



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

CAMPUS CALKINÍ

TÍTULO DE LA TESIS

**EVALUACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO
INTERCONECTADO A LA RED COMO USO EFICIENTE Y
SUSTENTABLE DE LA ENERGÍA EN UNA VIVIENDA
UNIFAMILIAR DEL MUNICIPIO DE DZITBALCHÉ.**

TESIS

Que presenta:

EDUARDO MIGUEL CAAMAL CHAN

Como requisito para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Directora de tesis:

DRA. MARIA EUGENIA LÓPEZ PONCE

Co-director de tesis:

DR. JOSÉ RUBÉN BACAB SÁNCHEZ

Calkiní, Campeche, México

Marzo, 2024





Instituto Tecnológico Superior de Campeche, en el Pórtico de Campeche

Calkini, Campeche a 26 de febrero de 2024.

El Comité de tesis del candidato (a) a grado de maestro: Eduardo Miguel Caamal Chan, constituido por CC. *María Eugenia López Ponce, José Rubén Bacab Sánchez, Raúl Alberto Santos Valencia y Luis del Jesús Franco Pérez* habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico-metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada: **Evaluación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red como uso eficiente y sustentable de la energía en una vivienda unifamiliar del municipio de Dzitbalché**, que presenta como requisito para obtener el grado de Maestro (a) en Ciencias de la Ingeniería, según lo establece el Capítulo 2, inciso 2.15.5, de los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado del Tecnológico Nacional de México, dictaminaron su aprobación para que pueda ser presentada en el examen de grado correspondiente.

ATENTAMENTE



María Eugenia López Ponce

DIRECTOR DE TESIS



José Rubén Bacab Sánchez
CO-DIRECTOR DE TESIS

Raúl Alberto Santos Valencia
TUTOR

Luis del Jesús Franco Pérez
TUTOR

www.itescam.edu.mx

CPH-FO-05-07
Carta de liberación de tesis
Vigente desde: Enero 2023
Revisión: 03

Calkiní, Campeche a 13 de marzo de 2024.

Asunto: Autorización de Impresión de tesis

EDUARDO MIGUEL CAAMAL CHAN
PRESENTE.

Me es grato comunicarle que después de la revisión realizada por el jurado designado para su examen de grado de Maestría en Ciencias de la Ingeniería, se acordó autorizar la impresión de su tesis titulada:

**"EVALUACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO A LA RED
COMO USO EFICIENTE Y SUSTENTABLE DE LA ENERGÍA EN UNA VIVIENDA
UNIFAMILIAR DEL MUNICIPIO DE DZITBALCHÉ"**

Para la institución es muy satisfactorio compartir con usted el logro de esta meta,

ATENTAMENTE



DR. LUIS ALFONSO CAN HERRERA
JEFE DE DEPARTAMENTO
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE CALKINÍ

**"DEPARTAMENTO DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN"**

CLAVE 348500013P
CALKINÍ, CAMPECHE, MÉXICO



Av. Ah Canul S/N por Carretera Federal, Calkiní, Campeche, C.P. 24900
Tel. 996-6134870, Ext. 1004. e-mail: coordinacion.posgrado@itescam.edu.mx.
| itescam.edu.mx |



RECONOCIMIENTO

Por medio de la presente, hago constar que el trabajo de tesis titulado:

**"EVALUACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO A LA RED
COMO USO EFICIENTE Y SUSTENTABLE DE LA ENERGÍA EN UNA VIVIENDA
UNIFAMILIAR DEL MUNICIPIO DE DZITBALCHÉ"**

Del programa de Maestría en Ciencias de la Ingeniería fue llevado a cabo por **EDUARDO MIGUEL CAAMAL CHAN** y se realizó en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Calkini, bajo la Dirección de la **DRA. MARIA EUGENIA LÓPEZ PONCE** y del **DR. JOSÉ RUBÉN BACAB SÁNCHEZ**.

ATENTAMENTE

"Sabiduría, fortaleza de nuestra cultura."



MTRO. RODOLFO ENRIQUE CARDOZO RIVERO
DIRECTOR GENERAL



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
CALKINI

"DIRECCIÓN GENERAL"

CLAVE: HAMS0011W
CALLE CAMPESINO, 100, DZITBALCHÉ, YUC.



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN



TECNOLOGÍAS
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico Superior de Calkiní
Departamento de Planeación e Investigación

Calkiní, Campeche a 26 de febrero de 2024.

DECLARATORIA DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en las secciones de materiales y métodos, resultados y discusión de este documento, es producto del trabajo de investigación realizado durante mis estudios de posgrado y con base en los términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial le pertenece patrimonialmente al Tecnológico Nacional de México - Campus Calkiní. En virtud de lo manifestado reconozco que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de lo correspondiente a dicha información son propiedad de la citada institución educativa.

EDUARDO MIGUEL CAAMAL CHAN



Av. 20 de Noviembre 200 y Carretera Federal, Mérida, Campeche 24100
Tel.: (999) 961 1000, 999 1001, email: rector@itescam.mx
(itescam.mx)



2024
Felipe Carrillo
DIRECTOR



Instituto Tecnológico Superior de Calkiní, en el Estado de Campeche

Calkiní, Campeche a 6 de Marzo de 2024

Asunto: Carta de liberación de plagio

Dr. Luis Alfonso Can Herrera

Jefe del Departamento de Posgrado e Investigación

PRESENTE

Por este medio, me permito informarle que con base en los resultados obtenidos por el software institucional *Turnitin similarity*, es posible afirmar que el porcentaje de similitud de la tesis (10%), es menor al máximo permitido por el consejo académico. La tesis analizada corresponde al estudiante **EDUARDO MIGUEL CAAMAL CHAN** con número de matrícula **G22137978** perteneciente al Programa de Maestría en Ciencias de la Ingeniería, cuyo título de tesis es "Evaluación de un Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red como Uso Eficiente y Sustentable de la Energía en una Vivienda Unifamiliar del Municipio de Dzitbalché.", dirigida por la **DRA. MARIA EUGENIA LÓPEZ PONCE**.

Con base a lo descrito anteriormente, se establece la tesis como **LIBERADA DE PLAGIO**.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

DR. RACIEL JAVIER ESTRADA LEÓN

PRESIDENTE DEL CONSEJO DE POSGRADO

Agradecimientos

Es un verdadero placer utilizar este espacio para ser justo y consecuente con todos aquellas/os que participaron de manera directa e indirecta en esta investigación, expresando mi más sincero agradecimiento al finalizar este proyecto de investigación tan arduo y lleno de dificultades como el desarrollo de una tesis que conlleva tiempo, dinero, esfuerzo, es inevitable que surja una felicidad indescriptible que lleva a concentrar la mayor parte del mérito en el aporte de cada uno de los involucrados en esta investigación. Sin embargo, el análisis, aportes, revisiones u observaciones que se hicieron muestra que hubiese sido imposible sin la participación de personas e instituciones que han facilitado las cosas para que este trabajo llegue hasta en un punto final.

Agradezco de manera especial a todo el comité tutorial, a la Dra. María Eugenia López Ponce como directora de tesis, al Dr. José Rubén Bacab Sánchez como Codirector de la tesis, al Dr. Raúl Alberto Santos Valencia, y al Dr. Luis del Jesús Franco Pérez, por permitir que esta tesis de postgrado se desarrollara en el marco de un proyecto de colaboración entre un grupo de especialistas, debo agradecer también la amabilidad y disponibilidad de todos durante mi estancia en el ITESCAM, durante las cuales tuve todo el soporte profesional para alcanzar los objetivos perseguidos. Muchas gracias por permitirme vivir una experiencia tan importante para mi formación como investigador.

Quiero expresar también mi más sincero agradecimiento al Dr. Francisco Gerardo Barroso Tanoira por su importante aporte y participación activa en el desarrollo de esta tesis y de artículos enviados para su publicación. Debo destacar, por encima de todo, su disponibilidad y paciencia que tuvo en todo momento durante todo el proceso de este proyecto de investigación, tanto a nivel científico como personal. No cabe duda que su participación ha enriquecido el trabajo realizado y, además, ha significado el surgimiento de una sólida amistad.

Agradezco al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico brindado para la realización de este proyecto de investigación.

De igual manera, agradezco al Instituto Tecnológico Superior de Calkiní, institución de enorme calidad y prestigio, que me brindó todo el apoyo necesario durante mi estancia.

Agradezco a la Universidad de Morelia por permitirme participar en el XIV Congreso Internacional de Contaduría, Administración, Mercadotecnia e Informática Administrativa, institución de gran renombre a nivel nacional.

A la revista 593Digital Publisher por haber aceptado y publicado mi artículo “Sistema Fotovoltaico para Mejorar la Economía de Familias en Zonas Mayas. Un Estudio en Dzitbalché, Campeche”, y de esta manera aportar mi granito de arena al conocimiento de las energías limpias.

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación a mis padres que con todo su amor y esfuerzo siempre me han ayudado y alentado a seguir adelante a conseguir mis objetivos, metas, sueños y propósitos durante todos estos años de mi vida, con mucho amor y cariño.

A mis hijos que me han tenido paciencia, a pesar de momentos de estrés y enojo, ahí siguen firmes y a pesar de no dedicarles tiempo durante la realización de esta tesis, gracias por su comprensión, esperando ser un gran ejemplo para ellos.

A mi padre:

Eduardo Caamal Dzul

A mi madre:

María Margarita Chan Chan

A mis hijos:

Edwin Jasser Caamal Rodríguez

Yeimmy Monserrat Caamal Rodríguez

ÍNDICE

RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	5
1.4 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	6
1.5 METAS	6
1.6 VARIABLES:	6
1.7 HIPÓTESIS	7
1.8 JUSTIFICACIÓN	7
1.9 LIMITACIONES Y DELIMITACIONES	8

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 SOSTENIBILIDAD	10
2.2 EFICIENCIA DE LA ENERGÍA	10
2.3 CONDICIONES AMBIENTALES Y OROGRÁFICAS	11
2.4 PRÁCTICAS RESPONSABLES EN EL USO DE LA ENERGÍA	12
2.5 PANEL SOLAR	14
2.5.1 salidas de potencias y voltajes	15
2.5.2 Los módulos solares y su eficiencia	15
2.5.3 Categorización de los paneles solares	15
2.6 ENERGÍA SOLAR	17
2.7 LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	18

2.8 SOPORTE PARA PANELES SOLARES	19
2.9 INVERSORES	19
2.9.1 El funcionamiento de un conversor fotovoltaico	20
2.10 RADIACIÓN	20
2.11 DISPOSICIÓN DEL SISTEMAS SOLAR FOTOVOLTAICO	21
2.12 INCLINACIÓN DE LOS PANELES SOLARES	21
2.13 CABLEADO	21
2.14 MANTENIMIENTO DE LOS PANELES	22
2.15 LA DURACIÓN OPERATIVA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	23
2.16 MEDIDOR BIDIRECCIONAL	23
2.17 CELDAS MONOCRISTALINO VS POLICRISTALINO	25
2.18 COSTOS DEL TARIFARIO 1C	27
2.19 ATRIBUTOS TARIFA 1C	28
2.20 CARGO MÍNIMO EN LA TARIFA 1C	30
2.21 IDENTIFICAR SI MI HOGAR ESTA BAJO LA TARIFA 1C	30
2.22 TARIFAS CFE 2023.....	31
2.23 ACUERDO DE INTERCONEXIÓN PARA HOGAR	32
2.23.1 Condiciones necesarias para establecer un convenio de conexión con la Comisión Federal de Electricidad para sistemas de paneles solares	32
2.23.2 Trámites de interconexión	33
2.24 SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED.....	34
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1 MATERIALES	36
3.2 METODOLOGÍA.....	39
3.2.1 Método de investigación utilizado	39
3.2.2 Diseño de investigación	40

3.2.3 Enfoque de la investigación	40
3.2.4 Evaluación de la población.....	41
3.2.5 Instrumentos y procedimiento.....	41
3.2.6 Confiabilidad y validación.....	42
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	
4.1 PARÁMETROS AMBIENTALES DE LA REGIÓN DEL MUNICIPIO DE DZITBALCHÉ	44
4.1.1 Radiación en la zona de instalación.....	44
4.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES DEL MUNICIPIO DE DZITBALCHÉ	47
4.2.1 Cálculo de módulos fotovoltaicos para el hogar	50
4.3 PROYECCIÓN CUANTITATIVA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO EN LAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES	52
4.3.1 RENTABILIDAD	53
4.3.1.1 Técnicos	53
4.3.1.2 Instalación del sistema.....	53
4.3.1.3 Ubicación del inversor.....	54
4.3.1.4 Eficiencia energética de los paneles solares	55
4.3.1.5 Variables que inciden en el rendimiento del panel fotovoltaico	57
4.3.2 ECONÓMICO	60
4.3.2.1 Costo de inversión.....	60
4.3.2.2 Los costos de mantenimiento	60
4.3.2.3 Proyección del incremento de costo de la electricidad.....	64
4.3.3 LOS PANELES SOLARES COMO MEDIO SUSTENTABLE	67
4.4 DISCUSIONES.....	69
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	
CONCLUSIONES.....	72
REFERENCIAS	74
ANEXOS	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Módulo solar (ecomagmx, 2022).....	14
Figura 2.2 Sistema de concentración (gmdsol, 2022)	16
Figura 2.3 Panel en forma de teja (freepng, 2023)	16
Figura 2.4 Panel con capacidad para captar energía solar desde ambos lados (opengy, 2023).....	17
Figura 2.5 Componentes básicos de un sistema fotovoltaico (Díaz, 2015)	19
Figura 2.6 Medidor bidireccional (solarinc, 2023).....	25
Figura 2.7 Celdas mono-cristalino (electricaplicada, 2022).....	26
Figura 2.8 Celda poli-cristalina (quelepasaamicasa, 2022)	27
Figura 2.9 Tarifa de luz (CFE, 2022)	31
Figura 2.10 Medidor bidireccional instalado en la vivienda unifamiliar	34
Figura 3.1 Módulo solar.....	36
Figura 3.2 Inversor	36
Figura 3.3 Next-rail de aluminio anodizado (aluminext, 2022)	37
Figura 3.4 Cable fotovoltaico 2000 volts H1Z2Z2-Kn (cablefotovoltaico, 2022).....	37
Figura 3.5 Conector MC4 macho y hembra (cablefotovoltaico, 2022).....	38
Figura 3.6 Piranómetro	39
Figura 4.1 Radiación mensual 2023 (wh/m2).....	44
Figura 4.2 Mapa de la región de estudio, Dzitbalché (google maps, 2022)	45
Figura 4.3 Potencial energético solar del municipio de Dzitbalché (enair, 2022).....	46
Figura 4.4 Trayectoria del recurso solar en el municipio de Dzitbalché (suncalc, 2018) ...	46
Figura 4.5 Hora Pico Solar mensual 2023)	47
Figura 4.6 Vivienda unifamiliar de Dzitbalché	48
Figura 4.7 Ocupación de los jefes/as de familia	48
Figura 4.8 Ingresos por actividad laboral.....	49
Figura 4.9 Porcentaje de ingresos mensuales.....	49
Figura 4.10 Historial de consumo bimestral 2022 de las familias entrevistadas	50
Figura 4.11 Producción de energía mensual del sistema fotovoltaico	53
Figura 4.12 Paneles solares instalados en la vivienda unifamiliar de Dzitbalché	54
Figura 4.13 Ubicación del inversor en la vivienda unifamiliar	55

Figura 4.14 Degradación anual de la eficiencia del panel solar instalado en la vivienda unifamiliar.....	58
Figura 4.15 Degradación anual de la potencia del panel solar en la vivienda unifamiliar .	59
Figura 4.16 Degradación anual de la capacidad del sistema fotovoltaico en la vivienda unifamiliar.....	59
Figura 4.17 Degradación anual de energía del sistema fotovoltaico en la vivienda unifamiliar.....	60
Figura 4.18 Presupuesto solarsur	61
Figura 4.19 Presupuesto reciclasol	62
Figura 4.20 Proyección del incremento de precio de la electricidad en 7.1% anual proyectada a 10 años	65
Figura 4.21 Sistema de proyección de ahorros	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Acciones para ahorrar energía (neoenergía. 2023).....	13
Tabla 2.2 Precios tarifa 1C (tarifasdeluz, 2022)	28
Tabla 2.3 Rango de consumo (CFE, 2022)	29
Tabla 2.4 Cargo básico (CFE, 2022)	30
Tabla 4.1 Consumo diario aproximado de electricidad de las viviendas unifamiliares de Dzitbalché.....	51
Tabla 4.2 Estimación de la capacidad de energía producida de los paneles solares	52
Tabla 4.3 Retorno de inversión de una vivienda unifamiliar del municipio de Dzitbalché..	63
Tabla 4.4 Eficacia energética del sistema fotovoltaico en las viviendas unifamiliares	64

RESUMEN

Este estudio de investigación analiza la posibilidad de implementar un sistema de energía solar conectado a la red eléctrica de CFE en las residencias unifamiliares de Camino Real, con el propósito de disminuir los costos energéticos.

Se ofrece un análisis destinado a identificar el sistema fotovoltaico más adecuado en función de los ingresos disponibles, características de las viviendas unifamiliares y características ambientales de la región del municipio de Dzitbalché.

El sistema fotovoltaico propuesto incluye una fase de generación de energía y una estimación de cómo contribuirá a reducir el consumo bimestral de electricidad de CFE, así como a disminuir el pago de la factura. Asimismo, se pretende asegurar que la instalación de los paneles solares posibilite una utilización eficaz y sustentable de la energía producida en la vivienda.

La investigación consta de dos partes: (1) entrevista a habitantes de las viviendas unifamiliares, y (2) registro de radiación y kilowatts generados por el sistema fotovoltaico. En ambas el alcance fue exploratorio y luego descriptivo, con diseño no experimental transversal. En el primer caso, se empleó un enfoque cualitativo con un método inductivo, utilizando la entrevista como técnica y una guía de preguntas correspondiente. Para el segundo caso, se adoptó un enfoque cuantitativo con un método deductivo, basado en observación dirigida a través de una hoja de verificación como instrumento de recolección.

Debido a la localización geográfica y el alto índice de radiación predominante en el área, los resultados son altamente favorables para la producción de electricidad, lo que resulta en una notable reducción en el costo de las facturas de energía eléctrica. Las conclusiones muestran que la implementación del sistema no solo es eficaz, sino eficiente en su funcionamiento. También se plantean recomendaciones para disminuir el consumo de energía eléctrica en los hogares unifamiliares de Dzitbalché.

ABSTRACT

This research study analyzes the possibility of implementing a solar energy system connected to the CFE electrical grid in single-family residences in Camino Real, with the purpose of reducing energy costs.

An analysis is offered aimed at identifying the most suitable photovoltaic system based on available income, characteristics of single-family homes and environmental characteristics of the region of the municipality of Dzitbalché.

The proposed photovoltaic system includes a power generation phase and an estimate of how it will contribute to reducing CFE's bimonthly electricity consumption, as well as reducing bill payment. Likewise, it is intended to ensure that the installation of solar panels enables effective and sustainable use of the energy produced in the home.

The research consists of two parts: (1) interviews with inhabitants of single-family homes, and (2) recording of radiation and kilowatts generated by the photovoltaic system. In both, the scope was exploratory and then descriptive, with a non-experimental cross-sectional design. In the first case, a qualitative approach was used with an inductive method, using the interview as a technique and a corresponding question guide. For the second case, a quantitative approach was adopted with a deductive method, based on directed observation through a verification sheet as a collection instrument.

Due to the geographical location and the high radiation index predominant in the area, the results are highly favorable for the production of electricity, resulting in a notable reduction in the cost of electricity bills. The conclusions show that the implementation of the system is not only effective, but also efficient in its operation. Recommendations are also made to reduce electricity consumption in single-family homes in Dzitbalché.

INTRODUCCIÓN

El creciente énfasis en el uso de energías renovables responde a una cultura orientada a optimizar recursos y reducir la contaminación, lo que impulsa la necesidad de proyectos que mejoren la implementación de estos sistemas.

México se distingue por su elevado consumo energético en diversas áreas de la vida cotidiana, lo que subraya la importancia de sistemas que ahorren electricidad y reduzcan emisiones contaminantes. En esta situación, la incorporación de sistemas de energía solar conectados a la red eléctrica de CFE se presenta como una opción práctica para producir energía renovable.

La región del camino real está adoptando esta conciencia y necesidad de ahorro energético. Esta investigación plantea la utilización de paneles solares como medio para aprovechar la radiación del sol y disminuir los gastos de electricidad en las residencias de Dzitbalché. Se realizará un análisis de costo-beneficio y se calculará el tiempo necesario para amortizar la inversión.

CAPITULO I

1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Guerra et al. (2018) mencionan que, en los últimos años, ha habido un incremento del 30% en la demanda de energía a nivel mundial, porcentaje que se elevará al 43% en el 2030 y por lo consiguiente, los problemas generados son descomunales, sociales, económicos, ambientales, políticos. Desde ya hace varias décadas el hombre ha buscado la manera de generar energía para satisfacer sus necesidades, Dado que la energía se deriva de recursos energéticos derivados de combustibles fósiles como el petróleo, el gas natural y el carbón, las cuales han sido utilizadas durante más de un siglo como fuentes de calor, luz, combustible vehicular y electricidad.

Para aplicar la energía solar en la industria mexicana, se investigó su viabilidad, ventajas, áreas con potencial y esfuerzos internacionales que consideren aspectos sociales y ambientales. Se determinó que la energía es crucial para impulsar inversiones, innovación, industria y expansión económica. Se determinó que, para asegurar la sostenibilidad energética, es necesario adherirse a los protocolos de la Organización de las Naciones Unidas respecto al cambio climático (Enciso-Chávez et al., 2019).

En 2007, El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) publicó un reporte preocupante que indicaba que, si el ritmo de crecimiento actual persistía, la temperatura global podría aumentar hasta 6°C a finales del siglo XXI (André et al., 2012). Un reporte alarmante acerca del cambio climático, basado en investigaciones y mediciones de emisiones de gases que provocan el efecto invernadero en naciones altamente desarrolladas, Araque (2010) concluyó que para mitigar estos efectos se necesita encontrar alternativas a la producción de energía convencional, como aprovechar los rayos del sol. Por lo tanto, los principales objetivos energéticos en cada país son garantizar el suministro, promover la competitividad y la sostenibilidad, lo que implica fomentar la utilización de fuentes de energía renovable en el ámbito eléctrico y energético.

La transformación requerida debe apoyarse en los recientes enfoques relacionados a la tecnología que disocien el aumento de las dificultades medioambientales, especialmente las liberaciones de gases que causan el efecto invernadero (GEI), a través del avance y la

aplicación de innovaciones tecnológicas. Según Arencibia-Carballo (2016), el desarrollo de nuevas tecnologías destinadas al desarrollo sostenible, como la energía solar y eólica, representa la estrategia primordial en las próximas décadas para mitigar los problemas ambientales, ya que mediante los objetivos propuestos en el G20 sobre los países de invertir en las nuevas tecnologías limpias y dejar atrás el uso de combustible fósiles. Es de gran importancia adoptar objetivos globalizados para fomentar el desarrollo sustentable y sostenible para alcanzar las metas y contrarrestar los grandes desafíos que enfrenta el planeta tierra.

En las últimas décadas los sistemas o tecnologías de celdas solares ha tenido un crecimiento exponencial con enormes avances científicos y tecnológicos, tales como la innovación en los diferentes tipos de celdas, las cuales cada vez son más eficientes, duraderas, bajo costo, entre otras (Solarama, 2023). El tiempo requerido para recuperar la inversión inicial en la instalación puede variar hasta un máximo de dos años, dependiendo del nivel de utilización.

Valdés-Barrón et al. (2020) afirman que en 2013 en México como parte de la reforma energética se empieza a considerar y a promover la inversión en la producción de energía proveniente de fuentes renovables, de esta forma se contribuye a la disminución de las emisiones de polución, el cual afectan el cambio climático a nivel global y sobre todo a la capital del país que tiene un alto índice de contaminación. Todo esto según los diferentes tratados internacionales y políticas para el progreso nacional.

En la actualidad, las células de silicio cristalino son preponderantes en el mercado fotovoltaico, representando el 85% del desarrollo tecnológico presentes en él. Se espera que este material continúe siendo pionero en el progreso de las tecnologías fotovoltaicas por lo menos durante los próximos diez años (Arencibia-Carballo, 2016).

Sosa et al. (2010) sostienen que, En México, esta tecnología está en sus primeras etapas de desarrollo, aunque destaca una producción de funcionamiento de 150 MW, situándose detrás solo de Brasil y Chile. México posee las condiciones geográficas adecuadas y la región cuenta con una abundancia de recursos naturales, lo que le proporciona la capacidad para producir energía a partir de fuentes renovables. Se consideran aspectos técnicos como la disponibilidad del recurso, la temperatura, la latitud y la altitud, entre otros.

En el año 2016, aproximadamente el 20.31% de la electricidad fue generada a partir de fuentes renovables. Asimismo, la capacidad instalada para la generación de energía aumentó un 10%, llegando a 21,179 MW, lo que representa alrededor del 28.81% de la capacidad total de generación eléctrica en el país. (Neoenergía, 2023). México enfrenta el desafío de convertir el sector energético en una inversión conjunta entre el sector industrial, las autoridades gubernamentales y la comunidad. A pesar de tener una de las radiaciones solares más favorables del planeta, el país aún se apoya en gran medida en la energía proveniente de combustibles fósiles para su suministro energético. Por ejemplo, en 2016, el uso de carbón en la generación eléctrica aumentó al 13.2%. (Gobierno de Campeche, 2021).

Hilario-Antonio (2021) menciona que el estado de Campeche aún no cuenta con estas fuentes energéticas debido a que en México el consumo nacional energético aún depende del petróleo y del gas natural. esta transición ha sido lenta y en gran medida a través de la expansión de megaproyectos privados sin considerar los problemas de la sociedad civil y medio ambiental. Se centró en investigar el uso de la electricidad mediante la recepción de los rayos solares por medio de módulos fotovoltaicos en hogares ubicados en áreas rurales de la región del estado de Campeche. Como resultado, se logró describir la situación actual del objeto de estudio y se exploraron diversas opciones. Posteriormente, se propuso una alternativa óptima y económicamente viable utilizando la metodología de diseño VDI 2221 (Verein Deutscher Ingenieure, 2221) para instalar sistemas de energía eléctrica utilizando energía solar en zonas aisladas del estado.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La energía solar tiene el potencial de ser la fuente primaria de energía para el año 2050, ya que posee el potencial más extenso entre todas las opciones energéticas disponibles, representando aproximadamente el 40% (Beltrán-Telles et al., 2017). No obstante, en la localidad de Dzitbalché, ubicada al norte del estado de Campeche, México, la mayoría de los habitantes carece de conocimientos sobre los términos y la utilización de los paneles solares, lo cual complica su aceptación en las viviendas, por lo que éstas incurren en mayor gasto de energía, tarifas más altas y dependencia hacia los combustibles de origen fósil, contribuyendo a una mayor huella de carbono. También es indispensable seleccionar los módulos fotovoltaicos que se pueden implementar en los hogares de acuerdo con las

condiciones ambientales del municipio, así como su costo de acuerdo con el ingreso familiar.

En la localidad de Dzitbalché, algunas familias no tienen acceso a la electricidad debido a la ubicación de sus hogares o porque las colonias donde residen aún carecen de servicios esenciales como calles pavimentadas, suministro de agua potable y electricidad. Las viviendas unifamiliares, que son construcciones diseñadas para albergar a una sola familia, son las más afectadas y vulnerables en esta situación (Camones-Olaza, 2019: Beguiristáin-Repáraz, 2000). En cada una de ellas habita un máximo de cinco integrantes y la superficie de construcción es de 70 a 80 m². Cada hogar cuenta con una licuadora, un televisor, de uno a tres celulares, un refrigerador y nueve focos ahorradores. Sin embargo, pocos cuentan con señal de Internet, una computadora y un equipo de sonido, el ingreso económico por familia es medio o bajo.

Las viviendas unifamiliares en el municipio de Dzitbalché tienen un consumo bimestral promedio de 550 kwh aproximadamente, el cual representa un consumo de bajo a intermedio si se considera que el precio promedio está alrededor de los \$0.89 pesos mexicanos por kWh, lo que indica que un hogar de dicho municipio paga en promedio \$407.5 bimestrales. Esto en gran medida les afecta el bolsillo, pues la mayoría de estas personas son campesinos, albañiles, ayudantes de albañil, moto taxistas y en general, personas que no tienen un sueldo fijo.

1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

GENERAL:

¿Cuáles son las estimaciones cualitativas y cuantitativas de un sistema fotovoltaico para uso eficiente y sustentable de una vivienda unifamiliar del municipio de Dzitbalché?

ESPECÍFICOS.

- 1.- ¿Cuáles son los parámetros ambientales del municipio de Dzitbalché?
- 2.- ¿Cuáles son las características de una vivienda unifamiliar del municipio de Dzitbalché?
- 3.- ¿Cuál es la eficiencia y sustentabilidad de un sistema solar fotovoltaico para un hogar unifamiliar del municipio de Dzitbalché?

1.4 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

GENERAL:

Analizar La factibilidad de un sistema de energía solar fotovoltaica como una opción rentable y sustentable para la generación y uso de electricidad en los hogares de bajos ingresos en Dzitbalché, ubicado en el Camino Real de Campeche, México.

ESPECÍFICOS:

- 1.- Determinar los parámetros ambientales de la región del municipio de Dzitbalché.
- 2.- Describir las características de las viviendas unifamiliares del municipio de Dzitbalché.
- 3.- Proyectar de manera cuantitativa los beneficios derivados de la implementación de los paneles solares de interconexión a la CFE (SFVIR) en los hogares unifamiliares.

1.5 METAS

- 1.- Medir la intensidad de la radiación solar por cada metro cuadrado en el área del municipio de Dzitbalché, y analizando información en investigaciones científicas realizadas.
- 2.- Investigar las características de las viviendas unifamiliares, mediante un estudio de campo.
- 3.- Calcular la potencia de los módulos solares en la región de Dzitbalché, mediante mediciones de radiación, kilowatts y voltajes generados por los módulos solares.

1.6 VARIABLES:

DEPENDIENTE:

Sistema Fotovoltaico, Recurso solar, costo del recibo de luz.

INDEPENDIENTE:

Características de las viviendas unifamiliares, ingreso familiar.

1.7 HIPÓTESIS

Las condiciones ambientales de la región del municipio de Dzitbalché son altamente propicias para la producción de electricidad mediante un sistema solar fotovoltaico, este sistema se vincula positivamente a la sustentabilidad y a la reducción de costos de los recibos de luz de los hogares unifamiliares.

1.8 JUSTIFICACIÓN

El uso de sistemas fotovoltaicos proporciona otros beneficios adicionales como la disminución de las emisiones de gases que provocan el efecto invernadero y la reducción de la huella de carbono. También sirve como un escudo térmico en los techos de las construcciones, ya que evita que la radiación solar incida directamente en las azoteas, especialmente en climas cálidos y húmedos, como los que predominan en la región del Camino Real de Campeche.

La implementación de paneles solares en hogares y edificios arrojará cambios positivos como la de generar su propia energía, un menor pago por energía eléctrica consumida, reducir la necesidad de contar con la paraestatal de la CFE, mayor conciencia sobre consumo sostenible de electricidad, reduciéndose además la posibilidad de fallas de suministro eléctrico. En el municipio referido se beneficiarían unas 530 familias y el pago por energía eléctrica podría reducirse hasta un 95% (reciclasol, 2023).

Es importante examinar la intensidad de la luz solar y la capacidad de generación en kilovatios de un sistema que convierte la luz solar en electricidad interconectado al cableado eléctrico con el fin de proporcionar o mejorar el suministro de electricidad a hogares de bajos recursos a un costo reducido, como en el caso del municipio de Dzitbalché. De esta manera, la energía solar podría representar una opción viable para hacer que los beneficios de la electricidad a bajo costo estén disponibles para la población en general, sin depender de inversiones en infraestructura pública, esto contribuiría a disminuir la emisión de gases de efecto invernadero y a promover el desarrollo sostenible en materia energética.

Un aspecto relevante a tener en cuenta es que el estado de Campeche se encuentra entre las áreas con condiciones favorables para recibir la radiación solar, según lo señalado en el informe presentado por la Secretaría de Energía (SENER) en su plan específico para el

uso de energías renovables en 2012. Esto implica que, dada la cantidad de luz solar que llega al municipio, existe un potencial favorable para la transformación de energía, lo que puede beneficiar tanto a la población como al medio ambiente y al planeta en su conjunto.

1.9 LIMITACIONES Y DELIMITACIONES

El estudio de investigación podría enfrentar algunas restricciones que podrían afectar o reducir el alcance del proyecto y/o el desarrollo de las actividades. Entre estas restricciones se encuentran las limitaciones presupuestarias, es decir, la insuficiencia de recursos económicos, se requiere la adquisición de 4 paneles solares para realizar pruebas de voltaje, encuestas y viajes a otros poblados de la región, Las limitaciones inherentes al estudio pueden dificultar la extrapolación de los resultados, teniendo en cuenta el diseño utilizado y las restricciones en los objetivos y metodología empleados, especialmente en lo que respecta a los instrumentos de recopilación de datos, el factor tiempo es una limitante muy importante a considerar ya que la población de estudio puede o no estar dispuesta a cooperar con la investigación, de igual manera las fuentes de información son una limitante, pues no hay mucha información en la que se pueda apoyar, ya que la información sobre acerca de las ventajas proporcionadas por los sistemas de paneles solares se basan a países, sectores privados y no como una región específica , de igual forma, la mayoría de las informaciones científicas están en artículos de paga, además que el internet con que cuenta la institución no está en óptimas condiciones.

La definición precisa de las áreas específicas de interés en la investigación, junto con la determinación de su alcance y establecimiento de límites en cuanto al espacio, tiempo y circunstancias, son acciones clave que guiarán el estudio. Estas medidas asegurarán que la investigación se mantenga enfocada y evite desviaciones o distracciones durante su desarrollo. Como es el área geográfica de estudio o espacio donde se desarrolla la investigación, para este proyecto de investigación son las viviendas unifamiliares del municipio de Dzitbalché, misma que puede repercutir en la temporalidad del estudio, y la población de muestra puede variar de acuerdo con la región, o no cumplen con la característica de los elementos de estudio, como son las viviendas unifamiliares.

LIMITACIONES:

Tiempo, recursos económicos y recursos informativos (fuentes de información).

DELIMITACIONES:

Geográficas, temporalidad, atributos demográficos de la muestra investigada.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 SOSTENIBILIDAD

En el presente, la sostenibilidad es un asunto ampliamente discutido en las discusiones y tratados internacionales, pero son pocos los que comprenden con precisión su significado y relevancia.

Calvente (2007) define la sostenibilidad, también referida como desarrollo sustentable, se refiere a la capacidad que ha adquirido la sociedad para atender las demandas de la actualidad sin poner en riesgo los recursos y oportunidades para el desarrollo y progreso de las de las sucesivas generaciones venideras. Esta consideración es esencial en el contexto de un mundo interconectado globalmente.

2.2 EFICIENCIA DE LA ENERGIA

El concepto de eficiencia se deriva de la palabra latina "efficientia" se relaciona con la habilidad de utilizar algo con el propósito de lograr un resultado. A menudo, se asocia con los conceptos de fuerza o acción, lo que abarca el adecuado uso consciente de los recursos naturales disponibles para alcanzar un objetivo establecido previamente. Se trata de lograr un objetivo predefinido realizado en el menor tiempo y utilizando la menor cantidad de recursos posible (Schallenberg-Rodríguez et al. (2008).

Linares-Llamas (2009) menciona que el ahorro y el rendimiento energético son elementos clave para la protección del medio ambiente, particularmente en relación con el desafío de la variación climática. Por lado Altomonte et al. (2003) afirman que el ahorro de energía y la utilización de fuentes de energía sostenible ofrecen una gran oportunidad para contrarrestar los impactos adversos del aumento constante en el consumo de energía, que es impulsado tanto por el aumento económico como por la evolución de las sociedades hacia patrones que requieren más energía.

2.3 CONDICIONES AMBIENTALES Y OROGRÁFICAS

Talavera-sosa (2002) menciona que Dzitbalché se ubica al norte del Estado de Campeche, a lo largo del Camino Real y en la parte sudoeste de Yucatán. Su paisaje es conformado por llanuras interrumpidas por una sierra que se encuentra cerca de la localidad. Las fronteras de este son los siguientes:

- Al norte colinda con la ciudad de Calkiní.
- Al sur limita con el poblado de Bacabchén.
- Al este limita con la población de Xcul-Hoc.
- Al oeste limita con la comunidad de Santa Cruz.

Dzitbalché es un municipio que se ubica aproximadamente a una altitud de 12 metros sobre el nivel del mar y se distingue por las siguientes características:

a) Clima:

Debido a su ubicación geográfica y su baja altitud en relación con la costa, Dzitbalché experimenta un clima tropical de tipo estepario, que es extremadamente cálido, con temperaturas que pueden alcanzar hasta los 38° C.

La variación entre la temperatura máxima y mínima no supera los 10° C. Durante el periodo comprendido por los meses de noviembre y diciembre, las temperaturas disminuyen, a veces llegando a ser frescas, y esto se debe en parte a las brisas marinas y terrestres, así como a los vientos provenientes del este y del sur que soplan durante todo el año.

b) Lluvia:

Estos vientos provienen del este y tienen lugar en los meses de junio, julio y agosto, ocasionando una lluvia que alcanza los mil milímetros. Entre septiembre y diciembre, se experimentan los vientos del norte.

c) Orografía:

Según datos de una investigación detallada, el suelo se caracteriza por una losa de tipo "caliza", siendo mayormente llano y sin elevaciones notables, compuesto principalmente por una combinación de calcio, arcilla y piedra, lo que contribuye a su impermeabilidad y

retención de humedad en las capas más profundas. Este suelo carece de minerales, pero es abundante en materiales de construcción como piedra y sascab, lo que ha generado el establecimiento de diversas empresas dedicadas a la extracción de estos recursos tanto en la localidad como en la capital del estado.

d) sistemas de agua:

Debido a la composición de su suelo, podría parecer que Dzitbalché carece de recursos hídricos; sin embargo, debajo de la superficie, fluyen corrientes de agua que alimentan depósitos subterráneos. Los habitantes extraen esta agua utilizando recipientes como baldes o cubos, que utilizan para sacar agua de los pozos. En ciertos lugares, estas corrientes subterráneas acumulan grandes cantidades de agua, formando cenotes, sartenejas y aguadas, características comunes en nuestra península, que son vitales para la mayoría de los agricultores que viven cerca de estas áreas naturales. Hoy en día, la mayor parte de la población tiene la posibilidad de obtener agua apta para el consumo a través de sistemas de tuberías. Aunque todavía existen pozos en algunos barrios, rara vez se utilizan. Anteriormente, en la plaza principal, se extraía agua de dos pozos, pero actualmente están cerrados.

2.4 PRÁCTICAS RESPONSABLES EN EL USO DE LA ENERGÍA

Disminuir la utilización de energía en el hogar no solo resulta en ahorro financiero para el hogar, sino que también ayuda a Disminuir la liberación de gases que provocan el efecto invernadero en la atmósfera, los cuales son el principal factor del cambio climático (Ministro de Energía y Minería, 2022). No obstante, lo mencionado anteriormente no constituye una medida de eficiencia energética, ya que se limita únicamente a disminuir el uso de energía utilizando los mismos dispositivos, sino que más bien proporciona ideas sobre la relevancia de utilizar la energía de manera consciente. A continuación, se enumeran algunos métodos que pueden ser beneficiosos para optimizar utilizar la energía de manera más eficiente y progresar hacia la eficiencia energética:

- **Análisis Energético.** Establece un programa de mejora en el uso de energía en casa, es fundamental realizar una evaluación de los aparatos actuales para identificar cuáles son los que consumen más energía. Esta evaluación revelará las áreas menos eficientes y posibilitará la adopción de medidas correspondientes.

- Desarrollo de un Programa de Economía. En este programa, se debe elaborar una lista en secuencia de los lugares donde se pierde la mayor cantidad de energía, con el fin de identificar la inversión requerida en términos de tiempo y dinero para realizar mantenimiento, reparaciones y posibles adquisiciones.

Implementar Medidas. La primera medida a considerar es utilizar los dispositivos eléctricos y electrónicos solo cuando sea necesario y en la cantidad justa, evitando encender aquellos que no se vayan a utilizar, especialmente aquellos que consumen más energía. Es recomendable optar por dispositivos eficientes y mantener la casa lo más hermética posible en invierno para prevenir la circulación de corrientes de aire frío. Asimismo, es importante no abusar de las temperaturas de aire acondicionado durante el verano o de calefacción durante el invierno, entre otras prácticas.

La tabla siguiente detalla varias medidas que pueden ser aplicadas para disminuir el gasto energético en casa.

Tabla 2.1 Acciones para ahorrar energía (neoenergía. 2023)

Medidas de ahorro energético	
Acción	Ahorro aproximado
<i>Cambiar los focos incandescentes con foco tipo led</i>	90 %
<i>Usar la lavadora a carga completa</i>	40-70%
<i>Emplear refrigeradores con un consumo energético reducido y asegurar la adecuada ventilación en la parte posterior del electrodoméstico</i>	45-80%
<i>Reducir la temperatura del termostato del refrigerador en un grado</i>	5-8%
<i>Optar por el uso de un horno a gas en lugar de uno eléctrico</i>	60-70%
<i>Cerrar las tapas de las ollas durante la cocción y ajustar el tamaño de la llama según sea necesario</i>	20%
<i>Utilizar un calentador de agua a gas en lugar de un hervidor eléctrico</i>	60-70%
<i>emplear ventilador en vez del aire acondicionado</i>	95%

Poner la temperatura del aire acondicionado entre 23-25 grados

85%

2.5 PANEL SOLAR

Huerta-Mascotte (2016) un panel solar fotovoltaico se describe como una placa rectangular que contiene un grupo de células fotovoltaicas, las cuales están resguardadas por un marco compuesto de vidrio y aluminio anodizado. El objetivo principal de este panel es brindar apoyo estructural a las células fotovoltaicas y resguardarlas de las condiciones climáticas desfavorables. Los paneles solares tienen una vida útil que puede extenderse hasta los 30 años, aunque generalmente los fabricantes proporcionan garantías que varían entre los 20 y 25 años. El mantenimiento habitual consiste en limpiar el vidrio para prevenir que las células fotovoltaicas no puedan absorber la radiación solar.

El bastidor del panel se produce utilizando aluminio anodizado con el fin de evitar la corrosión. Su resistencia ofrece la fuerza adecuada para mantener unidas las diferentes partes que conforman el panel. La parte de captación está fabricada de vidrio endurecido o plástico de gran resistencia, con una alta capacidad de permitir el paso de la luz incidente. También, un material poroso protege los extremos del vidrio y asegura un sellado completo para el panel. Por otra parte, un sellador dispuesto alrededor del borde evita la filtración de agua hacia el interior del panel, lo que previene la corrosión de las conexiones internas (Linares-González et al., 2017).



Figura 2.1 Módulo solar (ecomagmx, 2022)

2.5.1 salidas de potencias y voltajes

Los paneles fotovoltaicos ofrecen una variedad de tensiones de salida, incluyendo 12 Volts, 20 Volts, 24 Volts y 30 Volts, los cuales dependen de la cantidad de células fotovoltaicas presentes. Para obtener un voltaje de salida estándar de 12 volts, por ejemplo, se requiere conectar 24 células en serie. En su mayoría, los paneles fotovoltaicos comerciales están compuestos por aproximadamente 36 células solares. La capacidad de generación de energía de un panel solar señala su potencia para producir electricidad en circunstancias ideales de funcionamiento. Actualmente la corriente en la industria es proporcionar paneles con capacidades de generación cada vez más altos, aunque también existen opciones de paneles solares de bajo rendimiento (desde 5W), de rendimiento medio (hasta 55W) y de alto rendimiento (hasta 160W) disponibles para su compra. (DamiaSolar, 2022).

2.5.2 Los módulos solares y su eficiencia

DamiaSolar (2022) afirma que el porcentaje de eficiencia de las células fotovoltaicas se describe como la proporción entre la electricidad producida en la energía lumínica recibida y la energía producida. La potencia eléctrica producida por una célula fotovoltaica en un instante dado se determina multiplicando los voltajes e intensidades de corriente instantáneos. El voltaje de la célula fotovoltaica es constante y está determinado por el material utilizado. Por otro lado, la corriente de la célula fotovoltaica varía en función de la carga, la luz solar recibida, la superficie de la célula y su resistencia interna.

2.5.3 Categorización de los paneles solares

Pilgo & Jaramillo (2008) Afirman que los paneles fotovoltaicos se categorizan según su diseño, que puede ser de tres tipos principales: aquellos con sistemas de concentración, con formato similar a tejas o baldosas, y los paneles solares de doble cara.

Los módulos que incorporan sistemas de enfocamiento, se emplean superficies reflectantes para dirigir y concentrar la luz solar hacia los paneles.

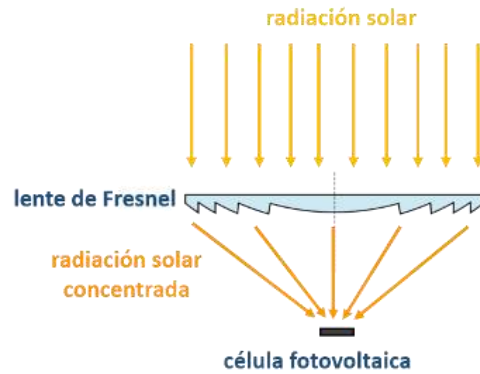


Figura 2.2 Sistema de concentración (gmdsol, 2022)

Los paneles con formato similar a tejas o baldosas son de dimensiones reducidas y están diseñados para ser instalados en muchas cantidades para satisfacer áreas extensas de techos y muros de edificaciones residenciales.



Figura 2.3 Panel en forma de teja (freepng, 2023)

Los paneles bifaciales aprovechan la habilidad para transformar la energía solar en electricidad desde ambas superficies del panel. Para ello, Se colocan sobre superficies claras que redirigen la luz solar hacia la parte trasera del panel.

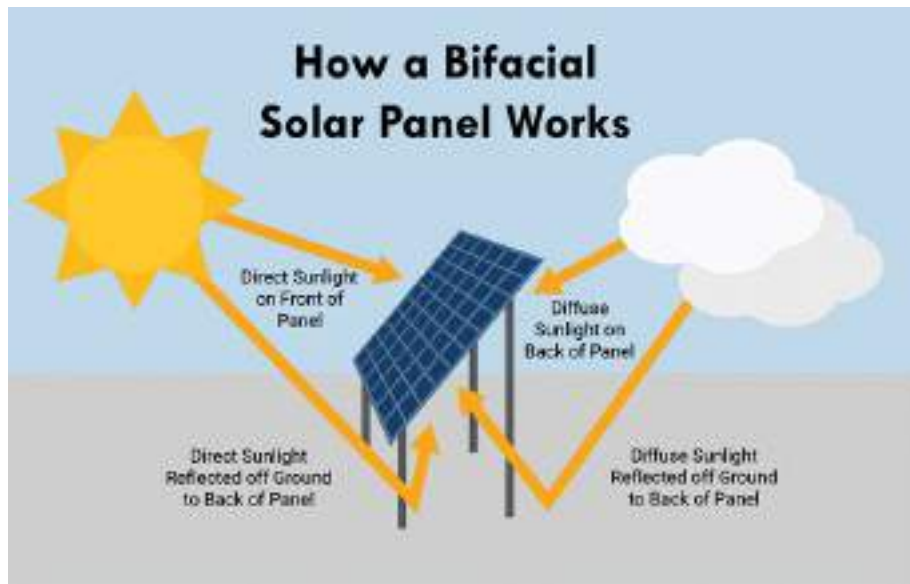


Figura 2.4 Panel con capacidad para captar energía solar desde ambos lados (opengy, 2023)

2.6 ENERGÍA SOLAR

(BBVA, 2022) argumenta que el sol representa la principal fuente de energía disponible en la Tierra. La potencia solar se presenta como radiación que alcanza nuestro planeta a través de los rayos solares, los cuales transmiten ondas electromagnéticas. Esta radiación solar se genera de manera continua y se emite constantemente al vacío. Esta energía se experimenta en forma de luminosidad y temperatura. Mancco-Leandro (2015) argumenta que aproximadamente el 70% de la radiación solar que llega a la Tierra es absorbida por la atmósfera, la superficie terrestre y los océanos, mientras que el 30% restante es reflejado nuevamente al espacio por la atmósfera. La energía solar es crucial en nuestra existencia, ya que, sin ella, la vida sería inviable. La energía absorbida por la atmósfera, la tierra y los océanos impulsa diversos procesos naturales, como la regulación de la temperatura, la evaporación que conduce a la formación de lluvias, el movimiento de las corrientes de aire, la fotosíntesis, la producción de biomasa, y otros más.

Acciona (2020) plantea que la energía del sol es una forma de energía renovable, ilimitada, respetuosa con el medio ambiente y viable a largo plazo. Debido a la explotación excesiva de recursos no renovables y los impactos negativos asociados con su uso, se observa un aumento en la conciencia tanto a nivel social como gubernamental sobre la importancia de aprovechar este tipo de energías. Esto se puede observar un incremento en la instalación

y proceso de instalación de una mayor cantidad de sistemas de generación basados en energías renovables en México. Estos sistemas se utilizan tanto como complemento como fuente principal de energía, según la localización geográfica y los recursos disponibles de los usuarios.

La cantidad de luz solar recibida cambia según la hora del día, las condiciones atmosféricas y el lugar geográfico. En condiciones ideales, se estima que la radiación solar alcanza aproximadamente 1000 Watts por metro cuadrado en el suelo. Este tipo de radiación puede alcanzar la Tierra en forma directa o dispersa (Acciona, 2020).

2.7 LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

AlusínSolar (2020) argumenta que los sistemas fotovoltaicos se componen, en líneas generales, de los siguientes elementos:

1. La fuente de energía, que es la radiación solar.
2. El panel solar o módulo, responsable de transformar la energía solar captada a electricidad.
3. El acumulador, destinada a almacenar la electricidad producida por el panel para su utilización futura, como la iluminación durante la noche o en momentos necesarios.
4. El regulador, cuya su principal tarea es salvaguardar las baterías de descargas excesivas y sobrecargas eléctricas.
5. El convertidor, que transforma la corriente continua originada por el panel en corriente alterna para su utilización en dispositivos eléctricos domésticos.
6. Los conductores, que son cables diseñados específicamente para instalaciones a la intemperie y conectan todos los componentes mencionados anteriormente.
7. Los conectores positivo y negativo, generalmente integrados en los paneles desde su fabricación y deben cumplir con estándares establecidos por normativas técnicas para sistemas fotovoltaicos.



Figura 2.5 Componentes básicos de un sistema fotovoltaico (Díaz, 2015)

2.8 SOPORTE PARA PANELES SOLARES

La estructura de soporte para los paneles solares es una parte esencial en un sistema de generación de electricidad solar, ya que asegura que los paneles puedan ser orientados correctamente hacia el sol y brinda seguridad a la instalación (Autosolar, 2023). Tanto la estructura de montaje como los paneles deben satisfacer las siguientes condiciones:

- Resistencia a vientos intensos de hasta 100 o incluso 150 kilómetros por hora.
- El material empleado tiene que ser capaz de resistir la corrosión, siendo el acero galvanizado y el aluminio anodizado los más adecuados.
- Se debe emplear exclusivamente acero inoxidable para los cierres.
- La estructura de soporte completa debe estar conectada a una puesta a tierra estándar y compartida de baja tensión según la normativa vigente.

2.9 INVERSORES

Los sistemas fotovoltaicos producen corriente continua, por lo que necesitan dispositivos llamados inversores para convertirla en corriente alterna. Pereda-Soto (2005) explica que estos inversores consisten en un conjunto de interruptores electrónicos controlados por un sintetizador. Así, a partir de la corriente continua suministrada, se generan pulsos de duración modulada. Luego, se emplea un filtro para suavizar estos pulsos y obtener una forma de onda aproximadamente sinusoidal, eliminando las armónicas no deseadas.

El diseño de un inversor destinado a aplicaciones fotovoltaicas debe considerar que la electricidad se produce a un costo elevado y, por lo tanto, no debe desperdiciarse. Por lo tanto, estos inversores deben caracterizarse por su alta fiabilidad y eficiencia, incluso bajo diversas condiciones de funcionamiento.

2.9.1 El funcionamiento de un conversor fotovoltaico

Cuando los paneles solares son expuestos a la luz solar, los electrones presentes en las células fotovoltaicas se activan y comienzan a moverse, generando corriente eléctrica continuamente. Los circuitos internos de estas células absorben esta energía para su aprovechamiento en hogares o establecimientos.

Sin embargo, la mayoría de los hogares usan electricidad en forma de corriente alterna en vez de corriente continua, lo que origina la necesidad de un inversor solar. Cuando los paneles solares absorben la luz solar y la transforman en energía, esta electricidad de corriente continua es dirigida hacia el inversor. Este equipo recibe la electricidad en forma de corriente continua y la convierte en corriente alterna, como explica Sotysolar (2022).

2.10 RADIACIÓN

La cantidad de luz solar que incide sobre una superficie en una unidad de área durante una hora, con una tasa de 1000 W/m^2 , se denomina hora solar pico, es decir, 1 hora pico equivale a 1000 Wh/m^2 . En términos del sistema internacional de unidades, 1 hora pico equivale a $3.6 \times 10^6 \text{ J/m}^2$. El término "horas pico" se refiere a las horas del día en las que el colector solar recibe aparentemente el máximo valor de irradiación solar, que es de 1000 W/m^2 (Valdés-Barrón et al., 2020).

Efimarket (2023) La Hora Solar Pico (HSP) se define como la medida de la radiación solar incidente sobre un metro cuadrado de superficie. Es decir, si hay 5 HSP en un área específica, significa que durante ese tiempo se reciben 5 horas de sol con una irradiación de 1000 W/m^2 . Por lo tanto, en ese día, esa superficie habrá acumulado 5000 Wh/m^2 , equivalente a 5 kWh/m^2 . Para determinar la generación diaria de un panel solar, básicamente se multiplica la hora solar por la capacidad del módulo solar (en vatios).

Solarama (2023) indica que el Cálculo de Horas Pico Solar se emplea comúnmente para calcular el tamaño adecuado de sistemas fotovoltaicos y determinar la viabilidad de

proyectos de energía solar. Para llevar a cabo este cálculo, se requieren diversos datos, como la ubicación geográfica del sitio de instalación de los paneles solares la inclinación y la dirección en que se colocan los paneles solares, y la eficacia general del sistema. Estos datos se emplean para calcular la cantidad de energía solar que el sistema puede producir durante las horas de mayor irradiación. Es relevante considerar que el cálculo de las Horas Pico Solares no proporciona una medida exacta de la energía producida, dado que puede haber fluctuaciones ocasionadas por factores como la presencia de nubes, la contaminación y otras condiciones climáticas.

2.11 DISPOSICIÓN DEL SISTEMAS SOLAR FOTOVOLTAICO

Una correcta alineación de los módulos fotovoltaicos maximiza su exposición a la luz solar, lo que aumenta su capacidad para capturar energía. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, aunque la orientación o ubicación sean óptimas, la producción de energía del panel solar estará determinada por su capacidad y calidad (Solarama, 2023). En el hemisferio norte, la mejor dirección es hacia el sur, mientras que, en el hemisferio sur, la orientación preferible es hacia el norte.

2.12 INCLINACIÓN DE LOS PANELES SOLARES

Pereda-Soto (2005) señala que, para calcular el ángulo ideal de inclinación de los paneles solares, es importante considerar factores como la ubicación geográfica del sitio de instalación y la época del año en la que serán utilizados. La inclinación de los paneles solares en México varía según la latitud geográfica del sitio. Una mayor inclinación de los paneles hacia la perpendicularidad permite una exposición más directa a los rayos solares, lo que esto resulta en una mayor generación de electricidad. En México, el rango de inclinación comúnmente utilizado oscila entre 10° y 30°, dependiendo de la latitud del estado donde se realice la instalación.

2.13 CABLEADO

Palacios-Ríos et al. (2017) indican que un adecuado cableado debe minimizar las pérdidas de voltaje y garantizar una protección eléctrica apropiada para disminuir el riesgo de incidentes en caso de que se produzcan altos voltajes en el sistema. En este sentido, proporcionan las siguientes recomendaciones:

a) Se sugiere que los cables cumplan con uno de los siguientes criterios: estar protegidos contra la corrosión mediante un revestimiento, estar aislados con un material resistente a temperaturas superiores a 90 °C (el PVC estándar no es adecuado) o ser enterrados en una zanja que tenga una profundidad mínima de 40 centímetros, cubiertos con una capa de arena.

b) Los cables deben tener una sección transversal adecuada para asegurar que las pérdidas de voltaje desde el generador y entre el generador y los dispositivos subsecuentes (como el regulador, inversor, etc.) no excedan el 1% del voltaje nominal bajo condiciones normales de operación. Es relevante señalar que la norma del 1% de pérdida también se extiende al cableado que conecta el regulador con la batería, y este cableado debe contar con fusibles para salvaguardar los componentes ante posibles cortocircuitos.

c) Las cajas de conexiones necesitan ser impermeables y colocadas a una altura inferior a 0.5 metros respecto al suelo.

2.14 MANTENIMIENTO DE LOS PANELES

Debido a su diseño sin partes móviles, el mantenimiento de esta tecnología es prácticamente inexistente. Se sugiere realizar al menos tres revisiones periódicas al año en el sistema fotovoltaico para detectar y solucionar posibles problemas menores antes de que provoquen una falla completa en el funcionamiento del sistema, según lo indicado por Palacios-Ríos et al. (2017).

Según Mancco-Leandro (2015), es crucial inspeccionar el sistema mientras está operativo y no esperar a que se produzca una falla. Es fundamental familiarizarse con el equipo y comprender su funcionamiento cuando está en buen estado. De hecho, la mayor parte de la revisión se puede realizar utilizando un multímetro. Realizar inspecciones y tomar medidas correctivas antes de que los problemas causen fallos en el sistema puede prevenir muchas de estas situaciones, según lo sugiere el siguiente procedimiento:

1. Inspeccionar todas las conexiones del sistema.
2. Limpieza a los paneles solares utilizando un paño u otro material que no dañe el vidrio protector.

3. Realizar una inspección detallada de la instalación cableada. Si el cableado ha estado expuesto al sol o a condiciones corrosivas durante un tiempo prolongado, es probable que la cubierta del cable pueda presentar grietas, lo que podría resultar en pérdidas de energía. Se recomienda aislar cuidadosamente y revisar todos los conectores de energía para evitar este tipo de incidencias.

4. Examinar el estado de todas las cajas de conexiones para confirmar su sellado apropiado, lo que incluye las de los paneles, controladores, puntos de interconexión, etc. Además, inspeccionar si hay signos de corrosión o daños provocados por el agua. Si hay componentes electrónicos instalados dentro de una carcasa, es importante garantizar que tengan una adecuada ventilación.

5. Examinar las partes de la estructura que sostiene los paneles solares. Al desplazar ligeramente un panel del conjunto, revisar si hay alguna pieza que esté suelta o mal ajustada, lo que podría generar inconvenientes.

6. Evaluar el desempeño de los interruptores y fusibles, asegurándose de que los interruptores tengan un movimiento firme y comprobando si hay corrosión en los contactos y los fusibles.

2.15 LA DURACIÓN OPERATIVA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Reciclasol (2023) asegura que las celdas fotovoltaicas están diseñadas para tener una durabilidad de entre 20 y 25 años, durante los cuales la eficiencia del módulo disminuirá aproximadamente entre 3 % y 8 % anualmente. Además, La planificación del sistema solar incluye la sustitución del subsistema de almacenamiento cada década.

2.16 MEDIDOR BIDIRECCIONAL

Un medidor bidireccional de la CFE es un aparato diseñado para registrar tanto El consumo de electricidad procedente de la red local y la energía producida por el sistema fotovoltaico. (Solarinc., 2023). Su funcionamiento es similar al de un medidor de electricidad convencional, ya que registra la cantidad de energía consumida, ya sea proveniente de la CFE o generada por un sistema fotovoltaico. Lo que distingue a estos medidores es su capacidad para contabilizar tanto la energía entrante como la saliente. De acuerdo con Solarinc (2023), estos dispositivos registran tres tipos de mediciones:

- La energía adquirida, es decir, la electricidad suministrada por la red local.
- Los watts producidos por el sistema solar fotovoltaico.
- La energía cedida, que denota el exceso de energía no empleada y que se reintroduce en la red.

La última lectura menciona el excedente de producción de los paneles solares, que se produce cuando generan más electricidad de la necesaria y la envían a la red de la CFE. Estos excedentes pueden deducirse de la factura o venderse a la compañía eléctrica, dependiendo del acuerdo de interconexión establecido.

Solarinc (2023) distingue entre dos tipos de medidores: los electromecánicos y los electrónicos. Los medidores electromecánicos operan mediante un disco que gira para registrar el flujo de corriente. Sin embargo, en la actualidad, los medidores electrónicos son más comunes, especialmente en instalaciones de paneles solares. Estos dispositivos electrónicos, tanto unidireccionales como bidireccionales, emplean sistemas de medición que no requieren partes móviles. Registran el flujo de corriente eléctrica para proporcionar una lectura de consumo y calcular el pago correspondiente a la CFE.

Para interpretar un medidor bidireccional, se siguen estos pasos:

- Observar el contador principal, que muestra la energía consumida o vertida a la red, según la pantalla seleccionada.
- Localizar en la esquina inferior derecha dos números pequeños que indican en qué pantalla se está.
- Identificar la energía consumida de la CFE desde la instalación del medidor, disponible en la primera pantalla designada como 1.8.0.
- Encontrar el dato que indica la capacidad excedente producida por el módulo solar y entregada a la CFE, disponible en la segunda pantalla identificada como 2.8.0.

- Examinar las dos flechas ubicadas en la esquina superior izquierda para determinar si se recibe o envía energía: una apunta a la derecha cuando se consume de la red eléctrica, y la otra a la izquierda cuando se aporta a la CFE.

Al igual que en los medidores convencionales, la lectura del medidor bidireccional se expresa en kWh (kilovatios-hora), utilizando 1000 vatios como unidad de referencia por hora.

Para calcular el monto a pagar a la CFE, solo se necesita determinar la discrepancia entre la energía extraída de la red y la energía generada por los paneles



Figura 2.6 Medidor bidireccional (solarinc, 2023)

2.17 CELDAS MONOCRISTALINO VS POLICRISTALINO

Hoy en día, existen una variedad de células solares disponibles, todas con el mismo propósito, pero con notables disparidades en su proceso de fabricación. Linares-González et al. (2017) sostienen que las características de las celdas mono-cristalinos y poli-cristalinos son de la siguiente forma:

Características de las células solares monocristalinas:

- Configuración cristalina: Cada superficie del cristal está alineada en la misma dirección, con los granos de cristal dispuestos de forma paralela.

- Método de fabricación: Se corta una columna de silicio monocristalino para obtener discos circulares, que luego se cortan en cuadrados.
- Temperatura de fabricación: 1400 °C.
- Forma: Rectangular con esquinas truncadas.
- Color: Negro.
- Eficiencia de conversión energética: 15% ~ 23%.
- Costo: Costo elevado.
- Tiempo de amortización: 2 años.



Figura 2.7 Celdas mono-cristalino (electricaplicada, 2022)

Características de los poli-cristalinos:

- Configuración cristalina: Las caras del cristal presentan diversas direcciones, y los granos de cristal no están alineados de manera paralela.
- Proceso de fabricación: Se corta el silicio monocristalino en cuadrados para obtener rebanadas cuadradas directamente, que luego se utilizan para producir el silicio monocristalino.
- Temperatura de fabricación: Varía entre 800 y 1000 °C.
- Forma: Puede ser rectangular o tener diversas formas cuadradas.
- Color: Tiende a ser de tonalidad azul oscuro.
- Eficiencia de conversión energética: Alcanza entre el 12% y el 17%.

- Costo: Aunque su costo es elevado, La cifra es más baja en comparación con la de las celdas mono-cristalinos.
- Tiempo de amortización: Se estima entre 2 y 3 años.



Figura 2.8 Celda poli-cristalina (quelepasaamicasa, 2022)

La región del Estado de Campeche en términos de generación eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos apenas está en crecimiento, el gran potencial solar identificado por la SENER (Secretaría de Energía) en la región son los argumentos oficiales para justificar la expansión de proyectos fotovoltaicos en esta área del estado (Sener, 2012). Existen múltiples aplicaciones para estos dispositivos, ya que cuando están conectados a una red y producen electricidad, pueden proporcionar un suministro significativo de energía tanto a residencias como a empresas. En el presente, existe una extensa gama de marcas disponibles y tipos de paneles solares disponibles en el mercado. Sin embargo, existen distintos tipos de instalaciones que varían según su función y materiales con los que están contruidos.

2.18 COSTOS DEL TARIFARIO 1C

La entidad gubernamental encargada del suministro eléctrico (CFE, 2022) ofrece un esquema tarifario conocido como Tarifa 1C, que se ajusta según el nivel de consumo eléctrico y la estación del año. Esta tarifa se divide en cuatro categorías de consumo:

1. Básica
2. Intermedio-bajo
3. Intermedio-alto

4. Excedente

De acuerdo con CFE (2022), los costos por kilovatio-hora (kWh) de la Tarifa 1C se incrementan a medida que se avanza de un tramo de consumo al siguiente. Hay un subsidio gubernamental que varía del 30% al 40% del total de kilovatios consumidos, ajustándose también según la temporada del año. Este subsidio se aplica a la tarifa doméstica de electricidad y cambia dependiendo de la cantidad de energía empleada.

Durante la temporada de verano, se activa el tramo de consumo designado como 'Intermedio Alto', y se incrementa la ayuda económica del gobierno. Esta medida se debe a que la Comisión Federal de Electricidad considera que, durante esos meses, los hogares tienden a utilizar sistemas de refrigeración, esto implica sobredemanda en el consumo de energía eléctrica.

2.19 ATRIBUTOS TARIFA 1C

La Tarifa 1C, una de las siete categorías tarifarias residenciales de bajo consumo de la Comisión Federal de Electricidad, se aplica a los servicios eléctricos utilizados para fines residenciales, según lo indica la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2022). Los hogares sujetos a la Tarifa 1C presentan las siguientes características distintivas:

- Durante el verano, la temperatura alcanza un promedio mínimo de 30 grados centígrados.
- Su consumo mensual de electricidad se mantiene por debajo de los 850 kilovatios-hora en promedio.

Tabla 2.2 Precios tarifa 1C (tarifasdeluz, 2022)

Mes	Precios 2022 Tarifa-1C			
	Básico	Intermedio-Bajo	Intermedio-Alto	Excedente
<i>Enero</i>	0.786 \$/kWh	0.911 \$/kWh	1.177 \$/kWh	3.134 \$/kWh
<i>Febrero</i>	0.791 \$/kWh	0.916 \$/kWh	1.184 \$/kWh	3.153 \$/kWh
<i>Marzo</i>	0.796 \$/kWh	0.921 \$/kWh	1.191 \$/kWh	3.172 \$/kWh
<i>Abril</i>	0.801 \$/kWh	0.926 \$/kWh	1.198 \$/kWh	3.191 \$/kWh
<i>Mayo</i>	0.806 \$/kWh	0.932 \$/kWh	1.205 \$/kWh	3.210 \$/kWh
<i>Junio</i>	0.907 \$/kWh	1.104 \$/kWh	-	3.229 \$/kWh
<i>Julio</i>	0.912 \$/kWh	1.111 \$/kWh	-	3.248 \$/kWh
<i>Agosto</i>	0.917 \$/kWh	1.118 \$/kWh	-	3.267 \$/kWh

<i>Septiembre</i>	0.922 \$/kWh	1.125 \$/kWh	-	3.286 \$/kWh
<i>Octubre</i>	0.927 \$/kWh	1.132 \$/kWh	-	3.306 \$/kWh
<i>Noviembre</i>	0.933 \$/kWh	1.139 \$/kWh	-	3.326 \$/kWh
<i>Diciembre</i>	0.939 \$/kWh	1.146 \$/kWh	-	3.346 \$/kWh

La expresión "\$/kWh" se refiere al costo en pesos por cada kilovatio-hora consumido, siendo el valor está especificado en cada nivel de consumo

¿Cuáles son los umbrales de consumo de la Tarifa 1C?

La Tarifa 1C establece límites de consumo para evitar que los usuarios sean asignados a los costos de elevado consumo (DAC), que carece de apoyo gubernamental. El límite promedio de consumo para esta tarifa eléctrica residencial es de 850 kilovatios-hora al mes (CFE, 2022).

Los rangos de consumo en kilovatios-hora para la Tarifa 1C varían según el período del año, tanto si es verano como si no lo es. Los detalles se señalan en la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Rango de consumo (CFE, 2022)

<i>Intervalos de utilización Tarifa 1C - Fuera de la temporada de Verano</i>	
<i>intervalo</i>	<i>Cada mes</i>
<i>Básico</i>	0 - 75 kWh mensual
<i>Intermedio</i>	76 - 175 kWh mensual
<i>Excedente</i>	176 kWh hacia adelante
<i>utilización Tarifa 1C - Verano</i>	
<i>intervalo</i>	<i>cada mes</i>
<i>Básico</i>	0 - 150 kWh mensual
<i>Bajo</i>	151 - 300 kWh mensual
<i>Intermedio-Alto</i>	301 - 450 kWh mensual
<i>Excedente</i>	451 kWh hacia adelante

Si el consumo mensual promedio excede los 850 kilovatios-hora, la CFE te trasladará automáticamente a su Tarifa de Alto Consumo (DAC).

2.20 CARGO MÍNIMO EN LA TARIFA 1C

La Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2022) fija una tarifa para viviendas que tiene un cargo mínimo mensual establecido. En el caso de la Tarifa 1C, este cargo mínimo se asigna a un consumo de 25 kilovatios-hora.

La CFE aplicará este cargo incluso si no se registra una demanda de energía eléctrica en la pantalla del medidor. El monto promedio para la Tarifa 1C es de \$21.74 pesos. Consulta el desglose mensual en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Cargo básico (CFE, 2022)

<i>Cargo básico de cada mes Tarifa 1C</i>	
<i>Mes</i>	<i>Cargo</i>
<i>Enero</i>	\$19.65
<i>Febrero</i>	\$19.78
<i>Marzo</i>	\$19.90
<i>Abril</i>	\$20.03
<i>Mayo</i>	\$20.15
<i>Junio</i>	\$22.68
<i>Julio</i>	\$22.80
<i>Agosto</i>	\$22.93
<i>Septiembre</i>	\$23.05
<i>Octubre</i>	\$23.18
<i>Noviembre</i>	\$23.33
<i>Diciembre</i>	\$23.48

2.21 IDENTIFICAR SI MI HOGAR ESTA BAJO LA TARIFA 1C

La empresa estatal de Electricidad (CFE, 2022) indica que para determinar si el servicio de electricidad del hogar corresponde a la Tarifa 1C, se debe verificar la factura de electricidad emitida por la Comisión Federal de Electricidad. Después del nombre y número de servicio, se encuentra la sección con la indicación 'Tarifa'. Esto se ejemplifica en la figura que sigue:



Figura 2.9 Tarifa de luz (CFE, 2022)

2.22 TARIFAS CFE 2023

Anualmente, la paraestatal de CFE actualiza los precios del consumo energético en todo el país, ajustando los costos para reflejar la inflación económica. Los cambios en las tarifas de energía eléctrica en México están vinculados al precio de los combustibles empleados en la producción de energía eléctrica en la nación. Este aumento se estima generalmente basado en la tasa de inflación observada en los costos del año anterior, como ocurrió en 2022 (INTEM, 2023).

Según El Financiero (2023), los factores primordiales que contribuyen a la inflación son:

1. Aumento en la demanda acompañado de una disminución en la oferta.
2. Prácticas especulativas.
3. Incremento en los costos de producción.
4. Incremento en la cantidad de efectivo en circulación.

Según la Comisión Federal de Electricidad, las tarifas eléctricas de CFE para 2023 experimentarán un incremento del 7.1%. En consecuencia, el costo por kilovatio-hora (kWh) para el consumo mínimo de electricidad en enero de 2023 se establecerá en 0.945 pesos

por kWh, para el consumo medio será de 1.153 pesos por kWh, y para el consumo excedente será de 3.367 pesos por kWh (INTEM, 2023).

2.23 ACUERDO DE INTERCONEXIÓN PARA HOGAR

La Comisión Federal de Electricidad (2022) indica que es posible establecer un acuerdo de interconexión con CFE para implementar una fuente de energía propia en el hogar. Mediante este tipo de sistemas, se fomenta la utilización de tecnologías ambientalmente amigables para la generación de energía eléctrica, lo que a su vez contribuye a la preservación del medio ambiente.

La Comisión Federal de Electricidad proporciona tres tipos de acuerdos para compensar la energía inyectada a las redes de distribución general.:

1. Medición Neta de Energía (Net Metering): Bajo este esquema, el usuario consume y produce energía dentro de un solo contrato de suministro, donde la energía generada se resta del consumo total del hogar.
2. Facturación Neta (Net Billing): En este modelo, la energía suministrada por CFE al cliente es facturada de forma independiente de la energía que el cliente genera y vende a CFE. En otras palabras, la energía generada no se descuenta del consumo total.
3. Venta completa de energía: En esta situación, el cliente vende toda la energía producida a CFE, sin necesidad de establecer un contrato de suministro entre el cliente y la CFE.

2.23.1 Condiciones necesarias para establecer un convenio de conexión con la Comisión Federal de Electricidad para sistemas de paneles solares

CFE (2022) establece los siguientes requisitos para realizar un contrato de instalación de paneles solares:

- Completar el formulario de solicitud de interconexión con todas las respuestas proporcionadas (Anexo 1).
- Documento de identificación oficial
- Comprobante de pago de la factura de electricidad sin deudas pendientes.
- Mapa que indique la localización exacta geográfica de la instalación eléctrica

- Un diagrama unifilar exhaustivo de la instalación eléctrica principal y, si es pertinente, de los paneles de distribución que compartirán el mismo punto de interconexión o conexión. (Anexo 2).
- Explicación técnica de la tecnología de generación empleada (Anexo 3).
- Certificación y documentación técnica del inversor de corriente o del sistema de conversión de corriente utilizado, si se requiere. (Anexo 4).
- Si el servicio eléctrico es proporcionado por la CFE Suministrador de Servicios Básicos, se necesita proporcionar una copia del último aviso de recibo del usuario final, siempre y cuando esté actualizado en sus pagos, y su centro de carga coincida con el mismo punto de interconexión o conexión que la central eléctrica. De lo contrario, es necesario contar con el Registro Móvil de Usuario (RMU) designado en el contrato de suministro.
- Mapa que muestre la ubicación del domicilio del solicitante (Anexo 5).
- Fotografías que evidencien la correcta instalación del sistema (Anexo 6).

2.23.2 Trámites de interconexión

El procedimiento para solicitar la interconexión es bastante simple, siempre y cuando se cumplan con los criterios técnicos establecidos por la CFE. Los requisitos necesarios se detallan previamente.

Pasos para el trámite:

1. Después de completar la instalación de los módulos solares, toda la documentación requerida se lleva en la sucursal local de CFE correspondiente.
2. CFE otorga un número de referencia y lleva a cabo el proceso de solicitud utilizando este identificador, permitiendo a los solicitantes verificar el estado del trámite.
3. Se debe es importante estar pendiente de la visita programada por CFE en el hogar para asegurarse de que el sistema solar esté instalado correctamente de acuerdo con las normativas vigentes y de que el medidor cumpla con las especificaciones.

4. Una vez que la inspección ha sido aprobada, se programa una visita a la sucursal de CFE para proceder a la firma tanto del contrato de interconexión como del contrato de contraprestación. CFE enviará una notificación por correo electrónico indicando a qué sucursal dirigirse.
5. Después de firmar los documentos, miembros de CFE regresa al hogar o negocio para cambiar el medidor existente por uno de doble dirección que permita registrar la cantidad de electricidad que se devuelve a los tendidos de la red eléctrica.
6. Una vez completado este proceso, el sistema fotovoltaico está listo para su funcionamiento. Es importante verificar que se cumplan con es importante cumplir con las normativas y especificaciones técnicas vigentes para evitar contratiempos durante el trámite.



Figura 2.10 Medidor bidireccional instalado en la vivienda unifamiliar

2.24 SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED

Díaz-Santos et al. (2012) afirman que, en la actualidad, el enfoque en las energías limpias ha generado una considerable cantidad de investigación, con el propósito de desplazarse de las prácticas basadas en el empleo de energía primitiva tradicionales, materiales como carbón y especialmente combustóleo, que generan importantes problemas para la humanidad. Por lo tanto, se destaca la necesidad de aprovechar las FRE, las cuales son

inagotables, ecológicas y disponibles de forma gratuita, lo que podría respaldar la formulación de un plan energético global para un futuro más prometedor.

Los paneles solares interconectados al tendido eléctrico en México, ya sea para uso residencial, industrial o comercial, ofrecen la ventaja de mantener la conexión con la CFE. En este sistema, no es necesario generar toda la energía por medio de los módulos, ya que la CFE solo cobra la disparidad entre la energía utilizada y la producida por los paneles solares. Además, si se produce más energía de la necesaria, esta se puede devolver a la red y se puede utilizar sin costo adicional cuando sea requerida por el usuario (CFE, 2022)

Los inversores posibilitan la conexión directa a la red eléctrica sin requerir una batería intermedia. Si por algunas razones se aumenta la cantidad de paneles solares posteriormente, no hay complicaciones en la instalación, siempre y cuando la capacidad total instalada o contratada no exceda los límites establecidos por la CFE.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

1.- Módulo solar 550 W Mono-cristalino Grado A, 144 celdas, para Sistemas de conexión a la red eléctrica y sistemas autónomos en 24 voltios de corriente continua (VCD), Marca LONGI, consultar la ficha técnica en el anexo 3.



Figura 3.1 Módulo solar

2.- Inversor Growatt 3.6 KW. 1 MPPT, 220 V, Modelo: MIN 3600TL-X. Consular ficha técnica en el anexo 4.



Figura 3.2 Inversor

3.- Estructuras de aluminio: Next-Rail vertical 4 paneles en 2 filas 20° hasta 1160 mm; perfil de aluminio de alta resistencia, acabado mil finish (estándar) o anodizado, 23 años de garantía, marca AluminexSolar, NXT-R-3900 3.9 m. (Aluminext,2022).



Figura 3.3 Next-rail de aluminio anodizado (aluminext, 2022)

4.- Cable Fotovoltaico 2000 Volts H1Z2Z2-K: Para Conexión de Paneles Solar. Construido con Hilos de Cobre Estañado y dos capas de Aislamiento Poliolefina Reticulada (XLPE). Certificados EN60228, IEC 62930.Fabricado por KBE en Alemania. Medida 6mm² (cable-fotovoltaico, 2022).



Figura 3.4 Cable fotovoltaico 2000 volts H1Z2Z2-Kn (cablefotovoltaico, 2022)

5.- Conector para Panel Solar 1500 V DC para cable fotovoltaico 4mm² y 6mm² (12,10AWG); Son extremadamente eficientes para corriente hasta 30 A; Macho y Hembra; Contienen conectores metálicos; Las terminales están equipados con un mecanismo de autobloqueo para prevenir desconexiones accidentales; Elaborados utilizando materiales de primera generación; Satisfacen con los estándares aplicados para resistir condiciones climáticas severas; El material de separación está diseñado para resistir los efectos dañinos de los rayos ultravioleta, previniendo así el deterioro prematuro del componente. (cable fotovoltaico, 2022).



Figura 3.5 Conector MC4 macho y hembra (cablefotovoltaico, 2022)

6.- Pirómetro

Instrumento de prueba de medición de radiación de luz solar digital SM206.

Este dispositivo es un instrumento preciso diseñado para medir la cantidad de radiación. Ofrece la opción de seleccionar entre dos unidades de medida: W/m^2 (vatios por metro cuadrado) y Btu (Unidad Térmica Británica). Además, cuenta con la capacidad de retener el valor máximo registrado y de retener los datos medidos.

Características:

Modelo: SM206

Precisión: $0.1 W/m^2$, $0.1 Btu/(ft^2 \cdot h)$

Margen de error: $10 W/m^2$ ($3 Btu/(ft^2 \cdot h)$) o 5% del valor medido

Error debido a la temperatura: $0.38 W/m^2/^{\circ}C$, $0.12 Btu/(ft^2 \cdot h)/^{\circ}C$ desviación a $25^{\circ}C$

Tipo de pantalla: LCD de 3-3/4 dígitos, máximo 3999

Indicación de sobrecarga en pantalla: OL

Turno: $<3\%$ /año

Intervalo de medición: $0,1-399,9 W/m$, $1-3999 W/m$, $0,1-399,9 Btu/(ft \cdot h)$, $1-3999 Btu/(ft \cdot h)$

Frecuencia de muestreo: 0,25 segundos/hora

condiciones de Temperatura/humedad: $0-50^{\circ}C$, $<80\%$ de HR

Temperatura y humedad de almacenamiento: $-10-60^{\circ}C$, $<70\%$ HR

Batería: batería de 9V

Tamaño: $132 \times 65 \times 38 mm$ / $5,2 \times 2,6 \times 1,5$ pulgadas

Peso: 325 g / 11,5 oz (aprox.)



Figura 3.6 Piranómetro

3.2 METODOLOGÍA

En este apartado se describen los motivos que respaldan la selección del enfoque, el tipo y diseño de investigación adoptados para el proyecto. Además, se describe el instrumento de medición empleado, así como los indicadores utilizados durante las entrevistas. Por último, se aborda el análisis de los datos recopilados y se evalúa la validez de los instrumentos utilizados.

Se llevó a cabo un estudio de la condición actual en cuanto a la adopción de paneles solares fotovoltaicos en el área urbana de Dzitbalché, junto con una referencia específica sobre la instalación de uno de estos sistemas en una residencia individual. Esto permitirá examinar las ventajas asociadas con la producción eficiente y sostenible de electricidad mediante estos sistemas, también el análisis de los costos de inversión implicados.

El estudio consta de dos partes: (1) Entrevista a los hogares unifamiliares para detectar las características y las costumbres del uso de electricidad, (2) Registro de radiación del municipio de Dzitbalché y los kilowatts generados por el sistema fotovoltaico.

3.2.1 Método de investigación utilizado

En ambas partes del estudio, se adoptó un enfoque descriptivo y relacional. Según Bernal (2010), los estudios descriptivos se centran en narrar, exponer o reconocer eventos, circunstancias, atributos o aspectos de un tema de análisis, sin ofrecer explicaciones o razones sobre los mismos. Estos estudios se valen de Métodos tales como sondeos,

entrevistas, observaciones y análisis de documentos. Por otro lado, los estudios relacionales son principalmente inferenciales, ya que permiten hacer estimaciones puntuales y contrastar hipótesis. Se busca destacar las particularidades de los estudios relacionales, que a veces se confunden con los estudios explicativos. El análisis de la relación entre variables indica si existe una conexión entre ellas y qué tan fuerte es la unión (Espinoza-Pajuelo & Ochoa-Pachas, 2020). Este tipo de análisis resulta valioso para la toma de decisiones, ya que trasciende la simple descripción al intentar ofrecer una explicación detallada de una situación específica.

3.2.2 Diseño de investigación

Este proyecto de investigación se caracteriza por tener un diseño transversal no experimental, dado que no se realizaron manipulaciones deliberadas de variables y se analizaron en su entorno natural las viviendas unifamiliares que cumplieron con las características mencionadas en esta investigación y los entrevistados participaron una sola vez (Hernández-Sampieri et al. 2014).

Como menciona Andrade-Zamora et al. (2018) los métodos empleados para pasar de datos específicos a conclusiones de alcance más amplio se basan en la información recabada de la muestra. En otras palabras, los hallazgos derivados de un estudio llevado a cabo con una muestra se utilizan para hacer inferencias sobre las características de toda la población.

3.2.3 Enfoque de la investigación

El proyecto de investigación tiene un enfoque cuantitativo en ambas partes. Según Hernández-Sampieri et al. (2014), el enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio, lo que implica que cada fase sigue a la anterior y no se pueden omitir o saltar etapas; el proceso sigue un orden riguroso, aunque se permite la redefinición de alguna fase. Este enfoque implica la recolección de datos con el propósito de verificar hipótesis mediante la utilización de mediciones numéricas y análisis estadísticos, con la finalidad de descubrir tendencias y confirmar teorías.

La primera fase tiene como objetivo comprender de manera completa el proceso de investigación. Se utilizó un enfoque inductivo, empleando entrevistas como técnica y una guía de preguntas correspondiente. En la segunda parte, se cuantificará la cantidad de luz

solar que llega en la región de Dzitbalché, así como la producción de kilovatios por día, mes y año mediante el sistema fotovoltaico. Aquí se aplicó un enfoque deductivo, basado en la observación dirigida utilizando una hoja de verificación como instrumento de captura de información.

3.2.4 Evaluación de la población

La muestra para este estudio consistió en 100 viviendas unifamiliares ubicadas en el municipio de Dzitbalché. Esta selección se realizó de manera no probabilística, lo que implica que las muestras no reflejan adecuadamente la población debido al método de selección, que es informal o arbitrario, con base en suposiciones amplias sobre cómo se distribuyen las variables en la población. En este caso, se optó por seleccionar las viviendas unifamiliares con un máximo de cinco residentes y una superficie de construcción promedio de aproximadamente 70 a 80 metros cuadrados, por conveniencia para la investigación. Considerando que el hogar cuenta con electrodomésticos básicos como una licuadora, una lavadora, dos televisores, de dos a tres celulares, un refrigerador, 9 focos ahorradores, un ventilador, una plancha, y un equipo de sonido.

3.2.5 Instrumentos y procedimiento

Para la primera parte se elaboró un cuestionario (ver anexo 7) para conocer las características de las viviendas unifamiliares y entender la factibilidad de instalar paneles solares en estos hogares. El instrumento consta de dos apartados (A) y (B), el apartado (A) proporciona información sobre la familia, consta de una tabla señalando en sus diferentes campos el número de integrantes de la familia, nombre, género, edad, parentesco, ocupación, ingreso mensual e ingreso fijo o variable, información que un solo integrante de la familia puede proporcionar, y el apartado (B) da información sobre la vivienda, está conformada de 12 preguntas, las cuales del uno al 11 son de selección múltiple, y la pregunta 12 está redactada de forma abierta para los comentarios generales. Dichas entrevistas se realizaron de manera presencial, con duración aproximada de 30 minutos.

Para Hernández-Sampieri et al. (2014) Un cuestionario se define como un conjunto de interrogantes sobre una o más variables que se pretenden evaluar, mientras que una entrevista implica un encuentro para dialogar e interactuar con datos entre dos personas, una actuando como persona que realiza la entrevista y la otra la que responde.

En cuanto a la segunda parte, los registros de la radiación del municipio de Dzitbalché fueron obtenidos mediante el uso del pirómetro (instrumento para medir radiación solar), teniendo como criterio los datos horarios que presentaron mayor radiación solar, comprendidos entre las 9:00 horas y las 16:00 horas de cada día estudiado, por un periodo de tiempo correspondiente a un año (enero 2023 - diciembre 2023).

Los datos sobre la cantidad de kilowatts generados por el sistema fotovoltaico se extrajeron directamente del inversor. Luego, se implementó una investigación para analizar la eficiencia y la sostenibilidad de la energía producida, así como para compararla con el periodo de retorno de la inversión. En ambos enfoques fue usado la paquetería de Microsoft Office Excel como herramienta, en el que se diseñaron dos tablas (ver anexo 8 y 9) a conveniencia donde fueron vaciados los datos obtenidos para obtener los resultados que más adelante se detallan.

3.2.6 Confiabilidad y validación

Los instrumentos de investigación deben cumplir con dos elementos esenciales: la autenticidad y la fiabilidad. La autenticidad, que puede ser de contenido, criterio o constructo, fue evaluada mediante el juicio de expertos como señalan Hernández-Sampieri y Mendoza (2018).

La validez se refiere a la capacidad de buscar una precisión en la medición de lo que se desea evaluar y asegurar una alta confiabilidad, es decir, la capacidad de replicar la misma investigación y obtener resultados consistentes.

Estos aspectos se basan en mediciones independientes y no están necesariamente ligados a las complejidades de la realidad a la que se refieren. La confiabilidad busca asegurar que, al seguir los mismos procedimientos descritos por otro investigador y realizar el mismo estudio, se obtengan resultados y conclusiones similares (Martínez-Miguélez, 2006).

Además, como parte del proceso de asegurar la confiabilidad, se tomaron en cuenta respuestas similares provenientes de diversas perspectivas y opiniones de los entrevistados. El instrumento utilizado fue validado por dos expertos académicos, quienes colaboraron en el análisis, la mejora y la corrección de las preguntas de la entrevista.

La validación y la confiabilidad del instrumento fueron aspectos cruciales, ya que garantizan que las preguntas formuladas y las respuestas obtenidas en la entrevista se limiten al propósito previsto de utilizar la información únicamente con fines académicos, sin incluir prejuicios ni juicios de valor.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Este apartado expone los resultados derivados del análisis recolectada mediante los instrumentos mencionados en el capítulo previo.

4.1 PARÁMETROS AMBIENTALES DE LA REGIÓN DEL MUNICIPIO DE DZITBALCHÉ

4.1.1 Radiación en la zona de instalación

De acuerdo a los registros obtenidos de la radiación del municipio de Dzitbalché podemos observar en la figura 4.1 el promedio mensual obtenido durante el año 2023; dicha medición se realizó ocho horas diarias en un horario de 9:00 de la mañana a 4:00 de la tarde, los 365 días del año. Se calculó el promedio mensual de radiación en watts. Los meses con los índices más altos de radiación fueron marzo, abril, mayo y septiembre, con niveles que exceden los 6000 wh/m², en contraste, mientras que octubre, noviembre, diciembre y enero apenas superaron los 4000 wh/m².

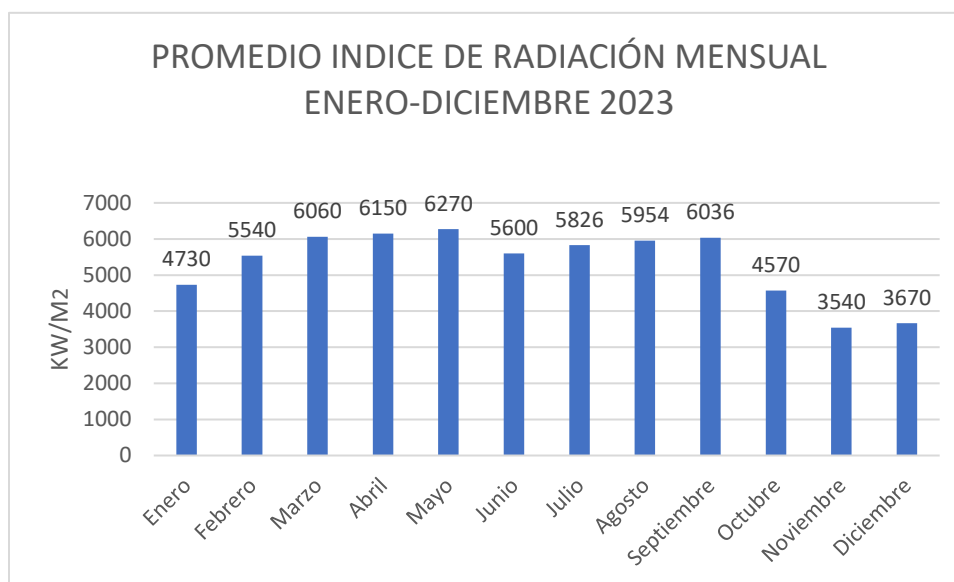


Figura 4.1 Radiación mensual 2023 (wh/m²)

El proyecto se lleva a cabo en una región donde el recurso de radiación solar está disponible, con registros que oscilan entre 4.7 y 5.8 HPS de radiación solar por año (kwh/m²) (SENER, 2016). Por su ubicación geográfica el municipio de Dzitbalché tiene un potencial índice de radiación solar importante.

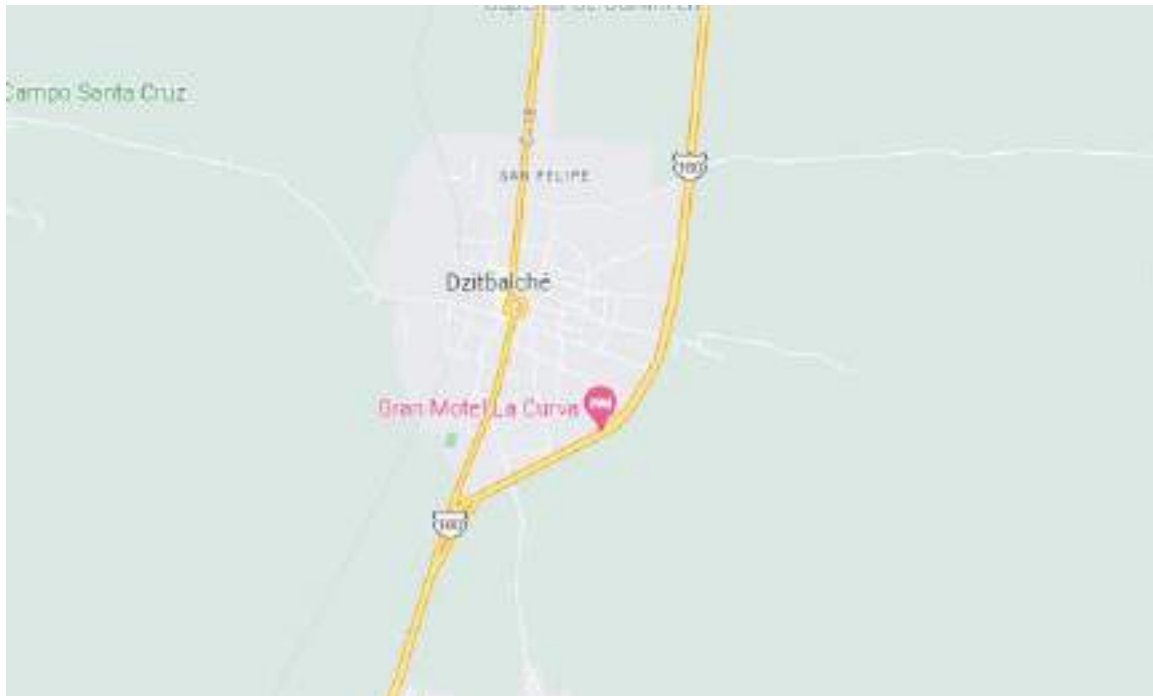


Figura 4.2 Mapa de la región de estudio, Dzitbalché (google maps, 2022)

La ubicación del terreno y su potencial, incluyendo la orientación y las pendientes ideales, presentan una baja probabilidad de inundaciones o huracanes. La topografía es plana, sin colinas ni montañas dentro del área del proyecto, y además cuenta con buenas vías de comunicación.

Para verificar la potencia del recurso de energía solar de la zona de estudio se consultó en el sitio web <http://www.enair.es/app>, si nos centramos en nuestra área de estudio, los datos obtenidos de la página web sobre energías renovables indican que la cantidad de energía solar disponible puede fluctuar diariamente en kilovatios por hora (kWh) según el mes, con un margen de error del 15%. Por lo tanto, es crucial tener en cuenta las condiciones climáticas reales, observar la imagen 4.3.



Figura 4.3 Potencial energético solar de Dzitbalché (enair, 2022)

Mediante la utilización de la herramienta Suncalc, es posible observar la ruta del sol, ya que esta aplicación presenta el desplazamiento del sol y las etapas de la luz solar a lo largo de un día específico en la ubicación seleccionada, donde se puede apreciar en tiempo real la trayectoria del recurso solar de la Región de Dzitbalché. Se nota que el sol emerge a las 6:18 de la mañana y se pone a las 17:20 de la tarde, lo que señala que hay un total de 11 horas de luz solar disponible.

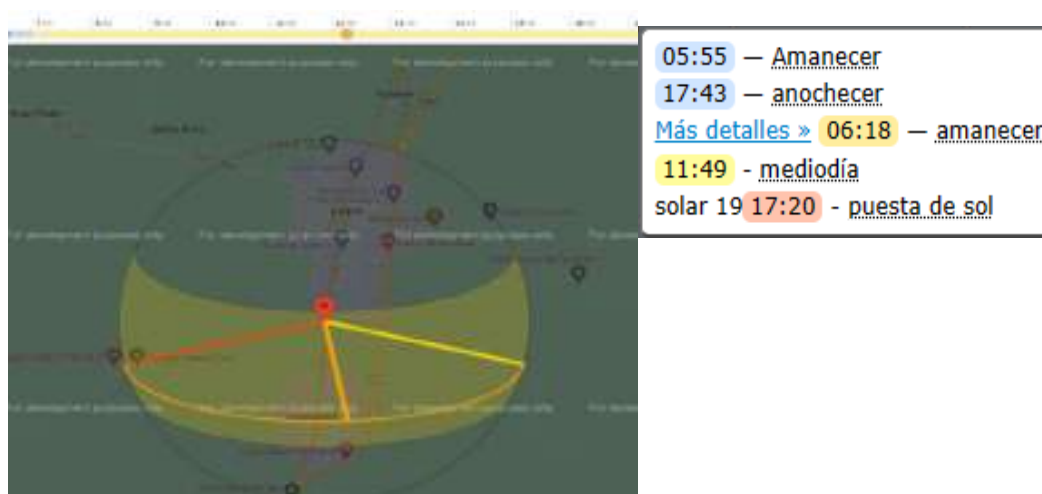


Figura 4.4 Trayectoria del recurso solar en el municipio de Dzitbalché (suncalc, 2018)

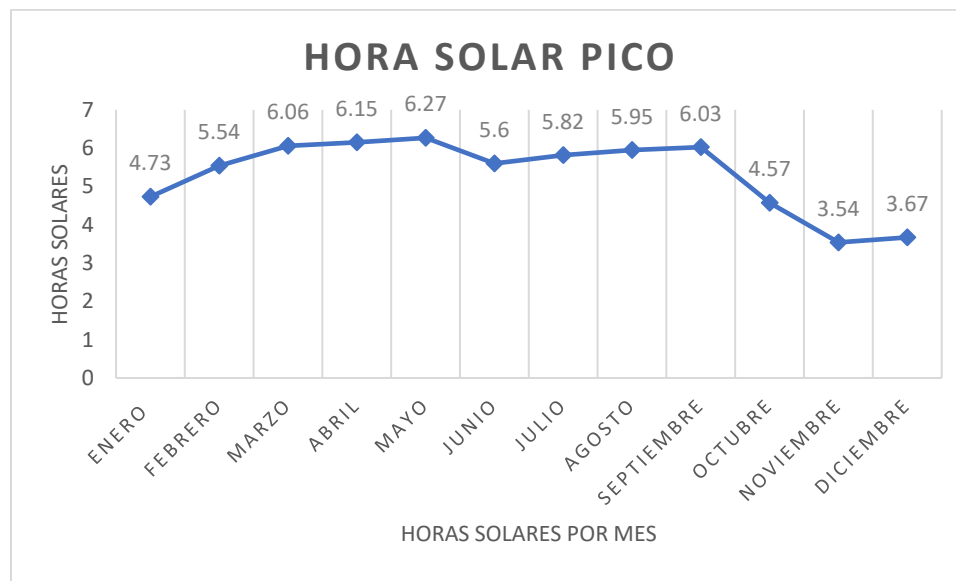


Figura 4.5 Hora Pico Solar mensual 2023)

La figura 4.5 muestra la hora pico solar de cada mes, en relación a la cantidad de radiación promedio de cada mes observado en la figura 4.1, se obtuvo la hora solar pico solar a razón de 1000 wh/m^2 , estos datos permitirán conocer la proyección de energía producida mensual y anualmente.

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES DEL MUNICIPIO DE DZITBALCHÉ

El espacio habitacional cerrado y cubierto donde las personas residen se denomina vivienda, término que se emplea de manera intercambiable como casa, domicilio y vivienda. Por otra parte, la palabra "unifamiliar" se refiere a algo relacionado con una única familia. Con estas definiciones claras, se puede concluir que un hogar unifamiliar es aquella edificación destinada exclusivamente a una familia pequeña (Camones-Olaza, 2019). De esta manera, las viviendas unifamiliares se distinguen de las viviendas colectivas, donde generalmente se aplica el concepto de propiedad horizontal.

Como lo descrito anteriormente una vivienda unifamiliar cuenta con las características descritas, propias de la región de estudio.



Figura 4.6 Vivienda unifamiliar de Dzitbalché

En la siguiente figura 4.7, se puede observar la ocupación de los jefe/as de las familias de acuerdo a las entrevistas realizadas a cada una de las viviendas unifamiliares en Dzitbalché. Como se señala, las ocupaciones que más sobresalen de mayor actividad laboral son: agricultor 15%, albañiles 14%, moto taxistas 12%, maestros 10% y trabajadores que ejercen cualquier actividad laboral 10%.

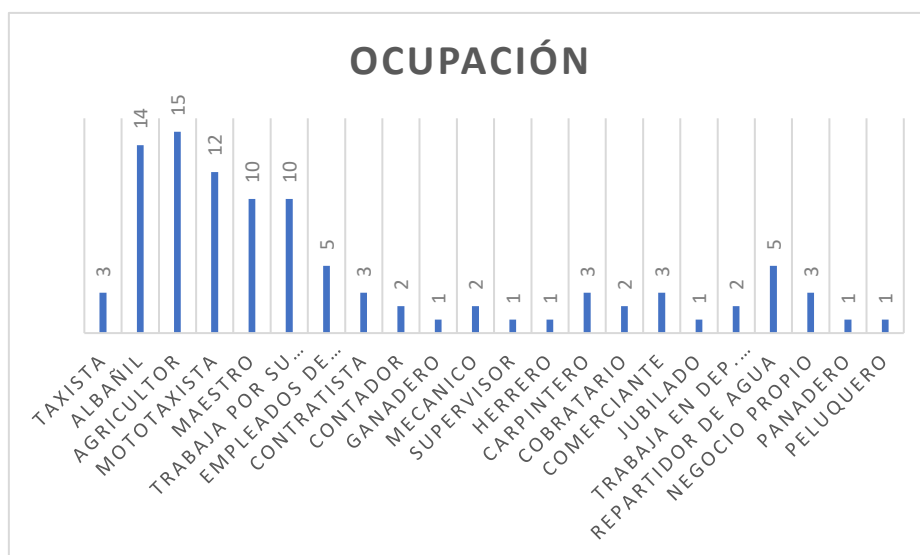


Figura 4.7 Ocupación de los jefes/as de familia

Las ocupaciones que tienen un mayor ingreso son los maestros, contadores, supervisores, taxistas, mecánicos y herreros, los cuales tienen un ingreso mensual entre los \$11,000.00 y \$12,000.00, que representan el 19% de la muestra; mientras que el resto de la muestra

percibe menos de \$10,000.00 mensuales, lo cual indica que el 81 % de la muestra seleccionada tiene un sueldo variable o están al día de sus ganancias, haciendo énfasis de los que menos ingresos generan son: el agricultor 15%, jubilado 1%, repartidor de agua 5%, moto taxista 12% y el albañil 14%, consultar la ilustración 4.8 y 4.9.

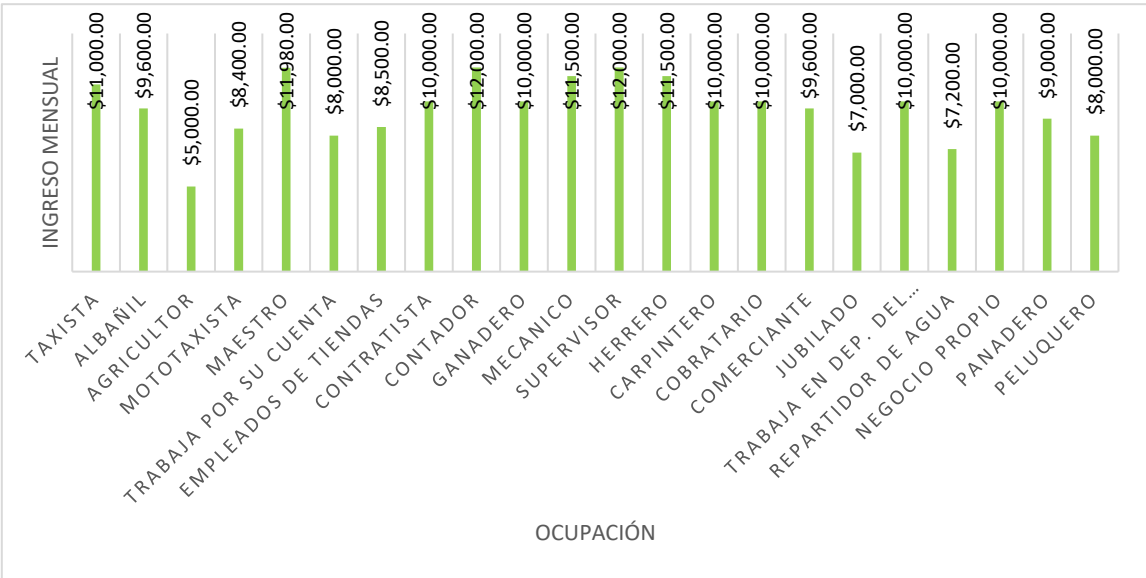


Figura 4.8 Ingresos por actividad laboral

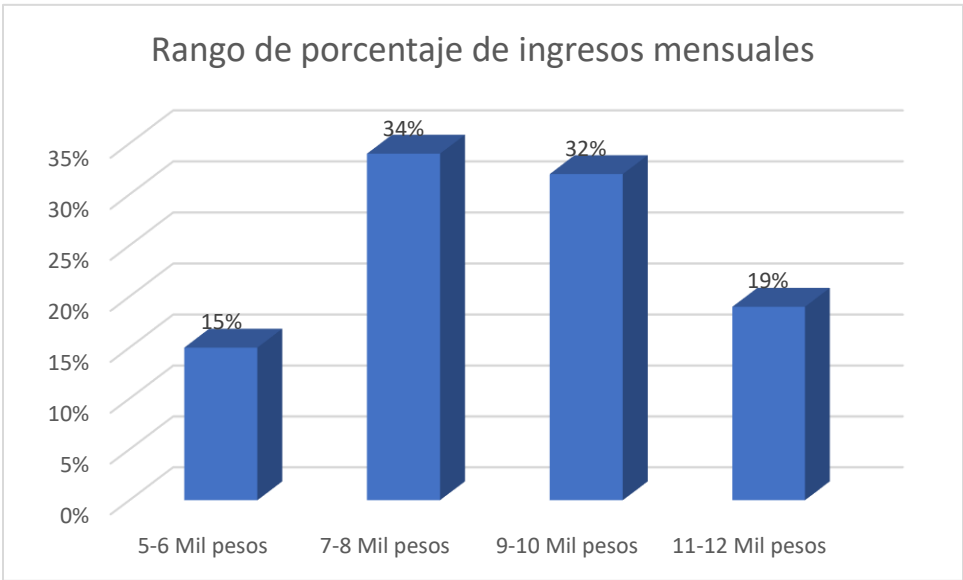


Figura 4.9 Porcentaje de ingresos mensuales

Según los hallazgos recabados en el cuestionario, en la ilustración 4.10 se puede observar los kilowatts consumidos en promedio durante un año en cada bimestre en referencia a su

consumo histórico del año 2022 de las viviendas unifamiliares. Los hogares que consumen de 451 a 600 kilowatts bimestrales representan un 40% de la muestra de estudio.

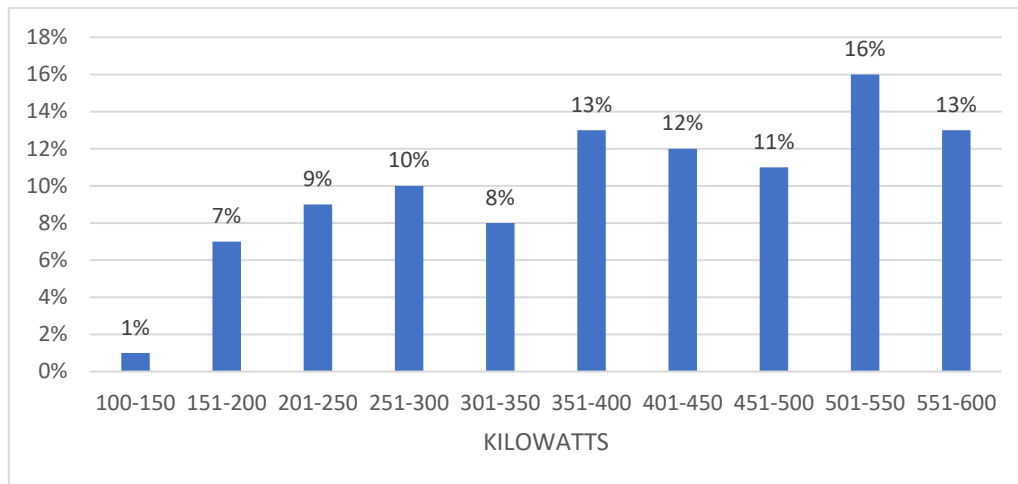


Figura 4.10 Historial de consumo bimestral 2022 de las familias entrevistadas

4.2.1 Cálculo de módulos fotovoltaicos para el hogar

Se utilizó la siguiente fórmula para calcular cuántos módulos solares se requieren en el hogar:

$$(E \times 1.3) / (HSP \times POTENCIA \text{ DEL MÓDULO SOLAR})$$

- Se infiere que "E" representa el consumo total diario de energía de una residencia donde se planea instalar paneles solares, expresado en kilovatios-hora (kWh). Para el cálculo en la fórmula, se debe convertir esta cifra a una base mensual, es decir, multiplicándola por 30.
- El valor "1.3" constituye un factor de seguridad, destinado a incrementar el consumo en un 30% adicional para evitar una insuficiencia en el suministro energético proporcionado por los paneles solares, incluso en casos de aumento del consumo. Este factor también se emplea para compensar posibles descensos en las temperaturas que afecten el rendimiento de los paneles y para días con condiciones climáticas adversas que limiten la captación de radiación solar.
- Horas solar pico, son las horas disponibles de sol por día en esa ubicación en la se quiere instalar este sistema fotovoltaico. Con este punto bien calculado y conociendo

la eficiencia de captación de cada placa, se puede obtener números muy certeros para poder tomar decisiones correctas.

- Potencia del panel, tema hablado anteriormente, depende de la marca del panel fotovoltaico

Una vez obtenidos todos estos números se procede a reemplazarlo en la fórmula y se obtiene un valor.

El consumo promedio de una vivienda unifamiliar es de aproximadamente 550 kwh bimestral, por lo que se toma el término y se divide 550 entre 60 días, el resultado es de un consumo diario de 9.166 kwh aproximadamente.

$$(9166 \text{ watts} \times 1.3) / (5 \times 550 \text{ watts}) = 4.3 = 4 \text{ paneles}$$

Según los hábitos de uso de la electricidad y los aparatos eléctricos con que cuentan los hogares, el cuadro 4.1 ilustra cuantos de kilowatts aproximados son consumidos en los hogares.

Tabla 4.1 Consumo diario aproximado de electricidad de las viviendas unifamiliares de Dzitbalché

Aparato de consumo	Consumo (w)	Horas de utilización al día	Total consumo
Licadora	300 w	una vez a la semana media hora	12.5 w
Lavadora	626 w	dos veces a la semana 2 horas	1252 w
Focos led	9 focos les de 12 w	4	432 w
Televisores	1 tv de 30 w	4	220 w
celulares	2 celulares de 10 w	2	40 w
refrigerador	1052 w	6	6,312
Equipo de sonido	190 w	1	190 w
Ventilador	90 w	6	540 w
Plancha	1000 w	Una vez a la semana 1 hora	142 w
Total kW			9,140.5 w=9.14 KW
Costo			\$0.89* 9.14 kW \$8.13

4.3 PROYECCIÓN CUANTITATIVA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO EN LAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES

El sistema fotovoltaico actúa como un generador de energía autónomo cuya función principal el objetivo principal es transformar la luz solar en electricidad, considerando la radiación solar está disponible durante un período limitado de tiempo cada día. Al evaluar los detalles técnicos de los materiales empleados en los módulos solares fotovoltaicos, se obtuvo el siguiente resultado:

Para calcular la energía total del sistema resulta de la sumatoria de la capacidad de los cuatro módulos fotovoltaicos, lo que equivale a 2.2 KW. La tabla 4.2 muestra la producción mensual de watts, mismo que varía dependiendo de la luz solar disponible y cantidad de días que tiene cada mes. Para determinar la energía generada diariamente, se multiplica la irradiación solar correspondiente a cada mes por la capacidad fotovoltaica. Luego, multiplicando este valor por la duración de cada mes en días, se obtiene la energía generada mensualmente, considerando además un 15% de pérdidas para contemplar las condiciones climáticas adversas imprevistas. Mientras que el promedio de energía generada bimestralmente sería de 712.76 KW.

Tabla 4.2 Estimación de la capacidad de energía producida de los paneles solares

CAPACIDAD GENERADA 2023					
MES	HPS	DÍAS	FUENTE (kW)	kWh/mes SFV IDEAL	kWh/mes SFV (-15%)
Enero	4.73	31	2.2	322.58	274.19
Febrero	5.54	28	2.2	341.26	290.07
Marzo	6.06	31	2.2	413.29	351.29
Abril	6.15	30	2.2	405.9	345.01
Mayo	6.27	31	2.2	427.61	363.47
Junio	5.6	30	2.2	369.6	314.16
Julio	5.82	31	2.2	396.92	337.38
Agosto	5.95	31	2.2	405.79	344.92
Septiembre	6.03	30	2.2	397.98	338.28
Octubre	4.57	31	2.2	311.674	264.92
Noviembre	3.54	30	2.2	233.64	198.59
Diciembre	3.67	31	2.2	250.294	212.74
ENERGIA TOTAL GENERADA (kWh)				4,276.538	3,635.04

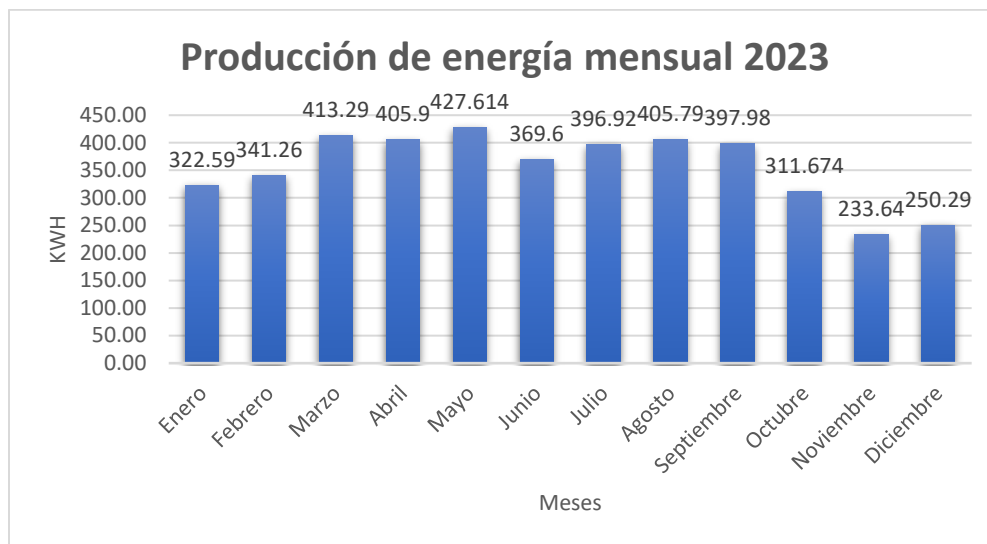


Figura 4.11 Producción de energía mensual del sistema fotovoltaico

4.3.1 RENTABILIDAD

La implementación de los paneles depende del análisis de los factores técnicos y económicos.

4.3.1.1 Técnicos

En cuanto a los factores técnicos, la instalación fue hecha por expertos con amplia experiencia en ramo de las energías solares, se cuenta con una instalación profesional y que cumple con los estándares solicitados por la CFE, cuya aprobación fue visitada previamente, mismo que puede consultarse en el anexo 2 y anexo 6 de esta investigación. En cuanto al mantenimiento, los requerimientos son mínimos, los cuales son descritos en el capítulo II de este proyecto de investigación.

4.3.1.2 Instalación del sistema

El sistema de energía solar está vinculado a la red eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Según CFE (2008), este sistema Transforma la energía del convertidor fotovoltaico (GFV) de corriente continua a corriente alterna con se ajusta a los niveles de tensión y frecuencia de la red eléctrica y se sincroniza con ella. Cuando se une en paralelo con la red, el sistema fotovoltaico aporta a la energía necesaria que demanda la red. Si existe una demanda de energía local en el edificio, ésta puede ser suministrada tanto por el sistema fotovoltaico como por la red eléctrica, ya sea por una fuente, por la otra, o por

ambas al mismo tiempo, según las necesidades de energía específicas y la capacidad de generación del sistema fotovoltaico en un momento dado. La energía adicional producida por el sistema fotovoltaico se inyecta en la red eléctrica, mientras que cualquier insuficiencia de energía es compensada por la red eléctrica.

El SFVI se encuentra ubicado en la azotea de la vivienda unifamiliar, está compuesto por cuatro paneles solares mono-cristalino grado A, el cual se encuentra en un sitio despajado, libre de árboles y edificios cercanos que le pudieran provocar sombra, este procedimiento se lleva a cabo para aprovechar al máximo la energía solar disponible.



Figura 4.12 Paneles solares instalados en la vivienda unifamiliar de Dzitbalché

4.3.1.3 Ubicación del inversor

El inversor está ubicado en un lugar estratégico, con buena ventilación y protegido de la interperie, protegiéndolo de las lluvias y de los rayos solares, evitando un sobrecalentamiento, también está cerca del centro de carga, con el objetivo de reducir la pérdida de energía a lo largo del cable, lo que contribuye a hacer el sistema más fiable y eficiente.



Figura 4.13 Ubicación del inversor en la vivienda unifamiliar

4.3.1.4 Eficiencia energética de los paneles solares

Cantero-Cerezo (2014) señala que nos encontramos en un momento crucial para respaldar un enfoque energético basado en energías renovables y el uso eficiente de los recursos, como lo ilustra la deliberación sobre las metas de Clima y Energía establecidas por la Unión Europea para el año 2030. Los hallazgos de este estudio de investigación son significativos porque añaden dos aspectos fundamentales al diálogo público sobre el futuro del modelo energético: la consideración de los costos de inversión y el impacto económico en las viviendas unifamiliares.

Los paneles solares monocristalinos se destacan por su elevada eficacia y habilidad para producir energía en contraste con otras variantes de paneles solares disponibles en el mercado. En condiciones óptimas, cada módulo solar monocristalino alcanza una eficiencia del 21%. Estos paneles ofrecen una garantía de 12 años y una salida de capacidad lineal garantizada durante 25 años, y una degradación anual del 0.55% a lo largo de ese período. Esto implica que después de 25 años, los paneles solares seguirán generando energía con el 86% de su capacidad de potencia original. Se puede encontrar más información en el anexo 3.

La eficiencia del panel solar indica cuánta energía solar que llega al panel se transforma en electricidad en su superficie. Por lo tanto, la eficacia de los paneles solares es fundamental para optimizar la generación de energía en un espacio restringido.

Se empleó la siguiente fórmula para determinar la eficiencia de los módulos solares:

La ecuación empleada para determinar la eficacia de los paneles es la siguiente: dividir la potencia pico del panel entre la irradiación en condiciones estándar de prueba (STC) y luego multiplicar el resultado por la superficie en metros cuadrados del panel.

Capacidad del módulo / radiación x tamaño del módulo solar en metros cuadrados.

STC (Standard Testing Conditions): luz solar de 1000 W/m², Una temperatura celular de 25 grados Celsius y una distribución espectral AM de 1.5 G.

STC, que significa Condiciones de Prueba Estándar en inglés, se refiere a las condiciones específicas bajo las cuales los módulos solares deben ser probados para determinar sus parámetros fundamentales. En algunos documentos en español, estas condiciones también pueden ser referidas como CEM, que son las siglas de Condiciones Estándar de Medición. Estas condiciones establecen tres parámetros clave:

- Intensidad de irradiación: representa la potencia de la luz solar que llega a la superficie, normalmente fijada en 1000 W/m².
- Temperatura: se refiere a los grados de la célula fotovoltaica en sí, no a la temperatura ambiente, y se mantiene a 25 °C (77 grados Fahrenheit).
- Masa de aire: indica la cantidad de atmósfera por la cual la radiación solar tiene que pasar, y varía según la ubicación, el día y la hora. En pruebas básicas se utiliza una masa de aire de 1,5.

Por ejemplo, si el panel solar instalado en la vivienda unifamiliar capta una irradiación solar de 1 kW por un metro cuadrado y produce 550 W, su eficiencia sería del 21 %. Esto se calcula como 550 W divididos entre (1000 W/m² multiplicado por 2.576 m²), lo que equivale a 0,21 o 21 % de eficiencia. Es importante destacar que esta fórmula no considera factores como la calidad de la célula fotovoltaica o el tipo de conexiones entre células, los cuales son necesarios para obtener un cálculo más completo y preciso.

4.3.1.5 Variables que inciden en el rendimiento del panel fotovoltaico

Sotysolar (2022) señala que, para optimizar el rendimiento del sistema fotovoltaico, es crucial considerar varios factores, entre ellos:

Temperatura

La temperatura que experimenta el panel tiene un impacto directo en su producción y eficiencia. Las condiciones climáticas ideales para obtener la máxima eficacia de los paneles son aquellas con temperaturas inferiores a 25°C.

Posición

Una mejor orientación del panel con respecto al sol implica una mayor exposición a la luz solar, lo que se traduce en un aumento del rendimiento. Esto podría ocasionar una disminución en la cantidad de paneles necesarios para cubrir los consumos energéticos.

Dirección

La mejor inclinación de módulos solares generalmente se encuentra en un rango entre 10 y 30 grados con una orientación hacia el sur. Esto es crucial porque la inclinación adecuada permite que la luz solar incida de manera directa, reduciendo al mínimo las áreas de sombra y disminuyendo las pérdidas de energía.

Los componentes de las células fotovoltaicas

Las células utilizadas en los módulos también es una variable importante. La ISO (Organización Internacional de Normalización) ha establecido la norma ISO 9000, que proporciona estándares para evaluar y gestionar la calidad. Obtener esta certificación implica un alto nivel de excelencia, ya que garantiza que el fabricante de los paneles solares cumple con rigurosos estándares de calidad.

Como suele suceder en otras situaciones, la calidad tiene su costo asociado. Esto implica que, por lo general, los fabricantes que ofrecen equipos de alta calidad tienden a ser más costosos, pero garantizan una elevada potencia generación y una mayor longevidad en comparación con los paneles de menor calidad.

Tasa de deterioro anual

El índice de degradación anual es otro aspecto importante a considerar. Con el paso del tiempo, los paneles solares experimentan un desgaste gradual que disminuye ligeramente su capacidad de producción año tras año. Este factor es crucial, ya que, si el rendimiento del panel comienza a disminuir antes de que se haya recuperado el capital inicial invertido, de tal manera la rentabilidad del proyecto se verá significativamente afectada.

Por lo se puede decir que los paneles fotovoltaicos instalados en la vivienda unifamiliar son eficientes ya que sus características descritas anteriormente son superiores a otros módulos solares y ocupan el mismo espacio o menos, y tiene un costo menor en comparación con otros sistemas con la misma potencia.

La ilustración 4.14 muestra que en el primer año el módulo solar estará trabajando con una eficiencia del 100%, al paso de los años tendrá una degradación anual del 0.55%, la proyección a 10 años indica que el panel solar estará trabajando a 95% de su capacidad.

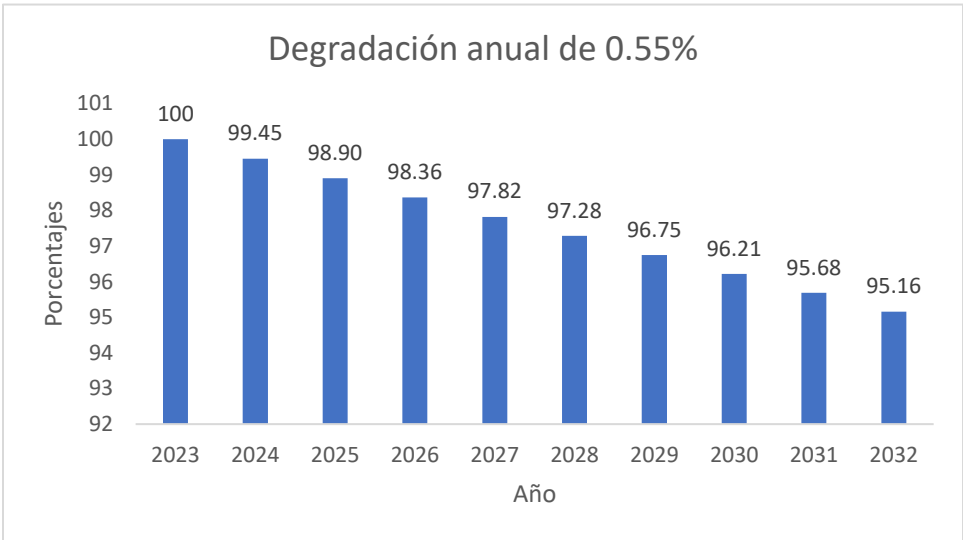


Figura 4.14 Degradación anual de la eficiencia del panel solar instalado en la vivienda unifamiliar

Por otra parte, en la figura 4.15 se ilustra la degradación de la potencia del módulo fotovoltaico de cada año, de tal manera que el primer año cada panel solar producirá 550 watts, que es su potencia máxima, y siguiente año será de 546.975 Watts, de tal manera que cada año se tendrá una pérdida de 3.025 Watts por cada módulo solar, esto también dependerá de la cantidad de horas pico solar del día, en conjunto el sistema dejará de

producir una mínima cantidad de 12.1 watts por cada HPS aproximadamente tal como se muestra en la imagen 4.16, si se tiene un promedio aproximado de 5 HPS diarios se obtendría una pérdida de 60.5 Watts diarios, equivalente a 1.815 KW mensuales y 21.78 Kilowatts de manera anual aproximadamente, la imagen 4.17 muestra dicha pérdida.

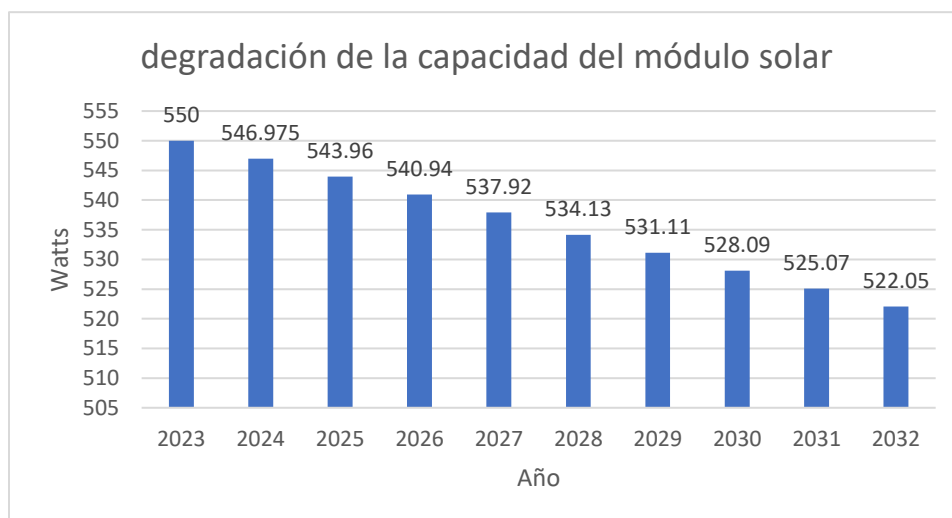


Figura 4.15 Degradación anual de la potencia del panel solar en la vivienda unifamiliar

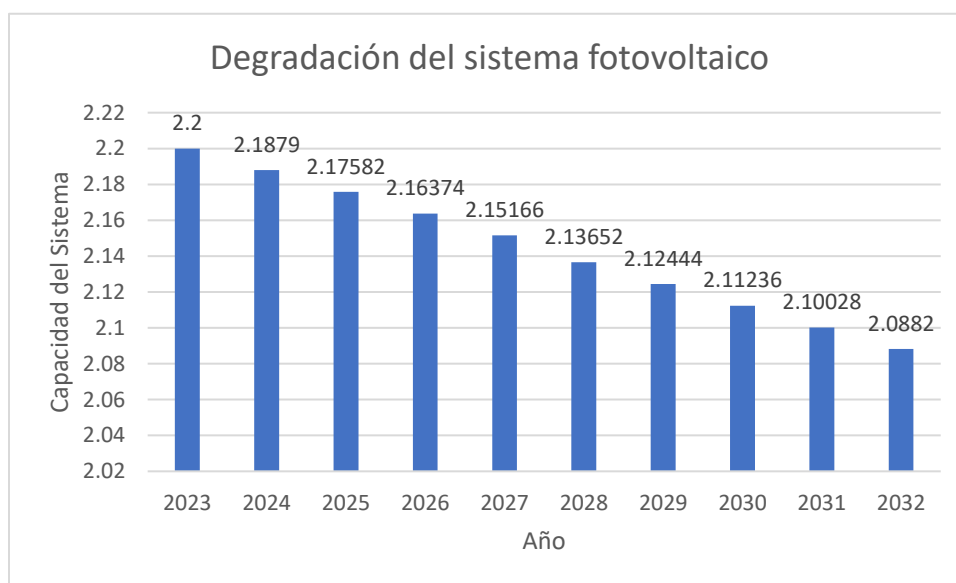


Figura 4.16 Degradación anual de la capacidad del conjunto de módulos solares

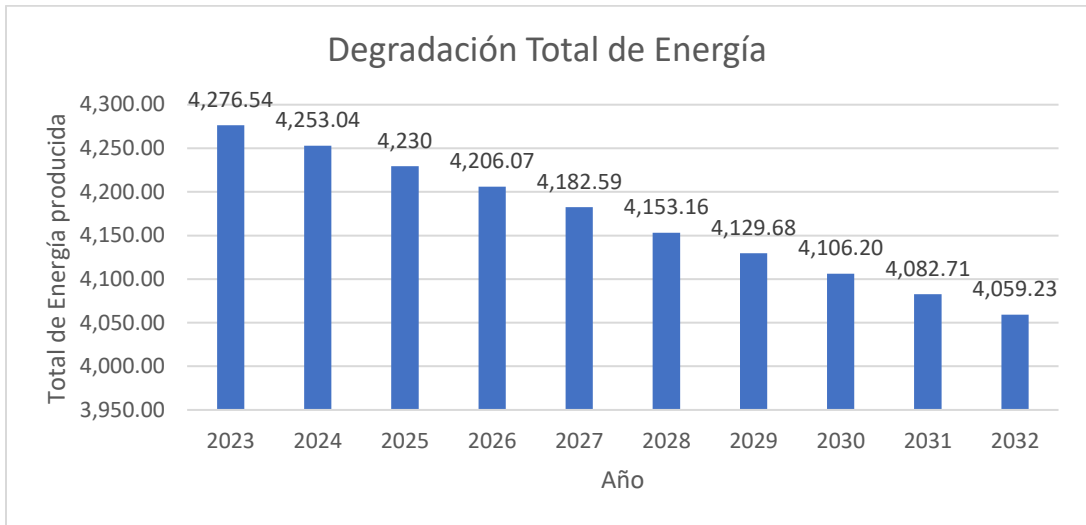


Figura 4.17 Degradación anual de energía del sistema fotovoltaico en la vivienda unifamiliar

4.3.2 ECONÓMICO

Los costos por la caída de producción o degradación del sistema no representan una pérdida preocupante que afecte los bolsillos de las familias, debido a que la pérdida anual es mínima, de apenas 23.46 KW, observar la figura 4.17, si la CFE paga 30 centavos por kilowatt generado, en términos económicos esto representa \$0.58 (cincuenta y ocho centavos) mensuales y \$7.03 anuales aproximadamente, y al cabo de 10 años sería de \$70.3 aproximadamente (setenta pesos con tres centavos), el promedio de producción bimestral durante los primeros diez años es de 694.6 kw.

4.3.2.1 Costo de inversión

Se solicitaron 2 presupuestos, la primera de la empresa Solarsur y el segundo de la empresa Reciclasol, ambas ubicadas en el estado de Yucatán, los presupuestos se pueden consultar en la imagen 4.18 y 4.19, en ellas se describen características de los componentes, costos y producción, la diferencia entre una y otra son mínimas, la elección va de acuerdo con las necesidades energéticas, características del hogar y el ingreso familiar.

4.3.2.2 Los costos de mantenimiento

- Limpieza de los módulos cada 6 meses o con más frecuencia dependiendo del polvo en la zona. Esto requiere una persona por una hora, con solo un trapo y agua para

remover el polvo. en ciudades grandes: de \$55 a \$100 pesos por módulo, aunque con 4 módulos el precio podría ser mayor por ser menor volumen. Si llueve seguido se puede reducir la frecuencia.

- Programación, en caso de que se cambie el Router.
- Eléctrico, no debiera, pero la instalación se debe asegurar que dure por lo menos 20 años; ej. usar el tipo de cable adecuado.
- Estructura, asegurar que sea aluminio estructural fabricado para paneles, el mantenimiento es nulo sin embargo cualquier otro material o un medio salino puede requerir pintar y reemplazar partes a lo largo de los 20 años.
- Atención por garantías, como se usa un solo inversor central si esta falla se puede

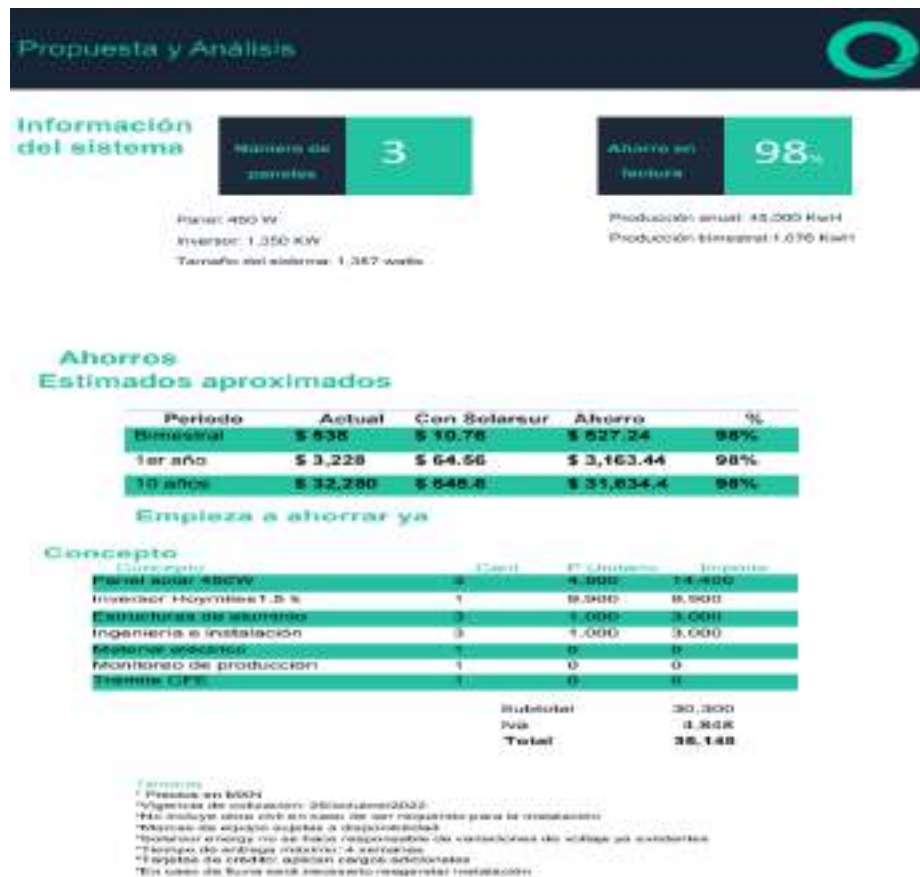


Figura 4.18 Presupuesto solarsur

quedar hasta un mes sin producir más el costo del técnico por realizar el cambio (la garantía cubre el producto).



RECICLA Y AHORRA, EL SOL ESTA DE TU LADO.

Cotización SO PAK-672
19 OCTUBRE 2022

SISTEMA DE GENERACION DE ENERGIA SOLAR

Unidad	CONCEPTO Y MARCA	PRECIO UNITARIO	TOTAL
	Producción estimada bimestral 900kw		
1	Inversor Grogatt 3.6kw		
4	Módulo Solar 550W mono Grado A/ Para Sistemas de Interconexión con la Red Eléctrica y Sistemas Aislados en 24 Vcd. MARCA LONGI	\$ 31,741.00	\$ 31,741.00
1	Kit Next-Rail Vertical 6 paneles en 2 filas 20" hasta 1160mm (A)		
1	Suministro e Instalación de Módulos Solares: incluye maniobra, cables protecciones FV y Todo lo necesario para su correcto Funcionamiento.		

Figura 4.19 Presupuesto reciclasol

De acuerdo con las características antes expuestas de las dos cotizaciones, se optó por seleccionar los módulos de la empresa ReciclaSol para adquirir los componentes del sistema fotovoltaico, el cual cumplen con los requerimientos de las viviendas unifamiliares (costo, potencia, especificaciones técnicas).

Para obtener una producción de energía fotovoltaica que oscile entre 500 y 600 kilovatios por bimestre utilizando módulos de 550 vatios, fue necesario instalar cuatro módulos fotovoltaicos, teniendo en cuenta los errores del 15% por las condiciones climáticas reales, además de los periodos de consumo según las tablas anteriores.

Como podemos observar en la tabla 4.2, el nivel de energía producida anualmente por los módulos monocristalinos asciende a 4,276.56 Kwh al año, por lo que la facturación anual de esta sería de:

$4,276.56 \text{ kw/a} \times \0.89 en promedio del costo de cada kw = \$3,806.1384 al año, después se va reduciendo gradualmente cada año, mientras que el precio por kW es un factor que puede cambiar anualmente.

Considerando la información proporcionada, es posible determinar el período de recuperación (PR). Según Schallenberg-Rodríguez et al. (2008), este período puede

entenderse como el período requerido para recuperar el gasto inicial, en este caso, para el establecimiento del sistema solar fotovoltaico.

considerando un ahorro económico del 95% con la implementación del SFVIR en las viviendas unifamiliares. Por lo que $\$3,806.1384 \times 95\% = \$3,615.8314$ de ahorro anual y el 5% restante que son \$190.307 es el monto que se le estará pagando a la CFE anualmente por derecho de alumbrado público o tendido de cable.

Entonces, para recuperar la inversión se determina al dividir el costo de la inversión, que asciende a \$31,741.00, entre el ahorro anual estimado de \$3,615.8314, lo que proyecta un período de alrededor de 8.7 años.

En la tabla 4.3 se observa un ejemplo del retorno de inversión de una vivienda unifamiliar cuyo monto de facturación promedio es de \$546.00 bimestralmente, Se nota que el ahorro anual en el gasto de electricidad facturado por CFE asciende a \$3,112.20, en contraste con el costo de la inversión de \$31,741.00.

Calculamos el PIR al dividir el gasto de implementación de \$31,741.00 entre el ahorro anual de \$3,112.20, lo que nos proporciona un resultado cercano a 10 años.

Tabla 4.3 Retorno de inversión de una vivienda unifamiliar del municipio de Dzitbalché

Número de panes	4	Ahorro en factura		95 %
Panel	550 W	Producción anual en condiciones óptimas aproximadamente	4,276.56 KWH	
		Promedio de Producción bimestral en condiciones óptimas aproximadamente	712.76 KWH	
Ahorros estimados Aproximados				
Periodo	Actual	Con el SFV	Ahorro	%
bimestral	\$546	\$27.3	\$518.7	95%

1er año	\$3,276	\$163.8	\$3,112.20	95%
10 años	\$32,760	\$1,638.00	\$31,122	95%

Tabla 4.4 Eficacia energética del sistema fotovoltaico en las viviendas unifamiliares

<i>Sin el sistema fotovoltaico</i>		<i>Con el sistema fotovoltaico</i>	
Número de paneles	0	Número de paneles	4
Inversión	0	Inversión	\$31,741.00
Retorno de inversión	0	Retorno de inversión	10 aproximadamente
Consumo bimestral	500 a 600 Watts	Consumo bimestral	25 a 40 watts
Costo de factura eléctrica	\$445 a \$534	Costo de factura eléctrica	\$25 a \$50
ahorro	0%	ahorro	90% a 95%

4.3.2.3 Proyección del incremento de costo de la electricidad

Se ha empleado como resultado de la Encuesta del Presupuesto Familiar para evaluar el impacto en diversos hogares. Este enfoque de análisis facilita la obtención de datos detallados para distintos grupos, permitiendo una evaluación más precisa del impacto en diferentes segmentos de hogares. Esto incluye grupos más vulnerables que enfrentan desafíos económicos al adquirir electricidad.

El incremento en el costo de los carburantes, atribuible a los enfrentamientos militares en varios países, ha generado una crisis económica y energética. Esto tiene un impacto directo en los costos de generar electricidad, lo que se refleja en facturas más altas para los usuarios.

El progreso de las energías renovables en diversos escenarios hacia 2030 podría tener un impacto favorable en la reducción del gasto en energía de los hogares unifamiliares. En los últimos tiempos, los precios de las dos principales fuentes de energía utilizadas en los hogares, electricidad y gas, han experimentado un aumento debido a varios factores. Según datos de la CFE (2022), el precio de la electricidad ha aumentado un 7.1 % anual en

comparación con el año anterior. En la figura 4.20 se puede observar el incremento anual de la electricidad proyectada a 10 años, teniendo como referencia un 7.1% en comparación con el incremento del año 2022. Esto significa que el período requerido para recuperar la inversión podría ser minimizado.

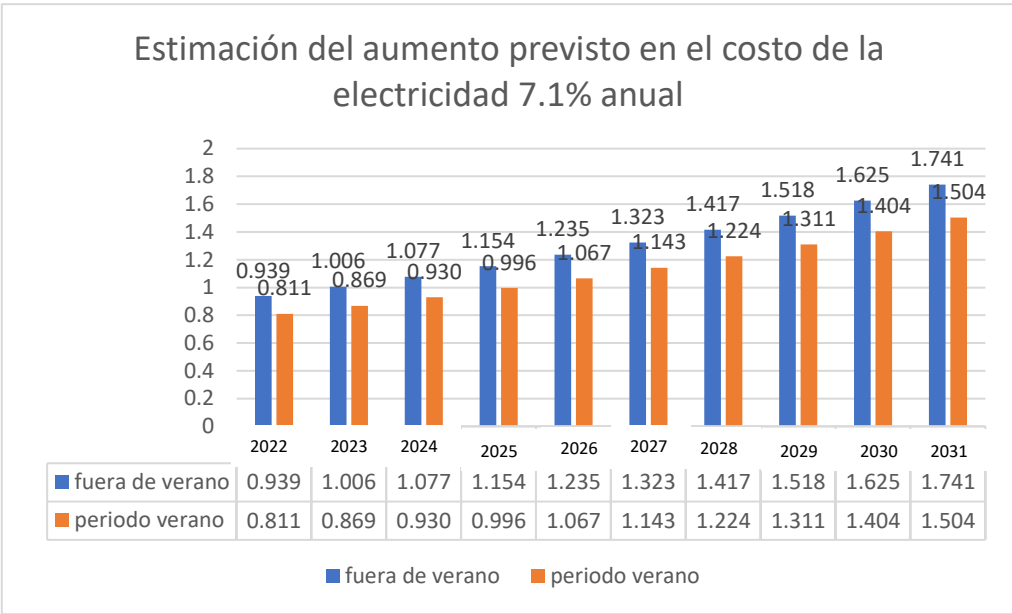


Figura 4.20 Proyección del incremento de precio de la electricidad en 7.1% anual proyectada a 10 años

Para conocer el impacto sobre el pago de las facturas se ha desarrollo un pequeño simulador de la proyección de las estimaciones aproximadas de los costos de la electricidad residencial, realizado en base con la encuesta de ingresos familiares, el cual permite obtener datos como los ahorros mensuales, bimestrales, anuales y retorno de la inversión. En el simulador lo primero que se hace es colocar de cuanto es la capacidad del sistema en KW, en este caso es de 2.2 KW, seguidamente se introduce las horas pico solar por día, esto varía según la ubicación geográfica, los siguientes datos se va generar automáticamente como son los KW generados por día y por bimestre. En la parte de energía facturada se introduce los kilowatts consumidos por mes o bimestre y sus respectivos costos dependiendo del mes y la tarifa en que se encuentra, al multiplicar estos dos factores automáticamente se genera un total de los costos. En el desglose se adicionan el IVA y el DAP (Derecho de Alumbrado Público) y se obtiene el total de la factura que se pagara. Mientras que en el costo proyectado sería prácticamente igual, restando los kilowatts generados por el sistema fotovoltaico. Una vez obtenido los totales actuales y el total

RESULTADOS Y DISCUSIONES

proyectado, se puede obtener mediante una resta los ahorros mensuales o bimestrales, con esta información se puede saber el ahorro anual, el retorno de inversión y el total de ahorros después de que se haya pagado el sistema. Se puede modificar los consumos y verificar hasta donde es viable un sistema de interconexión, es importante notar que la inversión se puede recuperar en un tiempo más corto en casos donde el consumo eléctrico es moderado o superior, dado que los costos por kilovatio son más altos en estas situaciones.

CALCULAR RETORNO DE INVERSIÓN EN TARIFAS DOMÉSTICAS							
PROYECCIÓN DE AHORRO							
SISTEMA:		2.2	KW				
HORAS DE GENERACION POR DIA		5.6	HRS				
KW GENERADOS POR DIA		12.32	KW				
KW GERADOS POR BIMESTRE		751.52	KW				
ENERGÍA FACTURA AGOSTO-OCTUBRE							
COSTO ACTUAL			COSTO PROYECTADO				
ENERGÍA (KW)	PRECIO KW	TOTAL	ENERGÍA (KW)	PRECIO KW	TOTAL		
BÁSICO	300	\$ 0.87	\$ 260.70	BÁSICO	298.48	\$ 0.87	\$ 259.38
INTERMEDIO	750	\$ 1.13	\$ 849.00	INTERMEDIO	-1.52	\$ 1.13	\$ 1.72
EXCEDENTE	0	\$ 2.94	\$ -	EXCEDENTE	0	\$ 2.94	\$ -
TOTAL	1050		\$ 1,109.70	TOTAL			261.09672
DESGLOSE IMPORTE A PAGAR							
COSTO ACTUAL			COSTO PROYECTADO				
ENERGÍA:	\$	1,109.70	ENERGÍA (KW)	\$	261.10		
IVA 16%	\$	177.55	IVA 16%	\$	41.78		
FAC. DEL PERIODO	\$	1,287.25	FAC. DEL PERIODO	\$	302.87		
DAP	\$	26.49	DAP	\$	26.49		
TOTAL:	\$	1,313.74	TOTAL	\$	329.36		
AHORRO		\$ 984.38					
ENERGÍA FACTURA PROMEDIO							
COSTO ACTUAL			COSTO PROYECTADO				
ENERGÍA (KW)	PRECIO KW	TOTAL	ENERGÍA (KW)	PRECIO KW	TOTAL		
BÁSICO	300	\$ 0.87	\$ 260.70	BÁSICO	148.48	\$ 0.87	\$ 129.03
INTERMEDIO	600	\$ 1.13	\$ 679.20	INTERMEDIO	-151.52	\$ 1.13	-\$ 171.22
EXCEDENTE	0	\$ 2.94	\$ -	EXCEDENTE	0	\$ 2.94	\$ -
TOTAL	900		\$ 939.90	TOTAL			-42.18848
DESGLOSE IMPORTE A PAGAR							
COSTO ACTUAL			COSTO PROYECTADO				
ENERGÍA:	\$	939.90	ENERGÍA (KW)	-\$	42.19		
IVA 16%	\$	150.38	IVA 16%	-\$	6.75		
FAC. DEL PERIODO	\$	1,090.28	FAC. DEL PERIODO	-\$	48.94		
DAP	\$	26.49	DAP	\$	26.49		
TOTAL:	\$	1,116.77	TOTAL	-\$	22.45		
AHORRO		\$ 1,139.22	COSTO	\$ 31,741.00			
AHORRO ANUAL		\$ 6,835.34					
RETORNO DE INVERSIÓN (AÑOS)		4.6					
AÑOS DE VIDA DEL SISTEMA		25					
TOTAL DE AHORROS		\$ 139,142.40					

Figura 4.21 Sistema de proyección de ahorros

Desde una perspectiva económica, el factor más significativo que afectaría a los hogares unifamiliares sería el costo reflejado en sus facturas de electricidad, lo que resultaría en un ahorro sustancial al pagar un precio final reducido. Incluso considerando posibles cambios en los precios en los años venideros, esto tendría un impacto mínimo en sus finanzas, dado que los consumos de energía de estas viviendas no exceden los límites.

En tiempos recientes, los hogares han experimentado considerables incrementos en el costo de energía, al mismo tiempo que han visto una disminución en sus ingresos, de tal manera que, redoblado el esfuerzo para pagar la factura energética, de tal manera que si observamos la figura 4.8 donde se refleja los ingresos de las familias encuestadas podemos ver que el agricultor es el que menos ingresos tiene, con un ingreso de \$5,000.00 mensuales aproximadamente, sobreviviendo con apenas \$166.00 diarios. Cantero-Cerezo (2014) identifica distintos niveles de pobreza energética: se clasifica como moderada cuando los hogares destinan entre un 10% y un 13% de sus ingresos al pago de servicios energéticos, como severa cuando este porcentaje oscila entre el 13% y el 20%, y como extrema cuando supera el 20%.

Se prevé que para 2030, el costo de la electricidad podría disminuir debido al incremento en la adopción de energías renovables. El avance en tecnologías renovables está teniendo un impacto significativo, esto resulta en una reducción en los gastos asociados de generación, rendimientos que se verán reflejados en los usuarios finales, particularmente en los hogares.

4.3.3 LOS PANELES SOLARES COMO MEDIO SUSTENTABLE

En las últimas décadas, los paneles solares tienen un aumento sustancial notable en su uso como fuente de energía. Este crecimiento ha sido considerable y se destaca por su condición de energía renovable, lo que significa que no depende de combustibles fósiles como las fuentes de energía tradicionales. En cambio, aprovecha un recurso natural inagotable: la energía solar.

Dado los compromisos internacionales que han tenido los países en materia de medio ambiente se ha vuelto muy favorable la aceptación de los paneles solares como energías limpias. Es por ello en México se debería potenciar las políticas públicas en este rubro para flexibilizar los trámites burocráticos que conlleva es la instalación de estos sistemas.

Igualmente, las políticas energéticas dirigidas hacia una utilización eficiente de esta fuente, así como su adopción y promoción, respaldarían la postura de México en favor de un modelo económico sustentable centrado en energías renovables.

La zona del Camino Real, situada en el municipio de Dzitbalché, destaca por su ubicación geográfica propicia para la implementación de energías renovables. Por ende, se asume el compromiso de conservar y resguardar el entorno natural y sus recursos naturales para las generaciones venideras.

Es importante mencionar que para la época de verano los campesinos de la región suelen hacer sus quemas de sus parcelas o mecanizados para preparar sus tierras para siembra, por lo que la contaminación por dióxido de carbono es notable en la región, y en algunos casos el fuego sale de control y son arrasados hectáreas de árboles.

Sustentabilidad de los sistemas fotovoltaicos en el municipio de Dzitbalché.

Ambiental:

- La región cuenta con una alta disponibilidad de radiación solar (Camino Real).
- Reduce y combate la contaminación ambiental.
- No contamina la atmosfera.
- Disminuye el cambio climático.
- logra recuperar los ecosistemas.

Social:

- El incremento en el bienestar y el nivel de vida
- Crear conciencia entre residentes del área.
- Son seguras y no constituyen una amenaza para la salud de residentes circundantes
- Son silenciosos, no afectan por el ruido.

Económico

- Disminuye los gastos en la factura eléctrica.
- Proporciona energía suficiente para cubrir las necesidades del hogar en tiempos de crisis energética y aumento de tarifas.
- Implementa los sistemas fotovoltaicos como un sistema de ahorro.

- Deduce impuestos para sistemas fotovoltaicos.

La reducción de las existencias de combustibles fósiles., especialmente el petróleo, resalta la urgencia de desarrollar fuentes de energía alternativas que sean sostenibles, ecológicas y rentables, como la energía generada por el viento, hidroeléctrica y la luz del sol. La búsqueda de estas alternativas se considera uno de los desafíos más importantes que la humanidad afronta en la actualidad. En particular, la energía solar está siendo aprovechada en diversas modalidades (Barbosa-García, 2012).

4.4 DISCUSIONES

En la actualidad, los sistemas fotovoltaicos tienen una amortización a corto plazo. La financiación inicial o inversiones propias en este tipo de energía es rentable por la gran aceptación actual y condiciones de mercado, así como por el abaratamiento de dichos sistemas. Esto coincide con las conclusiones de Arencibia-Carballo (2016), quien menciona, desde una perspectiva global, que el auge de la energía solar fotovoltaica ha sido uno de los acontecimientos más decisivos en la industria de la energía desde 2012 y está ayudando a redefinir el futuro de la generación de energía en todo el mundo. Cabe mencionar que los costos, tanto de inversión inicial como de producción, se han reducido entre un 55% y un 65% durante los últimos años y seguirán a la baja.

Barbosa-García et al. (2020) señalan que algunos de los principales retos que enfrentan las células fotovoltaicas son la optimización de su eficiencia en la transformación de la radiación solar en energía eléctrica, reducir los costos de fabricación y aumentar la durabilidad. Los equipos de investigación están trabajando de manera interdisciplinaria para crear y modificar nuevos materiales orgánicos, así como para desarrollar configuraciones innovadoras. Este enfoque se evidencia en el estudio actual mediante la eficiencia del proceso de convertir la energía solar en electricidad, como se describe en las especificaciones técnicas de los módulos solares utilizados, los cuales alcanzan una eficiencia del 21.5%. Esta eficiencia supera la de los paneles solares convencionales.

Cuevas-Díaz et al. (2018) destacan que el análisis de los gastos relacionados con la implementación de sistemas fotovoltaicos no ha tenido en cuenta completamente los beneficios económicos derivados de su condición de energía limpia. Aunque los beneficios son tangibles, su valoración económica puede ser elevada. Una manera simple de tener en

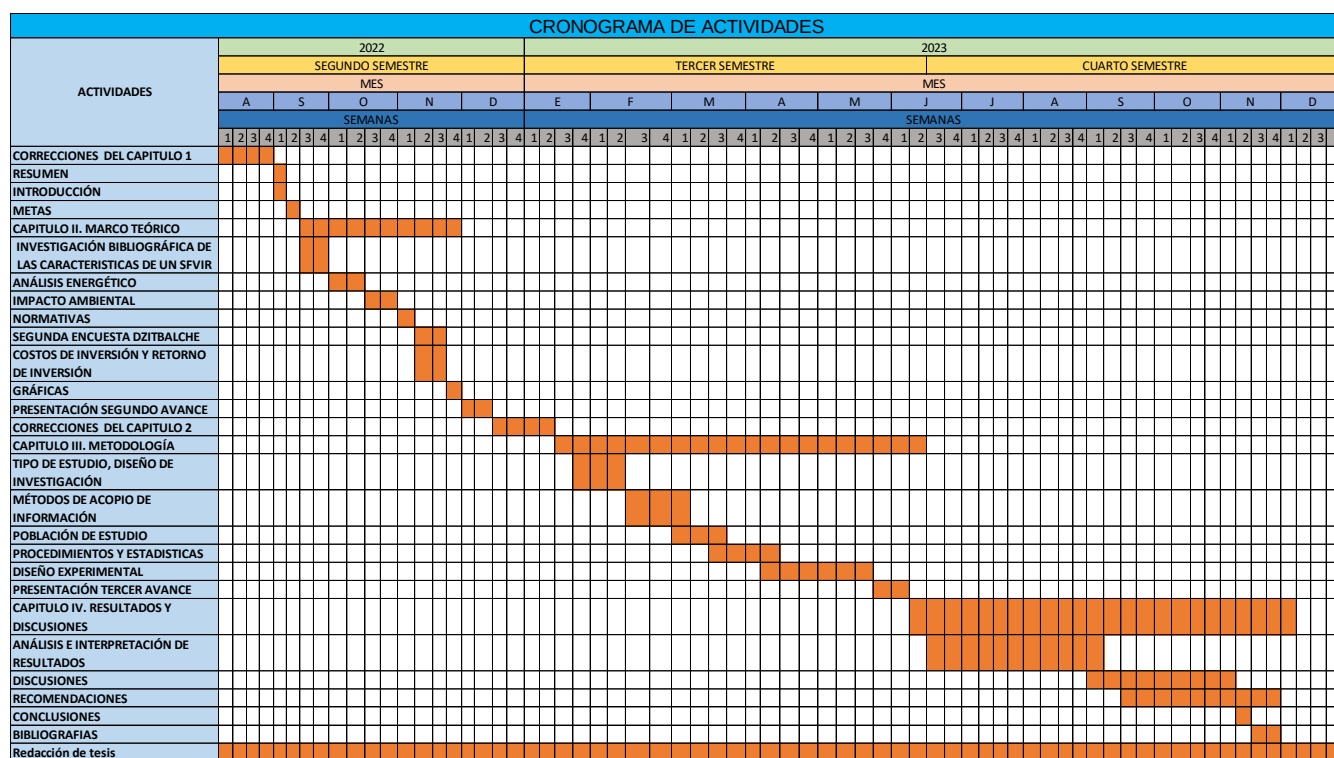
cuenta este beneficio es mediante incentivos financieros otorgados directamente a las inversiones por parte del gobierno. Esta perspectiva se alinea con los hallazgos de la presente investigación, como se puede apreciar en la Figura 4.19, se exhibe el gasto global asociado a la instalación del sistema fotovoltaico. En este sentido, el costo de inversión sigue siendo significativo para las viviendas unifamiliares en el municipio de Dzitbalché, ya que los paneles solares están en una etapa de desarrollo continuo y los costos de producción aún son elevados. Sin embargo, se espera una drástica reducción para el año 2030, impulsada por la creciente aceptación en diversos mercados y por parte de la sociedad.

Schallenberg-Rodríguez et al. (2008) mencionan que el ahorro energético y la eficiencia energética se definen como el acto de efectuar un gasto de energía menor al habitual, es decir, consiste en reducir el consumo de energía mediante actuaciones concretas, pero manteniendo el mismo nivel de confort. Esta afirmación tiene relación con el contenido de esta investigación, de tal manera que los hábitos de consumo de las viviendas unifamiliares pueden reflejarse en el pago bimestral de sus recibos de luz, como consecuencia de eliminar los hábitos que despilfarran energía.

Los sistemas fotovoltaicos son ampliamente sostenibles, amigables con el medio ambiente, rentables y eficientes en la producción de energía. Las celdas solares basadas en materiales orgánicos, conjuntamente con otras fuentes de energía renovables, serán las proveedoras de energía del futuro. Barbosa-García (2012) menciona que para sustituir las fuentes de energía no renovables se tendrá que recurrir a diversas tecnologías que satisfagan las necesidades actuales de consumo energético. Un ejemplo de ello son las celdas OPVs (fotovoltaicos orgánicos), que actualmente buscan complementar y/o sustituir en lo posible el uso de la tecnología basada en materiales inorgánicos. Entre las ventajas de las celdas OPVs se tiene un costo menor en la producción de energía, ya que no se requiere de laboratorios sofisticados de alto costo ni de mantenimiento elevado.

Uno de los hallazgos de esta investigación, con base en las entrevistas realizadas, es que las viviendas unifamiliares no cuentan con medidas, técnicas o hábito de ahorro energético, lo que lleva a un aumento en el pago de la factura de energía eléctrica de los hogares, impactando directamente en la economía familiar y la calidad de vida de las viviendas.

Cronograma de Actividades



CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES

En este estudio, se ha proporcionado una visión comprensiva y actualizada de las condiciones de las viviendas unifamiliares, así como de sus patrones de utilización de energía. Esto se ha conseguido mediante un análisis detallado de revisión bibliográfica y después de examinar los descubrimientos, se puede deducir que los sistemas fotovoltaicos no solo son eficaces, sino eficientes debido a que logran un ahorro del 90 al 95% en los pagos bimestrales de la factura eléctrica mediante el uso de sistemas fotovoltaicos de primera calidad, como resultado las familias solo pagarían un 5% de sus facturas correspondiente al DAP (Derecho de Alumbrado Público). Además, la implementación de este sistema resulta ser una opción sostenible para abastecer de energía eléctrica a las viviendas unifamiliares con recursos limitados en la zona investigada. A partir de la revisión bibliográfica y basándonos en la información recolectada, se puede llegar a la conclusión de que la energía solar tiene un gran potencial como fuente energética futura.

La evaluación del sistema fotovoltaico de acuerdo a la radiación incidente en la zona del municipio de Dzitbalché son muy satisfactorios, lo cual permite una producción energética estable, de tal manera, la electricidad generada es ligeramente mayor o igual que el usado por las viviendas unifamiliares.

Las políticas energéticas de México permiten la implementación de sistemas fotovoltaicos en los hogares, sin restricciones y con pocos trámites burocráticos. Actualmente, la implementación de paneles solares es eficaz y ecológica, pero el alto costo de su adquisición hace que solamente los que tengan una economía estable puedan adquirirla. A las familias de economía baja-media que tienen un sueldo variable se les hace muy difícil invertir un monto igual o superior a \$30,000 pesos, Por lo tanto, es crucial que tanto las entidades gubernamentales como los grupos de personas de la sociedad brinden un respaldo significativo para facilitar que estas familias accedan a los equipos, ofreciendo opciones de pago acordes a su situación económica. La inversión inicial es fuerte para estos hogares, pero el ahorro en pago de energía eléctrica es redituable para ellos y evita sobrecargar el sistema de CFE.

CONCLUSIONES

Para lograr la sostenibilidad no basta con el ahorro potencial. Es importante desarrollar hábitos de consumo energético a través de talleres y estrategias de mercadotecnia social, en que se fomente un uso racional de la energía en toda la población, así como adecuar las viviendas para aprovechar mejor el consumo. El Gobierno, las instituciones académicas, las empresas privadas y las ONG pueden contribuir en esta tarea.

Un país será fuerte si tiene energía y la utiliza de manera sostenible. La obtención de energía por medios eficientes, en este caso la solar, debe ser un valor que se incorpore a la cultura de cada lugar. Lo contrario llevaría a la dependencia energética, con el consecuente subdesarrollo y falta de oportunidades. Entonces, a mejor uso de la energía, más desarrollo y sostenibilidad.

REFERENCIAS

Acciona, 2020. Energía Solar [Online] (Actualizado 16 junio 2020).

Disponible en: https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/?_adin=02021864894

[Acceso 10 abril 2023].

Altomonte, H., Coviello, M., & Lutz, W. F. (2003). *Energías renovables y eficiencia energética en América Latina y el Caribe: restricciones y perspectivas*. Cepal.

Aluminext (2022). *Next-Rail de Aluminio anodizado* [Online] (Actualizado 1 febrero 2018).

Disponible en: <https://aluminext.solar/producto/next-rail/>

[Acceso 3 mayo 2023].

AlusínSolar(2020) Principales componentes de una instalación fotovoltaica [Online] (Actualizado 9 enero 2020).

Disponible en: <https://alusinsolar.com/principales-componentes-de-una-instalacion-fotovoltaica/>

[Acceso 3 mayo 2023].

Andrade Zamora, F., Alejo Machado, O. J., & Armendariz Zambrano, C. R. (2018). *Método inductivo y su refutación deductista*. *Conrado*, 14(63), 117-122.

André, F. J., De Castro, L. M., & Cerdá, E. (2012). *Las energías renovables en el ámbito internacional*. Cuadernos económicos de ICE, 83, 11-36.

Arencibia-Carballo, G. (2016). *La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica*. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 17(9),1-4.

Autosolar (2023). *Estructura para paneles solares* [Online] (Actualizado 24 enero 2019).

Disponible en: <https://autosolar.es/estructura-paneles-solares>

[Acceso 3 mayo 2023].

Bachiller-Araque, J. (2010). Energía y Sostenibilidad. El reto europeo del logro de los objetivos del 2020. *Economía industrial*, (377), 127-139.

REFERENCIAS

Barbosa-García (2012). *Celdas solares inorgánicas como fuente de energía sustentable*. Universidad de Guanajuato, acta universitaria, volumen 22 N. 5.

Barbosa-García, O. y Maldonado, J.L. (2020). *Megaproyectos solares en Carmen y Afectación a Área Natural Protegida, Campeche, México*.

BBVA (2022). *¿Qué es la energía solar y cómo se produce? Cuando el sol es el protagonista* [Online] (Actualizado 07 diciembre 2023).

Disponible en: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-energia-solar/>

[Acceso 15 diciembre 2023].

Beguiristáin-Repáraz, I. (2000). *La vivienda unifamiliar y la búsqueda del ideal orgánico: una experiencia truncada*. Sección III: la incipiente reflexión teórica, (pp 1-26).

Beltrán-Telles, A., Morera-Hernández, M., López-Monteagudo, F. E., & Villela-Varela, R. (2017). Prospectiva de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica. *CienciaUAT*, 11(2), 105-117.

Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación. Administración, Economía, Humanidades y Ciencias Sociales*. Tercera ed. Colombia.: pearson educación, Colombia.

Cablefotovoltaico (2022). *Cable fotovoltaico* [Online] (Actualizado 07 enero 2023).

Disponible en: <https://cablefotovoltaico.com/collections/cable-fotovoltaico>

[acceso 05 julio 2023].

Cablefotovoltaico (2022). *Conector panel solar* [Online] (Actualizado 07 enero 2023).

Disponible en: <https://cablefotovoltaico.com/products/conector-panel-solar-1500-v-dc-para-cable-fotovoltaico-4mm2-y-6mm2>

[acceso 05 julio 2023].

REFERENCIAS

Calvente, A. (2007). *El concepto moderno de sustentabilidad* (pp. 1-3). UAIS-SDS-100-002). Buenos Aires.

Camones-Olaza(2019). *Evaluación de patologías del concreto de las viviendas unifamiliares del puerto de Huarmey, Ancash.*

Cantero-cerezo (2014). *El beneficio económico y social de las energías renovables. Congreso nacional del medio ambiente.*

CFE (2008). *Interconexión a la red eléctrica de baja tensión de sistemas fotovoltaicos con capacidad hasta 30 kw.* <https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/f/G0100-04.pdf>

Cfe (2022). nuevo contrato [Online] (Actualizado 01 enero 2023).

Disponible en:

https://www.cfe.mx/hogar/nuevocontrato/pages/contratacion_interconexion_hogar.aspX

[Acceso 7 junio 2023].

Comisión Federal de Electricidad (2022). Tarifa 1C de la Comisión Federal de Electricidad y sus precios 2022 [Online] (Actualizado 20 junio 2022).

Disponible en:Tarifa 1C: Precios 2022 - Comisión Federal de Electricidad. (tarifasdeluz.mx)

[Acceso 7 junio 2023].

Cueva Diaz, R. L., & Villafuerte Fuerte, J. (2018). Viabilidad del uso de celdas fotovoltaicas en zonas rurales aisladas de alta densidad.

DamiaSolar (2022). *Tipos de paneles solares fotovoltaicos* [Online] (Actualizado 05 enero 2023).

Disponible en: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/tipos-de-placas-solares-fotovoltaicas_1

[Acceso 7 junio 2023].

REFERENCIAS

Díaz (2015). *Eficiencia energética y utopía. Componentes básicos de un sistema fotovoltaico* [Online] (Actualizado 16 mayo 2015).

Disponible en: <https://juanfrancisco207.wordpress.com/category/energia-solar/>.

[Acceso 10 junio 2023].

Ecomaqmx (2022). *Módulo solar* [Online] (Actualizado 29 noviembre 2022).

Disponible en : <https://www.ecomaq.mx/products/panel-solar-evans-335-watts-policristalino-p30v-335>

[Acceso 10 junio 2023].

Efimarket (2023). ¿Qué es la Hora Solar Pico (HSP), para qué sirve y cómo calcularlo? [Online] (Actualizado 23 septiembre 2020).

Disponible en: <https://www.efimarket.com/blog/la-hora-solar-pico-hsp-sirve-calcularlo/#:~:text=De%20forma%20sencilla%20decimos%20que,que%20est%C3%A1%20transmitiendo%201000W%2Fm2>.

[Acceso 11 junio 2023].

Electricaplicada (2022). ¿Cuál es el mejor tipo de panel solar-mono/polycritalino? [Online] (Actualizado 10 enero 2023).

Disponible en: <https://www.electricaplicada.com/cual-es-el-mejor-tipo-de-panel-solar-mono-polycrystalline-thin-film/>

[Acceso 7 julio 2023].

Elfinanciero (2023). Causas por la que la inflación sube [Online] (Actualizado 14 octubre 2023).

Disponible en: [Y a todo esto, ¿por qué se genera la inflación y cómo se puede controlar? – El Financiero](#)

[Acceso 2 noviembre 2023].

REFERENCIAS

Enair (2022). Estimación de producción eólica y solar [Online] (Actualizado 5 enero 2021).

Disponible en: [Calcula la producción eólica y solar con un solo click \(enair.es\)](https://enair.es/calculadora)

[Acceso 10 abril 2023].

Enciso-Chávez, N. A. (2019). Antecedentes, perspectivas y potencial de la energía solar fotovoltaica en la industria en Puebla, México. *Revista de Energías Renovables*, 18.

Espinoza-Pajuelo, L. Á., & Ochoa-Pachas, J. M. (2020). *El nivel de investigación relacional en las ciencias sociales*. Acta jurídica peruana, 3(2), 93-111.

Freepng (2023). *Panel de formato teja o baldosa* [Online] (Actualizado 20 enero 2022).

Disponible en: <https://www.freepng.es/png-0ti89d/>

[Acceso 10 septiembre 2022].

Gmdsol (2022). *Sistemas de concentración* [Online] (Actualizado 15 febrero 2022).

Disponible en: <http://gmdsol.com/en-que-consiste-la-concentracion-fotovoltaica-cpv/>

[Acceso 10 septiembre 2022].

Gobierno de Campeche (2021-2027). *Plan Estatal de Desarrollo* [Online] (Actualizado 2 septiembre 2023).

Disponible en: www.campeche.gob.mx/images/pedeselectronico/

[Acceso 5 octubre 2023].

Google.com/maps (2022). Dzitbalche [Online] (Actualizado 1 enero 2023).

Disponible en:

<https://www.google.com/maps/place/24920+Dzitbalch%C3%A9,+Camp./@20.3228829,->

[90.076549,14z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x85f87c3a39947f4b:0x2b487cb17f0a3e30!8m2!3d20.3219354!4d-90.0583287!16zL20vMDFia2x5?entry=ttu](https://90.076549.14z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x85f87c3a39947f4b:0x2b487cb17f0a3e30!8m2!3d20.3219354!4d-90.0583287!16zL20vMDFia2x5?entry=ttu)

[Acceso 8 mayo 2023].

Guerra, N., Guevara, M., Palacios, C., & Crupi, F. (2018). Operation and physics of photovoltaic solar cells: an overview. *Revista de I+D Tecnológico*, 14(2), 84-95.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Capítulo 9 Recoleccion de datos cuantitativos. R. Hernández Sampieri, Metodología de la investigación*, 20194-267.

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: la ruta cuantitativa, cualitativa y mixta. R. *Hernandes Siampieri, & C. P. Mendoza Torres, METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION las rutas cuantitativa cualitativa y mixta. Mexico: Editorial Mc Graw Hill Education.*

Hilario-Antonio, M. P. (2021). *Análisis de sistema de energía eléctrica utilizando celdas fotovoltaicas en las zonas rurales de la región Junín.*

Huerta Mascotte, E. (2016). *Estudio de las características de una celda fotovoltaica para el uso eficiente de la energía solar. Acta Universitaria.*

Intem (2023). Tarifas CFE 2023 [Online] (Actualizado enero 2023).

Disponible en: [Tarifas CFE 2023: ¿cuáles son los nuevos costos de luz? \(intemx.com\)](https://tarifas.cfe.gob.mx/)

[Acceso 19 septiembre 2023].

Irama, P. R. J., & Arturoa, M. B. (2017). *Productividad de paneles solares monocristalinos. In MEMORIAS DEL XXIII CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM A (Vol. 5, p. 79).*

Linares González, C. E. y Bárbara G. (2017). *producción de películas delgadas para producción de celdas fotovoltaicas.*

REFERENCIAS

Linares Llamas, P. (2009). Eficiencia energética y medio ambiente. Economía y medio ambiente, Instituto de investigación tecnológica, Universidad Pontificia Comillas No. 847 (Pp1-18).

Mancco Leandro, P. C. (2015). *Seguidor solar de paneles fotovoltaicos para electrificación rural aislada con aviso preventivo de mantenimiento*. Pontificia Universidad Católica del Perú, facultad de ciencias e ingeniería (pp.1-34).

Martínez Miguélez, M. (2006). *Validez y confiabilidad en la metodología cualitativa*. Paradigma, 27(2), 07-33.

Ministro de Energía y Minería (2022). *Consejos para un uso responsable de la electricidad [Online] (Actualizado 2 febrero 2020)*.

Disponible en: <https://www.minem.gob.ar/www/835/26161/consejos-para-el-uso-responsable-de-la-electricidad>

[Acceso 2 junio 2023].

Neoenergía(2023). *Consumo de energía consciente [Online] (Actualizado 8 febrero 2023)*.

Disponible en: <https://www.neoenergia.com/es-es/sostenibilidad/eficiencia-energetica/Paginas/consumo-consciente.aspx>

[Acceso 2 junio 2023].

Opengy (2023). *Panel bifacial [Online] (Actualizado 5 enero 2023)*.

Disponible en: <https://www.opengy.com/paneles-solares-fotovoltaicos-bifaciales-que-son-instalacion-sobre-cubierta/>

[Acceso 7 junio 2023].

REFERENCIAS

Pereda, S. I. (2005). *Celdas fotovoltaicas en generación distribuida*. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial Mención Electricidad. Pontificia universidad católica de chile, escuela de ingeniería.

Pilco, D., & Jaramillo, J. (2008). *Sistemas fotovoltaicos para iluminación: paneles fotovoltaicos*. Univ. Técnica Part. Loja, 1-4.

Quelepasaamicasa (2022). *Celda policristalina [Online] (Actualizado 22 marzo 2019)*.

Disponible en: <https://quelepasaamicasa.com/energias-renovables/panel-monocristalino-y-policristalino/>

[Acceso 10 julio 2023].

Reciclasol (2023). *Sistemas fotovoltaicos [Online] (Actualizado 2 febrero 2023)*.

Disponible en: <https://reciclasol.com/>

[Acceso 6 abril 2023].

Ryse Energy (2020). *Atlas eólico y solar mundial [Online] (Actualizado 5 enero 2021)*.

Disponible en: [Calcula la producción eólica y solar con un solo click \(enair.es\)](https://enair.es/calculadora/)

[Acceso 10 abril 2023].

Santos, R. D., Gerard, H., Fernández, M. C., & Acosta, B. H. (2012). *Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica, su diseño*. In *presentado en II Congreso Cubano de Ingeniería Eléctrica, La Habana, Cuba*.

Schallenberg Rodríguez, J. C., Piernavieja Izquierdo, G., Hernández Rodríguez, C., & Unamunzaga Falcón, P. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*.

Sener (2012). *Prospectiva de energías renovables 2012-2026 [Online] (Actualizado 15 enero 2012)*.

Disponible en:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62954/Prospectiva_de_Energias_Renovables_2012-2026.pdf

[Acceso 5 octubre 2023].

Sener (2016). Prospectiva de energías renovables [Online] (Actualizado 8 enero 2016).

Disponible en:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177622/Prospectiva_de_Energias_Renovables_2016-2030.pdf

[Acceso 5 octubre 2023].

Solarama (2023). *¿Qué es y cómo calcular hora solar pico?* [Online] (Actualizado 3 marzo 2019).

Disponible en: <https://solarama.mx/blog/como-calcular-hora-solar-pico/>

[Acceso 25 julio 2023].

Solarinc (2023). *Medidor bidireccional* [Online] (Actualizado 5 febrero 2021).

Disponible en: <https://www.energiasolarinc.com/medidor-bidireccional-cfe/#:~:text=Un%20medidor%20bidireccional%20de%20la,produce%20con%20tu%20sistema%20fotovoltaico.>

[Acceso 25 julio 2023].

Sosa, SB, Isaac-Márquez, R, Eastmond, A, Ayala, ME, & Arteaga, MA. (2010). *Educación superior y cultura ambiental en el sureste de México. Universidad y ciencia*, 26(1), 33-49.

Sotysolar (2022). *Inversores solares* [Online] (Actualizado 2 abril 2023).

Disponible en: <https://sotysolar.es/blog/que-son-los-inversores-fotovoltaicos>

[Acceso 25 julio 2023].

REFERENCIAS

sunCalc (2018). *Trayectoria solar* [Online] (Actualizado 2 octubre 2018).

Disponible en: <http://suncalc.net/#/22.4352,-97.8897,17/2015.06.19/15:18>

[Acceso 12 marzo 2023].

Talavera-sosa, J.R., (2002). *Ensayo Monográfico de la ciudad de Dzitbalché*. Edición del Ayuntamiento de Calkiní, Campeche. Multi Impresos de Campeche.

Tarifasdeluz.mx (2022). Tarifasdeluz [Online] (Actualizado 20 junio 2022).

Disponible en: [Tarifa 1C: Precios 2022 - Comisión Federal de Electricidad. \(tarifasdeluz.mx\)](http://tarifasdeluz.mx)

[Acceso 04 noviembre 2022].

Valdés-Barrón, M. G., Bonifaz-Alfonzo, R., González-Cabrera, A. E., Estévez-Pérez, H. R., Rodríguez-Rasilla, I., Retama-Hernández, A., & Riveros-Rosas, D. (2020). *Energía solar disponible en la ciudad de México*. In *CIES2020-XVII Congreso Ibérico e XIII Congreso Ibero-americano de Energía Solar* (pp. 905-910). LNEG-Laboratório Nacional de Energia e Geologia.

ANEXOS

Anexo 1. Formato de la solicitud de interconexión

Fecha _____ Número de Solicitud _____

I. Datos del Solicitante

Nombre, Razón Social o Razón Social

Domicilio
Calle _____ Número exterior _____ Número interior _____ Código Postal _____
Ciudad/Población _____ Delegación/Municipio _____ Estado _____
Teléfono _____ Correo Electrónico _____ Fax _____

II. Datos de Contacto

Nombre _____ Puesto _____
Domicilio
Calle _____ Número exterior _____ Número interior _____ Código Postal _____
Ciudad/Población _____ Delegación/Municipio _____ Estado _____
Teléfono _____ Correo electrónico _____ Fax _____

III. Datos de la Solicitud

Modalidad de la Solicitud Baja Tensión ☐ Alta Tensión ☐

IV. Utilización de la Energía Eléctrica Producida

Consumo de Centros de Carga ☐ Consumo de Centros de Carga y Venta de Excedentes ☐ Venta Total ☐

V. Datos del Servicio Suministro Actual

Aspecto Técnico de Usuario (P.U.) _____ Nivel de Tensión de Suministro _____

VI. Central Eléctrica

Fecha estimada de Operación Normal (DD/MM/AAAA) _____ Capacidad Bruta Instalada (Gt) _____ Capacidad e Instalaciones (kW) (DyGORA) _____ Generación Promedio Mensual Estimada (kWh/Mes) _____

VII. Manifestación de Cumplimiento de las Especificaciones Técnicas Generales

Manifesto bajo protesta de decir la verdad que la Central Eléctrica cumple con las Especificaciones técnicas requeridas de acuerdo las disposiciones aplicables. ☐

Tecnología para generación de energía eléctrica

Gas ☐ Biomasa ☐ Otra ☐
Eólica ☐ Geotérmica ☐ Hidroeléctrica ☐

Número de unidades de generación _____ Combustible principal _____ Combustible secundario _____

Coordenadas UTM		
1		
2		
3		
4		
5		
6		

(Representante Legal o el Solicitante) certifica que la información proporcionada en la presente solicitud es verídica, precisa y veraz. En consecuencia acepta que los datos proporcionados, son verídicos para fines a este procedimiento de interconexión en perjuicio de la confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional con la interconexión de la Central Eléctrica del solicitante al amparo de la ley de la Federación Mexicana de Estados Unidos, en caso de ser requeridos.

(El sell plantea evidencia que los datos proporcionados, se a faciliten a los bases de datos del suministro de energía cuando se firma un contrato de interconexión respectivo. En tal caso se deberá anexar a la presente solicitud, la información técnica requerida en el documento "Información técnica requerida para las bases de datos".

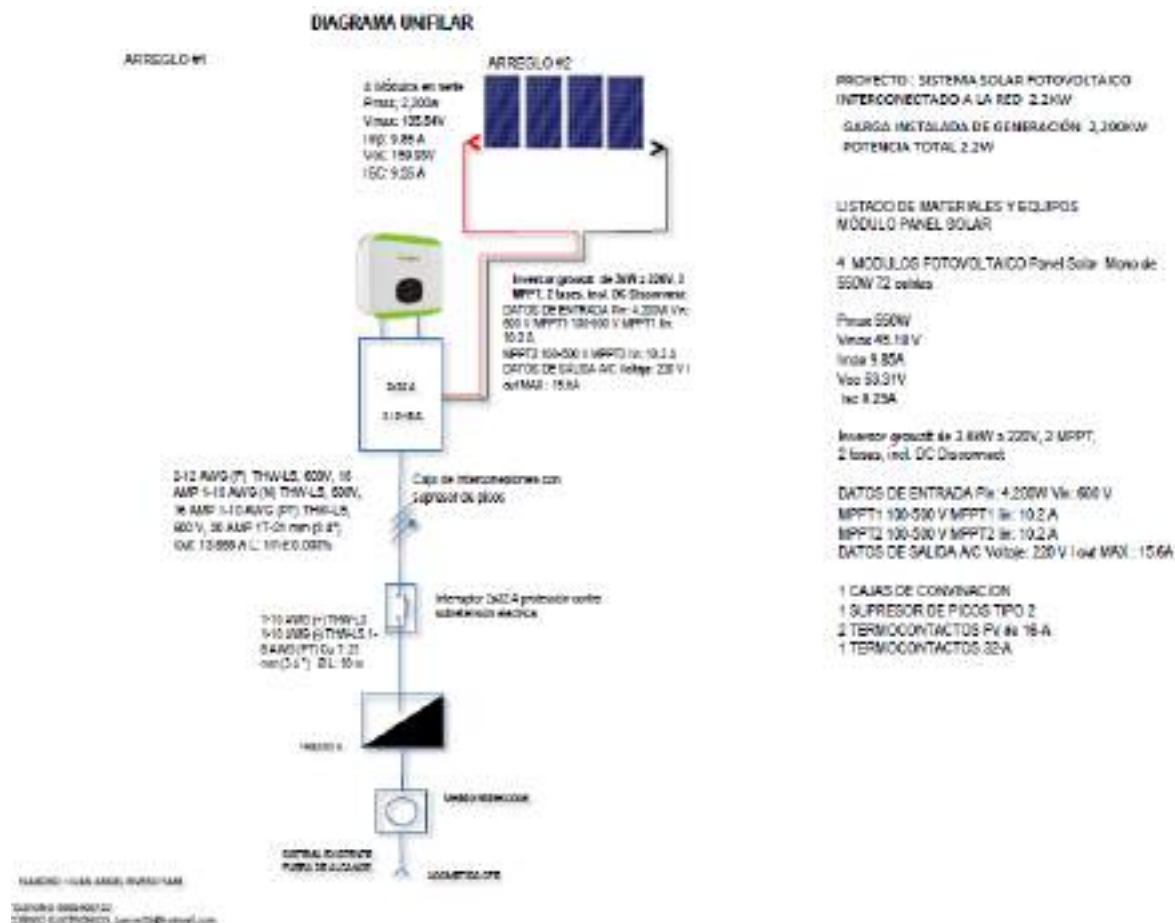
Impresión de conformidad

Sello

Nombre _____
Cargo _____
Fecha _____

Sello de la Central Eléctrica

Anexo2. Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico instalado en la vivienda



Anexo 3. Descripción técnica de los módulos solares

Harvest the Sunshine

DEEP BLUE 3.0



Mono

555W MBB Half-cell Module
JAM72S30 530-555/MR Class B

Introduction

Assembled with 11BB PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



Higher output power



Lower LCOE



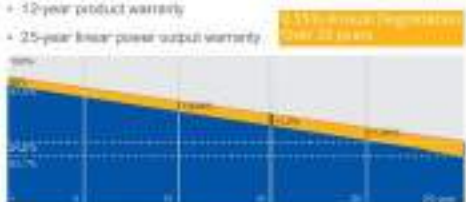
Less shading and lower resistive loss



Better mechanical loading tolerance

Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty



■ New linear power warranty ■ Standard module linear power warranty

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems
- IEC 62941: 2010 Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Quality system for PV module manufacturing





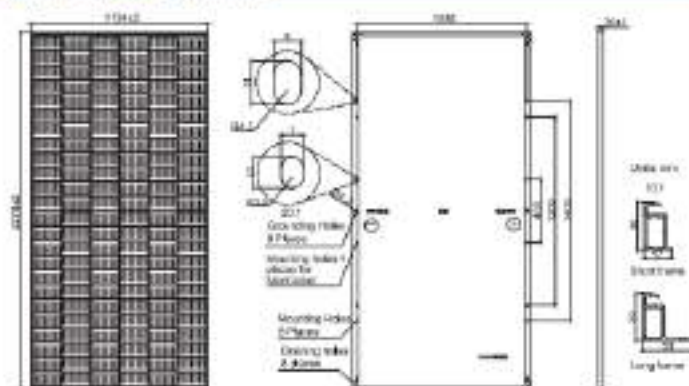
JA SOLAR

www.jasolar.com

Specifications subject to technical changes, and shall JA-Solar reserve the right of final interpretation.



MECHANICAL DIAGRAMS



© 2006 The Authors
Journal compilation © 2006 Blackwell Publishing Ltd

SPECIFICATIONS

Cell	Notes
Weight	27.8kg
Dimensions	2278x2mm=1134x2mm=30x1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (5C) , 12 AWG (UL)
No. of cells	144(5+24)
Interface Size	(P63, 3.4mm)
Connector	MC4-4S/D2 QC 4-16-35
Cable Length (including Connector)	Portrait: 200mm+(300mm×) Landscape: 1100mm+(300mm×)
Packaging Configuration	30pcs/Pallet 720pcs/40HQ Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JANP2000 -255MM	JANP2000 -255MM	JANP2000 -255MM	JANP2000 -255MM	JANP2000 -255MM	JANP2000 -255MM
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	120	120	120	120	120	120
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.20	49.45	49.50	49.75	49.00	50.32
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	41.35	41.47	41.64	41.88	41.66	42.55
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.72	13.79	13.88	13.99	14.00	14.97
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.83	12.90	12.97	13.04	13.11	13.58
Module Efficiency [%]	20.5	21.7	20.9	21.1	21.3	21.5
Power Tolerance	±10W					
Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc})	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(α _{Voc})	-0.275%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(α _{Pmax})	-0.505%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM 1.5G					

Remark: Electrical loss in the coupling diodes refer to a single molecule and they are not part of the effect. They only serve to compensate an equivalent circuit model.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

TYPE	JAM72530 -40 to 55°C	JAM72530 -30 to 60°C	JAM72530 -40 to 70°C	JAM72530 -40 to 80°C	JAM72530 -40 to 90°C	JAM72530 -40 to 100°C
Rated Max Power(P _{max}) [W]	431	430	428	412	410	400
Open Circuit Voltage(V _{oc}) [V]	48.18	48.31	48.42	48.35	48.55	48.85
Max Power Voltage(V _{mp}) [V]	38.57	39.73	39.58	39.20	39.43	39.88
Short Circuit Current(I _{sc}) [A]	11.81	11.89	11.98	11.13	11.17	11.21
Max Power Current(I _{mp}) [A]	10.38	10.83	10.87	10.51	10.55	10.69

NOTE: Irradiance 800W/m², ambient temperature 33°C, wind speed 1m/s, AM1.5.

NOTE: Ice data on RBNWtr[®] ambient temperature 20°C, wind speed 10 m/s, AMT 50.

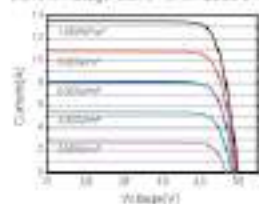
The New York bar would bill, *Harmon v. State*, Legal Proceed in 1800P and the Virginia State Legal Tech in 1800P.

OPERATING CONDITIONS

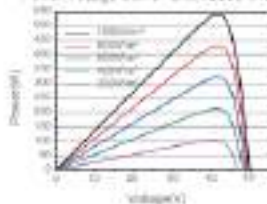
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Maximum Series Fuse Rating	25A
Maximum Static Load/Fault	5400A ⁽¹⁾ /1500V ⁽²⁾
Maximum Static Load/CCA	2400A ⁽¹⁾ /900V ⁽²⁾
MOET	40±1
Safety Class	Class I
Gas Performance	IE Type 1

CHARACTERISTICS

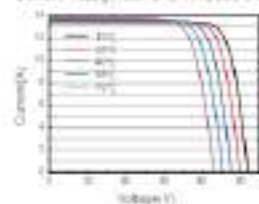
Current-Voltage Curve JAU2830-40MR



Power-to-Energy Cycles JANUARY 2005 \$5.00/HR



Current-Voltage Curve: JAM72830-64854



Premium Cells, Premium Modules

Version No.: Global EN 20220802A

Anexo 4. Descripción técnica del equipo inversor



MIN 2500~6000TL-X

- Eficiencia máxima 98.4%
- Doble seguidor MPP
- Control de exportación opcional
- Pantalla OLED y botón táctil
- Hasta 25 años de almacenamiento de datos

POWER
- I N G O
T O M O -
R R O W O

Growatt

WWW.ginverter.com

Ficha de datos	MIN 2500TL-X	MIN 3000TL-X	MIN 3600TL-X	MIN 4200TL-X	MIN 4800TL-X	MIN 5000TL-X	MIN 6000TL-X
Datos de entrada (CD)							
Máxima potencia TV recomendada	3500W	4200W	5040W	5980W	6440W	7500W	8700W
Máxima salida CD *				500i			
Voltaje de entrada				100v			
Rango de voltaje de MPPT / salida nominal				80V/50V / 560V			
Máxima corriente por MPPT				13.5A/13.5A			
Corriente de corte circuito por MPPT				16A/16A			
Número de MPPT / Corriente por MPPT				3/1			
Salida (CA)							
Potencia nominal CA	3600W	3000W	3400W	4000W	4600W	6000W	6320W
Potencia aparente máxima	5025VA	4000VA	3400VA	4000VA	4600VA	6000VA	6000VA
Corriente máxima de salida voltaje nominal CA (línea)	11.3A	13.6A	16A	19A	22.5A	22.5A	27.2A
Rebajando de volt CA (línea)	Predeterminado: 240V fase dividida, opcional: 208V & 240V monofásico, 180-220/000W 211-244/0-240V						
Factor de potencia nominal regulable	99.99% (40-100% 0.8-0.98)						
Distorsión armónica total	< 5% / < 0.2% ... < 0.2						
Tip. de conexión CA	Mini-USB						
Eficiencia							
Máxima eficiencia	96.2%	96.2%	96.0%	96.2%	96.2%	96.2%	96.2%
Eficiencia europea	97.1%	97.1%	97.2%	97.5%	97.5%	97.5%	97.5%
Eficiencia de MPPT				99.9%			
Dispositivos de protección							
Protección de sobrecarga inversa CD				Si			
Filtro para CD				Si			
Protección contra sobretensión CA/CD				Clase II / Clase I			
Protección de cortocircuito CA				Si			
Protección contra sobretensión AC				Si			
Monitorio de falta a tierra				Si			
Monitorio de volt				Si			
Protección de onda				Si			
Identificación de corriente residual				Si			
RFD				Si			
Datos generales							
Dimensiones				375,353x140mm			
Peso				10.9kg			
Rango de temperatura de operación				-25°C ... +50°C			
Altitud				6000m			
Ahorro de energía (proche)				< 1W			
Topología				Si transformador			
Enfriamiento				Convección natural			
Grado de protección				IP66			
Humedad relativa				100%			
Conexión DC				MPPTCA (opcional)			
Conexión AC				Conector			
Panel				Qu3+30			
Compatibilidad: PMS / LBB / MH / QMS / NSUN				Si/No/No/No/No/No/No			
Garantía: 5 años / 10 años				Si/No			
CE, ENEC109, G96, G99, VDE0110-1-1, AS4777, AS/NZS 3100, VDE-AE-N4106, OGC, ENEC1683, IEC60068, ENEC1237, IEC62111, IEC62112, IEC62113, IEC62114, IEC62115, IEC62116, IEC62117, IEC62118, IEC62119, IEC62120, IEC62121, IEC62122, IEC62123, IEC62124, IEC62125, IEC62126, IEC62127, IEC62128, IEC62129, IEC62130, IEC62131, IEC62132, IEC62133, IEC62134, IEC62135, IEC62136, IEC62137, IEC62138, IEC62139, IEC62140, IEC62141, IEC62142, IEC62143, IEC62144, IEC62145, IEC62146, IEC62147, IEC62148, IEC62149, IEC62150, IEC62151, IEC62152, IEC62153, IEC62154, IEC62155, IEC62156, IEC62157, IEC62158, IEC62159, IEC62160, IEC62161, IEC62162, IEC62163, IEC62164, IEC62165, IEC62166, IEC62167, IEC62168, IEC62169, IEC62170, IEC62171, IEC62172, IEC62173, IEC62174, IEC62175, IEC62176, IEC62177, IEC62178, IEC62179, IEC62180, IEC62181, IEC62182, IEC62183, IEC62184, IEC62185, IEC62186, IEC62187, IEC62188, IEC62189, IEC62190, IEC62191, IEC62192, IEC62193, IEC62194, IEC62195, IEC62196, IEC62197, IEC62198, IEC62199, IEC62200, IEC62201, IEC62202, IEC62203, IEC62204, IEC62205, IEC62206, IEC62207, IEC62208, IEC62209, IEC62210, IEC62211, IEC62212, IEC62213, IEC62214, IEC62215, IEC62216, IEC62217, IEC62218, IEC62219, IEC62220, IEC62221, IEC62222, IEC62223, IEC62224, IEC62225, IEC62226, IEC62227, IEC62228, IEC62229, IEC62230, IEC62231, IEC62232, IEC62233, IEC62234, IEC62235, IEC62236, IEC62237, IEC62238, IEC62239, IEC62240, IEC62241, IEC62242, IEC62243, IEC62244, IEC62245, IEC62246, IEC62247, IEC62248, IEC62249, IEC62250, IEC62251, IEC62252, IEC62253, IEC62254, IEC62255, IEC62256, IEC62257, IEC62258, IEC62259, IEC62260, IEC62261, IEC62262, IEC62263, IEC62264, IEC62265, IEC62266, IEC62267, IEC62268, IEC62269, IEC62270, IEC62271, IEC62272, IEC62273, IEC62274, IEC62275, IEC62276, IEC62277, IEC62278, IEC62279, IEC62280, IEC62281, IEC62282, IEC62283, IEC62284, IEC62285, IEC62286, IEC62287, IEC62288, IEC62289, IEC62290, IEC62291, IEC62292, IEC62293, IEC62294, IEC62295, IEC62296, IEC62297, IEC62298, IEC62299, IEC62300, IEC62301, IEC62302, IEC62303, IEC62304, IEC62305, IEC62306, IEC62307, IEC62308, IEC62309, IEC62310, IEC62311, IEC62312, IEC62313, IEC62314, IEC62315, IEC62316, IEC62317, IEC62318, IEC62319, IEC62320, IEC62321, IEC62322, IEC62323, IEC62324, IEC62325, IEC62326, IEC62327, IEC62328, IEC62329, IEC62330, IEC62331, IEC62332, IEC62333, IEC62334, IEC62335, IEC62336, IEC62337, IEC62338, IEC62339, IEC62340, IEC62341, IEC62342, IEC62343, IEC62344, IEC62345, IEC62346, IEC62347, IEC62348, IEC62349, IEC62350, IEC62351, IEC62352, IEC62353, IEC62354, IEC62355, IEC62356, IEC62357, IEC62358, IEC62359, IEC62360, IEC62361, IEC62362, IEC62363, IEC62364, IEC62365, IEC62366, IEC62367, IEC62368, IEC62369, IEC62370, IEC62371, IEC62372, IEC62373, IEC62374, IEC62375, IEC62376, IEC62377, IEC62378, IEC62379, IEC62380, IEC62381, IEC62382, IEC62383, IEC62384, IEC62385, IEC62386, IEC62387, IEC62388, IEC62389, IEC62390, IEC62391, IEC62392, IEC62393, IEC62394, IEC62395, IEC62396, IEC62397, IEC62398, IEC62399, IEC62400, IEC62401, IEC62402, IEC62403, IEC62404, IEC62405, IEC62406, IEC62407, IEC62408, IEC62409, IEC62410, IEC62411, IEC62412, IEC62413, IEC62414, IEC62415, IEC62416, IEC62417, IEC62418, IEC62419, IEC62420, IEC62421, IEC62422, IEC62423, IEC62424, IEC62425, IEC62426, IEC62427, IEC62428, IEC62429, IEC62430, IEC62431, IEC62432, IEC62433, IEC62434, IEC62435, IEC62436, IEC62437, IEC62438, IEC62439, IEC62440, IEC62441, IEC62442, IEC62443, IEC62444, IEC62445, IEC62446, IEC62447, IEC62448, IEC62449, IEC62450, IEC62451, IEC62452, IEC62453, IEC62454, IEC62455, IEC62456, IEC62457, IEC62458, IEC62459, IEC62460, IEC62461, IEC62462, IEC62463, IEC62464, IEC62465, IEC62466, IEC62467, IEC62468, IEC62469, IEC62470, IEC62471, IEC62472, IEC62473, IEC62474, IEC62475, IEC62476, IEC62477, IEC62478, IEC62479, IEC62480, IEC62481, IEC62482, IEC62483, IEC62484, IEC62485, IEC62486, IEC62487, IEC62488, IEC62489, IEC62490, IEC62491, IEC62492, IEC62493, IEC62494, IEC62495, IEC62496, IEC62497, IEC62498, IEC62499, IEC62500, IEC62501, IEC62502, IEC62503, IEC62504, IEC62505, IEC62506, IEC62507, IEC62508, IEC62509, IEC62510, IEC62511, IEC62512, IEC62513, IEC62514, IEC62515, IEC62516, IEC62517, IEC62518, IEC62519, IEC62520, IEC62521, IEC62522, IEC62523, IEC62524, IEC62525, IEC62526, IEC62527, IEC62528, IEC62529, IEC62530, IEC62531, IEC62532, IEC62533, IEC62534, IEC62535, IEC62536, IEC62537, IEC62538, IEC62539, IEC62540, IEC62541, IEC62542, IEC62543, IEC62544, IEC62545, IEC62546, IEC62547, IEC62548, IEC62549, IEC62550, IEC62551, IEC62552, IEC62553, IEC62554, IEC62555, IEC62556, IEC62557, IEC62558, IEC62559, IEC62560, IEC62561, IEC62562, IEC62563, IEC62564, IEC62565, IEC62566, IEC62567, IEC62568, IEC62569, IEC62570, IEC62571, IEC62572, IEC62573, IEC62574, IEC62575, IEC62576, IEC62577, IEC62578, IEC62579, IEC62580, IEC62581, IEC62582, IEC62583, IEC62584, IEC62585, IEC62586, IEC62587, IEC62588, IEC62589, IEC62590, IEC62591, IEC62592, IEC62593, IEC62594, IEC62595, IEC62596, IEC62597, IEC62598, IEC62599, IEC62600, IEC62601, IEC62602, IEC62603, IEC62604, IEC62605, IEC62606, IEC62607, IEC62608, IEC62609, IEC62610, IEC62611, IEC62612, IEC62613, IEC62614, IEC62615, IEC62616, IEC62617, IEC62618, IEC62619, IEC62620, IEC62621, IEC62622, IEC62623, IEC62624, IEC62625, IEC62626, IEC62627, IEC62628, IEC62629, IEC62630, IEC62631, IEC62632, IEC62633, IEC62634, IEC62635, IEC62636, IEC62637, IEC62638, IEC62639, IEC62640, IEC62641, IEC62642, IEC62643, IEC62644, IEC62645, IEC62646, IEC62647, IEC62648, IEC62649, IEC62650, IEC62651, IEC62652, IEC62653, IEC62654, IEC62655, IEC62656, IEC62657, IEC62658, IEC62659, IEC62660, IEC62661, IEC62662, IEC62663, IEC62664, IEC62665, IEC62666, IEC62667, IEC62668, IEC62669, IEC62670, IEC62671, IEC62672, IEC62673, IEC62674, IEC62675, IEC62676, IEC62677, IEC62678, IEC62679, IEC62680, IEC62681, IEC62682, IEC62683, IEC62684, IEC62685, IEC62686, IEC62687, IEC62688, IEC62689, IEC62690, IEC62691, IEC62692, IEC62693, IEC62694, IEC62695, IEC62696, IEC62697, IEC62698, IEC62699, IEC62700, IEC62701, IEC62702, IEC62703, IEC62704, IEC62705, IEC62706, IEC62707, IEC62708, IEC62709, IEC62710, IEC62711, IEC62712, IEC62713, IEC62714, IEC62715, IEC62716, IEC62717, IEC62718, IEC62719, IEC62720, IEC62721, IEC62722, IEC62723, IEC62724, IEC62725, IEC62726, IEC62727, IEC62728, IEC62729, IEC62730, IEC62731, IEC62732, IEC62733, IEC62734, IEC62735, IEC62736, IEC62737, IEC62738, IEC62739, IEC62740, IEC62741, IEC62742, IEC62743, IEC62744, IEC62745, IEC62746, IEC62747, IEC62748, IEC62749, IEC62750, IEC62751, IEC62752, IEC62753, IEC62754, IEC62755, IEC62756, IEC62757, IEC62758, IEC62759, IEC62760, IEC62761, IEC62762, IEC62763, IEC62764, IEC62765, IEC62766, IEC62767, IEC62768, IEC62769, IEC62770, IEC62771, IEC62772, IEC62773, IEC62774, IEC62775, IEC62776, IEC62777, IEC62778, IEC62779, IEC62780, IEC62781, IEC62782, IEC62783, IEC62784, IEC62785, IEC62786, IEC62787, IEC62788, IEC62789, IEC62790, IEC62791, IEC62792, IEC62793, IEC62794, IEC62795, IEC62796, IEC62797, IEC62798, IEC62799, IEC62800, IEC62801, IEC62802, IEC62803, IEC62804, IEC62805, IEC62806, IEC62807, IEC62808, IEC62809, IEC62810, IEC62811, IEC62812, IEC62813, IEC62814, IEC62815, IEC62816, IEC62817, IEC62818, IEC62819, IEC62820, IEC62821, IEC62822, IEC62823, IEC62824, IEC62825, IEC62826, IEC62827, IEC62828, IEC62829, IEC62830, IEC62831, IEC62832, IEC62833, IEC62834, IEC62835, IEC62836, IEC62837, IEC62838, IEC62839, IEC62840, IEC62841, IEC62842, IEC62843, IEC62844, IEC62845, IEC62846, IEC62847, IEC62848, IEC62849, IEC62850, IEC62851, IEC62852, IEC62853, IEC62854, IEC62855, IEC62856, IEC62857, IEC62858, IEC62859, IEC62860, IEC62861, IEC62862, IEC62863, IEC62864, IEC62865, IEC62866, IEC62867, IEC62868, IEC62869, IEC62870, IEC62871, IEC62872, IEC62873, IEC62874, IEC62875, IEC62876, IEC62877, IEC62878, IEC62879, IEC62880, IEC62881, IEC62882, IEC62883, IEC62884, IEC62885, IEC62886, IEC62887, IEC62888, IEC62889, IEC62890, IEC62891, IEC62892, IEC62893, IEC62894, IEC62895, IEC62896, IEC62897, IEC62898, IEC62899, IEC62900, IEC62901, IEC62902, IEC62903, IEC62904, IEC62905, IEC62906, IEC62907, IEC62908, IEC62909, IEC62910, IEC62911, IEC62912, IEC62913, IEC62914, IEC62915, IEC62916, IEC62917, IEC62918, IEC62919, IEC62920, IEC62921, IEC62922, IEC62923, IEC62924, IEC62925, IEC62926, IEC62927, IEC62928, IEC62929, IEC62930, IEC62931, IEC62932, IEC62933, IEC62934, IEC62935, IEC62936, IEC62937, IEC62938, IEC62939, IEC62940, IEC62941, IEC62942, IEC62943, IEC62944, IEC62945, IEC62946, IEC62947, IEC62948, IEC62949, IEC62950, IEC62951, IEC62952, IEC62953, IEC62954, IEC62955, IEC62956, IEC62957, IEC62958, IEC62959, IEC62960, IEC62961, IEC62962, IEC62963, IEC62964, IEC62965, IEC62966, IEC62967, IEC62968, IEC62969, IEC62970, IEC62971, IEC62972, IEC62973, IEC62974, IEC62975, IEC62976, IEC62977, IEC62978, IEC62979, IEC62980, IEC62981, IEC62982, IEC62983, IEC62984, IEC62985, IEC62986, IEC62987, IEC62988, IEC62989, IEC62990, IEC62991, IEC62992, IEC62993, IEC62994, IEC62995, IEC62996, IEC62997, IEC62998, IEC62999, IEC63000, IEC63001, IEC63002, IEC63003, IEC63004, IEC63005, IEC63006, IEC63007, IEC63008, IEC63009, IEC63010, IEC63011, IEC63012, IEC63013, IEC63014, IEC63015, IEC63016, IEC63017, IEC63018, IEC63019, IEC63020, IEC63021, IEC63022, IEC63023, IEC63024, IEC63025, IEC63026, IEC63027, IEC63028, IEC63029, IEC63030, IEC63031, IEC63032, IEC63033, IEC63034, IEC63035, IEC63036, IEC63037, IEC63038, IEC63039, IEC63040, IEC63041, IEC63042, IEC63043, IEC63044, IEC63045, IEC63046, IEC63047, IEC63048, IEC63049, IEC63050, IEC63051, IEC63052, IEC63053, IEC63054, IEC63055, IEC63056, IEC63057, IEC63058, IEC63059, IEC63060, IEC63061, IEC63062, IEC63063, IEC63064, IEC63065, IEC63066, IEC63067, IEC63068, IEC63069, IEC63070, IEC63071, IEC63072, IEC63073, IEC63074, IEC63075, IEC63076, IEC63077, IEC63078, IEC63079, IEC63080, IEC63081, IEC63082, IEC63083, IEC63084, IEC63085, IEC63086, IEC63087, IEC63088, IEC63089, IEC63090, IEC63091, IEC63092, IEC63093, IEC63094, IEC63095, IEC63096, IEC63097, IEC63098, IEC63099, IEC63100, IEC63101, IEC63102, IEC63103, IEC63104, IEC63105, IEC63106, IEC63107, IEC63108, IEC63109, IEC63110, IEC63111, IEC63112, IEC63113, IEC63114, IEC63115, IEC63116, IEC63117, IEC63118, IEC63119, IEC63120, IEC63121, IEC63122, IEC63123, IEC63124, IEC63125, IEC63126, IEC63127, IEC63128, IEC63129, IEC63130, IEC63131, IEC63132, IEC63133, IEC63134, IEC63135, IEC63136, IEC63137, IEC63138, IEC63139, IEC63140, IEC63141, IEC63142, IEC63143, IEC63144, IEC63145, IEC63146, IEC63147, IEC63148, IEC63149, IEC63150, IEC63151, IEC63152, IEC63153, IEC63154, IEC63155, IEC63156, IEC63157, IEC63158, IEC63159, IEC63160, IEC63161, IEC63162, IEC63163, IEC63164, IEC63165, IEC63166, IEC63167, IEC63168, IEC63169, IEC63170, IEC63171, IEC63172, IEC63173, IEC63174, IEC63175, IEC63176, IEC63177, IEC63178, IEC63179, IEC63180, IEC63181, IEC63182, IEC63183, IEC63184, IEC63185, IEC63186, IEC63187, IEC63188, IEC63189, IEC63190, IEC63191, IEC63192, IEC63193, IEC63194, IEC63195, IEC63196, IEC63197, IEC63198, IEC63199, IEC63200, IEC63201, IEC63202, IEC63203, IEC63204, IEC63205, IEC63206, IEC63207, IEC63208, IEC63209, IEC63210, IEC63211, IEC63212, IEC63213, IEC63214, IEC63215, IEC63216, IEC63217, IEC63218, IEC63219, IEC63220, IEC63221, IEC63222, IEC63223, IEC63224, IEC63225, IEC63226, IEC63227, IEC63228, IEC63229, IEC63230, IEC63231, IEC63232, IEC63233, IEC63234, IEC63235, IEC63236, IEC63237, IEC63238, IEC63239, IEC63240, IEC63241, IEC63242, IEC63243, IEC63244, IEC63245, IEC63246, IEC63247, IEC63248, IEC63249, IEC63250, IEC63251, IEC63252, IEC63253, IEC63254, IEC63255, IEC63256, IEC63257, IEC63258, IEC63259, IEC63260, IEC63261, IEC63262, IEC63263, IEC63264, IEC63265, IEC63266, IEC63267, IEC63268, IEC63269, IEC63270, IEC63271, IEC63272, IEC63273, IEC63274, IEC63275, IEC63276, IEC63277, IEC63278, IEC63279, IEC63280, IEC63281, IEC63282, IEC63283, IEC63284, IEC63285, IEC63286, IEC63287, IEC63288, IEC63289, IEC63290, IEC63291, IEC63292, IEC63293, IEC63294, IEC63295, IEC63296, IEC63297, IEC63298, IEC63299, IEC63300, IEC63301, IEC63302, IEC63303, IEC63304, IEC63305, IEC63306, IEC63307, IEC63308, IEC63309, IEC63310, IEC63311, IEC6331							

Anexo 5. Ubicación de la instalación de los paneles solares



Anexo 6. Colocación de paneles fotovoltaicos en una casa unifamiliar



Anexo 7.

Guía de entrevista para viviendas unifamiliares



Instrucciones: Por favor, responda las siguientes preguntas. La información será de mucha utilidad para entender la viabilidad de paneles solares en viviendas unifamiliares y generar propuestas de implementación. ¡Muchas gracias!

A. INFORMACIÓN SOBRE LA FAMILIA

1.- Enlista en esta tabla todos los integrantes que habitan la vivienda, incluyéndote.

#	Nombre	Género	Edad	Parentesco	Ocupación	Ingreso Mensual	Fijo, Variable.
1							
2							
3							
4							
5							
Total de ingresos familiares							

B. INFORMACIÓN SOBRE LA VIVIENDA

1.- De la siguiente lista elija el número y piezas de construcción que tiene su vivienda:

Sala () Comedor () Sala-Comedor () Cocina ()

Baño/os () 1() 2 () 3() Dormitorios () 1() 2 () 3() 4() 5()

Otros _____

2.- ¿Qué acción (es) realiza como medida en el ahorro de energía utilizada en su vivienda?

Utilizo foco ahorradores ()

Desconecto los aparatos electricos que no estan en uso ()

Utilizo la lavadora cuando solo cuando es necesario ()

Ajusto la temperatura del aire acondicionado para no forzar el compresor ()

Utlizo aparatos con certificado de ahorro eléctrico ()

Enciendo la luz donde es necesario ()

Otros:

3.- ¿Selecciona el material del techo de la vivienda?

Láminas de cartón () Láminas de zinc () Láminas de asbesto () Concreto () Otro ()

4.- ¿Tienen acceso a internet en la vivienda?

Si ()

No ()

5.- ¿Algún integrante de la familia, cuenta con computadora o laptop?

Si, () ¿cuántos?:

No ()

6.- ¿Se cuenta con algún servicio de televisión de paga?

Sí () Especifique cuál:

No ()

7.- ¿De todas las personas que habitan en la vivienda, ¿cuántos cuentan con teléfono celular?

Uno () Dos () Tres () Cuatro () Cinco ()

8.- ¿Cuántos focos en total tiene la vivienda?

9.- ¿A cuánto asciende el gasto por el servicio de suministro de consumo eléctrico del hogar?

Menos de \$100.00 () Entre \$100.00 y \$150.00 () Entre \$151 y \$200.00 ()

Entre \$201.00 y \$250.00 () Entre \$251.00 y \$300.00 () Entre \$301.00 y \$350.00 ()

Entre \$351.00 y \$400.00 () Entre \$401.00 y \$450.00 () Entre \$451.00 y \$500.00 ()

Entre \$501.00 y \$550.00 () Entre \$551.00 y \$600.00 () Más de 600 ()

10.- ¿Tiene conocimiento acerca del uso de los paneles solares?

Si ☐ No ☐

11.- ¿Invertiría en un sistema fotovoltaico?

Si ☐ No ☐

¿Por qué?:

12. Comentarios generales:

¡¡Muchas gracias!!

Anexo 8. Hoja de verificación de datos de radiación diaria

W/M2																																
	ENERO																															
DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
HORA																																
09:00																																
10:00																																
11:00																																
12:00																																
01:00																																
02:00																																
03:00																																
04:00																																
total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PROMEDIO																																
PM	####																															

Anexo 9. Formato de verificación de producción diaria en kilowatts

PRODUCCION EN KILDWATTS DEL SFVIR 2023																																
MES	ENERO																															
Dia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Producción diaria																																
HPS																																
Promedio mensual																																