Cable thhn #10 negro [m]	150	0.18	27.18
Cable thhn #12 verde [m]	75	0.13	9.49
Tubería IMC 2"	75	35.06	2,629.14
Breaker Square D 40 amp. 2 polos	5	13.47	67.37
Curva Conduit 2	8	9.90	79.17
Camisa Conduit 2	12	1.99	23.84
Conector Conduit 2	12	5.33	64.00
Cinta Aislante 3M SCOTCH 33	20	5.34	106.82
Cinta Aislante 3M SCOTCH 23 Hule	10	18.73	187.31
DEXSON Tira Plástica T-10 Blanca	500	0.04	18.40
Protecciones	5	200.00	1,000.00
Techo para Inversores	1	200.00	200.00
Otros Accesorios	1	633.36	633.36
Sensor de Radiación	1	350.00	350.00
Alquiler Andamios	14	32.00	448.00
Alquiler camión grúa	1	240.00	240.00
Mano de Obra	38000	0.05	1,900.00
Reforzamiento de techo	1	2,500.00	2,500.00
Imprevistos (5%)	1	4,460.47	4,460.47
Total Presupuesto			96,169.96

Fuente: Elaboración propia, Cotizaciones y UNIRAC

Tabla 32 Presupuesto Edificio 2

EDIFICIO 2 COLEGIO OSOVI			
Ítem	Cantidad	Precio Unitario (US\$)	Precio Total (US\$)
Módulos fotovoltaicos Monocristalinos	120	194.03	23,283.60
Inversor Híbrido SMA	6	2,435.00	14,610.00
Baterías LG	10	6,392.00	63,920.00
SM Rail 168" MILL	12	39.62	475.44
SM Rail 246" MILL	72	58.03	4,178.16
BND Splice Bar Pro Series MILL	72	4.74	341.28
SM BND Midclamp BC SS	192	2.39	458.88
SM Endclamp C CLR AL	96	2.04	195.84
L-FOOT Serrated W/T-BOLT,CLR	432	2.50	1,080.00
ILSCO Lay in Lug (GBL4DBT)	24	5.75	138.00
Costo de Flete	1	4,499.40	4,499.40
Cable FV #10 [m]	748	1.29	963.42
Conector MC4 macho	70	3.45	241.50
Conector MC4 hembra	70	3.45	241.50
Bandeja eléctrica galvanizada 4" [m]	30	18.75	562.41
Cuchilla de desconexión 30 amp 2 polos	6	61.74	370.43
Cable thhn #10 negro [m]	278	0.18	50.37
Cable thhn #12 verde [m]	143	0.13	18.09
Tubería IMC 2"	46	35.06	1,612.54
Breaker Square D 40 amp. 2 polos	6	13.47	80.85
Curva Conduit 2	10	9.90	98.96
Camisa Conduit 2	18	1.99	35.75
Conector Conduit 2	18	5.33	96.01
Cinta Aislante 3M SCOTCH 33	20	5.34	106.82
Cinta Aislante 3M SCOTCH 23 Hule	10	18.73	187.31
DEXSON Tira Plástica T-10 Blanca	500	0.04	18.40
Protecciones	6	200.00	1,200.00
Techo para Inversores	1	260.00	260.00
Otros Accesorios	1	469.79	469.79
Sensor de Radiación	1	350.00	350.00
Alquiler Andamios	14	32.00	448.00
Alquiler camión grúa	1	240.00	240.00
Mano de Obra	45000	0.05	2,250.00
Reforzamiento de techo	1	3,000.00	3,000.00
Imprevistos (5%)	1	6,154.14	6,154.14
Total Presupuesto			132,236.89

Fuente: Elaboración propia, Cotizaciones y UNIRAC

Los ejecutores del proyecto será la fundación OSOVI con un presupuesto total de 228,406.85 dólares, busca la instalación de un sistema solar fotovoltaico con almacenamiento a través de baterías para dos edificios de la fundación, con el fin de beneficiar a los grupos más vulnerables de la zona.

4.6.4 AHORROS

Reducir los costes energéticos contribuye a mejorar la competitividad de las empresas. Además del ahorro económico, se consigue reducir el consumo energético y las emisiones de CO₂ con los correspondientes beneficios medioambientales (REMICA, 2018).

Las figuras 51, 52 y 53 nos muestra el comportamiento de la demanda de la fundación OSOVI (en azul) contra el porcentaje de energía que cubrirá la energía fotovoltaica (en anaranjado). No se pretende ahorrar en un 100%, ya que en nuestro país aún no se compra el exceso de energía eléctrica con fuentes renovables, eso significa que esa energía que se inyecta a la red no es remunerada. Es por ello que estamos cubriendo en un 81% en el edificio 1, en un 76% en el edificio 2 y un 79% total del proyecto. En nuestro análisis no tomamos en cuenta la producción de energía FV en los escenarios donde no hay demanda ya que esta energía no sería consumida y tampoco sería remunerada por la ENEE.

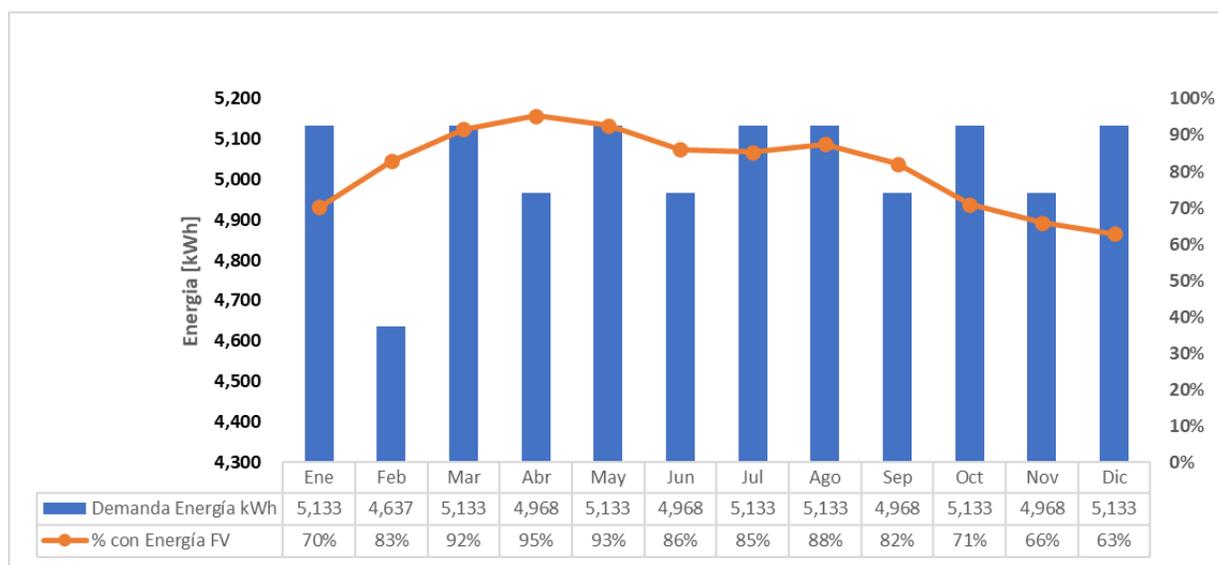


Figura 51 Comparativo Demanda y el porcentaje con energía fotovoltaica Edificio 1

Fuente: Elaboración Propia

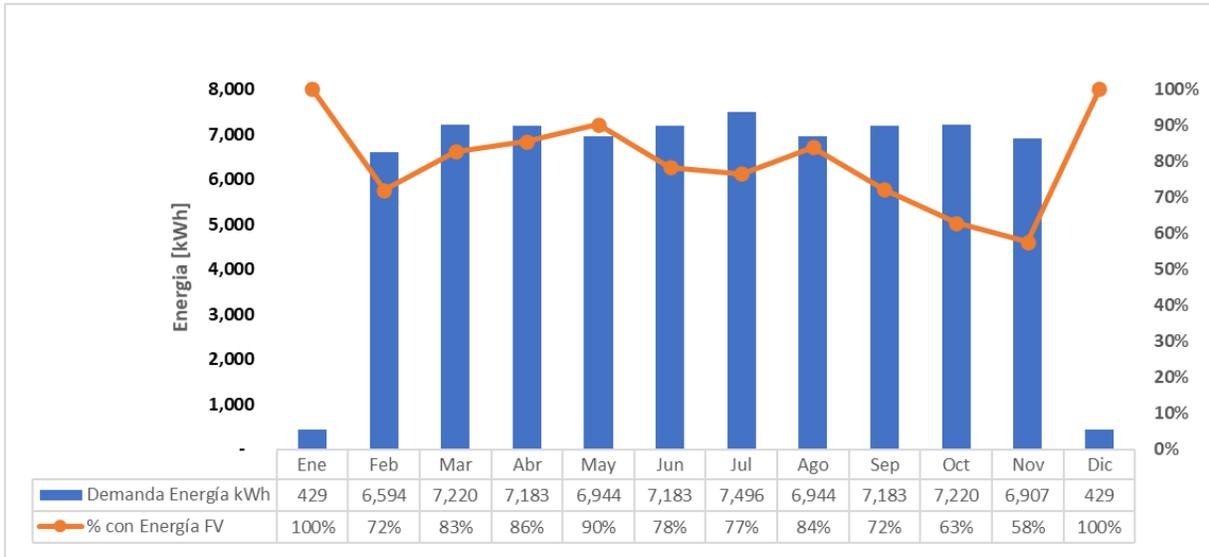


Figura 52 Comparativo Demanda y el porcentaje con energía fotovoltaica Edificio 2

Fuente: Elaboración Propia



Figura 53 Comparativo Demanda y el porcentaje con energía fotovoltaica Proyecto

Fuente: Elaboración Propia

Las tablas 33 y 34 muestran los flujos de efectivos del proyecto (la casa del niño y el colegio de la fundación), se detalla la inversión total, el coste de operación y mantenimiento (O&M), la capacidad total nominal del proyecto, el precio actual de la energía, la tasa de inflación y describe la variación de los ingresos y egresos de dinero en un período de 20 años.

4.6.5 FLUJOS DE EFECTIVOS

Tabla 33 Flujo del proyecto (Edificio 1 y 2)

DATOS INICIALES PROYECTO EDIFICIO 1Y2											
Inversión Inicial		228,406.9 US\$									
Costes de O&M		9.00 US\$/kW									
Capacidad Nominal del Generador FV		83 kWp									
Precio de la Energía Eléctrica		0.18 US\$/kWh									
Tasa de inflación anual		4.14%									
PERIODOS (AÑOS)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS OPERATIVOS (US\$)		18,698.58	18,985.88	19,633.49	20,303.20	20,995.74	21,711.91	22,452.51	23,218.37	24,010.35	24,829.35
Energía Generada KWh		103,880.99	101,283.96	100,574.98	99,870.95	99,171.85	98,477.65	97,788.31	97,103.79	96,424.06	95,749.09
Precio en US\$/ kWh		0.18	0.19	0.20	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26
EGRESOS OPERATIVOS (US\$)	228,406.85	747.00	777.93	810.13	843.67	878.60	914.97	952.85	992.30	1,033.38	187,001.99
Inversión	228,406.85										
Costes de O&M		747.00	777.93	810.13	843.67	878.60	914.97	952.85	992.30	1,033.38	1,076.16
Pago de Deuda		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Compra de Inversor		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38,587.78
Compra de Baterías		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	147,338.05
FLUJOS DE EFECTIVO	-228,406.85	17,951.58	18,207.96	18,823.36	19,459.52	20,117.14	20,796.94	21,499.66	22,226.07	22,976.97	-162,172.64

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34 Continuación Flujo del proyecto (Edificio 1 y 2)

PERIODOS (AÑOS)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
INGRESOS OPERATIVOS (US\$)	25,676.28	26,552.11	27,457.80	28,394.40	29,362.93	30,364.51	31,400.25	32,471.32	33,578.92	34,724.30
Energía Generada KWh	95,078.85	94,413.30	93,752.41	93,096.14	92,444.47	91,797.35	91,154.77	90,516.69	89,883.07	89,253.89
Precio en US\$/ kWh	0.27	0.28	0.29	0.31	0.32	0.33	0.34	0.36	0.37	0.39
EGRESOS OPERATIVOS (US\$)	1,120.72	1,167.12	1,215.43	1,265.75	1,318.16	1,372.73	1,429.56	1,488.74	1,550.38	1,614.56
Inversión										
Costes de O&M	1,120.72	1,167.12	1,215.43	1,265.75	1,318.16	1,372.73	1,429.56	1,488.74	1,550.38	1,614.56
Pago de Deuda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Compra de Inversor	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Compra de Baterías	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FLUJOS DE EFECTIVO	24,555.57	25,384.99	26,242.37	27,128.64	28,044.78	28,991.78	29,970.69	30,982.58	32,028.55	33,109.74

Fuente: Elaboración Propia

4.6.6 FLUJOS DE EFECTIVO A LO LARGO DE LA VIDA DEL GENERADOR

La tabla 35 muestra los flujos de efectivos acumulados a lo largo de la vida útil del generador (20 años), para el proyecto (edificio la casa del niño y el colegio de la fundación), donde se ven reflejados los ingresos, la operación y mantenimiento, las compras que son el reemplazo de las baterías y los inversores en el año 10, ya con su respectiva inflación.

Tabla 35 Flujo de Efectivo Acumulado del Proyecto

PROYECTO EDIFICIO 1 Y EDIFICIO 2						
Año	Costo Proyecto	Ingresos	O&M	Compras	Flujo de efectivo	Flujo Acumulado
0	\$ -228,406.85	\$ -	\$ -		\$ -228,406.85	\$ -228,406.85
1		\$ 18,698.58	\$ 747.00		\$ 17,951.58	\$ -210,455.27
2		\$ 18,985.88	\$ 777.93		\$ 18,207.96	\$ -192,247.32
3		\$ 19,633.49	\$ 810.13		\$ 18,823.36	\$ -173,423.96
4		\$ 20,303.20	\$ 843.67		\$ 19,459.52	\$ -153,964.43
5		\$ 20,995.74	\$ 878.60		\$ 20,117.14	\$ -133,847.29
6		\$ 21,711.91	\$ 914.97		\$ 20,796.94	\$ -113,050.35
7		\$ 22,452.51	\$ 952.85		\$ 21,499.66	\$ -91,550.69
8		\$ 23,218.37	\$ 992.30		\$ 22,226.07	\$ -69,324.63
9		\$ 24,010.35	\$ 1,033.38		\$ 22,976.97	\$ -46,347.66
10		\$ 24,829.35	\$ 1,076.16	\$ 185,925.83	\$ -162,172.64	\$ -208,520.30
11		\$ 25,676.28	\$ 1,120.72		\$ 24,555.57	\$ -183,964.74
12		\$ 26,552.11	\$ 1,167.12		\$ 25,384.99	\$ -158,579.75
13		\$ 27,457.80	\$ 1,215.43		\$ 26,242.37	\$ -132,337.38
14		\$ 28,394.40	\$ 1,265.75		\$ 27,128.64	\$ -105,208.73
15		\$ 29,362.93	\$ 1,318.16		\$ 28,044.78	\$ -77,163.96
16		\$ 30,364.51	\$ 1,372.73		\$ 28,991.78	\$ -48,172.17
17		\$ 31,400.25	\$ 1,429.56		\$ 29,970.69	\$ -18,201.48
18		\$ 32,471.32	\$ 1,488.74		\$ 30,982.58	\$ 12,781.09
19		\$ 33,578.92	\$ 1,550.38		\$ 32,028.55	\$ 44,809.64
20		\$ 34,724.30	\$ 1,614.56		\$ 33,109.74	\$ 77,919.38

Fuente: Elaboración propia

La figura 54, muestra el gráfico de los flujos de efectivos acumulados a lo largo de la vida útil del generador, se puede observar que el periodo de recuperación de la inversión en años, del proyecto es de 18 años, se observa el impacto de la compra de los inversores y baterías en el año 10.

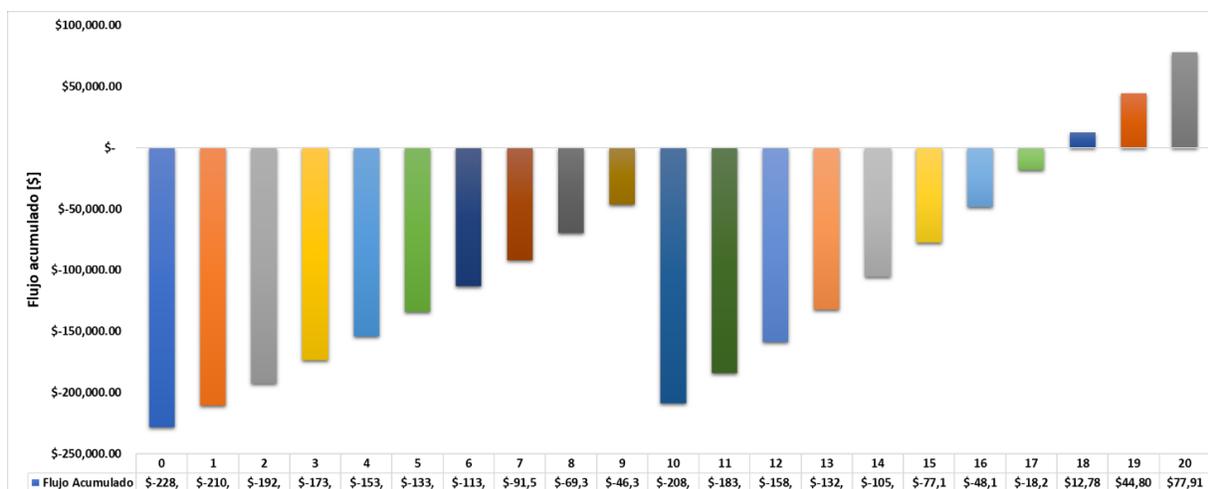


Figura 54 Grafico de Flujos de efectivos acumulados del proyecto

Fuente: Elaboración Propia

4.6.7 CÁLCULOS DE INDICADORES FINANCIEROS

El retorno de la inversión, tasa interna de retorno (TIR), valor presente neto (VPN), y costo nivelado de la electricidad (LCOE).

Tabla 36 Cálculo de los Indicadores financieros del proyecto

INDICADORES FINANCIEROS	EDIFICIO 1Y2
COSTO DEL PROYECTO	228,406.85 USD
TASA DE DESCUENTO	8%
VALOR PRESENTE NETO (VPN)	- 92,022.38 USD
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	2%
COSTO NIVELADO DE ENERGÍA (LCOE)	0.49 USD/kWh
PERIODO DE RECUPERACIÓN (AÑOS)	18.41

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 36, muestra el costo del proyecto, la tasa de descuento, el valor actual neto (VAN), que es traer al momento actual los futuros flujos que obtengamos del proyecto, el costo del capital y el costo nivelado de la energía (LCOE) y nuestro criterio de decisión la tasa interna de retorno (TIR), que por lo tanto es una medida relativa de la rentabilidad, en este caso al ser el valor de la TIR menor que el de la tasa de descuento, podremos decir que obtendremos menor rendimiento invirtiendo en este proyecto.

4.7 PRUEBA DE HIPÓTESIS

La hipótesis planteada en el proyecto de prefactibilidad de implementación de Energía Solar Fotovoltaica con almacenamiento de energía a través de baterías en los edificios la casa del niño y el colegio de la fundación OSOVI, es la relación entre la tasa interna de retorno y el costo del capital.

Ho: El proyecto de energía solar fotovoltaico con almacenamiento de energía es factible al obtener una TIR mayor que el costo del capital.

H1: El proyecto de energía solar fotovoltaico con almacenamiento de energía no es factible al obtener una TIR menor o igual que el costo del capital.

Tabla 37 Prueba de Hipótesis

Descripción	Hipótesis Nula	Hipótesis Alternativa	Resultados
Total, Proyecto	Ho: $TIR > CC$	H1: $TIR \leq CC$	$2\% < 8\%$

Fuente: Elaboración propia

La tabla 37, muestra que la TIR es de 2% y la tasa de descuento del 8%, eso significa que el proyecto de energía solar fotovoltaico no es factible al obtener una TIR menor o igual que el costo del capital. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y no hay evidencia para rechazar la hipótesis alternativa. El proyecto no es factible al obtener una TIR menor que el costo de capital.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El quinto capítulo tiene como propósito presentar las conclusiones, con base los resultados que se obtuvieron en el capítulo cuatro, después de haber concluido se muestran las recomendaciones que son sugerencias de ideas que beneficie el proyecto.

5.1 CONCLUSIONES

- 1) La demanda de energía eléctrica en la casa del niño (edificio 1), es de 60,441 kWh/año, se observa una demanda constante en el transcurso de los meses, debido a que tienen las mismas operaciones durante todo el año y la demanda de energía eléctrica en colegio (edificio 2), en 71,727 kWh/año, se observa una demanda irregular en el transcurso de los meses, debido a que no hay operación los fines de semanas, ni en los días de vacaciones. La demanda total del proyecto es de 132,168 kWh año.
- 2) El proyecto de implementación de energía solar fotovoltaica con almacenamiento es viable técnicamente, en dos edificios de la fundación, debido que la casa del niño (edificio 1) tiene un coeficiente de rendimiento PR mayor al 70% (74.5%), el colegio (edificio 2), tiene un coeficiente de rendimiento PR mayor al 70% (74.8%). En conclusión, el proyecto tiene un PR promedio mayor al 70% (74.7%).
- 3) El proyecto de implementación de energía solar fotovoltaica con almacenamiento No es viable financieramente, en dos edificios de la fundación, debido a que el proyecto tiene una tasa interna de retorno menor que el costo del capital (TIR de 2% < 8%). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y no hay evidencia para rechazar la hipótesis alternativa. El proyecto no es factible al obtener una TIR menor que el costo de capital.
- 4) El proyecto fotovoltaico con sistema de almacenamiento a través de baterías permite disponer a cualquier hora del día de electricidad generada de forma sostenible a partir de energía solar, esto hace a los edificios de la fundación menos dependiente de las energías fósiles.

- 5) Las soluciones que se brinda a los edificios de la fundación al tener una mayor independencia a través del almacenamiento es que reduce la necesidad de utilizar la electricidad de la red, por ende, contribuyendo a la reducción de emisiones de CO₂.
- 6) Al tener un sistema de respaldo de energía eléctrica, durante los eventos de cortes de energía, no les va a perjudicar las fluctuaciones de energía eléctrica en sus equipos.
- 7) La rentabilidad financiera de un proyecto solar fotovoltaico se ve afectada directamente al agregarle un sistema de almacenamiento a través de baterías ya que son muy costosas y deben reemplazarse en determinado tiempo.

5.2 RECOMENDACIONES

- 1) Dado que las demandas no son constantes y afectan directamente la capacidad instalada, se recomienda evaluar cuales son los equipos prioritarios que desean mantener en operación durante un apagón o falta de suministro del fluido eléctrico
- 2) Se recomienda la evaluación de baterías de diferentes tecnologías, tomando en cuenta la relación precio vs vida útil o precio vs capacidad de almacenamiento. En nuestro caso las seleccionadas son las recomendadas por el fabricante de los inversores.
- 3) Se recomienda evaluar un proyecto sin baterías (ON GRID), pero carecerá de sistema de respaldo de energía que es el punto de mayor importancia en la fundación.
- 4) Se recomienda evaluar un sistema de respaldo (generador eléctrico) que suministre energía eléctrica cuando falle el sistema eléctrico de la red Nacional
- 5) Un proyecto solar fotovoltaico competente comienza con la adquisición de componentes de alta calidad, se recomienda utilizar equipos fabricados con materiales de calidad, una mano de obra eficiente, puesto que de no ser así el proyecto puede tener un bajo rendimiento en el futuro.

CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD

El sexto capítulo tiene como propósito presentar el plan de acción del proyecto y un escenario para determinar la viabilidad del proyecto.

6.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA

Implementación de energía solar fotovoltaica con almacenamiento en dos edificios de la fundación OSOVI de san pedro sula.

6.2 INTRODUCCIÓN

En base a los resultados del estudio de prefactibilidad de energía solar fotovoltaica con almacenamiento en dos edificios de la fundación OSOVI de san pedro sula, se concluyó que el proyecto es viable técnicamente, puesto que el coeficiente de rendimiento (PR) es mayor al 70% (74.7%), sin embargo, encontramos que el proyecto no es viable financieramente debido a que la tasa interna de retorno (TIR) es menor al costo de capital 8% (2%). Con todo ello rechazamos la hipótesis nula y no encontramos evidencia para rechazar la hipótesis alternativa y en pocas palabras el proyecto no es factible al obtener una TIR menor que el costo de capital.

Pese a que el proyecto no sale económicamente factible, queda a decisión de la parte ejecutora del proyecto la ONG española Poble Solidari (Intermediaria del Financiamiento) y la fundación OSOVI realizar el proyecto, teniendo en cuenta los beneficiarios (grupos vulnerables), la importancia y trascendencia no solo para la institución sino su impacto a nivel nacional al incrementar el uso de energía limpia. Es importante destacar que el proyecto no se centra solo en el tema económico, sino también social puesto que se basa en un impacto directo a aproximadamente 640 beneficiarios compuesto por mujeres, hombres, niños, niñas y jóvenes, todo(a)s de nivel de extrema pobreza. (Ver anexo 12)

El proyecto solucionará, en las instalaciones designadas de la Fundación OSOVI, el problema de baja calidad del servicio de energía eléctrica, costo creciente del servicio de energía eléctrica actual, y daño al medio ambiente por las emisiones de CO₂, facilitando un servicio continuo,

amigable con el medio ambiente. Como en todo proyecto, siempre existen ventajas y desventajas, simplemente se tendrá que pesar si la energía solar se adapta a lo que se necesita actualmente o más adelante, es importante recordar que es una energía a largo plazo. La tabla 38, muestra las ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaico con almacenamiento del modo más objetivo posible.

Tabla 38 Ventajas y Desventajas del proyecto

Ventajas	Desventajas
Disponibilidad solar	Alto costo de la inversión inicial
Respaldo eléctrico	Es intermitente
Confiabilidad del suministro	Requiere sistemas de almacenamiento (baterías).
Energía renovable y alternativa	El almacenamiento (baterías) es costoso
Costos mínimos de mantenimiento	Realizar cambio de baterías cada 10 años
Es una tecnología silenciosa	Realizar cambio de inversores cada 10 años

Fuente: Elaboración propia

6.3 DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN

La tabla 39, muestra la lista de actividades a realizar y los lineamientos a seguir previo a la realización del proyecto solar fotovoltaico en la fundación. Esta tabla permite asegurarse que todos los pasos han sido considerados y ejecutados antes de arrancar con el proyecto.

Tabla 39 Check list del plan de acción

No.	Actividades	Si	No
1	Realizar una Reingeniería de los equipos y del proceso de instalación para empezar a operar en tiempo y forma		
2	Realizar una evaluación detallada del estudio financiero (actualización de precios)		
3	Aprobación de la propuesta por la junta directiva y ONG Poble Solidari		
4	Realizar una evaluación a los techos de los edificios.		
5	Aprobación del financiamiento por la junta directiva y ONG Poble Solidari		
6	Inducción de funcionamiento del sistema solar FV al personal de la fundación		
7	Realizar plan de mantenimiento preventivo a la instalación solar FV		

Fuente: Elaboración propia



Figura 55 Organigrama de planificación de actividades

Fuente: Elaboración propia

La figura 55, muestra la planificación de actividades del proyecto solar fotovoltaico con almacenamiento a través de baterías, se presentan las actividades más importantes como ser: la reunión de inicio, los materiales, la instalación de estructura, módulos fotovoltaicos, inversores y baterías, seguido de la puesta en marcha y para finalizar el periodo de prueba.

6.4 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

La figuras 56, 57 y 58, muestra la planificación de las actividades más importantes como ser: la llegada de los materiales importados, las tareas previo al inicio de trabajos, instalación de la estructura, instalación de los paneles, montaje de inversores, las mediciones y parámetros de operación, en los edificios la casa del niño y el colegio OSOVI, mostrando la duración en días, fecha de comienzo y fin de cada tarea, seguido de las actividades predecesoras, la estructura de descomposición del trabajo (EDT).

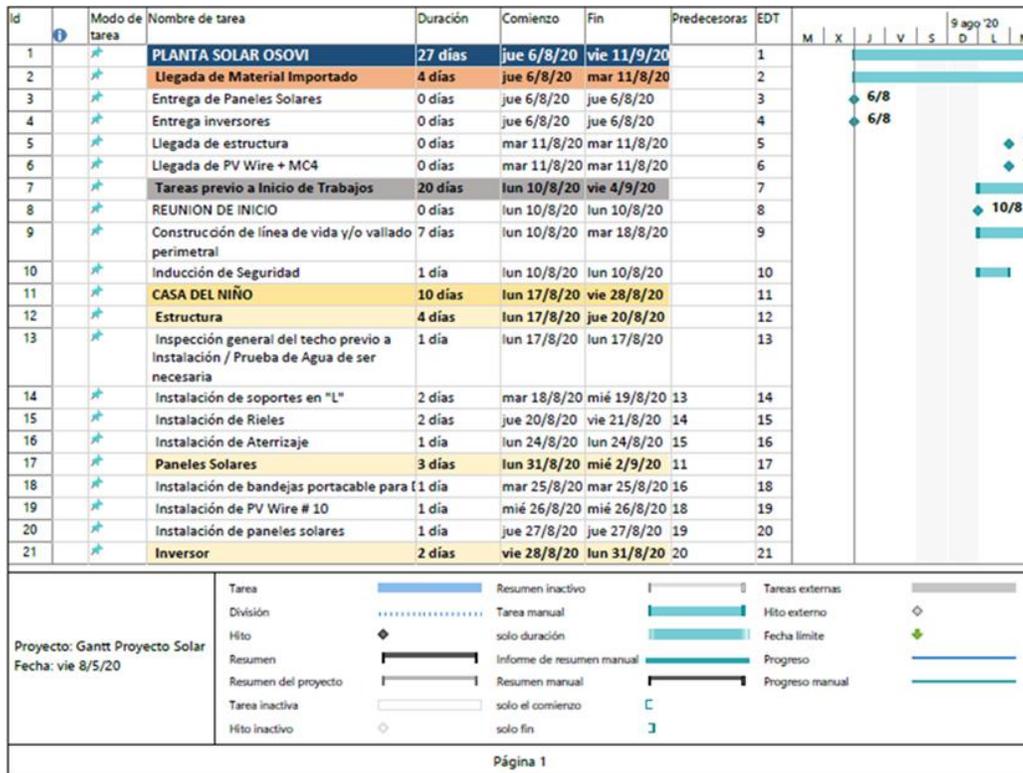


Figura 56 Proyecto energía solar fotovoltaica con almacenamiento
 Fuente: (Project, 2020).

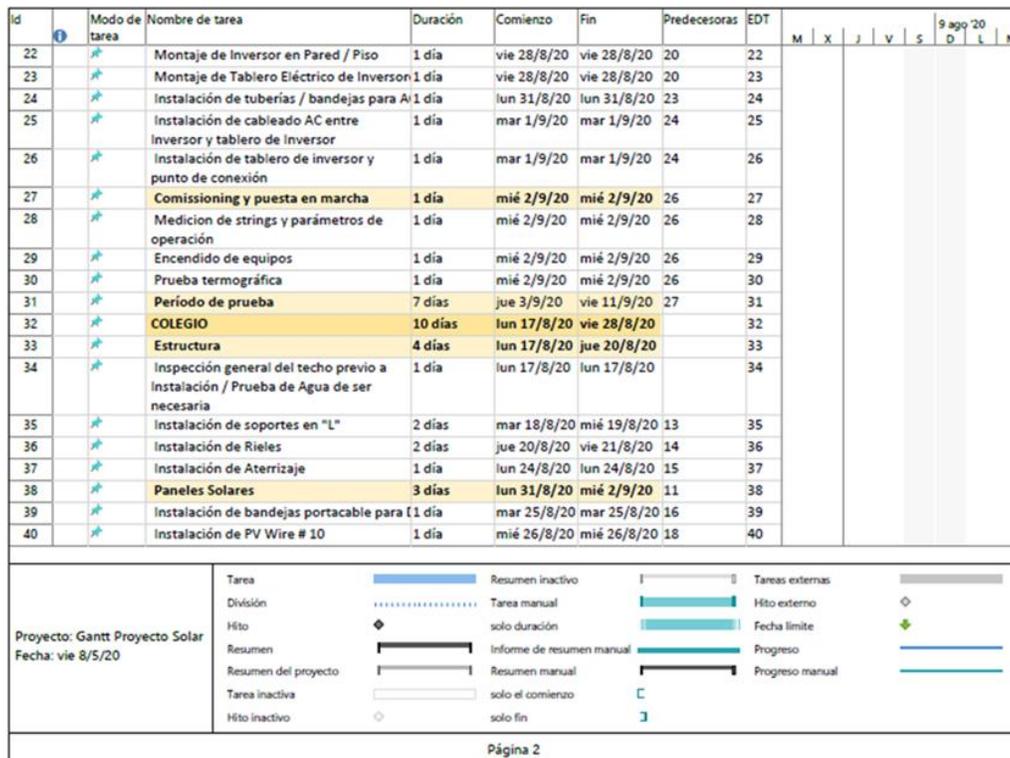


Figura 57 Segunda parte del proyecto energía solar fotovoltaica con almacenamiento
 Fuente: (Project, 2020).

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	EDT	9 ago '20							
								M	X	J	V	S	D	L	M
41	*	Instalación de paneles solares	1 día	jue 27/8/20	jue 27/8/20	19	41								
42	*	Inversor	2 días	vie 28/8/20	lun 31/8/20	20	42								
43	*	Montaje de Inversor en Pared / Piso	1 día	vie 28/8/20	vie 28/8/20	20	43								
44	*	Montaje de Tablero Eléctrico de Inversor	1 día	vie 28/8/20	vie 28/8/20	20	44								
45	*	Instalación de tuberías / bandejas para A	1 día	lun 31/8/20	lun 31/8/20	23	45								
46	*	Instalación de cableado AC entre Inversor y tablero de Inversor	1 día	mar 1/9/20	mar 1/9/20	24	46								
47	*	Instalación de tablero de inversor y punto de conexión	1 día	mar 1/9/20	mar 1/9/20	24	47								
48	*	Comissioning y puesta en marcha	1 día	mié 2/9/20	mié 2/9/20	26	48								
49	*	Medicion de strings y parámetros de operación	1 día	mié 2/9/20	mié 2/9/20	26	49								
50	*	Encendido de equipos	1 día	mié 2/9/20	mié 2/9/20	26	50								
51	*	Prueba termográfica	1 día	mié 2/9/20	mié 2/9/20	26	51								
52	*	Periodo de prueba	7 días	jue 3/9/20	vie 11/9/20	27	52								

Figura 58 Tercera parte del proyecto energía solar fotovoltaica con almacenamiento
Fuente: (Project, 2020).

Las figuras 59 y 60 muestran el diagrama de Gantt que presenta de manera clara las distintas fases del proyecto, el cual tendrá una fecha tentativa de duración de 27 días comenzando el jueves 6 de agosto y finalizando el viernes 11 de septiembre del año 2020.

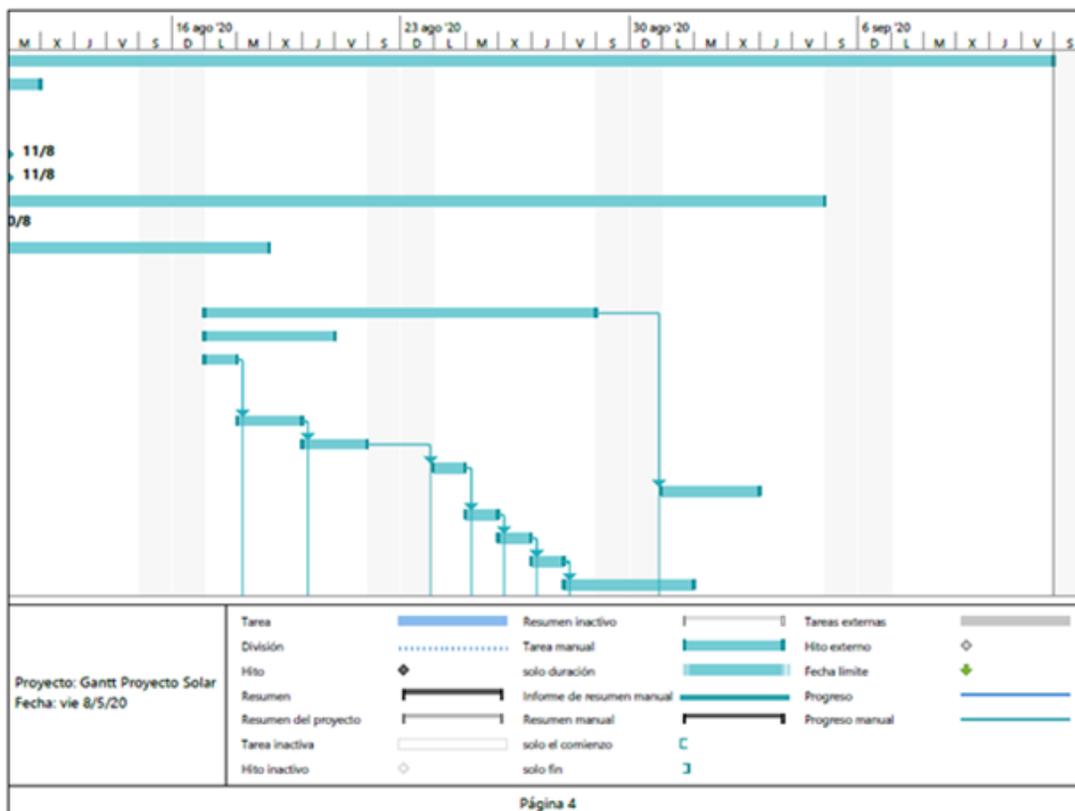


Figura 59 Diagrama de GANTT del proyecto
Fuente: (Project, 2020).

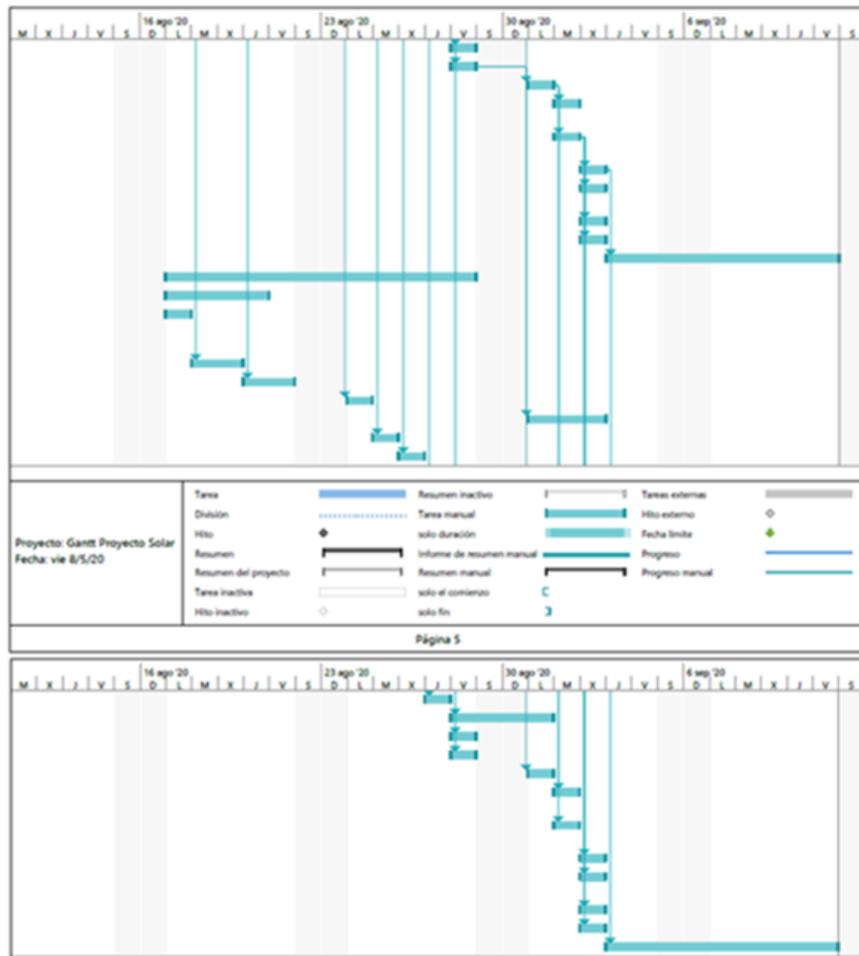


Figura 60 Continuación del diagrama de GANTT del proyecto

Fuente: (Project, 2020)

6.5 PRESUPUESTO

Se realizó la preparación del presupuesto con todo lo necesario para la puesta en marcha del proyecto solar fotovoltaico, la cantidad de materiales, el precio unitario, la mano de obra y los imprevistos dando como resultado la inversión inicial del proyecto en el edificio la casa del niño (edificio 1) de 96,169.96 dólares y en el edificio colegio OSOVI (edificio 2) de 132,236.89 dólares. Se colocan los edificios por separado debido a que ciertos precios de los materiales varían. Los ejecutores del proyecto será la fundación OSOVI con un presupuesto total de 228,406.85 dólares, busca la instalación de un sistema solar fotovoltaico híbrido con almacenamiento a través de baterías para dos edificios de la fundación, con el fin de beneficiar a los grupos más vulnerables de la zona. Se realizaron los flujos de efectivos acumulados a lo largo de la vida útil del generador (20 años), para el proyecto (edificio la casa del niño y el colegio de la fundación), donde se ven

reflejados los ingresos, la operación y mantenimiento, las compras que son el reemplazo de las baterías y los inversores en el año 10, ya con su respectiva inflación.

6.6 EVALUACIÓN ECÓNOMICA

Los resultados que obtuvimos de la evaluación económica del proyecto son los siguientes, una tasa interna de retorno (TIR) del 2%, un valor presente neto (VPN) de -92,022.38 dólares y un periodo de recuperación de 18 años, siendo el costo nivelado de la energía (LCOE) de 0.49 US\$/kWh. Con todo ello el proyecto de energía solar fotovoltaico no es factible al obtener una TIR menor o igual que el costo del capital. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y no hay evidencia para rechazar la hipótesis alternativa. El proyecto no es factible al obtener una TIR menor que el costo de capital.

6.7 ANÁLISIS DE ESCENARIO

6.7.1 ESCENARIO SIN ALMACENAMIENTO

A continuación, se muestra el análisis financiero para el proyecto de energía solar fotovoltaica sin almacenamiento en dos edificios de la fundación OSOVI de San Pedro Sula. La instalación On-Grid (conectada a la red), es aquella que está conectada directamente con la red eléctrica local, lo que significa que durante las horas de luz del día el usuario consume la energía solar producida por su propia instalación, mientras que cuando no hay energía eléctrica, el sistema no produce electricidad debido a que no hay un componente que almacene la energía (una batería) (Fotovoltaica, 2020).

6.7.1.1 PRESUPUESTO

La tabla 40, muestra la información corresponde a los ítems que serán necesarios para la puesta en marcha del proyecto solar fotovoltaico, la cantidad y el precio unitario, dando como resultado la inversión inicial del proyecto en el edificio la casa del niño es de 53,435.19 dólares.

Tabla 40 Escenario Presupuesto del Edificio 1

EDIFICIO 1 CASA DEL NIÑO			
Ítem	Cantidad	Precio Unitario (US\$)	Precio Total (US\$)
Módulos fotovoltaicos Monocristalinos	94	194.03	18,238.82
Inversor Híbrido SMA	5	2,435.00	12,175.00
Baterías LG	0	6,392.00	-
SM Rail 168" CLR	13	48.82	634.66
SM Rail 246" CLR	54	71.49	3,860.46
BND Splice Bar Pro Series DRK	46	5.43	249.78
SM BND Mindclamp BC SS	148	2.39	353.72
SM Endclamp C CLR AL	80	2.04	163.20
L-Foot Serrated W/T-BOLT,CLR	348	2.50	870.00
ILSCO Lay in Lug (GBL4DBT)	28	5.75	161.00
Costo de Flete	1	1,519.65	1,519.65
Cable FV #10 [m]	616	1.29	793.41
Conector MC4 macho	50	3.45	172.50
Conector MC4 hembra	50	3.45	172.50
Bandeja eléctrica galvanizada 4" [m]	86	18.75	1,612.23
Cuchilla de desconexión 30 amp 2 polos	5	61.74	308.69
Cable thhn #10 negro [m]	150	0.18	27.18
Cable thhn #12 verde [m]	75	0.13	9.49
Tubería IMC 2"	75	35.06	2,629.14
Breaker Square D 40 amp. 2 polos	5	13.47	67.37
Curva Conduit 2	8	9.90	79.17
Camisa Conduit 2	12	1.99	23.84
Conector Conduit 2	12	5.33	64.00
Cinta Aislante 3M SCOTCH 33	20	5.34	106.82
Cinta Aislante 3M SCOTCH 23 Hule	10	18.73	187.31
DEXSON Tira Plástica T-10 Blanca	500	0.04	18.40
Protecciones	5	200.00	1,000.00
Techo para Inversores	1	200.00	200.00
Otros Accesorios	1	633.36	633.36
Sensor de Radiación	1	350.00	350.00
Alquiler Andamios	14	32.00	448.00
Alquiler camión grúa	1	240.00	240.00
Mano de Obra	38000	0.03	1,140.00
Reforzamiento de techo	1	2,500.00	2,500.00
Imprevistos (5%)	1	2,425.49	2,425.49
Total Presupuesto			53,435.19

Fuente: Elaboración propia, Cotizaciones y UNIRAC

La tabla 41, muestra la información corresponde a los ítems que serán necesarios para la puesta en marcha del proyecto solar fotovoltaico, la cantidad y el precio unitario, dando como resultado la inversión inicial del edificio colegio OSOVI es de 61,397.29 dólares.

Tabla 41 Escenario Presupuesto Edificio 2

EDIFICIO 2 COLEGIO OSOVI			
Ítem	Cantidad	Precio Unitario (US\$)	Precio Total (US\$)
Módulos fotovoltaicos Monocristalinos	120	194.03	23,283.60
Inversor Híbrido SMA	6	2,435.00	14,610.00
Baterías LG	0	6,392.00	-
SM Rail 168" MILL	12	39.62	475.44
SM Rail 246" MILL	72	58.03	4,178.16
BND Splice Bar Pro Series MILL	72	4.74	341.28
SM BND Midclamp BC SS	192	2.39	458.88
SM Endclamp C CLR AL	96	2.04	195.84
L-FOOT Serrated W/T-BOLT,CLR	432	2.50	1,080.00
ILSCO Lay in Lug (GBL4DBT)	24	5.75	138.00
Costo de Flete	1	1,853.11	1,853.11
Cable FV #10 [m]	748	1.29	963.42
Conector MC4 macho	70	3.45	241.50
Conector MC4 hembra	70	3.45	241.50
Bandeja eléctrica galvanizada 4" [m]	30	18.75	562.41
Cuchilla de desconexión 30 amp 2 polos	6	61.74	370.43
Cable thhn #10 negro [m]	278	0.18	50.37
Cable thhn #12 verde [m]	143	0.13	18.09
Tubería IMC 2"	46	35.06	1,612.54
Breaker Square D 40 amp. 2 polos	6	13.47	80.85
Curva Conduit 2	10	9.90	98.96
Camisa Conduit 2	18	1.99	35.75
Conector Conduit 2	18	5.33	96.01
Cinta Aislante 3M SCOTCH 33	20	5.34	106.82
Cinta Aislante 3M SCOTCH 23 Hule	10	18.73	187.31
DEXSON Tira Plástica T-10 Blanca	500	0.04	18.40
Protecciones	6	200.00	1,200.00
Techo para Inversores	1	260.00	260.00
Otros Accesorios	1	469.79	469.79
Sensor de Radiación	1	350.00	350.00
Alquiler Andamios	14	32.00	448.00
Alquiler camión grúa	1	240.00	240.00
Mano de Obra	45000	0.03	1,350.00
Reforzamiento de techo	1	3,000.00	3,000.00
Imprevistos (5%)	1	2,780.82	2,780.82
Total Presupuesto			61,397.29

Fuente: Elaboración propia, Cotizaciones y UNIRAC

6.7.1.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

Flujos de efectivo

Las tablas 42 y 43 muestran los flujos de efectivos del proyecto (la casa del niño y el colegio de la fundación), se detalla la inversión total, el coste de operación y mantenimiento (O&M), la capacidad total nominal del proyecto, el precio actual de la energía, la tasa de inflación y describe la variación de los ingresos y egresos de dinero en un período de 20 años.

Tabla 42 Escenario Flujo de Efectivo del Proyecto

DATOS INICIALES ESCENARIO EDIFICIO 1Y2											
Inversión Inicial		114,832.5 US\$									
Costes de O&M		9.00 US\$/kW									
Capacidad Nominal del Generador FV		83 kWp									
Precio de la Energía Eléctrica		0.18 US\$/kWh									
Tasa de inflación anual		4.14%									

PERIODOS (AÑOS)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
INGRESOS OPERATIVOS (US\$)		18,698.58	18,985.88	19,633.49	20,303.20	20,995.74	21,711.91	22,452.51	23,218.37	24,010.35	24,829.35	
Energía Generada KWh		103,880.99	101,283.96	100,574.98	99,870.95	99,171.85	98,477.65	97,788.31	97,103.79	96,424.06	95,749.09	
Precio en US\$/ kWh		0.18	0.19	0.20	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	
EGRESOS OPERATIVOS (US\$)		114,832.48	747.00	777.93	810.13	843.67	878.60	914.97	952.85	992.30	1,033.38	39,663.95
Inversión		114,832.48										
Costes de O&M			747.00	777.93	810.13	843.67	878.60	914.97	952.85	992.30	1,033.38	1,076.16
Pago de Deuda			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Compra de Inversor			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38,587.78
Compra de Baterías			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FLUJOS DE EFECTIVO		-114,832.48	17,951.58	18,207.96	18,823.36	19,459.52	20,117.14	20,796.94	21,499.66	22,226.07	22,976.97	-14,834.60

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43 Continuación Escenario Flujo de Efectivo del Proyecto

PERIODOS (AÑOS)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
INGRESOS OPERATIVOS (US\$)	25,676.28	26,552.11	27,457.80	28,394.40	29,362.93	30,364.51	31,400.25	32,471.32	33,578.92	34,724.30
Energía Generada KWh	95,078.85	94,413.30	93,752.41	93,096.14	92,444.47	91,797.35	91,154.77	90,516.69	89,883.07	89,253.89
Precio en US\$/ kWh	0.27	0.28	0.29	0.31	0.32	0.33	0.34	0.36	0.37	0.39
EGRESOS OPERATIVOS (US\$)	1,120.72	1,167.12	1,215.43	1,265.75	1,318.16	1,372.73	1,429.56	1,488.74	1,550.38	1,614.56
Inversión										
Costes de O&M	1,120.72	1,167.12	1,215.43	1,265.75	1,318.16	1,372.73	1,429.56	1,488.74	1,550.38	1,614.56
Pago de Deuda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Compra de Inversor	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Compra de Baterías	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FLUJOS DE EFECTIVO	24,555.57	25,384.99	26,242.37	27,128.64	28,044.78	28,991.78	29,970.69	30,982.58	32,028.55	33,109.74

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de flujos de efectivo a lo largo de la vida útil del generador.

La tabla 44 muestra los flujos de efectivos acumulados a lo largo de la vida útil del generador (20 años), para el proyecto (edificio la casa del niño y el colegio de la fundación), donde se ven reflejados los ingresos, la operación y mantenimiento, las compras que son el reemplazo de las baterías y los inversores en el año 10, ya con su respectiva inflación.

Tabla 44 Escenario Flujo de Efectivo Acumulado del proyecto

PROYECTO EDIFICIO 1 Y EDIFICIO 2						
Año	Costo Proyecto	Ingresos	O&M	Compras	Flujo de efectivo	Flujo Acumulado
0	\$ -114,832.48	\$ -	\$ -		\$ -114,832.48	\$ -114,832.48
1		\$ 18,698.58	\$ 747.00		\$ 17,951.58	\$ -96,880.90
2		\$ 18,985.88	\$ 777.93		\$ 18,207.96	\$ -78,672.94
3		\$ 19,633.49	\$ 810.13		\$ 18,823.36	\$ -59,849.58
4		\$ 20,303.20	\$ 843.67		\$ 19,459.52	\$ -40,390.06
5		\$ 20,995.74	\$ 878.60		\$ 20,117.14	\$ -20,272.91
6		\$ 21,711.91	\$ 914.97		\$ 20,796.94	\$ 524.02
7		\$ 22,452.51	\$ 952.85		\$ 21,499.66	\$ 22,023.68
8		\$ 23,218.37	\$ 992.30		\$ 22,226.07	\$ 44,249.75
9		\$ 24,010.35	\$ 1,033.38		\$ 22,976.97	\$ 67,226.71
10		\$ 24,829.35	\$ 1,076.16	\$ 38,587.78	\$ -14,834.60	\$ 52,392.12
11		\$ 25,676.28	\$ 1,120.72		\$ 24,555.57	\$ 76,947.68
12		\$ 26,552.11	\$ 1,167.12		\$ 25,384.99	\$ 102,332.67
13		\$ 27,457.80	\$ 1,215.43		\$ 26,242.37	\$ 128,575.04
14		\$ 28,394.40	\$ 1,265.75		\$ 27,128.64	\$ 155,703.69
15		\$ 29,362.93	\$ 1,318.16		\$ 28,044.78	\$ 183,748.47
16		\$ 30,364.51	\$ 1,372.73		\$ 28,991.78	\$ 212,740.25
17		\$ 31,400.25	\$ 1,429.56		\$ 29,970.69	\$ 242,710.94
18		\$ 32,471.32	\$ 1,488.74		\$ 30,982.58	\$ 273,693.52
19		\$ 33,578.92	\$ 1,550.38		\$ 32,028.55	\$ 305,722.06
20		\$ 34,724.30	\$ 1,614.56		\$ 33,109.74	\$ 338,831.80

Fuente: Elaboración Propia

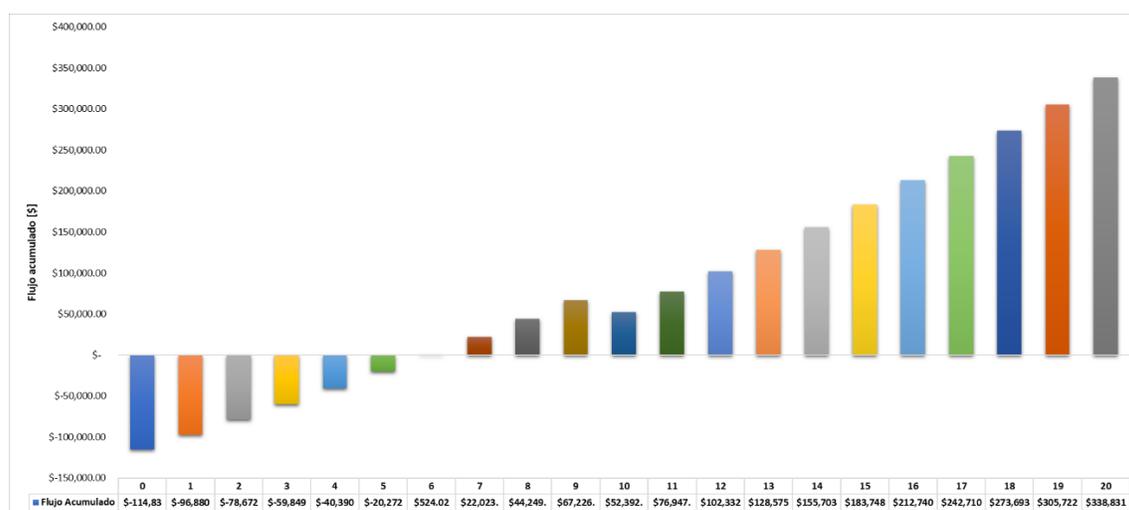


Figura 61 Escenario Flujos de efectivos acumulados en edificios 1 y edificio 2

Fuente: Elaboración Propia

Cálculos de indicadores financieros escenario

El retorno de la inversión, tasa interna de retorno (TIR), valor presente neto (VPN), y costo nivelado de la electricidad (LCOE).

Tabla 45 Escenario Cálculo de los Indicadores financieros, Edificio 1 y 2

INDICADORES FINANCIEROS	EDIFICIO 1Y2
COSTO DEL PROYECTO	114,832.48 USD
TASA DE DESCUENTO	8%
VALOR PRESENTE NETO (VPN)	89,798.02 USD
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	16%
COSTO NIVELADO DE ENERGÍA (LCOE)	0.27 USD/kWh
PERIODO DE RECUPERACIÓN (AÑOS)	6.02

Fuente: Elaboración propia

La tabla 45, muestra el costo del proyecto, la tasa de descuento, el valor actual neto (VAN), que es traer al momento actual los futuros flujos que obtengamos del proyecto, el costo del capital y el costo nivelado de la energía (LCOE) y nuestro criterio de decisión la tasa interna de retorno (TIR), que por lo tanto es una medida relativa de la rentabilidad, en este caso al ser el valor de la TIR (16%) mayor que el de la tasa de descuento (8%), podremos decir que obtendremos mayor rendimiento invirtiendo en este proyecto.

Los criterios de decisión que se habían planteado son:

Ho: El proyecto de energía solar fotovoltaico con almacenamiento de energía es factible al obtener una TIR mayor que el costo del capital.

H1: El proyecto de energía solar fotovoltaico con almacenamiento de energía no es factible al obtener una TIR menor o igual que el costo del capital.

Como resultado el proyecto de implementación de energía solar fotovoltaica con almacenamiento es viable financieramente, en dos edificios de la fundación, debido que la TIR es de 16% y la tasa de descuento del 8%, eso significa que el proyecto de energía solar fotovoltaico es factible al obtener una TIR mayor que el costo del capital. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis alternativa no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula. El proyecto es factible al obtener una TIR mayor que el costo de capital.

BIBLIOGRAFÍA

Acciona. (2020). *¿Qué es el cambio climático y cómo nos afecta?*

<https://www.acciona.com/es/cambio-climatico/>

Aeronáutico, T. D. E. M., Grau, T. J., & Orlando, A. (2009). *Ciencia y Tecnología*. 23, 41-48.

Álvarez, J. A. E. G. (2020). *QUÉ ES LA POTENCIA ELÉCTRICA*.

http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_potencia/ke_potencia_elect_1.htm

Ángulo acimut / PVEducation. (2020). [https://www.pveducation.org/es/fotovoltaica/2-](https://www.pveducation.org/es/fotovoltaica/2-propiedades-de-la-luz-del-sol/ángulo-acimut)

[propiedades-de-la-luz-del-sol/ángulo-acimut](https://www.pveducation.org/es/fotovoltaica/2-propiedades-de-la-luz-del-sol/ángulo-acimut)

Application, F. (2017). *Self-consumption factory application*. 6, 1-15.

AQUAE. (2016). *Los árboles son los pulmones del planeta*. [https://www.fundacionaquae.org/wp-](https://www.fundacionaquae.org/wp-content/uploads/2016/04/infografia_oxigeno.pdf)

[content/uploads/2016/04/infografia_oxigeno.pdf](https://www.fundacionaquae.org/wp-content/uploads/2016/04/infografia_oxigeno.pdf)

A.Solar. (2020). *Inversores Solares Híbridos / Inversores Híbridos para Energía Solar*.

<https://autosolar.es/inversores-hibridos>

Baca Urbina, G. (2013). *Evaluación de proyectos (7a. Ed.)*. McGraw-Hill Interamericana.

<http://ebookcentral.proquest.com/lib/laureatemhe/detail.action?docID=3214384>

Barberá Santos, D. (2014). *Introducción a La Energía Fotovoltaica*. 1-20.

<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Baterías Solares. (2019). *Baterías Solares / Modelos, Tipos, Ventajas, Características*.

<https://bateriasestacionarias.com/baterias-solares/>

Becerra, A. F. (2019). *Apuntes de Clases Angel F. Becerra Pajuelo*.

Benedicto, M. S. (2009). Análisis de inversiones y proyectos de inversión. *Escuela de*

Organización Industrial, 8.

Buitrago, R. (2005). La Energía del Sol. *ConCiencia*, 14, 8-9.

<https://doi.org/10.14409/cc.v1i14.2184>

Cantos Serrano, J. (2016). *Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas*.

CEPAL. (2015). *Estadísticas del subsector eléctrico de los países del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), 2015*. 116.

CEPAL. (2016). *Estadística del subsector eléctrico de los países del sistema de la integración CentroAmericana (SICA)*,. 53(9), 1689-1699.

<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

CEPAL. (2017). *Estadística de producción de electricidad de los países del Sistema de la Integración CentroAmericana (SICA)*. 53(9), 1689-1699.

<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

CEPAL. (2020). *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible | Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible>

Climatico, C. (2020). *Glosario—Jóvenes frente al cambio climático*.

<http://www.jovenesfrentealcambioclimatico.com/glosario/radiacion-electromagnetica/>

Conceptos básicos de la luz | Educación PVE. (2020).

<https://www.pveducation.org/pvcdrom/properties-of-sunlight/basics-of-light>

CREE. (2020). *Informe Trimestral de Tarifas | CREE*. <https://www.cree.gob.hn/tarifas-vigentes-enee/>

CREE Tarifas. (2020). *Historial de Tarifas | CREE*. <https://www.cree.gob.hn/historial-de-tarifas/>

Definición de un Problema de Investigación. (s. f.). Recuperado 6 de febrero de 2020, de

<https://explorable.com/es/definicion-de-un-problema-de-investigacion>

DGIEM. (2004). *Plan Energético de la Comunidad de Madrid 2004—2012*.

Diario El Heraldó, 2019. (s. f.). *Zonas de Honduras sin electricidad el jueves 9 de enero—Diario*

El Heraldó. Recuperado 9 de febrero de 2020, de <https://www.elheraldo.hn/pais/1347408-466/zonas-de-honduras-sin-electricidad-el-jueves-9-de-enero>

Digital, T. (s. f.). *Sequía y poco caudal en El Cajón traerían racionamientos de energía al Valle de Sula*. Recuperado 9 de febrero de 2020, de <https://tiempo.hn/sequia-caudal-el-cajon-racionamientos-energia-valle-de-sula/>

Efecto Fotovoltaico en un panel solar. (2020). <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/modulo-fotovoltaico-efecto-fotovoltaico/>

Efimarket, F. (2018). *Nº de módulos en serie por string*. <https://www.solarweb.net/forosolar/fotovoltaica-sistemas-conectados-red/41599-n-modulos-serie-string.html>

El sol | Educación PVE. (2020). <https://www.pveducation.org/pvcdrom/properties-of-sunlight/the-sun>

Electricidad, P. de. (2019). *Semiconductores*. <http://www.etitudela.com/Electrotecnia/electronica/01d56993840f26d07/01d56994e30f40632/index.html>

Electricista, T. (2020). *Factor de Demanda eléctrico*. <https://www.electricaplicada.com/factor-demanda-electrico/>

ENEE. (2016). *Cobertura del Servicio de Energía Eléctrica en Honduras*. 1-33.

ENEE. (2017). *LA ENERGÍA DE HONDURAS PROVIENE DE PLANTAS DE GENERACIÓN RENOVABLE*. <http://www.enee.hn/index.php/noticias/noticias/156-periodistas/1409-61-de-la-energia-de-honduras-proviene-de-plantas-de-generacion-renovable>

ENEE. (2019). *Boletín de Datos Estadísticos Abril 2019*.

ENEE. (2020). *GENERACIÓN*. <http://enee.hn/index.php/electrificacion-nacional/generacion>

Energía solar fotovoltaica. (2020). <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/>

Energy, G. (2018). *INVERSORES HÍBRIDOS*. <https://www.greenenergy-latinamerica.com/inversores-hibridos/>

Enerlike. (2020). *Curva de carga*. <https://www.enerlike.com/que-es-una-curva-de-carga/>

EOI. (2020). *Análisis FODA como herramienta para la dirección de Proyectos*.

<https://www.eoi.es/blogs/mintecon/2013/12/14/tecnica-o-herramienta-util-en-la-direccion-de-proyectos-foda/>

Escuela Europea. (2020). *Matriz de riesgos*.

<https://www.escuelaeuropeaexcelencia.com/2018/10/4-consejos-para-crear-una-matriz-de-riesgos/>

Folsom, L. (2020). *Helioscope: Software avanzado de diseño solar*. <https://www.helioscope.com/>

Fotovoltaica, A. (2020). *¿Qué es una instalación fotovoltaica On Grid? - La Guía Solar*.

<http://www.laguiasolar.com/que-es-una-instalacion-fotovoltaica-on-grid/>

Fuentes de Información. (2020). <https://concepto.de/fuentes-de-informacion/>

Gaceta, L. (2013). *Decreto 138-2013*.

Galva, A. D. (2020). *Factores que afectan a la generaci3n de las placas solares*.

<https://sotysolar.es/blog/factores-afectan-generacion-placas-solares>

Global Solar Atlas. (2020). <https://globalsolaratlas.info/download/honduras>

Glosario Electricidad. (2017). (*Electricidad*). [https://glosarios.servidor-](https://glosarios.servidor-alicante.com/electricidad/giga-watt)

[alicante.com/electricidad/giga-watt](https://glosarios.servidor-alicante.com/electricidad/giga-watt)

Gonzalez, Billin. P. (2020). *Qué es la Vida til | Glosario | Billin*.

<https://www.billin.net/glosario/definicion-vida-util/>

Google Earth—EcuRed. (2020). https://www.ecured.cu/Google_Earth

GreenFacts. (2020). *Glosario: Corriente alterna y corriente continua*.

<https://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/corriente-alterna.htm>

Gutiérrez Jiménez, G. (2001). Apuntes de Matemáticas Financieras. *Universidad Aut3noma Metropolitana*, 30-34.

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2010). Definici3n del alcance de la investigaci3n a realizar: Exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa. En *Metodología de la investigaci3n*.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigaci3n* (6.a ed.). McGraw-Hill Education.

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/laureatemhe/detail.action?docID=3224545&query=sampieri>

Hipótesis de investigación. (2020). <http://normasapa.net/que-son-las-hipotesis-de-investigacion/>

Home—NSRDB. (s. f.). Recuperado 7 de febrero de 2020, de <https://nstrdb.nrel.gov/>

Hondudiario. (s. f.). *CREE APROBÓ NUEVO INCREMENTO EN LA TARIFA DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA EL 2020.* Recuperado 1 de febrero de 2020, de <https://hondudiario.com/2019/12/31/cree-aprobo-nuevo-incremento-en-la-tarifa-de-energia-electrica-para-el-2020/>

HONDURAS, C.-19. (2020). *Qué es COVID-19.* <https://covid19honduras.org/?q=que-es-covid-19>

IDEAM. (2020). *Atlas de Radiación Solar.* 1-2.

IngeLibre. (2014). *Influencia de la irradiación y temperatura sobre una placa fotovoltaica.* <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/11/09/influencia-de-la-irradiacion-y-temperatura-sobre-una-placa-fotovoltaica/>

IRENA. (2019). *Renovables representan hoy una tercera parte de la capacidad energética global.*

KATODO. (2020). *Energía Solar Inversores Híbridos.* <http://www.katodo.com.ar/energia-solar-hibrido.html>

La capacidad mundial de energías renovables. (2019). <https://www.evwind.com/2019/04/02/la-capacidad-mundial-de-energias-renovables-alcanzo-2-351-gw-a-fines-del-ano-pasado/>

La radiación solar más alta del mundo. (2020). <https://autosolar.pe/blog/actualidad-de-energia-solar/peru-radiacion-solar-mas-alta-de-todo-el-planeta>

LCOE (Levelized Cost of Energy). (2020). <http://www.proyctofse.mx/2017/03/22/lcoe-levelized-cost-of-energy/>

Lotfi, H., Majzoobi, A., Khodaei, A., Bahramirad, S., & Paaso, A. (2016). *Levelized Cost of Energy Calculation for Energy Storage Systems.* 1-3.

Magazine, P. (2018). *El ranking de los 10 principales fabricantes de paneles fotovoltaicos – pv magazine Latin America.* <https://www.pv-magazine-latam.com/2018/07/23/el-ranking-de-los-10-principales-fabricantes-de-paneles-fotovoltaicos/>

Mapa de Radiación Solar Media Anual para Bolivia. (2020). https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Mapa-de-Radiacion-Solar-Media-Anual-para-Bolivia-kWh-m2-dia-Fuente-Elaborado_fig2_316636306

Matriz Energética. (2020). <http://www.enee.hn/index.php/noticias/noticias/156-periodistas/1527-matriz-energetica-renovables-remontan-generacion-termica-71-por-ciento-de-la-generacion-nacional-proviene-de-plantas-de-energia>

Minitab. (2020). *Herramientas estadísticas, de análisis de datos y de mejora de procesos / Minitab.* <https://www.minitab.com/es-mx/>

Monje, A. M. (2017). *Generación fotovoltaica*.

Nacional, B. energetico. (2017). *Balance Energético Nacional*.

Nations, U. (2020). *La promesa de la energía solar: Estrategia energética para reducir las emisiones de carbono en el siglo XXI | Naciones Unidas*.

Navarrete Sanz, P. (1980). El coste del capital. *Cuadernos de Ciencias Económicas y Empresariales*, 7, 153-161.

Navidi, W. C. (2006). *Estadística para ingenieros* (1.ª ed.). Mc Graw Hill.

NREL. (2020). *Modelo de asesor del sistema (SAM)*. <https://sam.nrel.gov/about-sam.html>

OBS. (2020). *Estudio financiero: En qué consiste y cómo llevarlo a cabo | OBS Business School*.
<https://obsbusiness.school/es/blog-investigacion/finanzas/estudio-financiero-en-que-consiste-y-como-llevarlo-cabo>

OMS. (2020). *Coronavirus (COVID-19)*. <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses>

Pablo Lledó. (2019). Evaluación Financiera de Proyectos. En *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Número 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Perfil Sector Energía Honduras, 2016. (2016). *Perfil Sector Energía Honduras*.

Planas, O. (2020). *¿Qué es la energía eléctrica? Cómo se genera, tipos y características.*

<https://energia-nuclear.net/energia/energia-electrica>

Project, M. (2020). *Project Management Software | Microsoft Project.*

<https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/project/project-management-software>

PVEducation. (2019). *Radiación del cuerpo negro.*

<https://www.pveducation.org/pvcdrom/radiación-del-cuerpo-negro>

Radiación solar terrestre | Educación PVE. (2020).

<https://www.pveducation.org/pvcdrom/terrestrial-solar-radiation>

RAMMB. (2020). *Ley de Planck.*

<http://rammb.cira.colostate.edu/wmovl/vrl/tutorials/euromet/courses/spanish/satmet/s2300/s2300004.htm>

Recolección de datos. (2020). <https://definicion.de/recoleccion-de-datos/>

REMICA. (2018). *Costes energéticos.* <https://remicaserviciosenergeticos.es/blog/costes-energeticos/>

Rendón, O. H. P. (2001). La Matriz de Congruencia. *Economía y Sociedad*, 10(Octubre), 311--316.

Reyes, L., Ferrufino, J., & Álvarez, H. (2020). Situación de la Generación de la Energía Eléctrica a través de Energía Fotovoltaica en Honduras Julio 2015—Marzo 2018. *Revista de la Escuela de Física*, 7(2), 83-92. <https://doi.org/10.5377/ref.v7i2.9329>

Secretaria de Educacion. (2020). *SE. Calendario Academico*. <https://www.se.gob.hn/calendario-escolar/>

Selectra. (2020). *Calcula tu consumo eléctrico*. <https://tarifaluzhora.es/info/calcular-consumo-electrico-casa>

SINAGER. (2020). *COVID-19 Honduras—OFICIAL | Coronavirus en Honduras*. <https://covid19honduras.org/>

Sinnaps. (2020). *Planificación de proyectos*. <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/planificacion-de-proyectos>

SMA. (2020). *Relación calidad*. 1-9.

Solar electronics. (2019). *Las diferencias entre Off-Grid y On-Grid*.

<http://solarelectronics.co/2019/10/las-diferencias-entre-off-grid-y-on-grid>

Solar, Energía. (2020). *Instalar en el techo o en el suelo?*

<https://www.renovablesverdes.com/energia-solar-¿instalar-en-el-techo-o-en-el-suelo/>

Solar, E&R. (2019). *Los mejores inversores solares*. <https://solar.eyr.mx/los-mejores-inversores-solares-2019/>

SOLAR, S. (2020). *Ventajas y desventajas de los paneles solares*. <https://siliciosolar.es/ventajas-y-desventajas-de-los-paneles-solares-monocristalinos-frente-a-policristalinos/>

Tecchio, C. (2019). *Evita las emisiones de CO2 y planta árboles viajando con Ecobnb*.
<https://es.ecobnb.com/blog/arboles/>

Tecnología. (2020). *Potencia Electrica Continua y Alterna Todo*.
<https://www.areatecnologia.com/electricidad/potencia-electrica.html>

Terminos de electricidad. (2020).

Términos Eléctricos. (2020). 175.

Urbina, G. B. (2013). *Evaluacion de Proyectos-7ma-Edic-2013*.

Vanessa, S., Marcio, S., & Gimenes, T. (2018). *Factibilidad económica del uso de energía solar energía en la producción sistemas hidropónicos*. 27-45.

Wärneryd, M., & Karltorp, K. (2020). *El papel de los valores para la expansión del nicho: El caso de la energía solar fotovoltaica en edificios grandes en Suecia*. 7.

Zalamea-León, E., & Quesada, F. (2017). Criterios de integración de energía solar activa en arquitectura. Potencial tecnológico y consideraciones proyectuales. *Revista de Arquitectura*, 19(1), 65-79. <https://doi.org/10.14718/revarq.2017.19.1.1018>

ANEXOS

ANEXO 1. DIARIO OFICIAL LA GACETA




DIARIO OFICIAL DE LA REPUBLICA DE HONDURAS

La primera imprenta legítima en Honduras en 1826, siendo instalada en Tegucigalpa, en el cuartel San Francisco, lo primero que se imprimió fue una proclama del General Morúa, con fecha 4 de diciembre de 1826.



Honduras
República de América Central
E.S.A.S

Después se imprimió el primer periódico oficial de Gobierno con fecha 25 de mayo de 1828, conocido hoy, como Diario Oficial "La Gaceta".

AÑO CXXXVII TEGUCIGALPA, M. D. C., HONDURAS, C. A.
MARTES 20 DE MAYO DEL 2014. NUM. 33,431

Sección A

<i>Poder Legislativo</i>		SUMARIO	
<div style="border: 1px solid gray; border-radius: 10px; padding: 2px; display: inline-block; font-weight: bold;">DECRETO No. 404-2013</div>		Sección A Decretos y Acuerdos	
404-2013	PODER LEGISLATIVO Decreto: LEY GENERAL DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA. Decretos Nos.: 302-2013, 303-2013 y 358-2014. AVANCE	A. 1-24 A. 25-139 A. 140	
Sección B Avisos Legales Despreñible para su comodidad		B. 1-36	

EL CONGRESO NACIONAL,

CONSIDERANDO: Que la Ley Marco del Subsector Eléctrico data del año 1994, y que desde entonces la industria de la energía eléctrica en el mundo, incluyendo el área centroamericana, ha continuado su evolución hacia una estructura de mercado abierto a la competencia.

CONSIDERANDO: Que Honduras es signataria del Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central y que, junto con los demás países de la región, participó en la ejecución del proyecto del Sistema de Interconexión Eléctrica para América Central (SIEPAC), el cual ha creado la infraestructura física de transmisión, así como la infraestructura institucional y regulatoria de un Mercado Eléctrico Regional que inició sus operaciones en el 2013.

CONSIDERANDO: Que la legislación del sector eléctrico debe ser armonizada con el Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central, cuyo objetivo es el desarrollo de la industria eléctrica en beneficio de los habitantes de la región.

CONSIDERANDO: Que la situación descrita demanda que se actualice tanto la organización como las reglas de funcionamiento de la industria eléctrica del país, incorporando estructuras y prácticas modernas, para lo cual se requiere de una nueva legislación del sector eléctrico.

CONSIDERANDO: Que dicha modernización fomentará la eficiencia del sector y la reducción de las pérdidas, así como la competencia en la generación de energía eléctrica, con lo cual, en el mediano plazo, el país podrá contar con tarifas competitivas en el ámbito regional.

CONSIDERANDO: Que la separación de las actividades del sector permitirá que la Empresa Nacional de Energía Eléctrica concentre sus esfuerzos en el desarrollo de los recursos naturales renovables del país, contando con el apoyo del sector privado en las tareas subsidiarias de la transmisión, la operación del sistema y la distribución de electricidad.

CONSIDERANDO: Que para el buen funcionamiento de la industria de la energía eléctrica a nivel nacional, así como para el funcionamiento armonioso dentro del mercado eléctrico regional, es esencial contar con un ente regulador técnicamente calificado e independiente.

A. 1

La Gaceta



DIARIO OFICIAL DE LA REPUBLICA DE HONDURAS

La primera imprenta llegó a Honduras en 1826, siendo instalada en Tegucigalpa, en el cuartel San Francisco, lo primero que se imprimió fue una proclama del General Morúa, con fecha 4 de diciembre de 1826.



Después se imprimió el primer periódico oficial del Gobierno con fecha 25 de mayo de 1830, conocido hoy, como Diario Oficial "La Gaceta".

AÑO CXXXVI TEGUCIGALPA, M. D. C., HONDURAS, C. A.

JUEVES 1 DE AGOSTO DEL 2013. NUM. 33,191

Sección A

Poder Legislativo

DECRETO No. 130-2013

EL CONGRESO NACIONAL:

CONSIDERANDO: Que la persona humana es el fin supremo de la sociedad y del Estado, vista ésta desde una perspectiva integral y humanista; Valor jurídico que impulsó la emisión de leyes de alto contenido social, como las previsionales que crean regímenes pretendiendo brindar a sus participantes beneficios como pensiones por invalidez y muerte, así como otros adicionales.

CONSIDERANDO: Que para cubrir los costos de funcionamiento, las instituciones de previsión perciben cuotas de cotización de sus participantes y aportaciones patronales, creando un sistema mutualista o de ayuda que debe tener un riguroso equilibrio actuarial, a fin de mantener en el tiempo los beneficios de presentes y futuros derechohabientes.

CONSIDERANDO: Que en la actualidad el Instituto de Previsión Militar (IPM), se ve afectado debido a que no se le hacen efectivas las transferencias de las aportaciones patronales por riesgo debidas a tal instituto por parte del Estado de Honduras, que la Secretaría de Estado en el Despacho de Seguridad debe hacer efectiva para la estructura previsional que corresponde a los miembros de la Policía Nacional.

CONSIDERANDO: Que es atribución del Congreso Nacional crear, decretar, interpretar, reformar y derogar las leyes.

PORTANTO,

DECRETA:

ARTÍCULO 1.- Interpretar el Artículo 23 del Decreto No.167-2006, de fecha 27 de noviembre de 2006, reformado

SUMARIO

Sección A
Decretos y Acuerdos

130-2013	PODER LEGISLATIVO Decreto: Interpretar el Artículo 23 del Decreto No.167-2006, de fecha 27 de noviembre de 2006, reformado por el Decreto No.160-2009 de fecha 3 de agosto de 2009, contenido de la LEY DE PREVISIÓN MILITAR.	A. 1-2
	Decretos Nos.: 138-2013 y 139-2013.	A. 2-14
	SECRETARÍA DE RELACIONES EXTERIORES Acuerdo 012/AD/13.	A. 14
	Otros.	A. 15
	AVANCE	A. 16
	Sección B Avisos Legales	B. 32
	Disponibles para su consulta	

por el Decreto No.160-2009 de fecha 3 de agosto de 2009, contenido de la LEY DE PREVISIÓN MILITAR, en el sentido que el pago de la aportación patronal por riesgo a la que se refiere correspondiente al siete punto veinticinco por ciento (7.25%) es obligatoria para mantener el equilibrio actuarial de largo plazo del Régimen de Riesgos Especiales, por lo que debe ser aplicable a todas las instituciones que tienen afiliados a éste indistintamente a la estructura de beneficios que se hayan acogido.

ARTÍCULO 2.- El presente Decreto entrará en vigencia a partir del día de su publicación en el Diario Oficial "La Gaceta".

A. 1

Derecho Reservados

ANEXO 3. COTIZACIÓN DE MATERIALES



U-BUILDER PROJECT REPORT
VERSION: 2.20

PROJECT TITLE CASA DEL NIÑO	PROJECT ID 4F30D3AD	CREATED May 17, 2020, 6:41 p.m.
--------------------------------	------------------------	------------------------------------

NAME Osovi	Designed by emillocastro.hn@gmail.com
ADDRESS San Pedro Sula 21101, Honduras	SOLARMOUNT FLUSH
CITY, STATE Unknown	Canadian Solar
MODULE Canadian Solar CS3U-385MS	94 - CS3U-385MS 2008.71 ft ² 36.19 KW

BILL OF MATERIALS

LEGEND: ■ Base System Part ■ Accessory

PART NUMBER	PART TYPE	DESCRIPTION	QUANTITY	SUGGESTED QUANTITY	UNIT PRICE (USD)	TOTAL LIST PRICE (USD)
310168C	Rail	5M RAIL 168" CLR	13	13	48.82	634.66
310246C	Rail	5M RAIL 246" CLR	54	54	71.49	3860.46
303019D	Splice	BND SPLICE BAR PRO SERIES DRK	46	46	5.43	249.78
302027C	Mid Clamp	5M BND MIDCLAMP BC SS	148	148	2.39	353.72
302022C	End Clamp	5M ENDCLAMP C CLR AL	80	80	2.04	163.20
304001C	Roof Attachment	L-FOOT SERRATED W/ T-BOLT, CLR	348	348	2.50	870.00
008009P	Grounding Lug	ELSCD LAY IN LUG (GBL4DBT)	28	28	5.75	161.00

* Rows requiring expansion joints will have 2 more end clamps and 1 less mid-clamp than typically required to accommodate expansion joint

BASE SYSTEM PRICE	\$5261.82	ACCESSORIES PRICE	\$1031.00	TOTAL PRICE	\$6292.82
	\$0.145 PER WATT		\$0.028 PER WATT		\$0.174 PER WATT

This design is to be evaluated to the product appropriate Unirac Code Compliant Installation Manual which references International Building Code 2009, 2012, 2015, 2018 and ASCE 7-05, ASCE 7-10, ASCE 7-16 and California Building Code 2010, 2016. The installation of products related to this design is subject to requirements in the above mentioned installation manual.

PROJECT TITLE COLEGIO	PROJECT ID F0291ADB	CREATED May 17, 2020, 8:10 p.m.
---------------------------------	-------------------------------	---

NAME OSOVN	ADDRESS San Pedro Sula 21101, Honduras	Designed by emillocastro.jm@gmail.com
CITY, STATE Unknown	MODULE Canadian Solar CS3U-385MG	SOLARMOUNT FLUSH Canadian Solar
		120 - CS3U-385MG 2564.31 ft²
		46.20 KW

BILL OF MATERIALS

LEGEND: ■ Base System Part ■ Accessory

PART NUMBER	PART TYPE	DESCRIPTION	QUANTITY	SUGGESTED QUANTITY	UNIT PRICE (USD)	TOTAL LIST PRICE (USD)
300168M	Rail	5M RAIL 168" MILL	12	12	39.62	475.44
300246M	Rail	5M RAIL 246" MILL	72	72	58.03	4178.16
303019M	Splice	BND SPLICE BAR PRO SERIES MILL	72	72	4.74	341.28
302027C	Mid Clamp	5M BND MIDCLAMP BC SS	192	192	2.39	458.88
302022C	End Clamp	5M ENDCLAMP C CLR AL	96	96	2.04	195.84
304001C	Roof Attachment	L-FOOT SERRATED W/T-BOLT, CLR	432	432	2.50	1080.00
008009P	Grounding Lug	ELSCO LAY IN LUG (GBL4DBT)	24	24	5.75	138.00

BASE SYSTEM PRICE	\$5649.60	ACCESSORIES PRICE	\$1218.00	TOTAL PRICE	\$6867.60
	\$0.122 PER WATT		\$0.026 PER WATT		\$0.149 PER WATT

This design is to be evaluated to the product appropriate Unirac Code Compliant Installation Manual which references International Building Code 2009, 2012, 2015, 2018 and ASCE 7-05, ASCE 7-10, ASCE 7-16 and California Building Code 2010, 2016. The installation of products related to this design is subject to requirements in the above mentioned installation manual.

ANEXO 4. INSTALACIONES DE LA FUNDACIÓN OSOVI







ANEXO 5. FICHA TÉCNICA MÓDULO FV







MBB
SBB

KuMax

HIGH EFFICIENCY MONO PERC MODULE

CS3U-375 | 380 | 385 | 390 | 395MS
(1000 V / 1500 V)

MORE POWER

- 
Low power loss in cell connection
- 
Low NIMOT: 41 ± 3 °C
Low temperature coefficient (Pmax): -0.37 % / °C
- 
Better shading tolerance
- 
High PTC
High PTC rating of up to: 83.13 %

MORE RELIABLE

- 
Lower hot spot temperature
- 
Minimize micro-cracks
- 
Heavy snow load up to 5400 Pa,
wind load up to 3600 Pa*

25 years linear power output warranty

10 years product warranty on materials and workmanship

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES

ISO 9001:2015 / Quality management system
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system
OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / MCS / CSC AU
UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US) / PSBC (US Florida)
UL 1703: CSA / IEC61701 ED2: VDE / IEC62716: VDE / IEC60668-2-48: SGS
Take-a-way







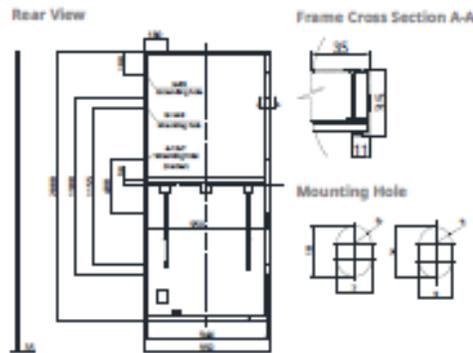

*We can provide this product with special IEC61215 specifically certified with salt, ink, ammonia and sand blowing tests. Please talk to our local technical sales representatives to get your customized solutions.

CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in IHS Module Customer Insight Survey. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 30 GW deployed around the world since 2001.

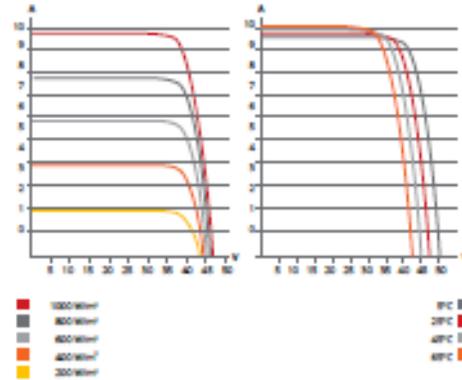
* For detailed information, please refer to the Installation Manual.

CANADIAN SOLAR INC.
545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E5, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS3U-375MS / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS3U	375MS	380MS	385MS	390MS	395MS
Nominal Max. Power (P _{max})	375 W	380 W	385 W	390 W	395 W
Opt. Operating Voltage (V _{mp})	39.8 V	40.0 V	40.2 V	40.4 V	40.6 V
Opt. Operating Current (I _{mp})	9.43 A	9.50 A	9.58 V	9.65 A	9.73 A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	47.6 V	47.8 V	48.0 V	48.2 V	48.4 V
Short Circuit Current (I _{sc})	9.93 A	10.01 A	10.09 A	10.17 A	10.25 A
Module Efficiency	18.90%	19.15%	19.41%	19.66%	19.91%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C				
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)				
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)				
Max. Series Fuse Rating	30 A				
Application Classification	Class A				
Power Tolerance	0 ~ + 5 W				

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS3U	375MS	380MS	385MS	390MS	395MS
Nominal Max. Power (P _{max})	280 W	284 W	287 W	291 W	295 W
Opt. Operating Voltage (V _{mp})	36.9 V	37.1 V	37.3 V	37.5 V	37.7 V
Opt. Operating Current (I _{mp})	7.58 A	7.64 A	7.70 A	7.75 A	7.82 A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	44.8 V	45.0 V	45.1 V	45.3 V	45.5 V
Short Circuit Current (I _{sc})	8.01 A	8.07 A	8.14 A	8.20 A	8.26 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m² spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Cell Arrangement	144 [2 X (12 X 6)]
Dimensions	2000 X 992 X 35 mm (78.7 X 39.1 X 1.38 in)
Weight	22.5 kg (49.6 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy, crossbar enhanced
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 400 mm (15.7 in) (+) / 280 mm (11.0 in) (-); landscape: 1250 mm (49.2 in) leap-frog connector: 1670 mm (65.7 in)*
Connector	T4 series
Per Pallet	30 pieces
Per Container (40' HQ)	660 pieces

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (P _{max})	-0.37 % / °C
Temperature Coefficient (V _{oc})	-0.29 % / °C
Temperature Coefficient (I _{sc})	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	41 ± 3°C

PARTNER SECTION



* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. Canadian Solar Inc. reserves the right to make necessary adjustments to the information described herein at any time without further notice. Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

CANADIAN SOLAR INC.

545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E5, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

Dec. 2018. All rights reserved. PV Module Product Datasheet V5.582_3IN

ANEXO 6. FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR

SUNNY BOY 3.0 / 3.6 / 4.0 / 5.0 / 6.0
con SMA SMART CONNECTED



SUNNY BOY 3.0 / 3.6 / 4.0 / 5.0 / 6.0 / SMA SMART CONNECTED

Servicio inteligente con SMA Smart Connected

SMA ShadeFix
SUNNY BOY OPTIMIZATION

Compacto	Cómodo	De gran rendimiento	Combinable
<ul style="list-style-type: none">• Montaje por parte de una sola persona gracias al bajo peso de 17,5 kg• Mínima necesidad de espacio gracias al diseño compacto.	<ul style="list-style-type: none">• Instalación 100 % plug & play• Monitorización en línea gratuita por medio de Sunny Places• Servicio automatizado mediante SMA Smart Connected	<ul style="list-style-type: none">• Aprovechamiento de la energía sobrante por la limitación de la potencia activa dinámica• Aumento del rendimiento de trabajo de montaje gracias a la gestión de sombra integrada SMA ShadeFix	<ul style="list-style-type: none">• Aplicable en cualquier momento con gestión inteligente de la energía y soluciones de almacenamiento• Combinable con componentes TS4-R para la optimización de módulos

SUNNY BOY 3.0 / 3.6 / 4.0 / 5.0 / 6.0

Mayor rendimiento para los hogares particulares: generación inteligente de la energía solar

El nuevo Sunny Boy 3.0-6.0 garantiza máximos rendimientos energéticos para los hogares particulares. Este combina el servicio integrado SMA Smart Connected con una tecnología inteligente para cualquier requisito del entorno. El equipo es fácil de instalar gracias a su diseño extremadamente sencillo. Mediante la interfaz web integrada, el Sunny Boy puede ponerse rápidamente en funcionamiento a través del teléfono inteligente o la tableta. Y para los requisitos especiales en el techo, en caso de p. ej. sombra pueden añadirse fácilmente y de forma precisa las optimizaciones de módulos TS4-R. Los estándares de comunicación actuales hacen que el inversor pueda ampliarse con seguridad para el futuro y de forma flexible en cualquier momento con la gestión inteligente de la energía y las soluciones de almacenamiento de SMA.

Datos técnicos	Sunny Boy 3.0	Sunny Boy 3.6	Sunny Boy 4.0	Sunny Boy 5.0	Sunny Boy 6.0
Entrada (CC)					
Potencia máx. del generador fotovoltaico	5500 Wp	5500 Wp	7500 Wp	7500 Wp	9000 Wp
Tensión de entrada máx.	600 V				
Rango de tensión del MPPT	De 110 V a 500 V	De 130 V a 500 V	De 140 V a 500 V	De 175 V a 500 V	De 210 V a 500 V
Tensión asignada de entrada	365 V				
Tensión de entrada mín./de inicio	100 V/105 V				
Corriente máx. de entrada, entradas A/B	15 A/15 A				
Corriente máx. de entrada por string, entradas A / B	15 A/15 A				
Número de entradas de MPPT independientes/Strings por entrada de MPPT	2/A2; B2				
Salida (CA)					
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	3000 W	3600 W	4000 W	5000 W ¹⁾	6000 W
Potencia máx. aparente de CA	3000 VA	3600 VA	4000 VA	5000 VA ¹⁾	6000 VA
Tensión nominal de CA/Rango	230 V, 230 V, 240 V/De 180 V a 280 V				
Frecuencia de red de CA/Rango	50 Hz, 60 Hz/De -5 Hz a +5 Hz				
Frecuencia asignada de red/Tensión asignada de red	50 Hz/230 V				
Corriente máx. de salida	16 A	16 A	22 A ²⁾	22 A ²⁾	26,1 A
Factor de potencia o potencia asignada	1				
Factor de potencia ajustable	0,8 inductivo a 0,8 capacitivo				
Fases de inyección/conexión	1/1				
Rendimiento					
Rendimiento máx./Europeo Rendimiento	97,0 %/96,4 %	97,0 %/96,5 %	97,0 %/96,5 %	97,0 %/96,5 %	97,0 %/96,6 %
Dispositivos de protección					
Punto de desconexión en el lado de entrada	●				
Monitorización de toma a tierra/de red	● / ●				
Protección contra polarización inversa de CC/Resistencia al cortocircuito de CA/fase separación galvánica	● / ● / -				
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente inversa	●				
Clase de protección (según IEC 61140)/Categoría de sobretensión (según IEC 60664-1)	V/II				
Datos generales					
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	435 mm/470 mm/176 mm (17,1 in/18,5 in/6,9 in)				
Peso	17,5 kg (38,5 lb)				
Rango de temperatura de funcionamiento	De -25 °C a +60 °C (de -13 °F a +140 °F)				
Emisión sonora, típica	35 dB(A)				
Autosonoro (noturno)	5,0 W				
Topología	Sin transformador				
Sistema de refrigeración	Convección				
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65				
Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4K4H				
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100 %				
Equipamiento					
Conexión de CC/CA	SUNCLIX/Conector de enchufe de CA				
Visualización o través de teléfono inteligente, tablet o portátil	●				
Interfaces: WLAN, Speedwire/Webconnect	● / ● / ●				
Protocolos de comunicación	Modbus (SMA, Sunspec), Webconnect, SMA Data, TS4R				
Gestión de los cables: SMA Speedfit (integrado) / TS4R	● / ○				
Garantía: 5/10/15 años	● / ○ / ○				
Certificados y autorizaciones (para o petición)	AS 4777.2, C10/11, CE, CEM D21, EN 50438, G99/3-6, G83/3-1, DIN EN 62109 / IEC 62109, HD44H50428, IEC62040, IEC 62057, IEC 62058, IEC 62059, IEC 62109, IEC 62110, IEC 62111, IEC 62112, IEC 62113, IEC 62114, IEC 62115, IEC 62116, IEC 62117, IEC 62118, IEC 62119, IEC 62120, IEC 62121, IEC 62122, IEC 62123, IEC 62124, IEC 62125, IEC 62126, IEC 62127, IEC 62128, IEC 62129, IEC 62130, IEC 62131, IEC 62132, IEC 62133, IEC 62134, IEC 62135, IEC 62136, IEC 62137, IEC 62138, IEC 62139, IEC 62140, IEC 62141, IEC 62142, IEC 62143, IEC 62144, IEC 62145, IEC 62146, IEC 62147, IEC 62148, IEC 62149, IEC 62150, IEC 62151, IEC 62152, IEC 62153, IEC 62154, IEC 62155, IEC 62156, IEC 62157, IEC 62158, IEC 62159, IEC 62160, IEC 62161, IEC 62162, IEC 62163, IEC 62164, IEC 62165, IEC 62166, IEC 62167, IEC 62168, IEC 62169, IEC 62170, IEC 62171, IEC 62172, IEC 62173, IEC 62174, IEC 62175, IEC 62176, IEC 62177, IEC 62178, IEC 62179, IEC 62180, IEC 62181, IEC 62182, IEC 62183, IEC 62184, IEC 62185, IEC 62186, IEC 62187, IEC 62188, IEC 62189, IEC 62190, IEC 62191, IEC 62192, IEC 62193, IEC 62194, IEC 62195, IEC 62196, IEC 62197, IEC 62198, IEC 62199, IEC 62200, IEC 62201, IEC 62202, IEC 62203, IEC 62204, IEC 62205, IEC 62206, IEC 62207, IEC 62208, IEC 62209, IEC 62210, IEC 62211, IEC 62212, IEC 62213, IEC 62214, IEC 62215, IEC 62216, IEC 62217, IEC 62218, IEC 62219, IEC 62220, IEC 62221, IEC 62222, IEC 62223, IEC 62224, IEC 62225, IEC 62226, IEC 62227, IEC 62228, IEC 62229, IEC 62230, IEC 62231, IEC 62232, IEC 62233, IEC 62234, IEC 62235, IEC 62236, IEC 62237, IEC 62238, IEC 62239, IEC 62240, IEC 62241, IEC 62242, IEC 62243, IEC 62244, IEC 62245, IEC 62246, IEC 62247, IEC 62248, IEC 62249, IEC 62250, IEC 62251, IEC 62252, IEC 62253, IEC 62254, IEC 62255, IEC 62256, IEC 62257, IEC 62258, IEC 62259, IEC 62260, IEC 62261, IEC 62262, IEC 62263, IEC 62264, IEC 62265, IEC 62266, IEC 62267, IEC 62268, IEC 62269, IEC 62270, IEC 62271, IEC 62272, IEC 62273, IEC 62274, IEC 62275, IEC 62276, IEC 62277, IEC 62278, IEC 62279, IEC 62280, IEC 62281, IEC 62282, IEC 62283, IEC 62284, IEC 62285, IEC 62286, IEC 62287, IEC 62288, IEC 62289, IEC 62290, IEC 62291, IEC 62292, IEC 62293, IEC 62294, IEC 62295, IEC 62296, IEC 62297, IEC 62298, IEC 62299, IEC 62300, IEC 62301, IEC 62302, IEC 62303, IEC 62304, IEC 62305, IEC 62306, IEC 62307, IEC 62308, IEC 62309, IEC 62310, IEC 62311, IEC 62312, IEC 62313, IEC 62314, IEC 62315, IEC 62316, IEC 62317, IEC 62318, IEC 62319, IEC 62320, IEC 62321, IEC 62322, IEC 62323, IEC 62324, IEC 62325, IEC 62326, IEC 62327, IEC 62328, IEC 62329, IEC 62330, IEC 62331, IEC 62332, IEC 62333, IEC 62334, IEC 62335, IEC 62336, IEC 62337, IEC 62338, IEC 62339, IEC 62340, IEC 62341, IEC 62342, IEC 62343, IEC 62344, IEC 62345, IEC 62346, IEC 62347, IEC 62348, IEC 62349, IEC 62350, IEC 62351, IEC 62352, IEC 62353, IEC 62354, IEC 62355, IEC 62356, IEC 62357, IEC 62358, IEC 62359, IEC 62360, IEC 62361, IEC 62362, IEC 62363, IEC 62364, IEC 62365, IEC 62366, IEC 62367, IEC 62368, IEC 62369, IEC 62370, IEC 62371, IEC 62372, IEC 62373, IEC 62374, IEC 62375, IEC 62376, IEC 62377, IEC 62378, IEC 62379, IEC 62380, IEC 62381, IEC 62382, IEC 62383, IEC 62384, IEC 62385, IEC 62386, IEC 62387, IEC 62388, IEC 62389, IEC 62390, IEC 62391, IEC 62392, IEC 62393, IEC 62394, IEC 62395, IEC 62396, IEC 62397, IEC 62398, IEC 62399, IEC 62400, IEC 62401, IEC 62402, IEC 62403, IEC 62404, IEC 62405, IEC 62406, IEC 62407, IEC 62408, IEC 62409, IEC 62410, IEC 62411, IEC 62412, IEC 62413, IEC 62414, IEC 62415, IEC 62416, IEC 62417, IEC 62418, IEC 62419, IEC 62420, IEC 62421, IEC 62422, IEC 62423, IEC 62424, IEC 62425, IEC 62426, IEC 62427, IEC 62428, IEC 62429, IEC 62430, IEC 62431, IEC 62432, IEC 62433, IEC 62434, IEC 62435, IEC 62436, IEC 62437, IEC 62438, IEC 62439, IEC 62440, IEC 62441, IEC 62442, IEC 62443, IEC 62444, IEC 62445, IEC 62446, IEC 62447, IEC 62448, IEC 62449, IEC 62450, IEC 62451, IEC 62452, IEC 62453, IEC 62454, IEC 62455, IEC 62456, IEC 62457, IEC 62458, IEC 62459, IEC 62460, IEC 62461, IEC 62462, IEC 62463, IEC 62464, IEC 62465, IEC 62466, IEC 62467, IEC 62468, IEC 62469, IEC 62470, IEC 62471, IEC 62472, IEC 62473, IEC 62474, IEC 62475, IEC 62476, IEC 62477, IEC 62478, IEC 62479, IEC 62480, IEC 62481, IEC 62482, IEC 62483, IEC 62484, IEC 62485, IEC 62486, IEC 62487, IEC 62488, IEC 62489, IEC 62490, IEC 62491, IEC 62492, IEC 62493, IEC 62494, IEC 62495, IEC 62496, IEC 62497, IEC 62498, IEC 62499, IEC 62500, IEC 62501, IEC 62502, IEC 62503, IEC 62504, IEC 62505, IEC 62506, IEC 62507, IEC 62508, IEC 62509, IEC 62510, IEC 62511, IEC 62512, IEC 62513, IEC 62514, IEC 62515, IEC 62516, IEC 62517, IEC 62518, IEC 62519, IEC 62520, IEC 62521, IEC 62522, IEC 62523, IEC 62524, IEC 62525, IEC 62526, IEC 62527, IEC 62528, IEC 62529, IEC 62530, IEC 62531, IEC 62532, IEC 62533, IEC 62534, IEC 62535, IEC 62536, IEC 62537, IEC 62538, IEC 62539, IEC 62540, IEC 62541, IEC 62542, IEC 62543, IEC 62544, IEC 62545, IEC 62546, IEC 62547, IEC 62548, IEC 62549, IEC 62550, IEC 62551, IEC 62552, IEC 62553, IEC 62554, IEC 62555, IEC 62556, IEC 62557, IEC 62558, IEC 62559, IEC 62560, IEC 62561, IEC 62562, IEC 62563, IEC 62564, IEC 62565, IEC 62566, IEC 62567, IEC 62568, IEC 62569, IEC 62570, IEC 62571, IEC 62572, IEC 62573, IEC 62574, IEC 62575, IEC 62576, IEC 62577, IEC 62578, IEC 62579, IEC 62580, IEC 62581, IEC 62582, IEC 62583, IEC 62584, IEC 62585, IEC 62586, IEC 62587, IEC 62588, IEC 62589, IEC 62590, IEC 62591, IEC 62592, IEC 62593, IEC 62594, IEC 62595, IEC 62596, IEC 62597, IEC 62598, IEC 62599, IEC 62600, IEC 62601, IEC 62602, IEC 62603, IEC 62604, IEC 62605, IEC 62606, IEC 62607, IEC 62608, IEC 62609, IEC 62610, IEC 62611, IEC 62612, IEC 62613, IEC 62614, IEC 62615, IEC 62616, IEC 62617, IEC 62618, IEC 62619, IEC 62620, IEC 62621, IEC 62622, IEC 62623, IEC 62624, IEC 62625, IEC 62626, IEC 62627, IEC 62628, IEC 62629, IEC 62630, IEC 62631, IEC 62632, IEC 62633, IEC 62634, IEC 62635, IEC 62636, IEC 62637, IEC 62638, IEC 62639, IEC 62640, IEC 62641, IEC 62642, IEC 62643, IEC 62644, IEC 62645, IEC 62646, IEC 62647, IEC 62648, IEC 62649, IEC 62650, IEC 62651, IEC 62652, IEC 62653, IEC 62654, IEC 62655, IEC 62656, IEC 62657, IEC 62658, IEC 62659, IEC 62660, IEC 62661, IEC 62662, IEC 62663, IEC 62664, IEC 62665, IEC 62666, IEC 62667, IEC 62668, IEC 62669, IEC 62670, IEC 62671, IEC 62672, IEC 62673, IEC 62674, IEC 62675, IEC 62676, IEC 62677, IEC 62678, IEC 62679, IEC 62680, IEC 62681, IEC 62682, IEC 62683, IEC 62684, IEC 62685, IEC 62686, IEC 62687, IEC 62688, IEC 62689, IEC 62690, IEC 62691, IEC 62692, IEC 62693, IEC 62694, IEC 62695, IEC 62696, IEC 62697, IEC 62698, IEC 62699, IEC 62700, IEC 62701, IEC 62702, IEC 62703, IEC 62704, IEC 62705, IEC 62706, IEC 62707, IEC 62708, IEC 62709, IEC 62710, IEC 62711, IEC 62712, IEC 62713, IEC 62714, IEC 62715, IEC 62716, IEC 62717, IEC 62718, IEC 62719, IEC 62720, IEC 62721, IEC 62722, IEC 62723, IEC 62724, IEC 62725, IEC 62726, IEC 62727, IEC 62728, IEC 62729, IEC 62730, IEC 62731, IEC 62732, IEC 62733, IEC 62734, IEC 62735, IEC 62736, IEC 62737, IEC 62738, IEC 62739, IEC 62740, IEC 62741, IEC 62742, IEC 62743, IEC 62744, IEC 62745, IEC 62746, IEC 62747, IEC 62748, IEC 62749, IEC 62750, IEC 62751, IEC 62752, IEC 62753, IEC 62754, IEC 62755, IEC 62756, IEC 62757, IEC 62758, IEC 62759, IEC 62760, IEC 62761, IEC 62762, IEC 62763, IEC 62764, IEC 62765, IEC 62766, IEC 62767, IEC 62768, IEC 62769, IEC 62770, IEC 62771, IEC 62772, IEC 62773, IEC 62774, IEC 62775, IEC 62776, IEC 62777, IEC 62778, IEC 62779, IEC 62780, IEC 62781, IEC 62782, IEC 62783, IEC 62784, IEC 62785, IEC 62786, IEC 62787, IEC 62788, IEC 62789, IEC 62790, IEC 62791, IEC 62792, IEC 62793, IEC 62794, IEC 62795, IEC 62796, IEC 62797, IEC 62798, IEC 62799, IEC 62800, IEC 62801, IEC 62802, IEC 62803, IEC 62804, IEC 62805, IEC 62806, IEC 62807, IEC 62808, IEC 62809, IEC 62810, IEC 62811, IEC 62812, IEC 62813, IEC 62814, IEC 62815, IEC 62816, IEC 62817, IEC 62818, IEC 62819, IEC 62820, IEC 62821, IEC 62822, IEC 62823, IEC 62824, IEC 62825, IEC 62826, IEC 62827, IEC 62828, IEC 62829, IEC 62830, IEC 62831, IEC 62832, IEC 62833, IEC 62834, IEC 62835, IEC 62836, IEC 62837, IEC 62838, IEC 62839, IEC 62840, IEC 62841, IEC 62842, IEC 62843, IEC 62844, IEC 62845, IEC 62846, IEC 62847, IEC 62848, IEC 62849, IEC 62850, IEC 62851, IEC 62852, IEC 62853, IEC 62854, IEC 62855, IEC 62856, IEC 62857, IEC 62858, IEC 62859, IEC 62860, IEC 62861, IEC 62862, IEC 62863, IEC 62864, IEC 62865, IEC 62866, IEC 62867, IEC 62868, IEC 62869, IEC 62870, IEC 62871, IEC 62872, IEC 62873, IEC 62874, IEC 62875, IEC 62876, IEC 62877, IEC 62878, IEC 62879, IEC 62880, IEC 62881, IEC 62882, IEC 62883, IEC 62884, IEC 62885, IEC 62886, IEC 62887, IEC 62888, IEC 62889, IEC 62890, IEC 62891, IEC 62892, IEC 62893, IEC 62894, IEC 62895, IEC 62896, IEC 62897, IEC 62898, IEC 62899, IEC 62900, IEC 62901, IEC 62902, IEC 62903, IEC 62904, IEC 62905, IEC 62906, IEC 62907, IEC 62908, IEC 62909, IEC 62910, IEC 62911, IEC 62912, IEC 62913, IEC 62914, IEC 62915, IEC 62916, IEC 62917, IEC 62918, IEC 62919, IEC 62920, IEC 62921, IEC 62922, IEC 62923, IEC 62924, IEC 62925, IEC 62926, IEC 62927, IEC 62928, IEC 62929, IEC 62930, IEC 62931, IEC 62932, IEC 62933, IEC 62934, IEC 62935, IEC 62936, IEC 62937, IEC 62938, IEC 62939, IEC 62940, IEC 62941, IEC 62942, IEC 62943, IEC 62944, IEC 62945, IEC 62946, IEC 62947, IEC 62948, IEC 62949, IEC 62950, IEC 62951, IEC 62952, IEC 62953, IEC 62954, IEC 62955, IEC 62956, IEC 62957, IEC 62958, IEC 62959, IEC 62960, IEC 62961, IEC 62962, IEC 62963, IEC 62964, IEC 62965, IEC 62966, IEC 62967, IEC 62968, IEC 62969, IEC 62970, IEC 62971, IEC 62972, IEC 62973, IEC 62974, IEC 62975, IEC 62976, IEC 62977, IEC 62978, IEC 62979, IEC 62980, IEC 62981, IEC 62982, IEC 62983, IEC 62984, IEC 62985, IEC 62986, IEC 62987, IEC 62988, IEC 62989, IEC 62990, IEC 62991, IEC 62992, IEC 62993, IEC 62994, IEC 62995, IEC 62996, IEC 62997, IEC 62998, IEC 62999, IEC 63000, IEC 63001, IEC 63002, IEC 63003, IEC 63004, IEC 63005, IEC 63006, IEC 63007, IEC 63008, IEC 63009, IEC 63010, IEC 63011, IEC 63012, IEC 63013, IEC 63014, IEC 63015, IEC 63016, IEC 63017, IEC 63018, IEC 63019, IEC 63020, IEC 63021, IEC 63022, IEC 63023, IEC 63024, IEC 63025, IEC 63026, IEC 63027, IEC 63028, IEC 63029, IEC 63030, IEC 63031, IEC 63032, IEC 63033, IEC 63034, IEC 63035, IEC 63036, IEC 63037, IEC 63038, IEC 63039, IEC 63040, IEC 63041, IEC 63042, IEC 63043, IEC 63044, IEC 63045, IEC 63046, IEC 63047, IEC 63048, IEC 63049, IEC 63050, IEC 63051, IEC 63052, IEC 63053, IEC 63054, IEC 63055, IEC 63056, IEC 63057, IEC 63058, IEC 63059, IEC 63060, IEC 63061, IEC 63062, IEC 63063, IEC 63064, IEC 63065, IEC 63066, IEC 63067, IEC 63068, IEC 63069, IEC 63070, IEC 63071, IEC 63072, IEC 63073, IEC 63074, IEC 63075, IEC 63076, IEC 63077, IEC 63078, IEC 63079, IEC 63080, IEC 63081, IEC 63082, IEC 63083, IEC 63084, IEC 63085, IEC 63086, IEC 63087, IEC 63088, IEC 63089, IEC 63090, IEC 63091, IEC 63092, IEC 63093, IEC 63094, IEC 63095, IEC 63096, IEC 63097, IEC 63098, IEC 63099, IEC 63100, IEC 63101, IEC 63102, IEC 63103, IEC 63104, IEC 63105, IEC 63106, IEC 63107, IEC 63108, IEC 63109, IEC 63110, IEC 63111, IEC 63112, IEC 63113, IEC 63114, IEC 63115, IEC 63116, IEC 63117, IEC 63118, IEC 63119, IEC 63120, IEC 63121, IEC 63122, IEC 63123, IEC 63124, IEC 63125, IEC 63126, IEC 63127, IEC 63128, IEC 63129, IEC 63130, IEC 63131, IEC 63132, IEC 63133, IEC 63134, IEC 63135, IEC 63136, IEC 63137, IEC 63138, IEC 63139, IEC 63140, IEC 63141, IEC 63142, IEC 63143, IEC 63144, IEC 63145, IEC 63146, IEC 63147, IEC 63148, IEC 63149, IEC 63150, IEC 63151, IEC 63152, IEC 63153, IEC 63154, IEC 63155, IEC 63156, IEC 63157, IEC 63158, IEC 63159, IEC 63160, IEC 63161, IEC 63162, IEC 63163, IEC 63164, IEC 63165, IEC 63166, IEC 63167, IEC 63168, IEC 63169, IEC 63170, IEC 63171, IEC 63172, IEC 63173, IEC 63174, IEC 63175, IEC 63176, IEC 63177, IEC 63178, IEC 63179, IEC 63180, IEC 63181, IEC 63182, IEC 63183, IEC 63184, IEC 63185, IEC 63186, IEC 63187, IEC 63188, IEC 63189, IEC 63190, IEC 63191, IEC 63192, IEC 63193, IEC 63194, IEC 63195, IEC 63196, IEC 63197, IEC 63198, IEC 63199, IEC 63200, IEC 63201, IEC 63202, IEC 63203, IEC 63204, IEC 63205, IEC 63206, IEC 63207, IEC 63208, IEC 63209, IEC 63210, IEC 63211, IEC 63212, IEC 63213, IEC 63214, IEC 63215, IEC 63216, IEC 63217, IEC 63218, IEC 63219, IEC 63220, IEC 63221, IEC 63222, IEC 63223, IEC 63224, IEC 63225, IEC 63226, IEC 63227, IEC 63228, IEC 63229, IEC 63230, IEC 63231, IEC 63232, I				

ANEXO 7. FICHA TÉCNICA DE LAS BATERIAS

Innovation
for a Better Life

ees
AWARD
2016
WINNER

LG Chem

CHANGE
YOUR ENERGY
CHARGE
YOUR LIFE

RESU

Compact Size & Easy Installation
The compact and lightweight nature of the RESU is world-class. It is designed to allow easy wall-mounted or floor-standing installation for both indoor and outdoor applications. The inverter connections have also been simplified, reducing installation time and costs.

Powerful Performance
The new RESU series features industry-leading continuous power (4.2kW for RESU6.5) and DC round-trip efficiency (95%). LG Chem's LAS (Lamination & Stacking) technology provides durability ensuring 80% of capacity retention after 10 years.

Proven Safety
LG Chem places the highest priority on safety and utilizes the same technology for its ESS products that has a proven safety record in its automotive battery. All products are fully certified in relevant global standards.

48V



Models	RESU3	RESU6.5	RESU10
Total Energy [kWh]	3.3	6.5	9.8
Usable Energy [kWh]	2.9	5.9	8.8
Capacity [Ah]	63	126	169
Nominal Voltage [V]	51.8	51.8	51.8
Voltage Range [V]	42.0-58.8	42.0-58.8	42.0-58.8
Max Power [kW]	3.0	4.2	5.0
Peak Power [kW] (for 3 sec.)	3.3	4.6	7.0
Dimension [W x H x D, mm]	452 x 401 x 120	452 x 658 x 120	452 x 483 x 227
Weight [kg]	31	52	75
Enclosure Protection Rating	IP55		
Communication	CAN 2.0B		
Certificates	Cell	UL1642	
	Product	CE / RoHS/TUV (IEC 62619) / UL1973	

Compatible Inverter Brands: SMA, Solar, SunGrow, Schneider, Ingeteam, GoodWe, Redback, Victron Energy (As of 3Q 2016, More brands to be added)

RESU Plus is an expansion kit specially designed for 48V models of new RESU series. With RESU Plus, all 48V models can be cross-connected with each other.

- Dimension: 305 x 240 x 65 (W x H x D, mm)
- Number of Expandable Battery Units: Up to 2EA
- IP55

400V



Models	RESU7H	RESU10H	
Total Energy [kWh]	7.0	9.8	
Usable Energy [kWh]	6.6	9.3	
Capacity [Ah]	83	63	
Voltage Range [V]	350-450	350-450	305-550
Max Power [kW]	3.5	5.0	
Peak Power [kW] (for 10 sec.)	5.0	7.0	
Dimension [W x H x D, mm]	744 x 692 x 206	744 x 907 x 206	
Weight [kg]	76	97	99.8
Enclosure Protection Rating	IP55		
Communication	RS485	RS485	CAN 2.0B
Certificates	Cell	UL1642	
	Product	TUV (IEC 62619) / CE	TUV (IEC 62619) / UL1973 / CE

Compatible Inverter Brands: SMA, SolafEdge, Delta (As of 3Q 2016, More brands to be added)

ANEXO 8. ANÁLISIS DE SOMBRAS HELISCOPE



ANEXO 9. REPORTE HELISCOPE EDIFICIO 1

HelioScope Annual Production Report produced by Emilio Castro / Mabel Figueroa

Casa del niño Edificio 1, san vicente, san pedro sula

Report

Project Name: Edificio 1

Project Address: san vicente, san pedro sula

Prepared For: OSON

Prepared By: Emilio Castro / Mabel Figueroa
solmatec.proyectos@gmail.com



System Metrics

Design: Casa del niño

Module DC Nameplate: 35.2 kW

Inverter AC Nameplate: 30.0 kW
Load Ratio: 1.21

Annual Production: 43.01 MWh

Performance Ratio: 74.5%

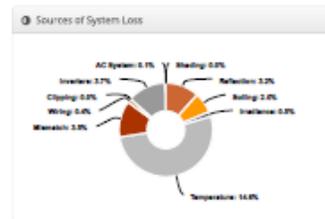
WWh/Wp: 1,354.3

Weather Dataset: TMY, La Mesa/San Pedro Sula, SWERA (epw)

Simulator Version: 6.06.19(3)65-6443(3)65-18706(2)64-6304(2)655

Project Location





HelioScope Annual Production Report produced by Emilio Castro / Mabel Figueroa

Annual Production

Description	Output	% Delta
Annual Global Horizontal Irradiance	1,812.7	
POA Irradiance	1,817.2	0.3%
Shaded Irradiance	1,817.2	0.0%
Irradiance after Reflection	1,758.2	-3.2%
Irradiance after Soiling	1,723.0	-2.0%
Total Collector Irradiance	1,722.9	0.0%
Nameplate	62,573.8	
Output at Irradiance Levels	62,077.9	-0.5%
Output at Cell Temperature Derate	53,018.2	-14.6%
Output After Mismatch	51,142.2	-3.5%
Optimal DC Output	50,944.2	-0.4%
Constrained DC Output	50,943.2	0.0%
Inverter Output	49,038.7	-3.7%
Energy to Grid	49,013.9	-0.1%

Temperature Metrics

Aug. Operating Ambient Temp: 28.2 °C

Aug. Operating Cell Temp: 47.6 °C

Simulation Metrics

Operating Hours: 4307

Solved Hours: 4307

Condition Set

Description: San Pedro Sula

Weather Dataset: TMY, La Mesa/San Pedro Sula, SWERA (epw)

Solar Angle Location: Mexico/Lat/Lng

Transposition Model: Perez Model

Temperature Model: Sandia Model

Track Type	a	b	Temperature Delta
Fixed Tilt	-8.56	-0.075	3°C
Flush Mount	-2.81	-0.0455	0°C
East-West	-3.56	-0.075	3°C
Carport	3.56	-0.075	3°C

Temperatures Model Parameters

Soiling (N)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	D	N	D
Irradiance Variance	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Cell Temperature Spread: 4°C

Module Wiring Range: -2.5% to 2.5%

AC System Derate: 0.50%

Module Characteristics

Module	Updated By	Characterization
CSIJ-385WB-FG (Canadian Solar)	Folsom Labs	Spec Sheet Characterization, P/N

Component Characteristics

Device	Updated By	Characterization
Sunny Boy SB 6000-US-12 (240V AC (SW))	Folsom Labs	Default Characterization

Components

Component Name	Count
Inverters Sunny Boy SB 6000-US-12 (240V AC (SW))	5 (30.0 kW)
AC Home Runs 1/0 AWG (Aluminum)	5 (2,832.2 ft)
Strings 10 kW (Copper)	10 (1,014.1 ft)
Module Canadian Solar, CSIJ-385WB-FG (385W)	94 (86.7 kW)

Wiring Zones

Description	Combiner Poles	String Size	Stringing Strategy
Wiring Zone	12	7.11	Along Racking

Field Segments

Description	Racking	Orientation	Tilt	Azimuth	Intracrow Spacing	Frame Size	Frames	Modules	Power
Field Segment 1	Flush Mount	Landscape (Horizontal)	17°	137°	0.2 ft	1x1	54	54	28.8 kW
Field Segment 2	Flush Mount	Landscape (Horizontal)	17°	220°	0.2 ft	1x1	23	20	7.70 kW
Field Segment 3	Flush Mount	Landscape (Horizontal)	17°	40°	0.2 ft	1x1	25	20	7.70 kW

ANEXO 10. REPORTE HELIOSCOPE EDIFICIO 2



Annual Production Report produced by Emilio Castro / Mabel Figueroa

Colegio San Vicente de paul Edificio 2, san vicente, san pedro sula

Report

Project Name	Edificio 2
Project Address	san vicente, san pedro sula
Prepared For	OSOM
Prepared By	Emilio Castro / Mabel Figueroa colimacprojecto@gmail.com

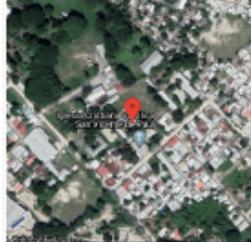


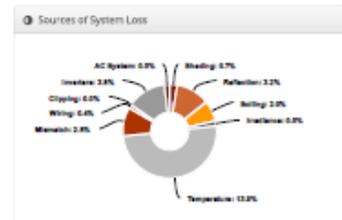
unitec
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITY

System Metrics

Design	Colegio San Vicente de paul
Module DC Nameplate	46.2 kW
Inverter AC Nameplate	36.0 kW
Loss Ratio	1.28
Annual Production	62.18 MWh
Performance Ratio	74.9%
kWh/kWp	1,345.8
Weather Dataset	TMY, La Mesa/San Pedro Sula, SWERA (ipsw)
Simulator Version	6.061363e5-6643b0d0-1870e62e6-234d39e55

Project Location







Annual Production Report produced by Emilio Castro / Mabel Figueroa

Annual Production

	Description	Output	% Delta
Irradiance (kWh/m ²)	Annual Global Horizontal Irradiance	1,812.7	
	POA Irradiance	1,799.1	-0.7%
	Shaded Irradiance	1,786.2	-0.7%
	Irradiance after Reflection	1,728.3	-3.2%
	Irradiance after Soiling	1,663.7	-2.0%
	Total Collector Irradiance	1,693.7	0.8%
Energy (kWh)	Nameplate	78,269.4	
	Output at Irradiance Levels	77,861.6	-0.5%
	Output at Cell Temperature Derate	67,099.2	-13.9%
	Output After Mismatch	65,171.6	-2.8%
	Optimal DC Output	64,999.3	-0.3%
	Conservative DC Output	64,023.9	-0.6%
Inverter Output	62,060.0	-3.0%	
Energy to Grid	62,177.5	-0.5%	
Temperature Metrics	Avg. Operating Ambient Temp	28.2 °C	
	Avg. Operating Cell Temp	43.1 °C	
	Simulation Metrics	Operating Hours	4707
	Simulated Hours	4707	

Condition Set

Description		San Pedro Sula										
Weather Dataset	TMY, La Mesa/San Pedro Sula, SWERA (ipsw)											
Solar Angle Location	Meteo Lat/Long											
Transmittance Model	Perez Model											
Temperature Model	Sandia Model											
Risk Type	a	b	Temperature Delta									
	Fluid TB	-3.56	-0.875	3°C								
	Flush Mount	-2.81	-0.945	0°C								
	East-West	-3.56	-0.875	3°C								
Corrupt	-3.56	-0.875	3°C									
Soiling (%)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Irradiance Variance	5%											
Cell Temperature Spread	6° C											
Module Wiring Range	2.5% to 2.5%											
AC System Derate	0.5%											
Module Characteristics	Module	Upgraded By	Characterization									
	CSIU-305MS (100V) v5.6 (EcoSolar Solar)	Fobom Labs	Spec Sheet Characterization, PAM									
Component Characteristics	Device	Upgraded By	Characterization									
	Sunny Boy SB 6000-US-12 (240V AC) (PMA)	Fobom Labs	Default Characterization									

Components

Component	Name	Count
Inverters	Sunny Boy SB 6000-US-12 (240V AC) (PMA)	6 (36.0 kW)
Strings	10 AWG (Copper)	12 (1,828.2 ft)
Module	Canadian Solar, CSIU-305MS (100V) v5.6 (P5W)	120 (463.2 kW)

Wiring Zones

Description	Conductor Poles	String Size	Stringing Strategy
Wiring Zone	12	7-11	Along Racking

Field Segments

Description	Backing	Orientation	Tilt	Adj. Pitch	Introrow Spacing	Frame Size	Frames	Modules	Power
Field Segment 1	Flush Mount	Landscape (Horizontal)	12°	40°	0.2 ft	1x1	30	30	11.6 kW
Field Segment 2	Flush Mount	Landscape (Horizontal)	12°	40°	0.2 ft	1x1	30	30	11.6 kW
Field Segment 4	Flush Mount	Landscape (Horizontal)	12°	220°	0.2 ft	1x1	30	30	11.6 kW
Field Segment 3	Flush Mount	Landscape (Horizontal)	12°	220°	0.2 ft	1x1	30	30	11.6 kW

ANEXO 11. AGENDA 2030 PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE



La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Una oportunidad para América Latina y el Caribe



Objetivos, metas e indicadores mundiales

ANEXO 12. PROYECTO SOCIAL



Justificante de Presentación

Datos del interesado:

CIF - G57119026 POBLE SOLIDARI

Dirección: Plaça Bemat de Santa Eugènia 7
Santa Eugènia 07142 (Illes Balears-España)

Teléfono de contacto: 659760900

Correo electrónico: poblesolidari@gmail.com

El presente justificante tiene validez a efectos de presentación de la documentación, y no prejuzga la admisión definitiva del escrito si concurriera alguna de las causas de rechazo incluidas en el apartado 29.1 del RD 1671/2009. El inicio del cómputo de plazos para la Administración, en su caso, vendrá determinado por la fecha y hora de la entrada de su solicitud en el Registro del Organismo competente.

Número de registro: 200110343488
Fecha y hora de presentación: 27/06/2020 22:13:23
Fecha y hora de registro: 27/06/2020 22:13:23
Tipo de registro: Entrada
Oficina de registro electrónico: REGISTRO ELECTRONICO
Organismo destinatario: A04026929 - Consejería de Asuntos Sociales y Deportes
Organismo raíz: A04003003 - Gobierno de las Islas Baleares
Nivel de administración: Administración Autonómica

Asunto: Solicitud y documentación proyecto Con energía solar salimos ganando

Expone: Que atendiendo a la Resolución de la Consellera de Asuntos Sociales y Deportes de 12 de marzo de 2020 por la que se aprueba la convocatoria de ayudas para ejecutar proyectos de cooperación para el año 2020, y considerando que la Asociación Poble Solidari cumple los requisitos establecidos,

Solicita: Que se acepte la solicitud y documentación en relación al proyecto CON ENERGÍA SOLAR SALIMOS GANANDO.

Documentos anexados:

OSOVI Con energía solar... - documents Osovi nous.pdf (Huella digital: 885113a11f0d1dc0ea37752adb7793bb384ce40c) escrito y anexos - escrit i annexos_signed.pdf (Huella digital: fe0f8344aababc2d92ddd8a2bcf9fe1fbce1a1aa) Documentos Con energía solar... - documents junts_signed.pdf (Huella digital: 8092e63772ca3558d4274f4f8ae12c09373aebb) Presupuesto Con energía solar... - Pressupost detallat cooperació_2020.01_signed.pdf (Huella digital: 14439ba3171f05d132248955048fe312f8950959) Formulario Con energía solar... - FormulariO CooperaciónN.11.06.2020 (4)_signed.pdf (Huella digital: 6bf4ee351dfe854cc3ce02434ded59de2a53be2b)

Alerta por SMS: No

Alerta por correo electrónico: Sí

ANEXO 13. GLOSARIO

- **Cuerpo Negro:** absorbe toda la radiación incidente en su superficie y emite radiación en función de su temperatura (PVEducation, 2019).
- **Demanda eléctrica:** requerimiento instantáneo a un sistema eléctrico de potencia, normalmente expresado en mega watts (MW) o kilowatts (kW) (Glosario Electricidad, 2017).
- **Demanda máxima bruta:** demanda máxima de un sistema eléctrico incluyendo los usos propios de las centrales (Glosario Electricidad, 2017)
- **Demanda máxima neta:** demanda máxima bruta menos los usos propios (Glosario Electricidad, 2017).
- **Energía eléctrica:** forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos. Se mide en vatios hora (Wh). (Planas, 2020).
- **Generador Eléctrico:** es una fuente de electricidad que mantiene la corriente eléctrica constante (Glosario Electricidad, 2017)
- **Inversor Hibrido:** son aquellos que permiten el uso de la red eléctrica convencional y el uso de baterías, cuya corriente pasa de estar en corriente continua a corriente alterna (A.Solar, 2020).
- **On Grid:** hace referencia a un sistema de energía solar conectado a la red (Solar electronics, 2019)
- **Off Grid:** hace referencia a un sistema que no está conectado a la red (Solar electronics, 2019)
- **Ohm:** Unidad de medida de la resistencia eléctrica. Equivale a la resistencia al paso de la electricidad que produce un material por el cual circula un flujo de corriente de un amperio,

cuando está sometido a una diferencia de potencial de un Volt. Su símbolo es Ω . (Glosario Electricidad, 2017).

- Vida Útil: Es el periodo de tiempo que se espera utilizar un activo de una empresa, bajo una actividad económica eficiente (Gonzalez, 2020)
- Watt (*): Es la unidad que mide potencia. Se abrevia W y su nombre se debe al físico inglés James Watt (Glosario Electricidad, 2017).
- Mega watts: Múltiplo de la potencia activa, que equivale a un millón de watts; se abrevia MW (Glosario Electricidad, 2017).