



Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Facultad de Ingeniería
Centro de Investigación y Estudios de Posgrado

“Sustentabilidad de un sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica para el sector doméstico en la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P.”

Para obtener el grado de:
Maestría en Planeación Estratégica e Innovación

Presenta:
Enrique Araus Natarén

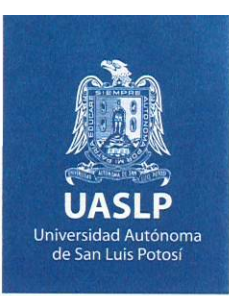
Asesor:
Dra. Imelda Esparza Álvarez

Co-Asesor:
Dra. Sandra Luz Rodríguez Reyna

San Luis Potosí, S. L. P.

Diciembre del 2020





FACULTAD DE INGENIERÍA

6 de agosto de 2020

**ING. ENRIQUE ARAUS NATARÉN
P R E S E N T E**

En atención a su solicitud de Temario, presentada por las **Dras. Imelda Esparza Álvarez y Sandra Luz Rodríguez Reyna**, Asesor y Co-asesor de la Tesis que desarrollará Usted, con el objeto de obtener el Grado de **Maestro en Planeación Estratégica e Innovación**, me es grato comunicarle que en la Sesión del H. Consejo Técnico Consultivo celebrada el día 6 de agosto del presente año, fue aprobado el Temario propuesto:

TEMARIO:

“Sustentabilidad de un sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica para el sector doméstico en la ciudad de San Luis Potosí”.

Introducción.

1. Estado del arte de los sistemas fotovoltaicos.
2. Análisis y diseño del sistema fotovoltaico interconectado.
3. Implementación del sistema fotovoltaico interconectado.
4. Resultados y discusión de la sustentabilidad del sistema fotovoltaico.

Conclusiones.

Referencias.

“MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO”

A T E N T A M E N T E



DR. EMILIO JORGE GONZÁLEZ GALVÁN
DIRECTOR
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCION

www.uaslp.mx

Copia. Archivo
*etn.

Av. Manuel Nava 8
Zona Universitaria - CP 78290
San Luis Potosí, S.L.P.
tel. (444) 826 2330 al39
fax (444) 826 2336

“1945-2020: 75 años de formación de profesionales en la Facultad de Ingeniería”



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA

Centro de Investigación y Estudios de Posgrado

Aclaración

El presente trabajo que lleva por título

“Sustentabilidad de un sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica para el sector doméstico en la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P.”

Se realizó en el periodo Julio del 2016 a Julio del 2020 bajo la dirección de la Dra. Imelda Esparza Alvares y la Dra. Sandra Luz Rodriguez Reyna.

Originalidad

Por este medio aseguro que he realizado este documento de tesis para fines académicos sin ayuda indebida de terceros y sin utilizar otros medios más que los indicados.

Las referencias e información tomadas directa o indirectamente de otras fuentes se han definido en el texto como tales y se ha dado el debido crédito a las mismas.

El autor exime a la UASLP de las opiniones vertidas en este documento y asume la responsabilidad total del mismo.

Este documento no ha sido sometido como tesis a ninguna otra institución nacional o internacional en forma parcial o total.

Se autoriza a la UASLP para que divulgue este documento de Tesis para fines académicos.

Nombre y firma del autor

Enrique Araus Natarén

DEDICATORIA

Les dedico el presente trabajo de investigación a mis padres, hermanos, por el apoyo incondicional que me brindaron en especial:

Mi madre..... Por impulsarme alcanzar mis metas, por su insistencia en que debemos de estar lo mejor preparados para enfrentar la vida.

Mi esposa.....Por la tolerancia y amor que me brindo en todo el desarrollo de este trabajo de investigación.

Mi hijo Emilio.....Por tu existencia, porque eres el combustible, la energía, mi sol que necesito para alcanzar mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

Como primera instancia agradezco a la Facultad de ingeniería de UASLP por permitirme desarrollarme y capacitarme en su institución.

Como segundo punto agradezco a mí asesor y Co-asesor la Dra. Imelda Esparza Alvarez y Dra. Sandra Luz Rodriguez Reyna, por su gran apoyo, insistencia y tolerancia que me brindaron para poder concluir el presente trabajo de investigación.

RESUMEN

Debido al crecimiento desmesurado en el país de los diferentes sectores donde se desempeña el ser humano, los cuales son: industrial, comercial, agrícola, residencial, educativo, se ve la necesidad de crecer la demanda de energía eléctrica, y, por lo tanto, utilizar tecnologías convencionales para la generación de energía eléctrica, como: ciclo combinado, vapor, combustión interna, carbón, etc. Utilizar este tipo de tecnología daña al medio ambiente por las emisiones de gases de efecto invernadero, como por ejemplo CO₂. Además de que la energía eléctrica para el sector doméstico está siendo subsidiada por el gobierno de la república.

Es por ello, que el presente trabajo de investigación tiene como objetivo primordial hacer conciencia en la ciudadanía del sector residencial en San Luis Potosí y demostrar que un sistema fotovoltaico es sustentable, y además que puede cubrir el consumo total de energía eléctrica. Para demostrar la sustentabilidad del sistema fotovoltaico se desarrolló un caso de estudio de San Luis Potosí, donde se diseñó de acuerdo con el consumo de energía eléctrica del usuario, contemplando los valores de radiación solar (solarimetría), y finalmente realizar un análisis financiero para determinar el retorno de inversión del sistema fotovoltaico.

De acuerdo con los resultados obtenidos se determina que no necesariamente se debe invertir en un sistema fotovoltaico que satisfaga el consumo total de energía eléctrica, al contrario, se sugiere cubrir el cincuenta por ciento del consumo de energía eléctrica con un sistema fotovoltaico. Esto trae grandes ahorros en el gasto eléctrico, además de que el retorno de inversión no varía gran cantidad de años, como si se propusiera para satisfacer el 100% del consumo de energía eléctrica (dos o tres años de diferencia).

ABSTRACT

Due to the immeasurable growth in the different sectors where human beings work, such as: industrial, commercial, agricultural, residential, educational, there is a need to grow the demand for electricity, and therefore, the use of conventional technologies to the generation of electrical energy, being: combined cycle, steam, internal combustion, carbon, etc. Using this type of technology impacts the environment through greenhouse effect gas emissions, such as CO₂. In addition to the fact that electrical energy for the domestic sector is being subsidized by the government of Mexico.

That is why the main objective of this research is to raise awareness among the population of the residential sector in San Luis Potosí and demonstrate that a photovoltaic system is sustainable, and also that it can cover the total consumption of electrical energy demanded. To demonstrate the sustainability of the photovoltaic system, a case study in San Luis Potosí was developed, where it was designed according to the user's electrical energy consumption, considering the solar radiation values (solarimetry), and finally, a financial analysis was carried out to determine the return on investment of the photovoltaic system.

According to the results obtained, it is determined that it is not precisely necessary to invest in a photovoltaic system that satisfies the total consumption of electrical energy; on the contrary, covering fifty percent of the electrical energy consumption with a photovoltaic system brings great spending savings. In addition, the return on investment does not vary for many years, as if it were proposed to satisfy one hundred percent of the electrical energy consumption (difference two or three years).

Contenido

Introducción.....	1
Problemática de la energía eléctrica en México.....	2
Justificación	11
Objetivos	13
Alcance	14
Limitaciones	14
Hipótesis	15
1. Estado del arte del sistema fotovoltaico interconectado.....	17
1.1. Puntos notables de la reforma energética.....	17
1.2. Energías renovables	21
1.3. Solarimetría.....	24
1.4. Bases teóricas de los sistemas fotovoltaicos.	26
1.5. Clasificación de los paneles solares fotovoltaicos.....	29
1.6. Componentes del sistema fotovoltaico interconectado.	31
1.7. Requerimientos para una instalación fotovoltaica interconectada a CFE. ..	34
1.8. Desarrollo sustentable	35
2. Análisis y diseño del sistema fotovoltaico interconectado.	36
2.1 Aspectos técnicos.	36
2.2 Diseño de un sistema fotovoltaico.....	37
2.3 Análisis financiero del sistema fotovoltaico.	39
2.3.1. Análisis financiero con subsidio de energía eléctrica.....	39
2.3.2. Análisis financiero sin subsidio de energía eléctrica.	41
2.4. Nueva propuesta para el caso de estudio	43
2.4.1. Diseño para la nueva propuesta	43
2.4.2. Análisis financiero para la nueva propuesta.	44
3. Implementación del sistema fotovoltaico interconectado.	46
3.1. Ubicación del caso de estudio.....	46
3. 2. Etapa 1. Aspectos técnicos.	47
3.2.1. Reporte fotográfico	48
3.2.2. Lista de verificación (“Checklist”).....	51

3.3. Etapa 2. Diseño de un sistema fotovoltaico	53
3.3.1 Consumo de energía eléctrica en la casa habitación.....	53
3.3.2 Insolación en el punto de ubicación.	54
3.3.3 Selección de modulo fotovoltaico	55
3.3.4 Cantidad de módulos fotovoltaicos.	57
3.3.5. Inversor solar.	58
3.3.6. Estructura de los módulos fotovoltaicos.....	61
3.3.7. Protecciones, canalización y cableado del sistema FV.....	63
3.3.8. Catálogo de conceptos del sistema fotovoltaico	64
3.4. Etapa 3. Análisis financiero del sistema fotovoltaico.....	65
3.4.1. Costo total del sistema fotovoltaico.....	66
3.4.2. Costo anual de consumo de energía eléctrica	68
3.4.3. Índices de Inflación promedio en tarifa uno (con subsidio).	69
3.4.4. Ingresos del sistema fotovoltaico	72
3.4.5. Índice de Inflación promedio en México (sin subsidio).....	72
3.4.6. Egresos del sistema fotovoltaico.....	73
3.4.7. Aplicación del método del periodo de recuperación en tarifa uno.....	75
3.4.8. Aplicación del periodo de recuperación en tarifa DAC.....	77
4. Resultados y discusión de la sustentabilidad del sistema fotovoltaico	81
4.1. Nueva propuesta para el caso de estudio.....	81
4.1.1 Diseño del sistema fotovoltaico para la nueva propuesta.....	81
4.1.2. Análisis financiero para la nueva propuesta.	85
4.1.3. Resultados de la nueva propuesta.....	95
4.2. Capacidad fotovoltaica optima por consumo de energía eléctrica	101
4.2.1. Diseño fotovoltaico para la propuesta general.....	102
4.2.2. Análisis financiero para la propuesta general.	103
4.2.3. Resultados del tabulador general.	115
4.3. Financiamiento de los sistemas fotovoltaicos interconectados	117
Conclusiones.....	119
Referencias.....	121

Índice de figuras

Figura 1. Ventas y clientes por sector en base a los reportes de la CFE (enero -octubre de 2016).	4
Figura 2. Regionalización Estadística del Mercado Nacional de Energía	8
Figura 3. Gráfico de irradiancia solar y ángulo de inclinación de los paneles solares por estados de la república	26
Figura 4. Tabla de clasificación de celdas fotovoltaicos, más comunes en el mercado....	30
Figura 5. Componentes de un sistema fotovoltaico interconectado a CFE.....	32
Figura 6. metodología para el análisis de sustentabilidad del sistema fotovoltaico	36
Figura 7. Diagrama de bloques para evaluar los aspectos técnicos del entorno.	37
Figura 8. Diagrama de bloques para el diseño del sistema fotovoltaico	38
Figura 9. Imagen satelital del domicilio del caso de estudio	46
Figura 10. Sobre calentamiento de los paneles solares por sombra.	48
Figura 11. Reporte fotográfico de la ubicación de los paneles solares.....	50
Figura 12. Checklist del sistema fotovoltaico interconectado.	52
Figura 13. Consumo bimestral en KW-h	53
Figura 14. Ficha técnica del módulo fotovoltaico.....	56
Figura 15. Ficha técnica del micro inversor, marca APS.	60
Figura 16. Ficha técnica de la estructura.	62
Figura 17. Componentes extras en micro inversores YC500	63
Figura 18. Catálogo de conceptos del sistema fotovoltaico.....	64
Figura 19. Catálogo de conceptos con precios del sistema fotovoltaico.....	67
Figura 20. Costo de energía por bimestre.....	69
Figura 21. Proyección de flujos netos anuales.....	76
Figura 22. Flujos netos acumulados del año 2018 al 2042 con subsidio de energía eléctrica	77
Figura 23. Costos totales de energía eléctrica sin subsidio.....	78
Figura 24. Flujos netos acumulados del año 2018 al 2042 sin subsidio de energía eléctrica	80
Figura 25. Flujos netos acumulados para el caso del 30% de generación de energía eléctrica.	97
Figura 26. Flujos netos acumulados para el caso del 50% de generación de energía eléctrica	99

Figura 27. Flujos netos acumulados para el caso del 70% de generación de energía eléctrica
 101

Índice de tablas

Tabla 1. Porcentajes de clientes por sector del 2008-2016.....	3
Tabla 2. Porcentajes de ventas por sector del 2008-2016	3
Tabla 3. Generación anual de energía 2018	4
Tabla 4. Capacidad total instalada.	5
Tabla 5. Generación de energías en base tecnologías térmicas y renovables, limpias en el año 2018.....	6
Tabla 6. Clasificación de tarifa eléctrica de acuerdo a la temperatura y límite previamente establecidos.....	7
Tabla 7. Comparación del sistema de sistemas fotovoltaicos aislados con sistemas fotovoltaicos interconectado	29
Tabla 8. Costos y consumos de energía anual del caso de estudio.....	47
Tabla 9. Insolación y ángulos óptimos de inclinación en el punto de ubicación	54
Tabla 10. Ángulo óptimo e insolación, fijando los paneles solares.....	54
Tabla 11. Descripción de los módulos fotovoltaicos.....	58
Tabla 12. Descripción del inversor	59
Tabla 13. Descripción de estructura.....	61
Tabla 14. Costo total del sistema fotovoltaico	68
Tabla 15. Costo de energía eléctrica del año 2002 al 2017	70
Tabla 16. Costo de consumo de energía eléctrica con inflación del año 2017 al 2042	72
Tabla 17. Inflación anual promedio en México	73
Tabla 18. Mantenimiento preventivo de un sistema fotovoltaico	74
Tabla 19. Egresos del sistema fotovoltaico	75
Tabla 20. Análisis financiero del sistema fotovoltaico con subsidio de energía eléctrica	75
Tabla 21. Consumos y costos de energía eléctrica sin subsidio	78
Tabla 22. Análisis financiero del sistema fotovoltaico con subsidio de energía eléctrica	79
Tabla 23. Insolación de los módulos fotovoltaicos a una inclinación de 22 grados respecto una superficie plana.....	82
Tabla 24. Insolación promedio por bimestre	82
Tabla 25. Generación de energía eléctrica por bimestre al 30% del consumo total (2 paneles solares).....	84

Tabla 26. Generación de energía eléctrica por bimestre al 50% del consumo total (3 paneles solares)	84
Tabla 27. Generación de energía eléctrica por bimestre al 70% del consumo total (4 paneles solares)	85
Tabla 28 Catálogo de conceptos al 30% del consumo de energía eléctrica (2 módulos fotovoltaicos).....	87
Tabla 29 Catálogo de conceptos al 50% del consumo de energía eléctrica (3 módulos fotovoltaicos).....	88
Tabla 30. Catálogo de conceptos al 70% del consumo de energía eléctrica (4 módulos fotovoltaicos).....	89
Tabla 31. Costo total del sistema fotovoltaico en las tres categorías de consumo de energía eléctrica.....	90
Tabla 32. Consumo anual de energía eléctrica por el usuario en un periodo de abril del 2016 a abril del 2017	91
Tabla 33. Energía eléctrica por bimestre contemplando 3 módulos Fv.....	93
Tabla 34. Desglose de energía por bimestre contemplando 2 módulos Fv.....	93
Tabla 35. Desglose de energía por bimestre contemplando 4 módulos Fv.....	93
Tabla 36. Ahorro anual de consumo de energía eléctrica.	94
Tabla 37. Análisis financiero al 30% de generación de energía eléctrica.....	96
Tabla 38. Análisis financiero al 50% de generación de energía eléctrica.....	98
Tabla 39. Análisis financiero al 70% de generación de energía eléctrica.....	100
Tabla 40. Energía eléctrica generada por un panel fotovoltaico.....	102
Tabla 41. Energía eléctrica generada por dos paneles fotovoltaicos	102
Tabla 42. Energía eléctrica generada por tres paneles fotovoltaicos	102
Tabla 43. Energía eléctrica generada por cuatro paneles fotovoltaicos	103
Tabla 44. Energía eléctrica generada por cinco paneles fotovoltaicos.....	103
Tabla 45. Energía eléctrica generada por seis paneles fotovoltaicos.....	103
Tabla 46. Relación de consumos eléctrica con pesos MXN por año.....	104
Tabla 47. Catálogo de conceptos para un panel fotovoltaico	105
Tabla 48. Catálogo de conceptos para dos paneles fotovoltaicos.....	106
Tabla 49. Catálogo de conceptos para tres paneles fotovoltaicos	107
Tabla 50. Catálogo de conceptos para cuatro paneles fotovoltaicos	108
Tabla 51. Catálogo de conceptos para cinco paneles fotovoltaicos	109
Tabla 52. Catálogo de conceptos para seis paneles fotovoltaicos	110
Tabla 53. Costo total del sistema fotovoltaico en sus seis categorías.....	111
Tabla 54. Ahorro y consumo de energía eléctrica con un panel fv.....	111
Tabla 55. Ahorro y consumo de energía eléctrica con dos paneles fv	112
Tabla 56. Ahorro y energía eléctrica con tres paneles fv.	113
Tabla 57. Ahorro y consumo de energía con cuatro paneles fv.	113
Tabla 58. Ahorro y consumo de energía eléctrica con cinco paneles fv.....	114
Tabla 59. Ahorro y consumo de energía eléctrica con seis paneles fv.....	115

Introducción.

A causa del crecimiento demográfico que se va generando en la humanidad, se tiene la necesidad de ampliar o implementar la comodidad del ser humano con nuevas tecnologías a través de organizaciones lucrativas y no lucrativas tales como: escuelas, empresas, casas, oficinas, y por consecuencia se ve la necesidad de aumentar la demanda de generación de energía eléctrica. Es importante que la demanda de energía eléctrica que requiere México se obtenga a través energías renovables. De acuerdo a Herrera Acevedo (2016) las energías renovables son actualmente la mejor opción de generar energía eléctrica, y se debe promover, no solo para obtener mayores beneficios a la economía, sino también para ser más eficiente en la utilización de los recursos naturales.

En México se tendría un gran beneficio al implementar tecnologías de generación de energía renovables, porque en la actualidad la generación de energía eléctrica no se produce por tecnologías limpias. Por consecuencia produce contaminación en el medio ambiente que se generan entre otras por la quema de hidrocarburos en la utilización de tecnologías convencionales para producir energía eléctrica en el país.

Un ejemplo es el dióxido de carbono (CO₂) que la Comisión Federal de Electricidad (CFE) emite por generar energía eléctrica. El Informe anual de la CFE, 2018, señala que las emisiones de CO₂ en el año 2018 fueron de 17.4 millones de toneladas a causa del uso del combustóleo.

En países en desarrollo, como México, están comprometidos a construir proyectos de generación de energía sustentable, es decir, que generen un balance entre la sociedad, medio ambiente y la economía. Hoy en día las energías renovables, conocida también como energías limpias, se pueden producir por distintas tecnologías, como son:

- Energía eólica. Se produce a través del flujo del viento.
- Energía geotérmica. Se obtiene mediante el aprovechamiento del calor natural del interior de la tierra.
- Energía hidráulica. Se obtiene del aprovechamiento de las energías cinética y potencial de la corriente del agua.
- Energía mareomotriz. se obtiene del aprovechamiento de las mareas.
- Energía solar. Se obtiene a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol.

Es importante indicar que el presente trabajo de investigación será enfocado en los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red, y como estos sistemas favorecen a los usuarios del sector doméstico tanto parte ambiental como económica.

Problemática de la energía eléctrica en México

En el presente capítulo se analiza cómo es la generación de energía eléctrica por tecnologías convencionales y posteriormente, cómo la utilización de estas tecnologías daña al medio ambiente por las emisiones de CO₂. Otro punto importante desglosado en este capítulo, es que el lector conozca como la CFE estima el costo de energía eléctrica en las ocho tarifas para el sector doméstico, así como la cantidad de subsidio de energía eléctrica que es destinado a dicho sector.

Generación de energía eléctrica en Mexico.

Actualmente México tiene limitaciones en la generación de energía eléctrica, de acuerdo a CFE- Clientes (2016). La CFE proporciona servicio de energía eléctrica aproximadamente a 40.6 millones de clientes, los cuales han tenido una tasa de crecimiento anual promedio de 5.8%, durante los últimos diez años. La CFE indica que, en el año 2016, el 88.57% de los clientes pertenecen al sector doméstico (ver tabla1).

Tabla 1. Porcentajes de clientes por sector del 2008-2016.

Fuente: CFE-Clientes, 2016

Sector	Clientes de energía eléctrica del año 2008 al 2016 en porcentaje (%)								
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Doméstico	88.09	88.15	88.25	88.39	88.43	88.52	88.59	88.58	88.57
Agrícola	0.43	0.43	0.42	0.34	0.34	0.34	0.33	0.32	0.32
Industrial	0.79	0.81	0.82	0.72	0.75	0.76	0.78	0.79	0.80
Comercial	10.06	9.99	9.88	10.01	9.96	9.87	9.79	9.8	9.80
Servicios	0.62	0.63	0.63	0.53	0.52	0.51	0.52	0.51	0.52

Respecto al volumen de ventas CFE- Clientes (2016) contempla que el 99.52% lo constituyen las ventas directas al cliente en México y el restante se exporta a Estados Unidos y Guatemala. La CFE menciona que la mayor cantidad de ingresos por ventas se encuentran ubicado en el sector industrial, aportando alrededor del 58% de las ventas, siguiéndole el sector doméstico con aproximadamente el 27% (datos registrados de enero a octubre del 2016, ver tabla 2).

Tabla 2. Porcentajes de ventas por sector del 2008-2016

Fuente: CFE-Clientes, 2016

Sector	Ventas de energía eléctrica del año 2008 al 2016 en porcentaje (%)								
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Doméstico	26.60	27.85	26.94	25.82	25.20	25.41	25.92	26.38	26.58
Agrícola	5.24	6.10	5.46	5.69	5.24	4.99	4.82	4.74	5.46
Industrial	58.45	55.71	57.82	57.85	58.77	58.45	58.23	57.67	57.14
Comercial	6.31	6.36	6.02	6.72	6.74	6.67	6.71	6.98	6.92
Servicios	3.40	3.97	3.76	3.92	4.05	4.49	4.32	4.23	3.89

Generando una comparación del porcentaje de clientes con el porcentaje de ventas que maneja la CFE, se observa que menos del 1% de los clientes que se ubican en el sector industrial, representa el 57.14% de las ventas para la CFE, en

contraste con el sector residencial, con el 88.57% de los clientes, aporta solo el 26.58% de las ventas por consumo de energía eléctrica (ver figura 1).

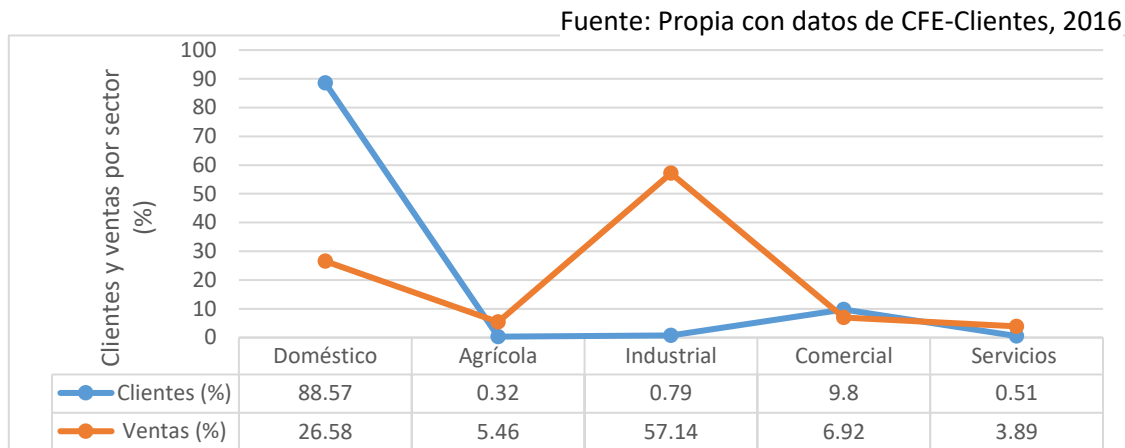


Figura 1. Ventas y clientes por sector en base a los reportes de la CFE (enero - octubre de 2016).

De acuerdo al Informe anual 2018 de la CFE, la generación de energía eléctrica neta generada por la CFE fue de 258,685 Giga Watt por hora (GWh), en el año 2018. Es importante destacar que las energías renovables tienen poca participación en la generación de energía eléctrica, por ejemplo la energía fotovoltaica que solo se generaron 10 GWh. (Ver tabla 3).

Tabla 3. Generación anual de energía 2018

Tecnología utilizada	Energía generada en (GWh)
Ciclo combinado	129,783.30
Vapor (combustóleo y gas)	36,215.90
Carboeléctrica	31,043.50
Combustión interna	2,588.85
Turbo gas	7,761.45
Hidroeléctrica	30,545.00
Geotermoeléctrica	5,040.00
Eoloeléctrica	2,142.00
Fotovoltaica	10.00
Nuclear	13,555.00
Total	258,685.00

Fuente: Informe anual CFE, 2018

El Informe anual 2018 de la CFE, indica que se ha mejorado la capacidad de producción de energía eléctrica en el proceso hidroeléctrico teniendo 19 centrales hidroeléctricas con un total de 43 unidades, lo que da una capacidad instalada de 37% en contraste con todo el proceso termoeléctrico convencional con un valor de 63%. A pesar de los avances tecnológicos que se tiene hoy en día, Mexico aún no invierte ampliamente en centrales fotovoltaicas a pesar de la excelente radiación solar que tiene para generar energía eléctrica (Ver tabla 4).

Tabla 4. Capacidad total instalada.

Tecnología	Capacidad instalada en (MW)	Porcentaje (%)
Vapor (combustóleo y gas)	2855.1	37
Ciclo combinado	1247.09	16
Combustión interna	209.7	3
Turbo gas	553.2	7
Hidroeléctrica	2845.62	37
Unidad móvil	85.49	1
Total	7796.20	100.00

Fuente: Informe anual CFE, 2018

Información proveniente del informe anual de la CFE 2018, clasifica las tecnologías como: no renovables, renovables y limpias, ocupado los siguientes porcentajes: No renovables alrededor 80%, renovables alrededor de 15%, limpias alrededor de 5%. Es importante indicar que del 15% en energías renovables la tecnología hidroeléctrico ocupa alrededor del 12%. Ahora bien, la CFE clasifica a la tecnología nuclear como limpia debido a que no emite gases de efecto invernadero especialmente las emisiones de CO₂, pero generan emisiones de efluentes radiactivos en cantidades limitadas de acuerdo a la regulación que se tenga, por lo tanto, no está exenta de contaminar al medio ambiente (ver tabla 5).

Tabla 5. Generación de energías en base tecnologías térmicas y renovables, limpias en el año 2018.

Tipo de energía eléctrica	Tecnología utilizada	Energía generada en (GWh)	Porcentaje de generación (%)
No renovables	Ciclo combinado	129,783.30	50.17
	Vapor (combustóleo y gas)	36,215.90	14.00
	Carboeléctrica	31,043.50	12.00
	Combustión interna	2,588.85	1.00
	Turbo gas	7,761.45	3.00
Renovables	Hidroeléctrica	30,545.00	11.81
	Geotermoeléctrica	5,040.00	1.95
	Eoloeléctrica	2,142.00	0.83
	Fotovoltaica	10.00	0.004
Limpias	Nuclear	13,555.00	5.24
TOTAL		258,685.00	100

Fuente: Informe anal CFE, 2018

Otro aspecto que se puede considerar, son los sistemas de generación de energía fotovoltaica, donde claramente se observa que la CFE en conjunto con el gobierno de la República mexicana, no invierten en generación de energía fotovoltaica (ver tabla 5.). El no implementar la generación de energía eléctrica a través de sistemas fotovoltaicos en México, se considera un error; de acuerdo con Cariles (2012), México tiene uno de los índices de insolación más altos del mundo lo que le permitiría desarrollar una industria eléctrica que abarque desde la producción de los paneles solares hasta el uso industrial del mismo.

Datos proporcionados por la Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica, respecto a la insolación, indica que los mejores países son: China, Singapur, México, India, Australia, Argentina, Brasil, Malasia y Chile. Las fortalezas de México en comparación con otros países, según la Asociación Nacional de Energía Solar, son: la alta radiación solar, el marco legal, alto desarrollo económico y nichos rentables para la industria al ofrecer energía más barata que en tarifas de alta y media tensión.

Tarifas eléctricas al sector doméstico en Mexico.

En base a Tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica , (2017), la CFE distribuye la energía eléctrica al sector doméstico en ocho tarifas, de las cuales siete (1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, y 1F) se aplican a las distintas regiones del país, de acuerdo con la temperatura ambiente mínima de la localidad, y la octava tarifa se caracteriza como la tarifa doméstica de alto consumo (DAC), que se aplica una vez excedido cualquiera de los límites previamente establecidos por las siete tarifas anteriores (ver tabla 6.).

Datos provenientes de CFE (2017), existen límites que fueron establecidos de acuerdo a la temperatura que se encuentre la casa habitación, es decir, en lugares donde exista temperaturas igual o mayor a 33°C, se considerará como límite la tarifa 1F, pues este tipo de lugares consumen más energía por motivo de requieren equipos de aire acondicionado. En cambio, lugares menores a 25°C, que no necesitan equipos de aire acondicionado, se propone como límite la tarifa 1, el resto de las tarifas (1A, 1B, 1C, 1D, 1E) se ubican entre el rango de la tarifa 1 y la tarifa 1F (ver tabla 6.).

Tabla 6. Clasificación de tarifa eléctrica de acuerdo a la temperatura y límite previamente establecidos

Tarifa	Temperatura	Límite para ingresar a tarifa de alto consumo
1	menor a 25 °C	500 KWh / bimestre
1A	25 °C	600 KWh / bimestre
1B	26-29 °C	800 KWh / bimestre
1C	30 °C	1700 KWh / bimestre
1D	31 °C	2000 KWh / bimestre
1E	32 °C	4000 KWh / bimestre
1F	33 °C	5000 KWh / bimestre

Fuente: tarifas eléctricas CFE, 2018.

De acuerdo a CFE (2017), indica que la tarifa 1 se mantiene constante en todo el año, mientras que las tarifas 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, cambian los precios en relación a las estaciones termométricas que rijan en cada estado, por lo tanto, los seis meses más cálidos del año se le aplica el precio de la tarifa de verano, y los 6 meses restantes se aplican los precios de la temporada fuera de verano (siendo esta tarifa la más elevada en cuestión al precio). Cabe mencionar que los límites previamente establecidos en tabla 6, se mantiene estables.

De acuerdo con la Secretaria de Energía, (2015), México se encuentra dividido en 8 regiones tarifarias establecidas por la Presidencia de la República. El hecho de identificar cada una de las zonas, permite comprender el comportamiento regional de los usuarios de energía eléctrica, pues están relacionados con su desarrollo industrial-comercial o sus necesidades climáticas (ver figura 2).

Fuente: CFE, 2013



Figura 2. Regionalización Estadística del Mercado Nacional de Energía

Se deberá ser cuidadoso con los límites de las tarifas (1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F) pues si excede los límites establecidos en cada tarifa, la cuenta de energía aumenta exponencialmente y ocasionaría que el usuario ingresa a tarifa DAC. Esta

tarifa no es un recargo por exceder los límites de las tarifas, sino más bien es pagar el consumo de energía eléctrica sin subsidio que otorga el gobierno de México.

La tarifa DAC de acuerdo con CFE, (2017) , se aplica cuando se sobrepasa el límite establecido para su localidad en su consumo mensual promedio del último año. En este tipo de tarifa se cobra un cargo fijo al mes, más una tarifa de constante por cada kilowatt-hora. Los precios de la tarifa son de acuerdo a la región donde se encuentre el usuario y si está afuera o dentro de la tarifa de verano.

Un dato importante es que la CFE en conjunto con gobierno mexicano limita la capacidad necesaria de energía eléctrica en cada tarifa, para solo cubrir los servicios de equipos básicos en el hogar (refrigerador, televisión, horno de microondas, lavadora, alumbrado). Single (2014), Menciona “que, si se tienen aparatos electrónicos que no cubren la necesidad primordial en el hogar y a su vez excedan el límite previamente establecidos, significaría que los usuarios no son tan pobres como para requerir la energía eléctrica con subsidio”. Referente a (CFE, 2017), una vez que al usuario exceda del límite previamente establecido del ultimo promedio anual en su tarifa, será colocado en tarifa DAC, es decir, deberán pagar la energía al costo que realmente cuesta producirla y distribuirla por la CFE (sin subsidio).

Subsidio de energía eléctrica.

Según Inteligencia Pública, (2016) el “subsidio de energía eléctrica en México es muy complejo, ya que no depende del mercado internacional, si no del proceso de costos medios de suministro de energía eléctrica”, es decir, lo que le cuesta a la CFE: generar, distribuir, transmitir la energía eléctrica hasta los hogares de los mexicanos.

Información proveniente de Single (2014), menciona que los senadores de la República desde el 2014, decidieron mantener el esquema de subsidios generales en materia eléctrica a los sectores residencial y agrícola con el objetivo

de no afectar al 98% de los usuarios domésticos en el país. En la actualidad los apoyos gubernamentales son entre el 50% y 90% del costo de la tarifa, dependiendo del consumo de energía, es decir, a mayor consumo de energía menor porcentaje de subsidio se tendrá.

De acuerdo con Edith (2016), también expresa, que los subsidios no son iguales en las entidades de la república. Ejemplo de ello es el estado de Sinaloa que alcanza temperaturas de verano hasta 40 °C, lo que provoca que los habitantes de dicho estado, utilicen con más frecuencia equipos de aire acondicionado, por lo que representa un consumo de energía exponencial, ocasionando que reciban menos apoyo gubernamental (subsidio). Un aspecto más sobre la distribución del subsidio, de acuerdo al informe de Inteligencia Pública (2016), es que tiende a generar desigualdad, porque los hogares con población de menores ingresos, son los que más consumen electricidad, ya que son hogares donde normalmente viven 5 o más personas, cuentan con equipos electrónicos con tecnologías obsoletas, que producen mayor consumo de energía. En cambio, la población que tienen mayores ingresos, son los que consumen menos electricidad, porque son familias pequeñas que cuentan tecnologías y aparatos electrodomésticos más eficientes.

En la actualidad el subsidio de energía que se asigna para las tarifas del sector doméstico y agrícola son de alrededor de 85,000 y 100,000 millones de pesos por año. Para identificar el subsidio de energía que se destina a cada usuario del sector doméstico, se calcula en base a la diferencia entre el costo por producción (tarifa DAC), y los costos medios de producción de energía eléctrica (base, intermedio, excedente) Inteligencia Pública (2016).

Los subsidios de energía se mantienen debido a los ingresos obtenidos de los sobre costos en el sector industrial, que son entre un 5% hasta un 11% (Single, 2014). Sin embargo, de acuerdo Inteligencia Pública (2016), a partir del 2000, con el aumento de la demanda de electricidad y el alto número de usuarios, al tener precios límites de ventas y tarifas, la CFE comenzó a absorber el 30% del subsidio.

Esta situación ha provocado principalmente la falta de inversión a la CFE para hacer más eficiente su infraestructura. La falta de modernización ha ocasionado que cada día sea más costoso producir electricidad y por lo tanto el subsidio aumente, pues al aumentar los costos de producción de la CFE, el tener precios reguladores provoca pérdidas en sus ingresos. Además, la CFE tiene problemas de carácter técnico debido principalmente al robo de energía eléctrica (diablitos) y por costos laborales excesivos Inteligencia Pública (2016).

Planteamiento del problema de energía eléctrica en Mexico.

El principal problema que tiene México por parte de la CFE es otorgar subsidios en el sector residencial y agrícola. Se contempla aproximadamente 100,000 millones de pesos anuales que se destinan para el subsidio eléctrico. Subsidiar tantos miles de pesos provoca que la CFE genere un retraso tecnológico para la generación energía eléctrica renovable. Además, Meana (2016), reportó que el subsidio de las tarifas eléctricas dificulta el funcionamiento de un mercado competitivo al distorsionar los precios y mandar señales equivocadas de los costos a los consumidores.

Justificación

Debido a la creciente demanda de energía eléctrica que se está produciendo en México, está provocando diferentes complicaciones el país, principalmente la parte ambiental y financiera, siendo:

1. Sustitución de combustibles. Uno de los principales objetivos de la reforma energética basados en el Informe Anual (2014), es eliminar tecnologías que generen grandes costos de producción y contaminación, por ejemplo, sustituir combustibles caros y contaminantes como el combustóleo, por combustibles de menor costo y más amigables con el medio ambiente siendo el gas natural. El hecho de que el gobierno mexicano proceda hacer un cambio en las tecnologías de generar energía eléctrica, de mayor a menor generación de contaminación y costos, no quiere decir que sean proyectos sustentables,

porque aún sigue existiendo emisiones de efecto invernadero en el proceso de generar energía eléctrica.

2. Aumento de costo de energía eléctrica. Un aumento de costo de energía eléctrica se suscitó en el mes de julio del 2016, donde se aumentaron las tarifas eléctricas en el sector industrial, comercial y doméstico de alto consumo (DAC). En un comunicado que hace la CFE, indica que dicho aumento se debe a que el combustóleo registró un aumento del 8.4% y el gas natural con un 18% (CFE, 2016). Por otra parte, la tarifa de uso doméstico de alto consumo (tarifa DAC) registra un **incremento en julio del 2016 del 6.8% respecto al mismo mes del año pasado**. Ahora bien, de acuerdo a Julio (2016), dichos aumentos se deben a las bajas acumuladas de la reforma energética y afectan de manera directa los costos de producción de la industria.
3. Venta de excedentes de energía. De Acuerdo del manual de interconexión de centrales de generación de energía con capacidad menor a 0.5 Mega Watts (MW) que fue publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 15 de diciembre del año 2016, y entró en vigor a finales de enero del 2017, establece: Los excedentes de energía eléctrica que se generen por la utilización de tecnologías limpias podrán ser vendidos, refiriéndose a la diferencia positiva de la energía generada y energía consumida.
4. Insolación en México. Datos provenientes de la página meteorológica y energía solar de la NASA especifica que Alemania tiene una insolación de 3.2 KW-h/m²/día, en contraste con México que tiene aproximadamente el doble de insolación (6 kW-h/m²/día). De acuerdo (Mártel, 2015), especifica que Alemania en el año 2014 tuvo una potencia fotovoltaica instalada de 38,200 MW. En cambio, en México de acuerdo a (CFE, 2018), tiene 6 MW potencia fotovoltaica instalado.

“Si los alemanes explotan al máximo el poco sol que captan. Que impide a México hacer lo mismo, cuando el nivel de insolación es el doble de los alemanes”

Peter Eschenbach

5. Subsidio de energía eléctrica. Es importante destacar que a pesar de los esfuerzos que hace el gobierno mexicano por disminuir los costos a las tarifas eléctricas, se vuelve complicado por los costos cambiantes de hidrocarburos (combustóleo y gas natural) y la cantidad de subsidio eléctrico que destina al sector doméstico y agrícola (100,000 millones de pesos por año), por ello es importante que se genere una concientización en el sector doméstico, y que cada usuario inicie proyectos de energía renovable dentro de sus hogares, como por ejemplo energía fotovoltaica, teniendo en cuenta que desarrollar tecnologías de este tipo en sus hogares contribuirá a minimizar los problemas ambientales, optimizar los costos operativos, mejorar la competitividad empresarial y logra satisfacer de forma eficiente las necesidades de la sociedad.

Objetivos

Objetivo general.

Diseñar un modelo sistémico de energía fotovoltaica interconectado a la red, para satisfacer las necesidades de consumo de energía eléctrica en el sector doméstico de manera sustentable.

Objetivos específicos.

1. Valorar la ubicación del proyecto en base a las condiciones del entorno, para obtener eficientemente la radiación solar en los paneles solares.
2. Diseñar un sistema fotovoltaico interconectado a la red, contemplando: consumo anual de energía eléctrica del usuario, las condiciones atmosféricas del entorno y la normativa expedida por la CFE, para la selección del material empleado en el sistema fotovoltaico.

3. Analizar el costo-beneficio del sistema fotovoltaico, para establecer la inversión inicial, vida útil del equipo y reingreso de la inversión del sistema fotovoltaico, lo que establecerá la sustentabilidad del sistema total.

Alcance

La realización de este trabajo de investigación está dirigido a los usuarios de energía eléctrica del sector doméstico de México, considerando los lineamientos previstos de las instituciones gubernamentales para la generación de energía eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos, contemplando los beneficios de esta nueva alternativa de generación de energía eléctrica, los cuales destacan los siguientes:

1. Aprovechamiento de la radiación solar en México
2. Disminución de emisiones de Gases de Efecto Invernadero
3. Diversificación en generación de energía eléctrica en México
4. Reducción de costos de energía eléctrica
5. Decremento en el uso de hidrocarburos
6. Disposición del subsidio eléctrico en otras áreas de mayor prioridad para el país.

Limitaciones

Las principales limitaciones que se identifican en el caso de estudio, referente a la implementación de los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red, en el sector doméstico son:

1. **Inversiones iniciales costosas**. Matillas (2016), indica que el periodo de amortización es de alrededor de 10 años, para consumos mínimos de energía eléctrica, es decir, para usuarios del sector doméstico que tengan un consumo de energía eléctrica por debajo de la media del límite establecido en su localidad.

2. **Vida útil del sistema Fotovoltaico.** Carlos Manuel Giraudy Arafetl (2014), indica que los sistemas fotovoltaicos tienen un promedio de vida de 25 años.
3. **Generación de energía eléctrica.** Los sistemas fotovoltaicos generan energía eléctrica en base a las horas de radiación solar que captan en el transcurso del día.
4. **Variabilidad de insolación.** Matillas (2016), menciona que la insolación será menor en días nublados y mayor en días soleados.
5. **Trámite de interconexión ante CFE.** Debido a la burocracia que tiene la CFE, el proceso para la interconexión del sistema fotovoltaico conlleva más tiempo de lo indicado inicialmente por la CFE.

Hipótesis

Actualmente los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red, se están convirtiendo en una forma efectiva de generar energía eléctrica, en contraste con el resto de las tecnologías limpias para generar energía eléctrica, debido a que la radiación solar es adecuada en gran parte del mundo.

Debido a que los costos iniciales de los sistemas fotovoltaicos son elevados, existe principalmente en países del tercer mundo un freno para su inversión. Países de primer mundo como España, han aplicado los sistemas fotovoltaicos de una manera efectiva; a través de reportes emitidos por el Portal de energías renovables (2014), mencionan que el retorno de inversión de los sistemas fotovoltaicos (es decir, el tiempo que se necesita para que los ahorros de energía eléctrica se igualen al costo inicial del sistema fotovoltaico) son alrededor de 6 años, dicha cantidad de años disminuirá conforme el precio de energía eléctrica aumente.

Un punto importante que se tendrá que hacer hincapié; de acuerdo con Portal de energías renovables, (2014), España a un se encuentra implementado la remuneración de venta de excedentes de energía eléctrica, en contraste con México que se encuentra aprobada recientemente. En el comunicado que hace la Comisión Reguladora de Energía (CRE), el 20 de febrero del año en curso decreto que los usuarios de los diferentes sectores (domestico, comercial, agrícola e industrial), podrá generar energía eléctrica mediante un sistema alternativo de energía renovable para su autoconsumo y vender su excedente de energía a la CFE.

Información proveniente (Miranda, 2017), menciona que la CRE puso a consulta tres modelos para la venta de energía solar en México y que entra en vigor para el año 2018, bajo los siguientes esquemas:

- Modelo 1. Esquema Net metering. Permite al usuario que genere energía eléctrica por medio de sistemas fotovoltaicos y consuma energía eléctrica proveniente de la CFE en un año, en ese periodo (un año) se realiza un conteo neto, y en caso de que exista diferencia a favor de usuario, la CFE le pagará el excedente de energía eléctrica a un precio marginal local. Este modelo es el adecuado para el sector doméstico.
- Modelo 2. Esquema Net billing. Se utilizará dos medidores con contratos independientes, uno será la venta de energía eléctrica por parte del usuario y otro para la compra de energía eléctrica, que podrá ser con empresas distintas, y que el usuario contratará de acuerdo con su conveniencia, lo cual permitirá estructurar proyectos atractivos para media tensión, que involucra al sector industrial y comercial.
- Modelo 3. Permitirá la venta total de energía, sin necesidad de realizar los trámites calificados, siempre y cuando el contrato sea menor a 500 kilovatios

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación plantea la siguiente hipótesis:

Los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red, que contemplen un análisis técnico, un diseño sistémico del modelo y un estudio financiero, serán sistemas sustentables para generar energía eléctrica en el sector doméstico, permitiendo reducir el retorno de inversión menor a 6 años.

1. Estado del arte del sistema fotovoltaico interconectado.

1.1. Puntos notables de la reforma energética.

La reforma energética impulsada el 12 de agosto del 2013 por el presidente electo de la República Mexicana Enrique Peña Nieto, y aprobada por el senado de la república el 11 de diciembre del 2013, modifica el artículo 27 y 28 de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos. De acuerdo a la Reforma Energética (2013), menciona que se tendrán los siguientes objetivos y premisas fundamentales:

- Modernizar y fortalecer, sin privatizar, a Petróleos Mexicanos (Pemex) y a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) como Empresas Productivas del Estado, 100% públicas y 100% mexicanas.
- Bajar las tarifas eléctricas y bajar el precio del gas natural.
- Sustituir las centrales eléctricas más contaminantes con tecnologías limpias y fomentar la utilización de gas natural en la generación eléctrica.

De acuerdo al diagnóstico realizado en Reforma Energética (2013), sobre el modelo de generación, transmisión, distribución, y comercialización de energía eléctrica, informa:

- La energía en México, en comparación con Estados Unidos, es un 25% más costosa en México aun con el subsidio eléctrico, esto se considera un freno

a la economía mexicana, ya que la electricidad es un insumo esencial para la actividad industrial, comercial y de servicios.

- El 20% de la energía generada para el servicio público se ha generado a partir de combustóleo y en diésel, con un costo significativamente mayor a las energías limpias y al gas natural. El lento ritmo en la sustitución de dichos combustibles se debe en gran parte a la exclusividad de la CFE para suministrar el servicio público de energía eléctrica. Si bien ya se permitía la participación de particulares, los proyectos de mayor escala dependían de la planeación de la CFE y se limitaban por las restricciones presupuestales del Estado. Esto se había convertido en un estancamiento que impedía desarrollar con máxima velocidad las fuentes potenciales que podrían generar.
- Falta de inversión en la red de transmisión. Se requiere incrementar el mallado de la red de transmisión e interconectar las zonas del país con alto potencial de energías limpias. Esta expansión debe tomar en cuenta todos los proyectos de generación, sean del Estado o de particulares, a fin de eliminar una de las barreras más importantes al desarrollo de proyectos de tecnología eólica y solar: la falta de capacidad de interconexión. En relación con la red de distribución, hoy en día se registran ineficiencias significativas en la operación.
- Las pérdidas de energía en México son alrededor del doble del promedio de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Incluyendo las pérdidas del proceso de facturación y cobro, más de 15% de la energía producida por la CFE no se cobra. Ninguna empresa de energía eléctrica en el mundo puede sostener la pérdida de 21% de su producción sin reportar problemas financieros.

El artículo 27 de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos establece:

La planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, así como el servicio público de transmisión y distribución de electricidad son áreas exclusivas del Estado.

Dicho artículo se mantiene la prohibición expresando otorgar concesiones en estas actividades, sin embargo, se permite que el Estado celebre contratos con particulares para que, por cuenta de la Nación, lleven a cabo el financiamiento, mantenimiento, gestión, operación y ampliación de la infraestructura necesaria para prestar el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica.

En materia de generación y comercialización de energía eléctrica, la reforma constitucional permite la apertura a la inversión privada. La participación de particulares, junto con la CFE, en la generación de energía eléctrica permite que la instalación de nuevas centrales se lleve a cabo de forma más flexible. CFE podrá construir nuevas plantas, modernizar la base de generación e incrementar su competitividad, mientras los particulares podrán instalar nuevas plantas para vender su energía al Mercado Eléctrico Mayorista, a suministradores o usuarios calificados

La reformación del artículo 28 de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos establece:

La planeación y el control del sistema eléctrico nacional, así como el servicio público de transmisión y distribución de electricidad sean áreas exclusivas del Estado. Se reafirma el control del Estado sobre el sistema eléctrico como una actividad total de la Nación para beneficio de los mexicanos.

El Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), que antes de la reforma formaba parte de CFE, se transformará en un organismo público descentralizado encargado del control operativo del Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Con ello se dispone que un tercero imparcial, y ya no la propia CFE, opere

el mercado eléctrico mayorista y garantice a los generadores el acceso abierto y equitativo a la red nacional de transmisión y a las redes generales de distribución. La garantía de acceso a un mercado donde los generadores puedan vender su producción y acceso a la red que se requiere para entregarla, impulsará la inversión en nuevas centrales de generación con tecnologías limpias y eficientes.

El desarrollo eficiente de la industria eléctrica requiere una expansión que responda a los intereses del sistema y de los usuarios. Por ello, se contempla que la red de transmisión será planeada por el CENACE y será aprobada por la Secretaría de Energía (SENER) con el fin de garantizar la imparcialidad de la expansión.

La Reforma Energética permitirá reducir el costo de la electricidad, que depende en 80% del precio del combustible que se usa para generarla. El gas natural es 4 veces más barato y emite 68% menos emisiones de dióxido de carbono que el combustóleo, que es uno de los principales combustibles con los que se genera electricidad en México.

La generación de energía eléctrica bajo reglas de acceso abierto e imparcial, aunado a la participación de particulares en los segmentos de transmisión y distribución y en el desarrollo de la infraestructura asociada, permitirá una reducción considerable en los costos de producción del sector eléctrico y hará posible la mayor participación de energías limpias y más eficientes. Con la Reforma Energética en materia eléctrica, la planta productiva nacional y los hogares mexicanos contarán con electricidad de calidad, a mejor precio y proveniente de fuentes menos contaminantes.

La Ley de la Industria Eléctrica prevé la clasificación de los usuarios en calificados y de suministro básico. Los usuarios calificados podrán participar directamente en un mercado mayorista de energía eléctrica, mientras que los usuarios de suministro básico serán atendidos por la CFE, quien deberá adquirir la energía a través de subastas para garantizar los menores costos de energía para los usuarios.

En el comunicado que hace la CENACE y la SENER el 13 de octubre del 2016, mencionan que las empresas del sector privado en conjunto con la CFE, da un total de 34 empresas que participaran en la generación de energía eléctrica en el país, de las cuales 11 fueron elegidas en la primera subasta y 23 en la segunda subasta, y en conjunto llevarán a cabo una inversión de 6 mil 600 millones de dólares y añadirán cerca de 5 mil Mega-Watts (MW) de nueva capacidad de generación limpia. Los estados donde se instalarán los diferentes proyectos propuestos por las empresas electas de dicha subasta son: Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Guanajuato, Jalisco, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Yucatán. Cabe mencionar que los proyectos de generación de energía por las empresas elegidas de la subasta son en su mayoría de fuentes renovables, lo anterior con objetivo de acercar a México a un 35% de la electricidad proveniente de fuentes energéticas limpias para el año 2024.

El autor SIGLER (2014), menciona, que la reforma energética permitirá que la industria privada se introduzca a México a competir por la generación y comercialización de energía eléctrica en el sector industrial. Lo anterior pondrá en riesgo a la CFE, ya la mayor parte de sus ventas se encuentran en este sector, por lo tanto, la CFE tendrá que adaptarse rápidamente a su competencia.

1.2. Energías renovables

Las tecnologías utilizadas para generar energía eléctrica, que no emiten emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), es decir, que no dañan el medio ambiente como lo hacen las tecnologías convencionales (ciclo combinado, Carboeléctrica, turbo gas, etc.), y que se obtiene en base a recursos naturales, se le conoce como energías renovables. Además ERENOVABLE, (2016) especifica que las energías renovables son energías limpias que contribuyen al cuidado del medio ambiente, y al apoyo de escasos combustibles fósiles.

En la actualidad existen diferentes tecnologías para generar energía eléctrica renovable y son:

1.- Energía por Biomasa: ERENOVABLE, (2016), menciona que se adquiere a través de la biodegradación de residuos y productos de origen vegetal y animal o residuos municipales e industriales. Dichos residuos cambian de estado a través de un proceso térmico, en el cual se obtiene el biogás que se utiliza como materia prima para generar electricidad.

La institución SAGARPA (2015), menciona que México existen plantas de generación de energía eléctrica a través de biomasa, por ejemplo, la planta situada en Aguascalientes que utiliza la biomasa de nopal para generar energía eléctrica.

2.- Energía mareomotriz: ERENOVABLE (2016), menciona que es la energía que incluye el aprovechamiento de océanos y mares a través del movimiento del agua.

En México actualmente no se encuentra con este tipo de generación de energía, datos proporcionados por los autores Álvarez Martínez Javier Abraham (2014), mencionan que el lugar idóneo para utilizar este tipo de energía se encuentra en el golfo de California donde se registran mareas de gran amplitud que llegan a sobrepasar los 6 metros.

3.- Energía geotérmica: Energía e impacto ambiental (2010), indica que es obtenida a través del interior de la tierra, a una temperatura comprendida de 150 °C hasta 400 °C.

Energía e impacto ambiental (2010), Indica que actualmente México se encuentra con una potencia instalada de 950MW que representa el 2% de capacidad eléctrica total en el país, las plantas que están instaladas en México son Cerro Prieto en Baja California, los Azufres en Michoacán, los Humeros en Puebla, Las Tres Vírgenes en Baja California Sur, cerritos colorados en Jalisco.

4.- Energía hidroeléctrica: ERENOVABLE (2016), indica que es obtenida a través de la energía cinética que produce el agua en constante movimiento.

De acuerdo a CFE, Informe Anual (2015), la capacidad instalada en México en base a tecnología hidroeléctrica es aproximadamente el 12% de la energía generada en el país. Actualmente México cuenta con 64 centrales hidroeléctricas.

5.- Energía eólica: ERENOVABLE (2016), indica que se obtiene mediante la fuerza que ejerce el viento hacia los alabes de la turbina de viento transformando la energía cinética del viento en energía eléctrica.

De acuerdo a CFE, Informe Anual (2015), México cuenta con el 1% de energía eólica instalada en el país. Cabe mencionar que la mayor parte de las instalaciones eólica en México son construidas y operadas por los PIE.

6.-Energía fotovoltaica: ERENOVABLE (2016), indica que es la energía obtenida por la radiación emitida del sol, y captada a través de paneles fotovoltaicos, la cual se puede almacenar en baterías o distribuir a la red eléctrica.

En la actualidad en México se ha instalado aproximadamente 28 mega-watt (MW) en tecnología fotovoltaica, la mayor parte de esta potencia se utiliza en los lugares remotos donde no llega la energía eléctrica de la CFE.

Otro punto importante es que actualmente se encuentra construyendo la planta de energía solar fotovoltaica Villanueva, de 754 MW¹, en el municipio de Viesca, Coahuila, y entrara en servicio el segundo semestre del 2018.

La mejor opción para que el usuario del sector doméstico en México genere energías renovables es implementando tecnología fotovoltaica, debido a que las otras energías renovables requieren procesos complicados para generar energía eléctrica como por ejemplo la energía biomasa y geotérmica. También la energía que depende del agua como la mareomotriz o hidráulica, que es imposible generarla

en el sector doméstico. Otra opción son los sistemas de generación de energía eólicos, que solo se pueden instalar en lugares específicos donde exista flujo de aire. En cambio, la energía fotovoltaica es adecuada debido a la apropiada radiación solar que tiene México en todo el país, y que no es necesario invertir en un proceso complicado para la transformación de energía solar a energía eléctrica, es adaptable en cualquier punto de México, y sobre todo tiene la capacidad de cubrir por completo el consumo de energía eléctrica en cualquier región del país.

1.3. Solarimetría.

La Solarimetría se le conoce como el estudio del movimiento del sol. Bulnes (2007), indica que es de suma importancia conocer la cantidad de radiación solar que se recibe en un sitio y como está variando en el transcurso del año, esto con el objetivo de diseñar adecuadamente el sistema fotovoltaico, es decir, instalar los paneles necesarios para cubrir el consumo de energía eléctrica en los hogares de los mexicanos, sin que existan costos adicionales en el equipo. Por lo tanto, las empresas que se suministran o instalan sistemas de generación de energía fotovoltaica deben tener al menos conceptos básicos de la radiación solar, así como las técnicas de medición solar y la utilización de la información disponible para calcular la energía solar en un panel solar.

Como inicio se debe conocer la **Irradiancia (G)**, que de acuerdo a Bulnes (2007) es la potencia recibida del sol en un m^2 de panel solar perpendicular a los rayos del sol, con unidades de W/m^2 .

Como segundo punto se debe conocer la **insolación o irradiación (H)**. Bulnes (2007), Indica que es la captación de energía en $1m^2$ de panel solar en un tiempo dado, con unidades de KWh/m^2 .

Referente a Bulnes (2007), existe una constante solar de Irradiancia de $1367 W/m^2$ propuesta en 1980, que es el promedio de potencia que ejerce el sol hacia la superficie de la tierra, pero esta constante solar disminuye cuando se ingresa a la atmosfera por una infinidad de pérdidas que se tienen, por ejemplo,

polvo, masas de aire, moléculas, vapor de agua, etc. de manera que el promedio de la cantidad de irradiancia proveniente del sol hacia el interior del planeta como máximo será 1 KW/m^2 , se tendrá este valor solo cuando el sol se ubique en el cenit del punto que se esté midiendo (llevándose cabo en un horario de las 12pm). Por lo tanto, la energía solar captada en un día, dependerá de la trayectoria del sol, por lo que se tendrá que monitorear la energía que emite el sol en cada hora y posteriormente sumarlas para identificar la cantidad de insolación total que existe en un día. A este último se le denomina también como “horas pico”, que de acuerdo a (centro de capacitacion electrica y energias alternas, 2016) se le llama horas pico porque es el tiempo en que se mantiene constante $1 \text{ KWh/m}^2/\text{día}$ en una determinada ubicación.

El autor (Sierra, 2010), menciona, para estimar irradiación global en un panel solar, es necesario comprender que el flujo en la radiación solar sobre una superficie horizontal terrestre depende de varios factores, los más relevantes son: latitud, época del año, hora del día y el estado de la atmósfera, además existen otras irradiancia que intervienen en la irradiación global (G_g) que capta un panel solar como son:

Irradiancia directa (G_b): Es la radiación que llega directamente desde el disco solar.

Irradiancia difusa (G_d): Es la dispersión atmosférica, que parte la radiación solar y que llega a la superficie del panel solar desde direcciones diferentes a la del disco solar.

La irradiancia global es la sumatoria de la irradiancia directa con la irradiancia difusa ($G_g = G_b + G_d$). Además de acuerdo con (centro de capacitacion electrica y energias alternas, 2016), las intensidades de las irradiancias varían en cuestión a la situación climatológica de la ubicación, es decir, si es día nublado o soleado. En un día soleado se espera que aproximadamente el 80% de radiación

sea directa y 20% de radiación difusa. En cambio, en un día nublado la mayor parte de la radiación será difusa.

Con apoyo del software de meteorología de energía solar de la NASA (2010), se puede obtener la insolación que va a recibir el panel solar, teniendo los datos de latitud y longitud de la ubicación donde se requiera instalar los sistemas fotovoltaicos e incluso, dicho software proporciona ángulos de inclinación óptimos para la colocación de los paneles solares. Datos proporcionados de la (NASA, 2010), se observa que la irradiancia en México no varía considerablemente entre estados de la república mexicana (ver figura 3).

Fuente: Propia con datos de la NASA, 2018

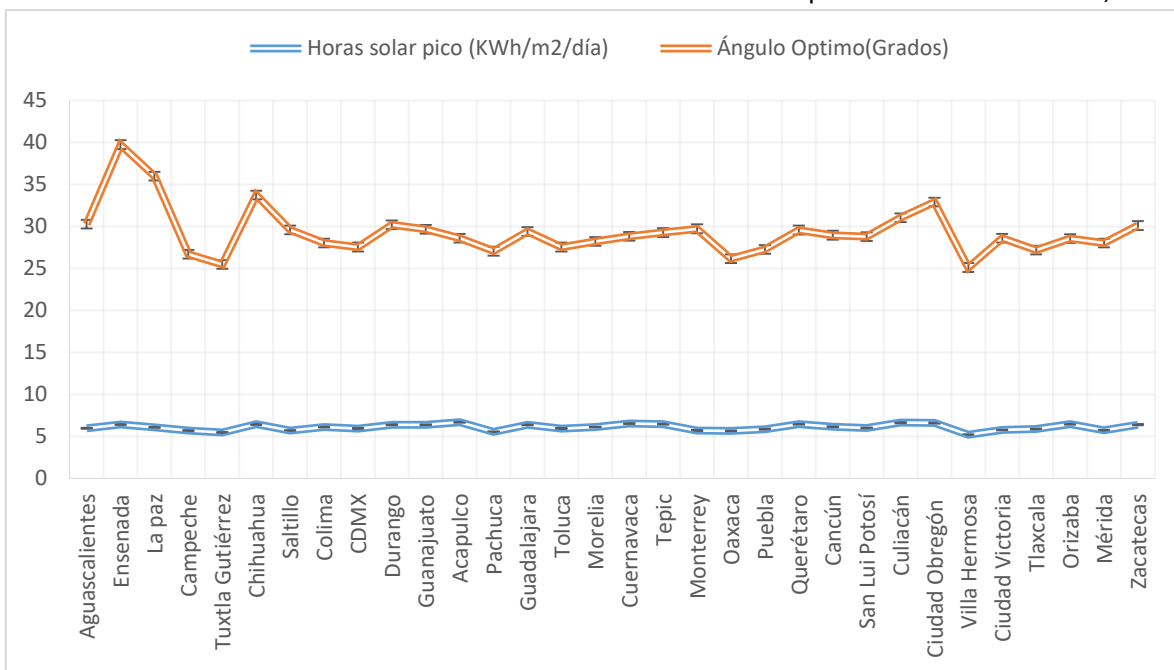


Figura 3. Gráfico de irradiancia solar y ángulo de inclinación de los paneles solares.

1.4. Bases teóricas de los sistemas fotovoltaicos.

La forma en que se produce la energía fotovoltaica es a través del efecto fotoeléctrico, que consiste cuando la luz incide en una superficie de un material, y

provoca emisiones de electrones (corriente alterna). Einstein (1905) indica, que al momento de iluminar un metal se le proporciona energía a dicho metal, y si los electrones absorben dicha energía, esta podrá salir del metal, ocasionando que el metal emita electrones.

Los autores más importantes que han intervenido en la evolución de los sistemas fotovoltaicos, así como los sucesos relevantes que se han contribuido al desarrollo de los sistemas fotovoltaicos son:

- Alexandre Edmund Bequerel (1839), físico francés que descubrió el efecto fotovoltaico cuando experimentaba con una pila electrolítica, y produjo un aumento de generación eléctrica con la luz, el cual es considerado como el punto de partida de los sistemas fotovoltaicos.
- Willoughby Smith (1873), descubrió que la conductividad de las varillas de selenio aumentaba significativamente cuando se exponía a una luz intensa.
- Adams y R.E. (1877), observaron el efecto fotovoltaico sobre el selenio sólido. Hace la primera celda selenio. Publica 'La acción de la luz en el selenio.
- Albert Einstein (1904), publica su artículo sobre el efecto fotovoltaico, al mismo tiempo que un artículo sobre la teoría de la relatividad.
- Einstein (1921), gana el Premio Nobel de 1921 por sus teorías de 1904 explicando el efecto fotovoltaico.
- Los investigadores D.M.Chaplin, C.S. Fuller y G.L.Pearson (1954), en los laboratorios Bell en Murray Hill, New Jersey, producen la primera célula de silicio.
- (1955), se le asigna a la industria americana la tarea de producir elementos solares fotovoltaicos para aplicaciones espaciales. Hoffman Electronic, empresa de Illinois (EE.UU.) ofrece células del 3% de 14mW.
- (1958), se lanza primer satélite alimentado con energía solar.
- (1962), se lanza satélite comercial de telecomunicaciones, el Telstar, con una potencia fotovoltaica de 14W.

- Sharp (1963), consigue una forma práctica de producir módulos de silicio; en Japón se instala un sistema de 242W en un faro, el más grande en aquellos tiempos.
- (1964), el navío espacial Nimbus se lanza con 470W de paneles fotovoltaicos.
- (1966), el observatorio astronómico espacial lleva 1kW de paneles solares.
- (1977), la producción de paneles solares fotovoltaicos en el mundo es de 500 kW.
- (1980). “Arco Solar” es la primera empresa que alcanzó una fabricación industrial de 1 MW de módulos al año.
- (1994), se celebra la primera Conferencia Mundial fotovoltaica en Hawai.
- (1998), se alcanza un total de 1.000 MWp de sistemas fotovoltaicos instalados.
- (2004 al 2007), aumenta la potencia fotovoltaica instalada de 1 MW de que se producía en el año 2004 a 2 MW para el año 2007.

El autor (Diego, 2016), indica que los sistemas de generación de energía fotovoltaicos, se subdividen en dos modelos: los sistemas fotovoltaicos aislados y los sistemas fotovoltaicos interconectados. Los sistemas fotovoltaicos aislados almacenan la energía generada de los paneles fotovoltaicos en bancos de baterías, y posteriormente la energía almacenada se utilizada durante el día; este tipo de sistemas son muy comunes en zonas rurales que se encuentran alejadas de las ciudades y no llega la red eléctrica. Los sistemas fotovoltaicos interconectados introducen la energía generada de los paneles fotovoltaicos a la red de distribución eléctrica de una localidad, siendo en México la CFE. Estos sistemas en ocasiones son más económicos ya que no necesitan banco de baterías, que en ocasiones son los dispositivos más costosos del sistema aislado y los que mayor mantenimiento requieren.

De acuerdo con (CFE, 2016), en México los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red se tienen que realizar un contrato con la CFE, para que

verifique que todo el sistema cumpla con todas las condiciones de instalación, debido a que la energía que se genera en la instalación de una vivienda o negocio se envía a la red nacional, por lo tanto, es fundamental garantizar la calidad de energía.

De acuerdo a Diego (2016), las principales características relevantes de los dos modelos (sistema fotovoltaico aislado o autónomo, sistema interconectado a la red) para generar energía eléctrica son: costo de instalación, costo de manteniendo, flexibilidad, independencia, etc., que son diferencias primordiales que existen en dichos sistemas. Por lo tanto, los sistemas fotovoltaicos interconectados demuestran que son más económicos a largo plazo (ver tabla 7).

Tabla 7. Comparación del sistema de sistemas fotovoltaicos aislados con sistemas fotovoltaicos interconectado

Concepto	Sistema interconectado	Sistema aislado
Costo inicial	Económico	Costo adicional por baterías
Costos de mantenimiento	mantenimiento preventivo, limpieza de paneles	Cambio constantemente de baterías
Flexibilidad	No hay problemas por adicional uso	Energía limitada a baterías
Independencia	Dependencia del sistema eléctrico nacional.	Totalmente independientes
Obligaciones legales	Se requiere contrato con la CFE	no se requiere contrato
Implementación	Fácil	Complicados

Fuente: SEMAER, 2016

1.5. Clasificación de los paneles solares fotovoltaicos.

Los paneles solares están compuestos por celdas fotovoltaicas, que tienen la función de transformar la energía solar en energía eléctrica de corriente directa. Información proveniente de (Renovables, 2014), indica que el 90% de los paneles

fotovoltaicos instalados en el sector doméstico son con celdas fotovoltaicas construidas de silicio, además, la eficiencia de los paneles solares construidos de silicio dependerá en gran medida de la cantidad de dicho elemento químico que tengan las celdas fotovoltaicas, es decir, al incrementar la cantidad de silicio en las celdas fotovoltaicas se logrará disminuir las pérdidas en la conversión de energía, pero también se elevaría los costos de producción de los paneles solares.

Actualmente existe en el mercado una variedad de celdas fotovoltaicas y modelos de paneles fotovoltaicos, que se clasifican de acuerdo a la eficiencia y material con el cual esté construidas celdas (ver figura 4).

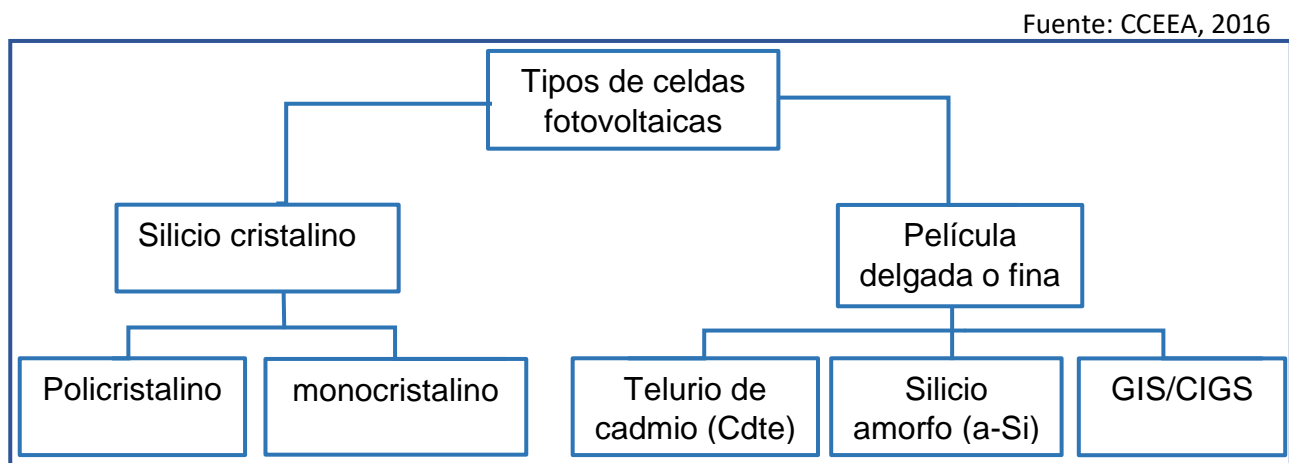


Figura 4. Tablas de clasificación de celdas fotovoltaicas, más comunes en el mercado.

Monocristalino de silicio:

Una celda fotovoltaica monocristalina está compuesta por un solo cristal de silicio. Información proveniente de Renovables (2014), menciona, que estas celdas están construidas en un solo bloque de silicio, teniendo una coloración oscura uniforme, indicando la alta pureza de silicio. Los paneles monocristalinos se caracterizan porque tienen mayor eficiencia que los policristalinos y de capa fina. La eficiencia de un panel monocristalino se encuentra entre el 15 y 21%, además tienen una vida útil de 25 años, y no afecta de manera drástica su eficiencia por temperaturas altas (situación inversa con los policristalinos). Por otro lado, los paneles monocristalinos resultan más costosos por la alta cantidad de silicio.

Policristalino de silicio:

Conjunto de cristales de silicio unidos entre ellos. De acuerdo a Renovables, (2014), las celdas fotovoltaicas policristalinas son construidas fundiendo el silicio bruto y vertiéndolas en un molde cuadrado, para posteriormente enfriarlo y cortar laminas perfectamente cuadradas, teniendo un aspecto azulado. Dicho proceso de elaboración de las celdas fotovoltaicas, permite que no sea costoso el proceso de producción lo que refleja ser más económicos en comparación con las celdas monocristalinas. Este tipo de celdas tienen una eficiencia entre el 13 y 16%. Las células policristalinas tienen menor eficiencia que las células monocristalinas, y con el incremento de la temperatura su ineficiencia tiende a aumentar.

Película delgada o fina:

Información proveniente de Renovables (2014), los paneles con celdas de capa delgada o fina pueden ser construidos de silicio amorfo (a-Si), de telurio de cadmio (CdTe), o bien, de cobre, indio, galio y selenio (GIS/CIGS), pueden ser flexibles, ocasionando que se adapten en múltiples superficies. Este tipo de paneles tiene una eficiencia entre el 7 y 13%, además, su proceso de fabricación es sencillo, lo que provoca que tenga menor costo que los que los paneles cristalinos. A diferencia de estos paneles con los de silicio Policristalino y monocristalinos es que se degradan más rápido, por lo que los fabricantes ofrecen menor garantía. De acuerdo a (Energiza, 2013), la principal aplicación que se le da a estos paneles es en fachadas de los edificios, ventanas, teléfonos móviles, ordenadores portátiles y coches.

1.6. Componentes del sistema fotovoltaico interconectado.

Los sistemas interconectados se requieren varios componentes eléctricos, entre ellos los más importantes son: paneles fotovoltaicos, estructura, interruptores, caja de conexiones, inversores, etc. Cada dispositivo está conectado en un orden y se encargan de cubrir tareas específicas (figura 5).

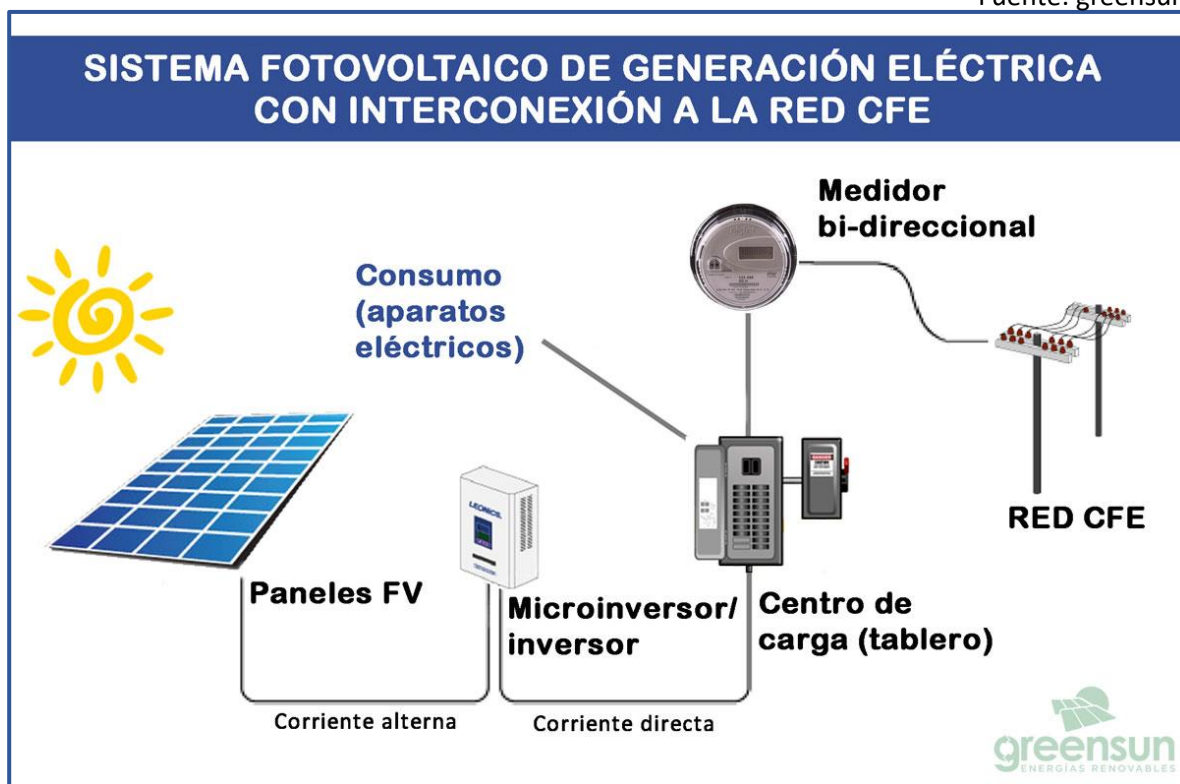


Figura 5. Componentes de un sistema fotovoltaico interconectado a CFE

1. Arreglo fotovoltaico

Conjunto de paneles solares fotovoltaicos con objetivo de convertir la energía solar en energía de eléctrica de corriente directa, y posteriormente ser enviado al inversor. Cabe mencionar que un sistema fotovoltaico interconectado, los paneles serán conectados en serie, para elevar el voltaje a las condiciones específicas por la CFE.

2. Estructura o soporte

Las estructuras se utilizan para colocar los paneles solares, con objetivo de que los paneles obtengan la orientación e inclinación apropiada para que se obtenga el mejor rendimiento posible. Información proveniente de Energiza, (2013), menciona, que la estructura debe estar construida de metales que soporten las condiciones climatológicas, como por ejemplo aluminio o acero

galvanizado. Energiza (2013), Indica que las estructuras se clasifican en dos tipos: fijas y con seguidor solar, la diferencia entre las dos es que las de tipo fija se dirige siempre a una dirección, es decir con orientación e inclinación óptima respecto a la insolación que se tiene en el año. Las estructuras con seguidor solar son más caras porque su orientación está cambiando en función a la orientación del sol, permitiendo que se capte la insolación mayor en todo el trayecto del sol.

3. Interruptores (fusibles o termomagnéticos)

En todas las instalaciones eléctricas incluyendo las fotovoltaicas, primeramente, se debe resguardar la vida de las personas, y como segundo punto se debe cuidar los equipos electrónicos que tenga el sistema, por lo tanto, se debe colocar interruptores termomagnéticos o fusibles para interrumpir el paso de la corriente cuando exista una falla o bien, se requiera hacer mantenimiento.

4. Caja de conexiones.

Es una caja de distribución eléctrica donde se conectan los módulos solares fotovoltaicos y se combinan en paralelo o en serie según sea el caso. Cabe mencionar que el interruptor de las cajas de conexiones deberá ser elegido de acuerdo al voltaje y corriente que proporciona el arreglo fotovoltaico.

5. Inversor.

Dispositivo que se encarga de convertir la corriente directa emitida por los paneles solares a corriente alterna con las mismas características que maneja la CFE. Información proveniente de Energiza (2013), indica que el funcionamiento de los inversores es automático, por lo tanto, cuando los paneles empiezan a generar potencia, la instalación comienza a generar energía, y cuando está disminuyendo la insolación solar, es decir, cuando en el día empieza atardecer los inversores se desconectan. Energiza (2013), También indica que la potencia nominal de un inversor suele estar comprendida entre el 90 y 100% de la potencia del arreglo fotovoltaico, además estos dispositivos deben de ser instalados en lugares frescos, para no disminuir su vida útil.

6. Medidor bidireccional.

Es un dispositivo que permite interconectar los sistemas de generación de energía fotovoltaica instalados en la casa habitación con los sistemas de generación de energía de la CFE. Además, mide y compara el consumo de energía con la energía producida del arreglo fotovoltaico.

1.7. Requerimientos para una instalación fotovoltaica interconectada a CFE.

En las instalaciones eléctricas es de carácter obligatorio cumplir con la norma eléctrica reguladora, siendo en México la NOM-001-SEDE-2012. Aplicar la norma, tendrá como objetivo construir instalaciones eléctricas confiables, reduciendo accidentes y daños a la propiedad. Además, la norma específica que todos los equipos o aparatos electrónicos deben estar certificados. Los circuitos fotovoltaicos deben de estar instalados de acuerdo al artículo 690 de la NOM-001-SEDE-2012, aplicada específicamente a los sistemas fotovoltaicos aislados o interconectados a la red. Además, se deberá cumplir con los siguientes artículos de la norma.

- Artículo 210 circuitos derivados
- Artículo 240 protección contra sobre corriente
- Artículo 250 puesta a tierra y unión
- Artículo 300 métodos de cableado

CFE- Energía renovable, (2012), especifica que los requerimientos para realizar un contrato de interconexión en pequeña escala con la CFE, son:

- Tener un contrato de suministro normal en baja tensión,
- Las instalaciones eléctricas cumplan con las Normas Oficiales Mexicanas(NOM-001-SEDE-2012)
- Cumplimiento de especificaciones del contrato de interconexión para fuente de energía renovable o sistema de cogeneración en pequeña escala.
- La fuente no sea mayor de 10 kW (si se instala en una vivienda)

1.8. Desarrollo sustentable

En la revista desarrollo sustentable interpretación y análisis (2013), indica que el desarrollo sustentable es crear un proceso que permita el desarrollo social, pero de una manera en la que, para las generaciones venideras, deben seguir permaneciendo los recursos naturales y los ecosistemas que garanticen un bienestar y una calidad de vida adecuados.

Es importante entender que el desarrollo sustentable tiene que estar enfocado no solo a satisfacer las necesidades del presente, si no también bien que se preocupen por atender las necesidades futuras. Además, las personas del presente y generaciones futuras tienen generar un comportamiento ético de cuidar el planeta, de manera que se recupere y cuide los ecosistemas.

Es por ello que la implementación de energía renovables contribuyen al cuidado del medio ambiente de desde la utilización de combustibles fósiles hasta la quema de ellos. Además, nuestras generaciones futuras tiene que ver que la implementación de energía renovables en las viviendas no solo contribuye a la disminución de del pago de energía eléctrica si no también la disminución de emisiones de CO₂

2. Análisis y diseño del sistema fotovoltaico interconectado.

En el presente trabajo de investigación se presentará una metodología para la interconexión de un sistema fotovoltaico, que consta de tres pasos. Estos puntos son: análisis técnico, diseño del sistema fotovoltaico, análisis financiero del sistema fotovoltaico, como se muestra en el siguiente diagrama de flujo (ver figura 6).

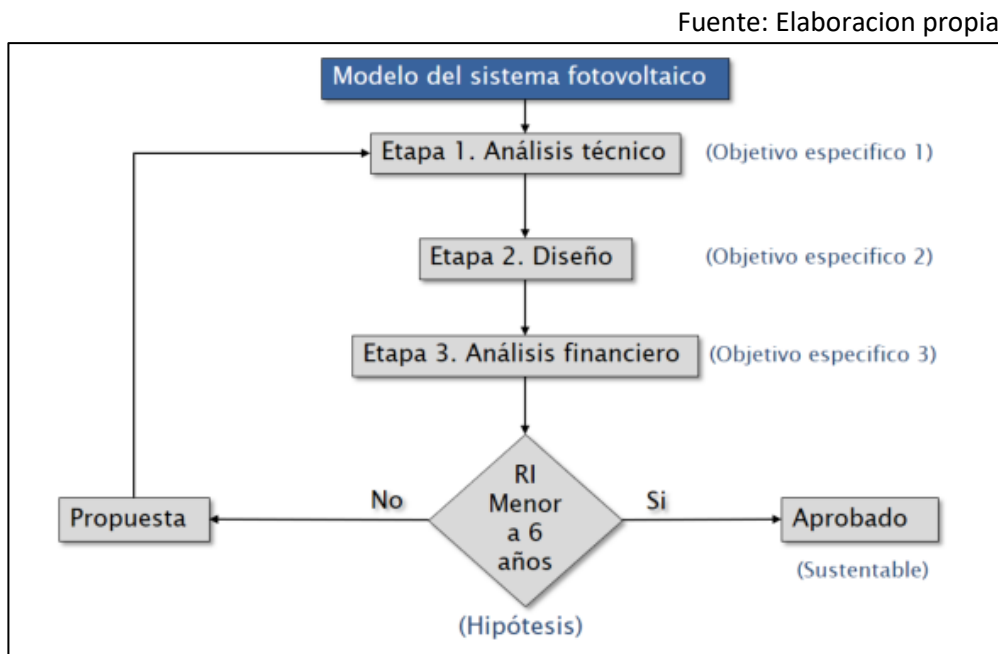


Figura 6. Metodología para el análisis de sustentabilidad del sistema fotovoltaico

Las variables independientes, así como la técnica e instrumento a utilizar de cada punto se describen a continuación.

2.1 Aspectos técnicos.

Valorar el punto de ubicación donde se instala el sistema fotovoltaico, para verificar que la radiación solar no sea interrumpida. Las variables a medir son: revisión de superficie de instalación y análisis de condiciones del entorno (ver figura 7).

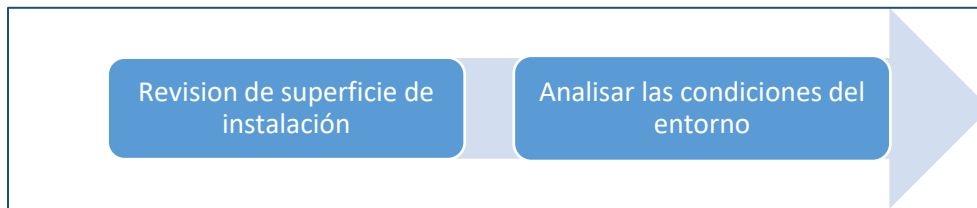


Figura 7. Diagrama de bloques para evaluar los aspectos técnicos del entorno.

- a) Superficie de instalación del sistema fotovoltaico. Determinar con el usuario el área apropiada de instalación de los módulos fotovoltaicos. Dependiendo de la casa-habitación, la superficie apropiada para instalar los módulos fotovoltaicos son: techado exterior, azotea, terraza, jardín, etc. Para evaluar la variable se utiliza como técnica la observación estructurada, y como instrumento una lista de verificación (“Checklist”) en complemento con un reporte fotográfico.

- b) Condiciones del entorno en base al sentido y dirección de los paneles solares. Determinar la dirección y sentido en el punto de ubicación de los módulos fotovoltaicos, siguiendo la trayectoria del sol (solsticio de verano, equinoccio, solsticio de invierno), para evitar que objetos físicos generen sombra a los paneles solares, como pueden ser: árboles, edificios, antenas de transmisión, espectaculares, etc. Para evaluar la variable se utiliza como técnica la observación estructurada, y como instrumento una lista de verificación (“Checklist”) en complemento con un reporte fotográfico.

2.2 Diseño de un sistema fotovoltaico.

Diseñar un sistema fotovoltaico interconectado a la red, tiene como objetivo obtener el catálogo de conceptos de materiales que se requieren para el óptimo funcionamiento del sistema fotovoltaico. Las variables a medir que se presentan en el siguiente diagrama de bloques (ver figura 8).

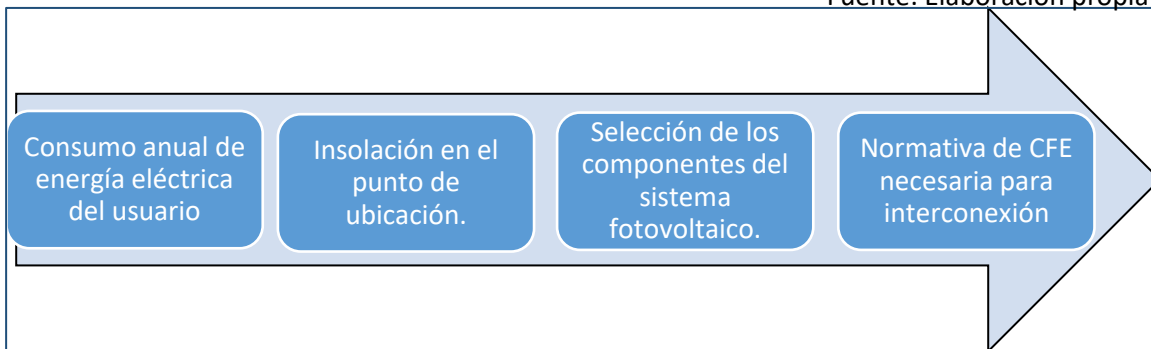


Figura 8. Diagrama de bloques para el diseño del sistema fotovoltaico

- a) Consumo anual de energía eléctrica del usuario. Determinar la cantidad de energía eléctrica anual que consume el usuario, en base a los registros bimestrales que expide la CFE. Para evaluar la variable se utiliza como técnica el análisis documental, y como instrumento un análisis estadístico de los registros bimestrales de consumo de energía eléctrica expedidos por la CFE.
- b) Insolación en el punto de ubicación. Determinar la cantidad de horas promedio de insolación por día (Horas pico), que existe en el punto de ubicación, para calcular la potencia fotovoltaica que cubre el consumo de energía eléctrica total. La presente variable se evalúa por un análisis documental empleando como instrumento un registro estadístico de la insolación de la página web de la NASA.
- c) Selección de los componentes del sistema fotovoltaico. En base al cálculo de potencia fotovoltaica se selecciona: cantidad y capacidad de los módulos fotovoltaicos, estructura adecuada para fijar los módulos fotovoltaicos, inversor, protecciones térmicas, cableado, canalización, etc. La presente variable se evalúa a través de un análisis documental empleando como instrumento un catálogo de conceptos que identifique los elementos utilizados en la instalación fotovoltaica.

d) Normativa de CFE necesaria para interconexión. Verificar que los equipos e instalación cumplan con la normativa. Se debe comprobar que el sistema fotovoltaico cumpla con la **NOM-001-SEDE-2012** y con la norma de la CFE **G0100-04**. La presente variable se evalúa a través de un análisis documental empleando como instrumento las normas eléctricas anteriormente mencionadas.

2.3 Análisis financiero del sistema fotovoltaico.

El análisis financiero se propone realizarlo en dos etapas, la primera constará de un análisis de costos con subsidio de energía eléctrica y la otra es un análisis de costos sin subsidios de energía eléctrica, esta última es analizar los costos actuales para usuarios en tarifa DAC, con el propósito de encontrar como son los cambios en el retorno de inversión en los dos análisis financieros.

2.3.1. Análisis financiero con subsidio de energía eléctrica

En esta etapa se necesita establecer el costo total del sistema fotovoltaico, y generar los ingresos, egresos, flujos netos, contemplando el subsidio de energía eléctrica, y posteriormente aplicar el **método del periodo recuperación** para determinar el retorno de inversión, lo que concluye la sustentabilidad total del sistema, como se muestra en el siguiente diagrama de bloques.



1. Costo total del sistema fotovoltaico. Cotizar los costos del material y componentes eléctricos, como son: módulos fotovoltaicos, inversor, protecciones, cableado, canalización, etcétera, Indispensable para el

funcionamiento del sistema fotovoltaico. contemplar también los costos por ejecución del proyecto. La variable se mide utilizando un análisis documental, y como instrumento un registro de costos.

2. Costo anual de consumo de energía eléctrica del usuario. Recabar los costos de energía eléctrica del usuario, de los últimos 6 bimestres, para establecer el costo total de energía anual del usuario. La presente variable se evalúa a través de un análisis documental empleando como instrumento un registro estadístico de costos bimestrales de consumo de energía eléctrica.
3. Índice de inflación promedio en tarifa uno (con subsidio). Calcular la inflación promedio en base a los registros históricos de costos de energía eléctrica referente a la tarifa uno, debido a que el caso de estudio tiene dicha tarifa. La presente variable se evalúa a través de un análisis documental empleando como instrumento un registro estadístico de costos de energía eléctrica del periodo 2002 al 2017, con el propósito de obtener los valores futuros de los ingresos del sistema fotovoltaico.
4. Ingresos del sistema fotovoltaico. Determinar los ingresos del sistema fotovoltaico a valor presente, dichos ingresos son los ahorros que tendrá el usuario los 25 años de vida útil de los sistemas fotovoltaicos, que contempla el consumo de energía anual con la inflación promedio anual calculada en el periodo 2002 al 2017. La presente variable se evalúa a través de un análisis documental empleando como instrumento un registro estadístico de ingresos de energía eléctrica en el periodo 2017 al 2042.
5. Índice de inflación promedio en México. Calcular la inflación promedio en base a los registros históricos anuales publicados por el banco de México. La presente variable se evalúa a través de un análisis documental empleando como instrumento un registro de inflaciones anuales del periodo 1999 al 2016,

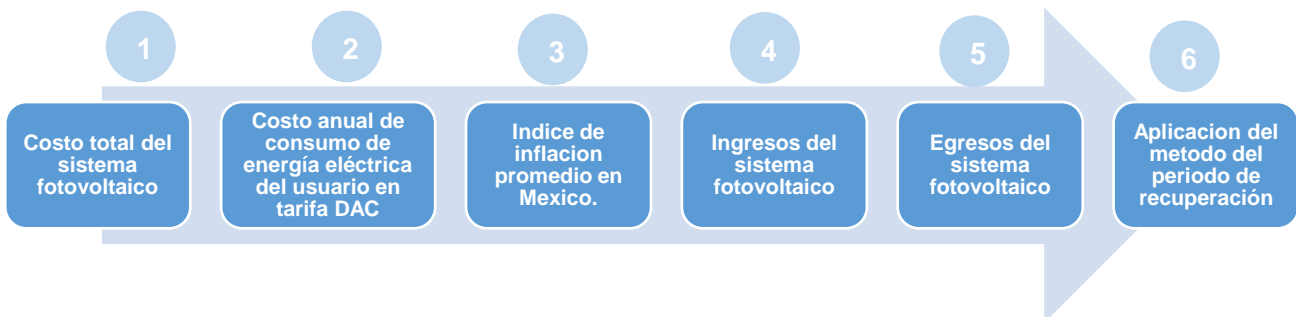
esto con el propósito de obtener el valor futuro de los egresos anuales del sistema fotovoltaico.

6. Egresos del sistema fotovoltaico. Determinar los egresos del sistema fotovoltaico a valor presente, dichos egresos son los costos que tendrá el usuario los 25 años de vida útil de los sistemas fotovoltaicos, que contempla el mantenimiento del anual con la inflación promedio anual calculada en el periodo 1999 al 2018. La presente variable se evalúa a través de un análisis documental empleando como instrumento un registro estadístico de egresos en el periodo 2017 al 2042.

7. Aplicación del método del periodo de recuperación en tarifa uno (con subsidio). Una vez determinado los ingresos y egresos del sistema fotovoltaico se determina los flujos netos anuales del año 2017 al 2042, con objetivo de identificar el retorno de inversión del sistema fotovoltaico. La presente variable se evalúa a través de un análisis documental empleando como instrumento un registro estadístico de los flujos netos en el periodo 2017 al 2042.

2.3.2. Análisis financiero sin subsidio de energía eléctrica.

En esta etapa consta de 6 variables que se necesitan obtener, las cuales son: costo total del sistema fotovoltaico, costo anual de consumo de energía eléctrica en tarifa DAC, índice de inflación promedio en México, ingresos y egresos del sistema fotovoltaico, y posteriormente aplicar el **método del periodo recuperación** para determinar el retorno de inversión. Como se muestra en el siguiente diagrama de bloques.



1. Costo total del sistema fotovoltaico. Cotizar los costos del material y componentes eléctricos, como son: módulos fotovoltaicos, inversor, protecciones, cableado, canalización, etcétera, Indispensable para el funcionamiento del sistema fotovoltaico. contemplar también los costos por ejecución del proyecto. La variable se mide utilizando un análisis documental, y como instrumento un registro de costos.
2. Costo anual de consumo de energía eléctrica en tarifa DAC. Calcular el consumo de energía eléctrica utilizando los costos de energía eléctrica en tarifa DAC, para obtener los costos bimestrales de consumo de energía eléctrica del usuario. La presente variable se evalúa a través de un análisis documental empleando como instrumento un registro estadístico de costos bimestrales proyectados en el consumo de energía eléctrica.
3. Índice de inflación promedio en México. Calcular la inflación promedio en base a los registros históricos anuales publicados por el banco de México. La presente variable se evalúa a través de un análisis documental empleando como instrumento un registro de inflaciones anuales del periodo 1999 al 2018, esto con el propósito de obtener el valor futuro de los egresos anuales del sistema fotovoltaico.
4. Ingresos del sistema fotovoltaico. Determinar los ingresos del sistema fotovoltaico a valor presente, contemplando los costos en tarifa DAC, dichos ingresos son los ahorros que tendrá el usuario los 25 años de vida útil de los sistemas fotovoltaicos, que contempla el consumo de energía anual con la inflación promedio anual calculada en el periodo 2002 al 2017. La presente variable se evalúa a través de un análisis documental empleando como instrumento un registro estadístico de ingresos de energía eléctrica en el periodo 2017 al 2042.

5. Egresos del sistema fotovoltaico. Determinar los egresos del sistema fotovoltaico a valor presente, dichos egresos son los costos que tendrá el usuario los 25 años de vida útil de los sistemas fotovoltaicos, que contempla el mantenimiento del anual con la inflación promedio anual calculada en el periodo 1999 al 2018. La presente variable se evalúa a través de un análisis documental empleando como instrumento un registro estadístico de egresos en el periodo 2017 al 2042.

6. Aplicación del método del periodo de recuperación en tarifa DAC (sin subsidio). Para aplicar el presente método se necesita determinar los Flujos netos anuales del sistema fotovoltaico en el periodo 2017 al 2042 en tarifa DAC, para obtener el retorno de inversión. La presente variable se evalúa a través de un análisis documental empleando como instrumento el desglose de los siguientes puntos:

2.4. Nueva propuesta para el caso de estudio

Para esta etapa se obtendrá un nuevo diseño y análisis financiero de acuerdo a los porcentajes definidos previamente para generar energía eléctrica por medio de un sistema fotovoltaico para el usuario. Cabe mencionar que el diseño propuesto cubrirá solo un porcentaje del consumo de energía eléctrica, pero tendrá un costo de inversión menor que el propuesto en la etapa inicial de la presente metodología. Para realizar este punto se tendrán que obtener las siguientes variables:

- Diseño fotovoltaico para la nueva propuesta
- Análisis financiero para la nueva propuesta.

2.4.1. Diseño para la nueva propuesta

El diseño o los diseños propuestos tendrán como finalidad obtener la cantidad de energía generada por bimestre. Para obtener el diseño se necesita el desarrollo de las siguientes variables.

1. Insolación promedio por bimestre. Determinar la cantidad de horas promedio de insolación por día (Horas pico), que existe en el punto de ubicación mensual, y posteriormente calcular la cantidad de insolación que hay por bimestre, que es como actualmente se cobra la electricidad la CFE. La presente variable se evalúa por un análisis documental empleando como instrumento un registro estadístico de la insolación de la página web de la NASA.
2. Energía generada por bimestre. Determinar la cantidad de energía eléctrica que genera el sistema fotovoltaico, para determinar la energía eléctrica que genera el sistema fotovoltaico. La presente variable se evalúa a través de un análisis documental empleando como instrumento un registro estadístico de energía eléctrica por bimestrales.

2.4.2. Análisis financiero para la nueva propuesta.

Esta etapa consta de cuatro variables que se necesitan para determinar el análisis financiero de la nueva propuesta, las cuales son:

1. Costo total del sistema fotovoltaico. Cotizar los costos del material y componentes eléctricos, de acuerdo a la propuesta planteada sobre el sistema fotovoltaico, contemplando los costos por ejecución del proyecto. La variable se mide utilizando un análisis documental, y como instrumento un registro de costos.
2. Costo de energía eléctrica por bimestre consumida por el usuario. Recabar los costos de energía eléctrica del usuario, de los últimos seis bimestres, para determinar la cantidad de energía eléctrica consumida en los tres escalones que son: base, intermedio y excedente, estos escalones o etapa son como actualmente cobra la energía eléctrica la CFE. La presente variable se evalúa a través de un análisis documental empleando como instrumento un registro estadístico de costos bimestrales de consumo de energía eléctrica

3. Comparación de energía eléctrica (generada vs consumida). En base a los costos obtenidos por la implantación del sistema fotovoltaico determinar el ahorro anual de consumo de energía eléctrica. Los ahorros obtenidos serán los ingresos por implementar el sistema fotovoltaico. La variable se mide utilizando un análisis documental, y como instrumento un registro de costos bimestrales por ahorros de energía eléctrica.

4. Aplicación del método del periodo de recuperación. Determinado los ingresos, egresos y flujos netos anuales para el periodo del 2017 al 2042, con propósito de identificar el retorno de inversión del sistema fotovoltaico para la nueva propuesta. La presente variable se evalúa a través de un análisis documental empleando como instrumento un registro estadístico de los flujos netos en el periodo 2017 al 2042.

3. Implementación del sistema fotovoltaico interconectado.

3.1. Ubicación del caso de estudio

El siguiente trabajo de investigación se aplicó a una casa habitación ubicada en el estado de San Luis Potosí. S.L.P. con coordenadas geográficas: 22.142625, -100.964479 (ver figura 9).

Fuente: Google Maps



Figura 9. Imagen satelital del domicilio del caso de estudio

Antes de iniciar con la metodología previamente descrita en los capítulos anteriores es necesario primeramente conocer los consumos y costos de energía eléctrica del usuario, referido a un año. Un aspecto relevante es conocer el costo anual de energía eléctrica del usuario (4,728 \$/año), equivalente al periodo del 20 de abril del 2016 al 21 de abril del 2017, este dato es de suma importancia para generar el análisis financiero, de igual forma es importante conocer el consumo anual de energía eléctrica (2567KW-h/año), equivalente en el mismo periodo para diseñar el sistema fotovoltaico (ver tabla 8).

Tabla 8. Costos y consumos de energía anual del caso de estudio.

Bimestre	Periodo		KW-h	Pago (\$)
1	20 de abril 2016	20 de junio del 2016	209	\$204
2	20 de junio 2016	18 de agosto del 2016	305	\$363
3	18 de agosto 2016	20 de octubre del 2016	297	\$338
4	20 de octubre 2016	20 de diciembre del 2016	846	\$2,121
5	20 de diciembre 2016	20 de febrero del 2016	513	\$1,040
6	20 de febrero 2017	21 de abril del 2017	397	\$662
			2,567	\$4,728

Fuente: Datos estadísticos de CFE.

La aplicación del presente caso de estudio pretende demostrar a través de los tres aspectos importantes y descritos en la presente metodología (aspectos técnicos, diseño y análisis financiero), determinar la sustentabilidad de los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red para el sector doméstico.

3. 2. Etapa 1. Aspectos técnicos.

Moro Vallina (2013), mencionó, que cualquier instalación fotovoltaica, se debe primeramente visitar el lugar donde se ejecutara el proyecto, con el propósito de identificar las características de instalación, como son: la cubierta donde serán colocados los módulos fotovoltaicos, definir la ubicación del inversor, trayectoria del cableado, colocación de protecciones eléctricas, etc. Es importante comprender que esta primera etapa es establecer un dialogo con el usuario, explicando los tipos de módulos fotovoltaicos que serán instalados, tipo de montaje (estructuras), junto con más información relevante del sistema fotovoltaico.

Por lo tanto, una vez seleccionado el lugar de instalación de los módulos fotovoltaicos por el usuario, se tendrá que evaluar las condiciones de instalación del sistema fotovoltaico, es decir, inspeccionar el lugar donde serán instalados los paneles solares dentro de la casa habitación, para que no se vea afectada la eficiencia de los módulos fotovoltaicos.

Se tiene que cuidar al momento de analizar el lugar donde serán instalados los módulos fotovoltaicos, las posibles sombras que pueden tener los módulos

fotovoltaicos, por lo objetos físicos que hay en el entorno. Información proveniente del centro de capacitacion electrica y energias alternas (2016), En el ejemplo de este problema, cuando una célula o grupos de células de un módulo fotovoltaico, son sombreadas produce sobrecalentamiento e incluso hasta la destrucción del módulo fotovoltaico (ver figura 10).

Fuente: CCEEA



Figura 10. Sobrecalentamiento de los paneles solares por sombra.

Una vez asignado el lugar de ubicación de los módulos fotovoltaicos por el usuario dentro de la casa habitación, se procederá a evaluar el lugar, a través de una **lista de verificación (“Checklist”)** y un **reporte fotográfico**. Para identificar que los módulos fotovoltaicos se instalen con dirección al sur geográfico, de tal forma que no reciban sombra por ningún objeto físico del entorno (árboles, edificios, casas, postes, etc.).

3.2.1. Reporte fotográfico

Un reporte fotográfico es una forma de representación por medio de imágenes de una situación real, para dar testimonio de los hechos de interés que se deseen obtener, para esto se necesita obtener un conjunto de fotografías para realizar el documento (reporte fotográfico)

Para realizar el reporte fotográfico se utilizó una herramienta practica que determina en la superficie de instalación de los módulos fotovoltaicos las posibles sombras por objetos físicos del entorno, que es aplicación **Sunseeker** de Google play store, en dicha aplicación permite apreciar a través de la utilización de la cámara fotográfica las trayectorias del sol en todo el año (solsticio de verano, solsticio de invierno, equinoccio), para posteriormente determinar las intersecciones en las trayectorias del sol por objetos físicos(ver figura 11).

El reporte fotográfico que se muestra en la figura 11, tiene como propósito visualizar el sur geográfico que estarán dirigidos los módulos fotovoltaicos y detectar las sombras en la superficie de instalación de los módulos fotovoltaicos. El reporte fotográfico está completando con un apartado de observaciones, esto con finalidad de indicar las condiciones de la supervise de instalación y los parámetros en la trayectoria del sol (ver figura11).



“La mejor manera de ahorrar es invertir en energía fotovoltaica”

Reporte fotográfico del área de instalación de los módulos FV

Imagen 1A. Vista perfil derecho de la superficie de instalación de los paneles solares.



Observación

Fotografía tomada de vista perfil derecho de la superficie donde se instalarán los paneles solares. Se muestra la superficie de instalación y la dirección de los módulos FV.

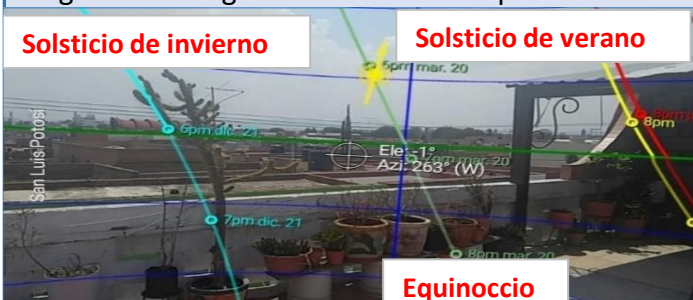
Imagen 1B. Vista frontal de la superficie de instalación de los paneles solares



Observación

Fotografía tomada de vista frontal de la superficie donde se instalarán los paneles solares. Se muestra la superficie de instalación y la dirección de los módulos FV.

Imagen 1C. Fotografías utilizando la aplicación Sunseeker (vista frontal)



Observación

En la fotografía se permite apreciar las trayectorias del sol (solsticio de verano, solsticio de invierno, equinoccio). La intersección que existe en el solsticio de verano no perjudica, ya que en ese punto pasan de las 8:00 pm.

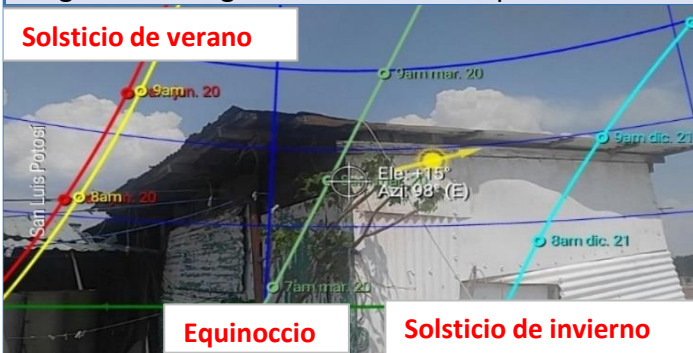
Imagen 1D. Fotografías utilizando la aplicación Sunseeker (vista central)



Observación

En la fotografía se permite apreciar las trayectorias del sol (solsticio de verano, solsticio de invierno, equinoccio). Se muestra en la imagen que las trayectorias del sol, no son interrumpidas por ningún objeto físico.

Imagen 1E. Fotografías utilizando la aplicación Sunseeker (vista posterior)



Observación

En la fotografía se permite apreciar las trayectorias del sol (solsticio de verano, solsticio de invierno, equinoccio). La intersección que existe en el solsticio de invierno y equinoccio no perjudica, ya que en ese punto son las 8:00 am, y después de las 9:00 am no hay intersecciones alguna.

3.2.2. Lista de verificación (“Checklist”)

Una lista de verificación es un cuestionario ordenado y estructurado por fases o elementos que se desea saber o medir, se utiliza para recolectar datos en un formato lógico. Su objetivo principal es obtener información para que posteriormente se efectúe un análisis eficiente contemplando el conjuntando de todos los datos obtenidos.

La lista de verificación o llamado también checklist aplicado a los sistemas fotovoltaicos interconectados, tiene como finalidad obtener las condiciones de instalación y del entorno en la superficie donde se dese colocar, y es un complemento del reporte fotográfico. La lista de verificación contempla la siguiente información:

- Consumo de energía eléctrica del usuario
- Ubicación de la casa habitación del usuario
- Cantidad de objetos físicos que puedan generar sombra a los paneles solares
- Dimensiones en la superficie del área de instalación
- Distancia existente de los paneles solares a los centros de carga



“La mejor manera de ahorrar es invertir en energía fotovoltaica”

Lista de verificación del sistema fotovoltaico (Checklist)

Fecha 30 de mayo del 2020

Datos del cliente

Nombre del usuario (Recibo de CFE)	Arauz Perez Enrique
Número de servicio (Recibo de CFE)	931-720-400-221

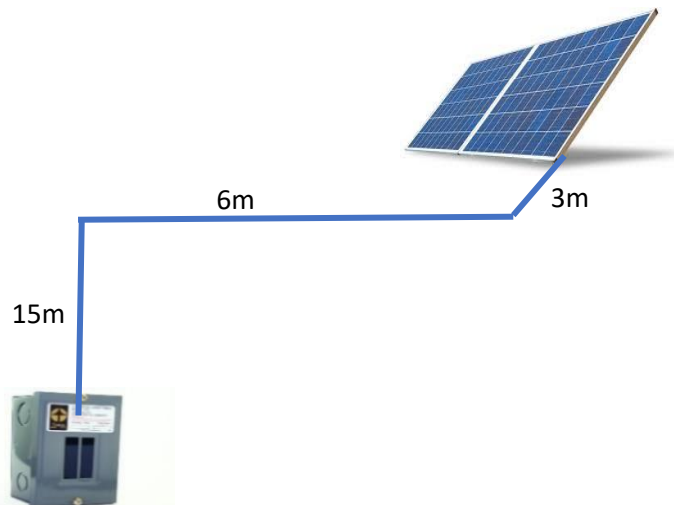
Datos del sistema fotovoltaico

¿Cuál es el lugar de instalación de los paneles fotovoltaicos? Teniendo como posibles lugares: azotea, terraza, jardín techado exterior, etc.	Azotea	
Dimensiones del área de instalación de los paneles fotovoltaicos	3.5m x 3.5m	
Utilizando la aplicación Sun seeker , y contemplando la dirección de los paneles al sur geográfico en la superficie de instalación.	Si	No
		x
¿Existen objetos físicos que le proporcione sombra a los paneles solares?		x

Objetos que físicos que pueden proporcionar sombra a los paneles solares

¿Cuántos objetos físicos proporcionarían sombra a los paneles solares?	Ninguno
¿Cuáles son los objetos físicos que proporcionan sombra? Teniendo como posibles objetos: postes, arboles, edificio, casa, espectaculares, etc.	No aplica
¿Cuál es la distancia lineal en metros que existe del centro de la superficie de instalación de los paneles solares al objeto que proporciona sombra?	No aplica
¿Cuál es la altura objeto, medida paralelamente de la superficie de instalación a la cúspide del objeto?	No aplica

Realizar el diagrama y acotar distancias de la instalación eléctrica, desde la superficie de instalación de los paneles solares hasta la ubicación de los centros de carga.



3.3. Etapa 2. Diseño de un sistema fotovoltaico.

3.3.1 Consumo de energía eléctrica en la casa habitación.

Para el determinar el diseño de un sistema fotovoltaico se necesita obtener primeramente el consumo de energía eléctrica que tiene el usuario al día, para posteriormente obtener la cantidad de módulos fotovoltaicos necesarios que permita cubrir el consumo anual de energía eléctrica. El centro de capacitación eléctrica y energías alternas (2016), emite que los consumos de energía bimestrales del último año, dicho análisis será contemplando con los seis bimestres más reciente de consumo de energía eléctrica expedido por la CFE. (ver figura 13).

Fuente: Recibo de la CFE del usuario

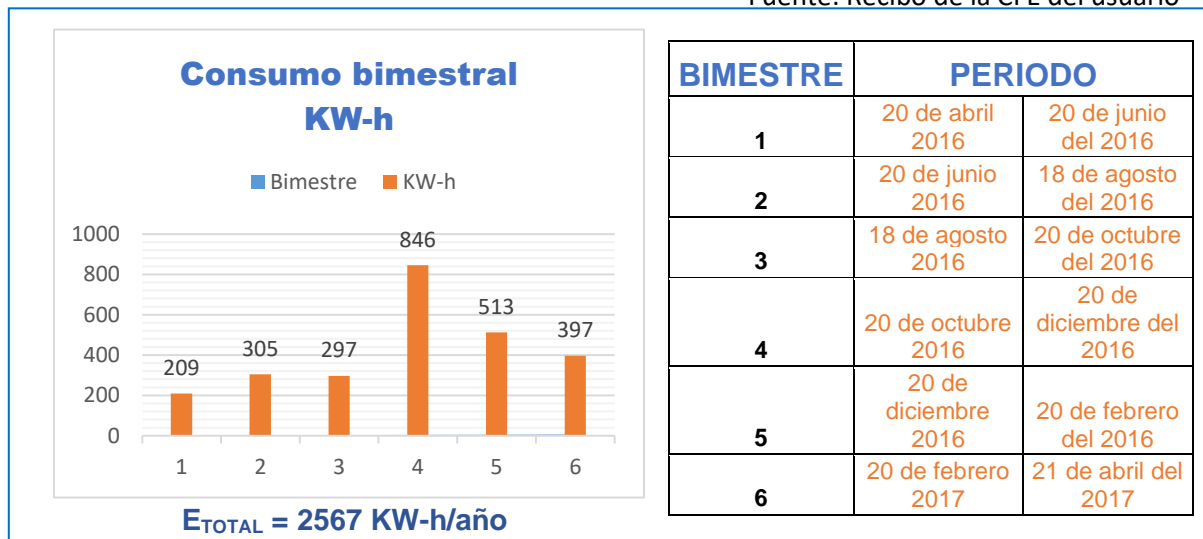


Figura 13. Consumo bimestral en KW-h

De acuerdo a la tabla 10, se puede obtener los siguientes datos referentes al consumo de energía eléctrica

- El consumo de energía eléctrica anual del usuario (**2567 KW-h/año**)
- El consumo promedio de energía eléctrica por bimestre del usuario (**427.833 KW-h/bimestre**)
- El consumo promedio de energía eléctrica por día del usuario (**7.13 KW-h/día**)

Es importante indicar que los valores obtenidos referente al consumo de energía eléctrica, es considerando la carga constante, es decir, no habrá aumento de luminarias, y equipos electrodomésticos dentro la casa habitación.

3.3.2 Insolación en el punto de ubicación.

Una forma práctica para determinar la insolación en el punto de ubicación es utilizando el software que se encuentra en el sitio web oficial de la NASA (<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>), que se llama **NASA-meteorología de la superficie y energía solar**, es totalmente gratuito, y de acuerdo a la centro de capacitacion electrica y energias alternas (2016), los datos son similares a los de la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES).

Al introducir en el software de la NASA, la latitud y longitud del punto de ubicación de casa habitación, proporciona: el ángulo óptimo respecto a la horizontal que se deberán colocar los paneles solares cada mes, la dirección que deberá tener (que en México es al sur geográfico) y la insolación por día que se genera a esa inclinación (ver tabla 9).

Tabla 9. Insolación y ángulos óptimos de inclinación en el punto de ubicación

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Insolación	5.47	6.13	6.49	6.38	6.63	6.42	6.03	5.91	5.22	5.66	6.14	5.49
Ángulo Óp.	46	38	25	9	0	9	0	4	17	33	46	48

Fuente: Datos estadísticos de la NASA

El software de la NASA, también proporciona el Angulo óptimo de inclinación, para dejar estáticos los módulos fotovoltaicos todo el año. Referido al caso de estudio los módulos fotovoltaicos deben colocarse con dirección al sur con una inclinación de 22.8° respecto a la horizontal en superficie plana (ver tabla 10).

Tabla 10. Ángulo óptimo e insolación, fijando los paneles solares.

Datos óptimos para fijar los paneles solares	
Insolación	5.99
Ángulo Óp.	22.8

Fuente: Datos estadísticos de la NASA


3.3.3 Selección de modulo fotovoltaico

Información proveniente del centro de capacitacion electrica y energias alternas (2016), para determinar el tipo de modulo fotovoltaico, se debe tener la temperatura ambiente promedio que se encuentre en el punto de ubicación, a temperaturas mayores de 25°C se utiliza paneles monocristalinos, y menores a dicha temperatura se utiliza paneles policristalinos. Por lo tanto, la temperatura promedio en San Luis Potosí es menor a 25°C, se instalan paneles policristalinos. Otro punto importante es la capacidad de panel a utilizar, refiriendo al centro de capacitacion electrica y energias alternas, (2016), existe una variedad de capacidad de paneles solares, pero para el caso de un sistema interconectado a la red en el sector doméstico se utiliza paneles solares de 60 ó 72 celdas. En el mercado existen una variedad de módulos fotovoltaicos, que cumplen con las condiciones anteriormente vistas (Panel solar Policristalino de 60 ó 72 celdas), al igual que muchas marcas de paneles, pero lo importante es que el panel solar que se elija tiene que cumplir con la acreditación más importante, la cual es:

- Acreditación UL 1703. Indica que los paneles fotovoltaicos cumplen con el Código Eléctrico Nacional en USA (NEC), y que será fácilmente aceptado por los inspectores locales en Estados Unidos. La norma UL 1703 significa también que la eficiencia de los paneles ha sido probada y se ha confirmado que llega al 90% o más de la potencia indicada por el fabricante.

El tipo de panel solar que se elige, es un panel solar Policristalino con marca Solartec de 60 celdas a 260Wp, cat: S60PC-260, dicho modulo tiene una durabilidad de 25 años y cumple con la certificación UL y ISO9001 entre otras. Como se muestra en la siguiente ficha técnica del módulo fotovoltaico (ver figura 14).

Figura 14. Ficha técnica del módulo fotovoltaico



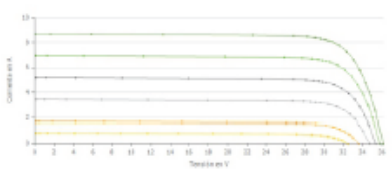
Solartec
Energía Renovable

POLICRISTALINO
240 – 260 W SOLAR PANEL
EFICIENCIA Y DESEMPEÑO EXCEPCIONAL

Especificaciones

Tipo de celda	Policristalina
Dimensiones de Celda	156 mm x 156 mm
Número de Celdas	60 (6 x 10)
Peso	18.5 Kg
Dimensiones de módulo	1640 mm x 992 mm x 40 mm
Cable	900 mm fotovoltaico
Caja de Conexiones	IP65 / IP67
Número de diodos de derivación	3 / 6
Conectores	MC4 Compatible
Hoja Trasera	Blanca
Marco	Aluminio anodizado (15µm)
Clasificación de Flama	Clase C
Aplicación de acuerdo a IEC	Clase A
Configuración de Empaque	26 piezas

CURVA DE I-V



Características de corriente / Voltaje dependen de la irradiancia y la temperatura del módulo

Voltaje máximo del sistema	1000 V	Valor máximo del fusible en serie	15 A
----------------------------	---------------	-----------------------------------	-------------

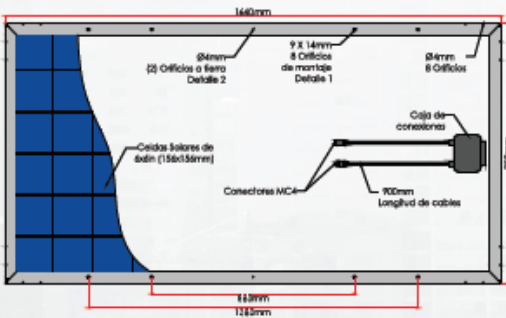
Panel Solar con Celdas de 156mm de Silicio Policristalino

Modelo	S60PC-240		S60PC-245		S60PC-250		S60PC-255		S60PC-260	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Condición de Medición										
Voltaje de circuito abierto (Voc)	35.70 V	35.64 V	36.10 V	36.04 V	36.30 V	36.24 V	36.40 V	36.34 V	36.70 V	36.64 V
Voltaje en el punto de máxima potencia (Vmpp)	30.00 V	29.24 V	30.40 V	30.34 V	30.60 V	30.54 V	30.70 V	30.64 V	30.90 V	30.84 V
Corriente de corto circuito (Isc)	8.57 A	8.87 A	8.63 A	8.92 A	8.71 A	8.98 A	8.80 A	9.05 A	8.89 A	9.13 A
Corriente en el punto de máxima potencia (Impp)	8.00 A	6.41 A	8.05 A	6.45 A	8.17 A	6.55 A	8.30 A	6.65 A	8.42 A	6.75 A
Potencia máxima (Pmax)	240 W	191 W	245 W	195 W	250 W	200 W	255 W	203 W	260 W	208 W
Eficiencia del módulo	14.78%		15.08%		15.39%		15.70%		16.01%	

Coefficientes de Temperatura

de Isc (α)	+0.01% / °C	de Voc (β)	- 0.31% / °C
		de Pmax (γ)	- 0.50% / °C

Dimensiones



Garantías

Los materiales que componen los paneles fotovoltaicos y los posibles defectos que se deban al proceso de la fabricación por un periodo de 10 años.


Generación mínima del 90% de la potencia de salida nominal del módulo a los 10 años.

Generación mínima del 80% de la potencia de salida nominal del módulo a los 25 años.

Medido bajo condiciones de prueba estándar y bajo condiciones de temperatura de operación nominal de la celda (STC: 1000W/m², 25°C, AM 1.5; NOCT: 800W/m², 45 ±2°C, AM 1.5.)

Las características eléctricas de cada módulo fotovoltaico son monitoreadas individualmente dejando los resultados a disposición del cliente. Tolerancia Garantizada +3%.


Marco de Aluminio



Aplicaciones


- Integración estructural
- Plantas de energía solar
- Sistemas de bombeo solar
- Reducción de costos en energía

Distribuido por



Contato **Carretera Libramiento Norte Km 4.6**
Lote No. 9, Parque Industrial Apolo
Irapuato, Gto. México CP 36826
Tel. +52 (462) 635 9828

Solartec S.A.P.I. de C.V.
info@solartec.mx



www.solartec.mx

Fuente: Solartec

3.3.4 Cantidad de módulos fotovoltaicos.

Cualquier proceso de conversión de energía siempre hay pérdidas, en el caso de los sistemas fotovoltaicos no es la excepción. Por lo tanto, en un sistema fotovoltaico interconectado existirán pérdidas debido al inversor, suciedad de los módulos fotovoltaicos, temperatura del módulo, pérdidas en los conductores, etc. Referente a (centro de capacitación eléctrica y energías alternativas, 2016), las pérdidas en un sistema fotovoltaico interconectado son en promedio del 15%.

Referente a centro de capacitación eléctrica y energías alternativas (2016), los cuatro aspectos determinados hasta el momento (cantidad de consumo de energía eléctrica del usuario, la insolación en el punto de ubicación, pérdidas en un sistema fotovoltaico y el módulo fotovoltaico a utilizar), son los requerimientos mínimos para determinar la cantidad de módulos fotovoltaicos a instalar. Los cálculos a realizar son los siguientes.

Cálculo de la potencia fotovoltaica (PFV)

La potencia fotovoltaica nos indica, la potencia total que se necesita para generar los 7.13 KWh de energía por día promedio el sistema fotovoltaico, para lo cual se necesita la ecuación 1, como se muestra a continuación.

$$(Ecuación 1) \quad PFV = \frac{\text{Energía Requerida} + \text{Pérdidas}}{\text{Horas solar pico}} = \frac{(7.13 \times 1.15) \frac{KWh}{Día}}{5.99 \frac{h}{Día}} = 1.368864 \text{ KW}$$

Cálculo de cantidad de paneles fotovoltaicos (QFV)

Tomando en consideración el tipo de módulo fotovoltaico que se eligió (Policristalino, 260 Wp), se procede a determinar la cantidad de paneles solares y se utiliza la ecuación 2, como se muestra a continuación.

$$(Ecuación 2) \quad QFV = \frac{PFV}{P \text{ del módulo}} = \frac{1368.864 \text{ W}}{260 \text{ W}} = 5.21 \approx 6 \text{ módulos Fv}$$

De acuerdo a los cálculos realizados se necesita seis módulos fotovoltaicos con la siguiente descripción (ver tabla 11).

Tabla 11. Descripción de los módulos fotovoltaicos.

Descripción	Inclinación	Cantidad
Módulo fotovoltaico policristalino de 260W, 60 celdas, marca Solartec	22.8°	6

Fuente: Elaboración propia con datos del fabricante

3.3.5. Inversor solar.

El inversor solar o también llamado inversor fotovoltaico, referente a centro de capacitación eléctrica y energías alternativas (2016) los inversores encargan de convertir la energía de corriente directa generada por los módulos fotovoltaicos a energía de corriente alterna, siendo esta última la energía que se utiliza para alimentar cualquier equipo electrodoméstico en la casa-habitación.

De acuerdo centro de capacitación eléctrica y energías alternativas, (2016), para los sistemas interconectados a la red, existe tres tipos de inversores fotovoltaicos, los cuales son: *inversores centrales*, *inversores de cadena* y *micro inversores*. La diferencia es que los inversores centrales y de cadena trabajan simultáneamente con un conjunto de módulos fotovoltaicos y el micro inversor solo trabaja con un cierto número de módulos fotovoltaicos (de 1 a 4 módulos fotovoltaicos).

Una desventaja de usar inversores centrales y de cadena, es que centraliza los módulos fotovoltaicos a trabajar con una sola eficiencia, por lo tanto, si un módulo fotovoltaico tiene una eficiencia menor que los otros módulos fotovoltaicos conectados al mismo sistema, ocasionará que todos los módulos fotovoltaicos trabajen a la eficiencia más baja, generando menor energía eléctrica. En cambio, el micro inversor debido a que trabaja individualmente con los módulos fotovoltaicos provoca que los módulos fotovoltaicos trabajen a su máxima eficiencia, por lo tanto, si un módulo fotovoltaico baja la eficiencia, no se verían afectados el resto de los módulos fotovoltaicos, aunque se encuentran conectados al mismo sistema.

De acuerdo centro de capacitación eléctrica y energías alternativas (2016), un sistema fotovoltaico interconectado con micro inversores, es más eficiente, y además le permite al usuario contemplar la inversión en etapas, es decir, manejar

el crecimiento del sistema fotovoltaico paulatinamente, y no una inversión en un solo pago como sería utilizando un inversor central y de cadena. Por lo tanto, para el presente trabajo de investigación aplicado a un caso de estudio, se utilizan micro inversor para que el usuario contemple como opción inversión en periodos y no un solo monto.

En el mercado existe una gran cantidad de micro inversor, pero al igual que los paneles solares se necesitan escoger un micro inversor con las capacidades adecuadas, así como las acreditaciones que garantizan el correcto funcionamiento, por ejemplo:

- Norma UL 1741: Acredita que los dispositivos como: inversores, convertidores, funcionen adecuadamente en sistemas de interconexión para uso generación distribuida.

Los micro inversores seleccionados tendrán que ser para módulos fotovoltaicos con potencia de 260 W, y un voltaje de salida de 127V entre otras características de operación, por lo tanto, se selecciona 3 micro inversores con capacidad para dos módulos fotovoltaicos. El micro inversor utilizado tendrá la siguiente descripción (ver tabla 12):

Tabla 12. Descripción del inversor

Descripción	Cantidad
Micro inversor de la marca APS, Cat: YC500-MX-127V, con capacidad de dos módulos fotovoltaicos de 260W.	3

Fuente: Elaboración propia con datos del fabricante

El micro inversor cuenta con las acreditaciones anteriormente mencionadas y tiene una vida útil de 25 años, igual que los paneles solares, como se muestra en la siguiente ficha técnica del equipo (ver figura 15).

Tipo	YC500-MX-127V	YC500-MX-220V
Datos de Entrada (DC) (2 MPPT independientes)		
Tensión de entrada recomendada (STC):	180-310W	
Rango de voltaje MPPT	22-45V	
Rango de voltaje de operación	16-52V	
Voltaje máximo de entrada DC	55V	
Voltaje inicial mínimo	22V	
Corriente máxima de entrada DC	10.5A×2	12 Ax 2
Datos de Salida (AC)		
Potencia de salida pico	450W	500W
Corriente nominal de salida	3.54A	2.27A
Voltaje/campo nominal	127V / 95V-155V ¹	220V /181V-264V ¹
Campo de voltaje extendido	82V-155V	
Frecuencia/campo nominal	60Hz / 57Hz-62Hz ¹	60Hz / 57Hz-62Hz ¹
Campo de frecuencia extendido	55.1Hz-64.9Hz	
Factor de potencia	>0.99	
Distorsión total armónica	<3%	
Máximo número de inversores por string	4 por interruptor de 20A 5 por interruptor de 25A	7 por interruptor de 20A 8 por interruptor de 25A
Rendimiento		
Máxima eficiencia del inversor	95.5% (Aislamiento de Transformador HF)	
Consumo de potencia en noche	100mW	120mW
Datos Mecánicos		
Intervalo de temperatura ambiente	-40 °F to +149 °F (-40°C to +65°C)	
Intervalo de temperatura interna	-40 °F to +185 °F (-40°C to +85°C)	
Rango de voltaje en almacenamiento	-40 °F to +185 °F (-40°C to +85°C)	
Dimensiones (Ancho x Alto x Profundidad)	221mm X 167mm X 29mm	
Peso (kg)	2.5kg	
Cable troncal AC	12AWG	
Clasificación ambiental de la carcasa	NEMA 4X	
Refrigeración	Convección natural	
Características y Conformidad		
Comunicación	PLC	
Equipo diseñado para funcionar por	25 años	
Monitoreo	Monitoreado por el software EMA	
Conformidad	NOM	FCC Parte 15; ANSI C63.4; ICES-003; UL1741, CSA C22.2 No.107.1-01; IEEE1547

Figura 15. Ficha técnica del micro inversor, marca APS.

3.3.6. Estructura de los módulos fotovoltaicos.

Las estructuras solares, son los bastidores que sujetan a los módulos fotovoltaicos, de acuerdo con el autor Moro Vallina (2013), las estructuras deben de estar diseñada para resistir vientos mínimos de 150Km/h. Los materiales que se utilizan para construir las estructuras, son: aluminio anodizado, acero inoxidable o hierro galvanizado, en complemento con una tornillería de acero inoxidable.

Las estructuras de acuerdo al autor Moro Vallina (2013), se clasifican en dos aspectos, como se muestra a continuación:

1. Estructuras móviles. Permiten que los módulos fotovoltaicos giren su posición en relación con la trayectoria del sol (solsticio de verano e invierno, equinoccio).
2. Estructuras estáticas: Permite a los módulos fotovoltaicos tengan siempre la misma posición. Las estructuras estáticas se sub clasifican de acuerdo a las condiciones de instalación, los cuales son: estructuras en mástil, estructuras para pared, estructuras en cubierta o tejados, estructura para suelo.

En el mercado existe una variedad de estructuras. Las estructuras estáticas se eligen de acuerdo a dos factores: superficie asignada para los módulos fotovoltaicos y la inclinación que deben tener los módulos fotovoltaicos.

Para el presente trabajo de investigación aplicado al caso de estudio, se va utilizar las estructuras estáticas para colación en suelo, debido a las dimensiones que se especificaron en el reporte fotográfico (3.5m x 3.5m), se elige una estructura con las siguientes características (ver tabla 13):

Tabla 13. Descripción de estructura

Descripción	Inclinación	Cantidad
Estructura con dos hileras en vertical, tres columnas, marca Sunfer o similar, cat FV925 XL, acero inoxidable para módulos FV de 60 celdas	20°	1

Fuente: Elaboración propia con datos del fabricante

Artículo nº FV925

Capacidad

De 2 a 40 módulos fotovoltaicos
Dispuestos en 2 filas en vertical

Inclinación del módulo

Estándar 20° o 30°, a elegir
Disponible bajo pedido hasta 40°

Materiales

Aluminio - EN AW 6005A T6
Tornillería - Acero Inoxidable



Tamaño del módulo

Para módulos de hasta 60 células - FV925
Para módulos de hasta 72 células - FV925XL

Instalaciones recomendadas

Zapatatas de hormigón, hincado, micropilotes o anclaje a losas de hormigón existentes



Planos incluidos



Fácil montaje



Estructura atornillada

Figura 16. Ficha técnica de la estructura.

3.3.7. Protecciones, canalización y cableado del sistema FV.

Para conectar el conjunto de micro inversores a los módulos fotovoltaicos se necesitan tres componentes importantes que garantiza el correcto funcionamiento de los micro inversores (ver figura 17.)

Fuente: APS




1. Cable troncal inicial	2. Tapa terminación	3. Caja de conexiones
		
<p>Cable diseñado para conectar el primer micro inversor de la serie, a la caja de conexiones</p>	<p>Tapa que se coloca al final del cable troncal por cada serie de micro inversores para evitar entrada de agua y polvo, al cable troncal.</p>	<p>Caja eléctrica con nema 3R (intemperie), que permite conectar el cable troncal con el cable que conduce al centro de carga principal.</p>

Figura 17. Componentes extras en micro inversores YC500

De acuerdo a la lista de verificación (ver figura 9), realizado en la etapa 1 de la presente metodología, se identificó que los módulos fotovoltaicos se encuentran a una distancia de 24m del centro de carga. Las especificaciones mostradas en las fichas técnicas del micro inversor (ver figura 12), indican que el lado de energía alterna se generan una corriente de 3.54 A por micro inversor, por lo tanto, como son tres inversores se genera una corriente total de 10.7 A.

Al aplicar los factores de corrección de temperaturas y caídas de tensión en los conductores, que se indican nom 001 sede 2012, se propone, que los calibres a utilizar es 10AWG para fase y neutro y un calibre 14AWG para tierra física, con tubería de conduit pared gruesa de $\frac{3}{4}$ in de diámetro a una pulgada de separación de la losa.

Como medio de protección se utiliza un centro de carga con un interruptor de termomagnético de un polo a 15A. Del lado fuente del interruptor será conectado la línea de la CFE, y del lado carga será conectado el sistema fotovoltaico. El arreglo mencionado tiene la finalidad de separar la energía que consume el usuario con la energía que generan por los módulos fotovoltaicos.

De acuerdo a la norma CFE **G0100-04**, indica que un sistema fotovoltaico deberá colocarse un desconectador, para interrumpir el paso de la energía, ante cualquier incidente, mantenimiento o inspección al sistema fotovoltaico.

3.3.8. Catálogo de conceptos del sistema fotovoltaico

Los materiales seleccionados en el diseño del sistema fotovoltaico, son los siguientes: módulos fotovoltaicos, inversores, estructurara, cableado, y aditamentos para el correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico se desglosan en el siguiente catálogo de conceptos (ver figura 18):

Fuente: Elaboración propia


 “La mejor manera de ahorrar es invertir en energía fotovoltaica”		
Catálogo de conceptos del sistema fotovoltaico		
Descripción	Cantidad	Unidad
Módulo fotovoltaico policristalino, 260W, 60 celdas, marca solartec.	6	pza.
Microinversol 127v, cat:YC500-MX-127v, marca APS	3	pza.
Estructura 2 hileras, 3 columnas, cat: FV 925 XL, inclinación de 20°, marca: Sunfer o similar	1	pza.
Cable toncal inicial, para conectar del primer inversor a la caja de conexiones, cal 3 X 12AWG, marca APS	1	pza.
Tapa extrema final para cable troncal para microinversor Aps YC500-MX-127	1	pza.
Gabinete nema 3R, Cctv Electricidad Ip55 Ik07	1	pza.
Centro de carga Square D 120/240v. Modelo Qod2	1	pza.
Interruptor termomagnético de un polo, 15A, mca: Square D	1	pza.
Interruptor De Seguriad Squared 2x30 sin fusibles	1	pza.
Cable THW-LS, calibre 10AWG, color negro, mca: viakon o similar	35	mts.
Cable THW-LS, calibre 10AWG, color blanco, mca: viakon o similar	35	mts.
Cable THW-LS, calibre 14AWG, color verde, mca: viakon o similar	45	mts.
Tuberia conduit PG de 3/4 in de diametro	10	pza
Unicanal metalico perforado con perfil 4 x 4 in	3	pza
condulet LB para tubo de conduit de 3/4 in de diametro	4	pza
Curva a 90° para tubo conduit PG de 3/4 in de diamtro	4	pza
Material micelaneo	1	lote

Figura 18. Catálogo de conceptos del sistema fotovoltaico.

3.4. Etapa 3. Análisis financiero del sistema fotovoltaico.

De acuerdo autor Izar Landeta (2013), para determinar el retorno de inversión se necesita generar un estado financiero (llamado también estados contables o cuentas anuales), son informes que se utilizan para detectar las variaciones, movimiento de efectivos y sus equivalentes en un periodo determinado, se clasifican en actividades de operación, inversión y financiamiento.

Información proveniente por Izar Landeta (2013), indica que las evaluaciones financieras son importantes para la toma de decisión particularmente en los casos que se tienen varias alternativas de inversión. Todo proyecto, que será realizado en el futuro que conlleva riesgos de inversión, los que no se debe esencialmente a errores, si no que vienen de la naturaleza. Es por ello que el presente análisis financiero se evaluarán los flujos netos de efectivo proyectados a valor presente que se generen durante la vida útil del sistema fotovoltaico, las cuales son las utilidades futuras que se van a generar en cada año, que dependerá de los ahorros generados de consumo de energía eléctrica anualmente.

De acuerdo a Izar Landeta (2013), para calcular el flujo neto se debe contar principalmente con la siguiente información:

- Ingresos. Son los que se generan por la realización del proyecto
- Capital de trabajo. Incluir todas las partidas que cambian la realización del trabajo
- Duración del proyecto. Vida útil que tendrá el equipo que se planea comprar
- Inflación. Considerar la inflación porque afecta el modo distinto de diferentes partidas.

Para calcular los flujos netos de efectivo de acuerdo a (Izar Landeta, 2013) se utiliza la ecuación

$$FN = i - e - Imp$$

Donde:

$FN =$ flujo neto (\$)

$I =$ Ingresos (\$)

$E =$ Egresos (\$)

$Imp =$ Impuestos (\$)

Para el caso de estudio de investigación no se considera los impuestos, ya que está enfocado al sector doméstico, al ser personas físicas pertenecen a un régimen fiscal que no tiene esta condición. Una persona con régimen fiscal moral, es más factible porque involucraría la deducción de impuestos en la instalación de los sistemas fotovoltaicos interconectados.

Como análisis financiero se utiliza el **método de periodo de recuperación** para determinar el retorno de inversión, y referente a Izar Landeta (2013), consiste en calcular el tiempo necesario para recuperar la inversión total del proyecto, para comparar si es menor o mayor al tiempo pronosticado inicialmente, y posteriormente indicar si el proyecto es atractivo. El método de periodo de recuperación también se define como el tiempo requerido para llegar al punto de equilibrio contable. Este método es recomendable para proyectos que involucren montos de inversión bajos, por lo tanto, es aplicable para el presente caso de estudio. Para utilizar el método de mencionado y conocer la rentabilidad del sistema se necesitan los siguientes datos:

- ❖ Costo total del sistema fotovoltaico
- ❖ Costo anual de consumo de energía eléctrica del usuario
- ❖ Índice de inflación promedio en tarifa uno (con subsidio)
- ❖ Ingresos del sistema fotovoltaico
- ❖ Índice de inflación promedio en México (sin subsidio).
- ❖ Egresos del sistema fotovoltaico.
- ❖ Aplicación del método de recuperación con costos de energía eléctrica en tarifa uno

3.4.1. Costo total del sistema fotovoltaico

De acuerdo al catálogo de conceptos que se obtuvo a través del diseño del sistema fotovoltaico, mostrado en la etapa dos de la metodología, se procede a realizar una cotización. Los equipos principales (módulos fotovoltaicos, inversores, estructura) fueron cotizados con T-SOLAR MÉXICO, y el resto de los equipos en ELECKTRÓN. Los costos obtenidos muestran que el 90% de la cotización generada es la suma de los módulos fotovoltaicos, micros inversores, estructura. La

cotización tiene como costo total por materia prima de alrededor de los 59 mil pesos (ver figura 19).

Fuente: Elaboración propia


"La mejor manera de ahorrar es invertir en energía fotovoltaica"				
				
Empresa:	Particular			
Atención:	Ing Enrique Araus Natarén			
Obra:	Sector domestico			
Lugar:	Fernando Celada #201, col. Julian Carrillo			
Ciudad:	San Luis Potosí	Ejecución	15 días	
Catálogo de conceptos del sistema fotovoltaico				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio	Total
Módulo fotovoltaico policristalino, 260W, 60 celdas, marca solartec.	6	pza.	3,800.00	22,800.00
Microinversor 127v, cat: YC500-MX-127v, marca APS	3	pza.	4,379.31	13,137.93
Estructura 2 hileras, 3 columnas, cat: FV 925 XL, inclinación de 20°, marca: Sunfer o similar	1	pza.	9,800.00	9,800.00
Cable toncal inicial, para conectar del primer inversor a la caja de conexiones, cal 3 X 12AWG, marca APS	1	pza.	517.24	517.24
Tapa extrema final para cable troncal para microinversor Aps YC500-MX-127	1	pza.	129.31	129.31
Gabinete nema 3R, Cctv Electricidad Ip55 Ik07	1	pza.	86.21	86.21
Centro de carga Square D 120/240v. Modelo Qod2	1	pza.	215.52	215.52
Interruptor termomagnético de un polo, 15A, mca: Square D	1	pza.	60.34	60.34
Interruptor De Seguriad Squared 2x30 sin fusibles	1	pza.	258.62	258.62
Cable THW-LS, calibre 10AWG, color negro, mca: viakon o similar	35	mts.	10.34	362.07
Cable THW-LS, calibre 10AWG, color blanco, mca: viakon o similar	35	mts.	10.34	362.07
Cable THW-LS, calibre 14AWG, color verde, mca: viakon o similar	45	mts.	10.34	465.52
Tuberia conduit PG de 3/4 in de diametro	10	pza.	146.55	1,465.52
Unicanal metalico perforado con perfil 4 x 4 in	3	pza.	172.41	517.24
condulet LB para tubo de conduit de 3/4 in de diametro	4	pza.	77.59	310.34
Curva a 90° para tubo conduit PG de 3/4 in de diamtro	4	pza.	77.59	310.34
Material micelaneo	1	lote	517.24	517.24
			Costo de material	\$ 51,315.52
			IVA (16%)	\$ 8,210.48
			Total	\$ 59,526.00

Figura 19. Catálogo de conceptos con precios del sistema fotovoltaico.

Con base a la organización Smart Home Systems una instalación fotovoltaica se debe cobrar entre un 15 y 20 por ciento de la materia prima que se utilice en el sistema fotovoltaico, a condiciones normales de instalación. Es decir, que se tenga fácil acceso a lugar donde serán instalados los paneles solares sin necesidad de utilizar otros medios para instalar los módulos fotovoltaicos, por ejemplo: grúas articuladas, en este caso se tiene que considerar el costo de la grúa más un costo de riesgo por maniobra. Referido al caso de estudio, se considera fácil acceso, a la superficie de instalación para los módulos fotovoltaicos, por lo tanto, se aplica un 20 por ciento al costo total de materia prima. Cabe mencionar que dicho porcentaje incluye el trámite con la CFE para interconexión, diseño del sistema y la ejecución del proyecto (ver tabla 14).

Tabla 14. Costo total del sistema fotovoltaico

Concepto	Costo
Costo de materia prima	\$51,315.52
Costo por ejecución (20%)	\$10,263.10
Sub total	\$61,578.62
IVA (16%)	\$9,852.58
Costo total del sistema fotovoltaico	\$71,431.20

Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Costo anual de consumo de energía eléctrica

Para el determinar el análisis financiero de un sistema fotovoltaico se necesita obtener el costo anual de consumo de energía eléctrica que tiene el usuario. Referente a centro de capacitacion electrica y energias alternas (2016), se necesita un análisis estadístico los costos de energía bimestrales del último año, dicho análisis será contemplando con los seis bimestres más reciente de consumo de energía eléctrica expedido por la CFE. (Ver figura 20).

Fuente: Elaboración propia con datos de CFE

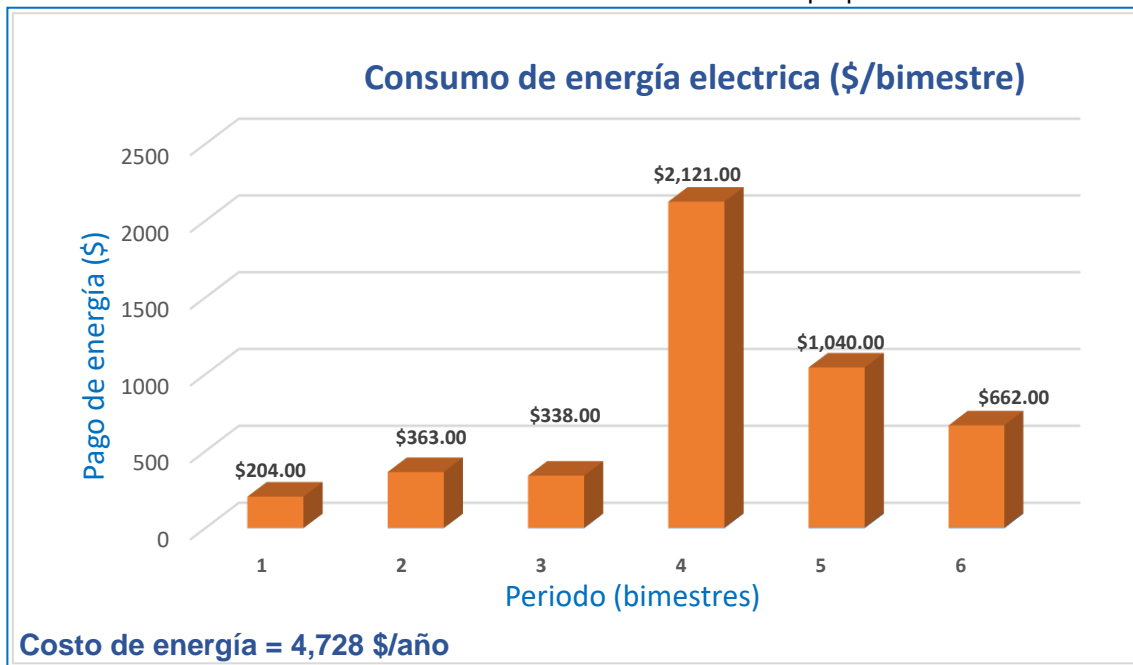


Figura 20. Costo de energía por bimestre

3.4.3. Índices de Inflación promedio en tarifa uno (con subsidio).

Para determinar los ingresos a valor presente que se tendría por instalar un sistema fotovoltaico, se tiene que calcular el índice de inflación en el costo de consumo de energía eléctrica, cabe mencionar que dicha inflación será menor al índice de inflación promedio del país, debido a que la energía eléctrica esta subsidiada.

Como el presente caso de estudio se encuentra en San Luis potosí, y tiene como tarifa eléctrica el número uno, se necesita obtener los costos de energía eléctrica en dicha tarifa, y de acuerdo a la CFE (2017), los precios que fueron establecidos del año 2002 al 2017, se presentan en la siguiente tabla (ver tabla 15).

Tabla 15. Costo de energía eléctrica del año 2002 al 2017

Clasificación	Año	Dic.	Consumo KW-h	Consumo (\$)	año	Dic.	Consumo KW-h	Consumo (\$)	Inflación (%)	
Base	2002	0.502	150	75.3	2003	0.527	150	79.05	6.14	
Intermedio		0.82	130	106.6		0.883	130	114.79		
Excedente		1.749	220	384.78		1.853	220	407.66		
				566.6800					601.5000	
Base	2003	0.527	150	79.05	2004	0.559	150	83.85	5.78	
Intermedio		0.883	130	114.79		0.931	130	121.03		
Excedente		1.853	220	407.66		1.961	220	431.42		
				601.5					636.3	
Base	2004	0.559	150	83.85	2005	0.595	150	89.25	5.78	
Intermedio		0.931	130	121.03		0.983	130	127.79		
Excedente		1.961	220	431.42		2.073	220	456.06		
				636.3					673.1	
Base	2005	0.595	150	89.25	2006	0.619	150	92.85	3.97	
Intermedio		0.983	130	127.79		1.019	130	132.47		
Excedente		2.073	220	456.06		2.157	220	474.54		
				673.1					699.86	
Base	2006	0.619	150	92.85	2007	0.637	150	95.55	2.86	
Intermedio		1.019	130	132.47		1.046	130	135.98		
Excedente		2.157	220	474.54		2.22	220	488.4		
				699.86					719.93	
Base	2007	0.637	150	95.55	2008	0.661	150	99.15	3.80	
Intermedio		1.046	130	135.98		1.085	130	141.05		
Excedente		2.22	220	488.4		2.305	220	507.1		
				719.93					747.3	
Base	2008	0.661	150	99.15	2009	0.685	150	102.75	4.14	
Intermedio		1.085	130	141.05		1.133	130	147.29		
Excedente		2.305	220	507.1		2.401	220	528.22		
				747.3					778.26	
Base	2009	0.685	150	102.75	2010	0.709	150	106.35	3.97	
Intermedio		1.133	130	147.29		1.181	130	153.53		
Excedente		2.401	220	528.22		2.497	220	549.34		
				778.26					809.22	
Base	2010	0.709	150	106.35	2011	0.733	150	109.95	3.82	
Intermedio		1.181	130	153.53		1.229	130	159.77		
Excedente		2.497	220	549.34		2.593	220	570.46		
				809.22					840.18	
Base	2011	0.733	150	109.95	2012	0.757	150	113.55	-1.48	
Intermedio		1.229	130	159.77		0.924	130	120.12		
Excedente		2.593	220	570.46		2.7	220	594		
				840.18					827.67	
Base	2012	0.757	150	113.55	2013	0.789	150	118.35	4.01	
Intermedio		0.924	130	120.12		0.96	130	124.8		
Excedente		2.7	220	594		2.808	220	617.76		
				827.67					860.91	
Base	2013	0.789	150	118.35	2014	0.825	150	123.75	3.95	
Intermedio		0.96	130	124.8		0.996	130	129.48		
Excedente		2.808	220	617.76		2.917	220	641.74		

				860.91					894.97	
Base	2014	0.825	150	123.75	2015	0.809	150	121.35	-1.98	
Intermedio		0.996	130	129.48		0.976	130	126.88		
Excedente		2.917	220	641.74		2.859	220	628.98		
				894.97					877.21	
Base	2015	0.809	150	121.35	2016	0.793	150	118.95	-1.99	
Intermedio		0.976	130	126.88		0.956	130	124.28		
Excedente		2.859	220	628.98		2.802	220	616.44		
				877.21					859.67	
Base	2016	0.793	150	118.95	2017	0.793	150	118.95	0	
Intermedio		0.956	130	124.28		0.956	130	124.28		
Excedente		2.802	220	616.44		2.802	220	616.44		
				859.67					859.67	
				Promedio del año 2002 al 2017				2.85	M. Aritm.	
								2.81	M. Geom.	
				15 años						

Fuente: Elaboración propia con datos de la CFE

Información proveniente de Izar Landeta (2013), menciona que la inflación afecta los flujos de un proyecto, en las partidas que los componen (ingresos, egresos, flujos netos, etc.). La inflación se define a partir de como aumentan los precios respecto al tiempo, y usualmente se utiliza de manera mensual o anual, por lo tanto, una inflación se calcula respecto al aumento de los productos de la canasta básica, por lo general la inflación sitúa en menos del 10%, un país con más del 10% de inflación se le llama hiperinflación o inflación galopante. De acuerdo (Izar Landeta (2013), la inflación se calcula utilizando la media geométrica del costo final de un producto entre el costo inicial de ese mismo producto elevado a la un enésimo (1/n), y restado la unidad, donde n es el número de periodos que se está analizando.

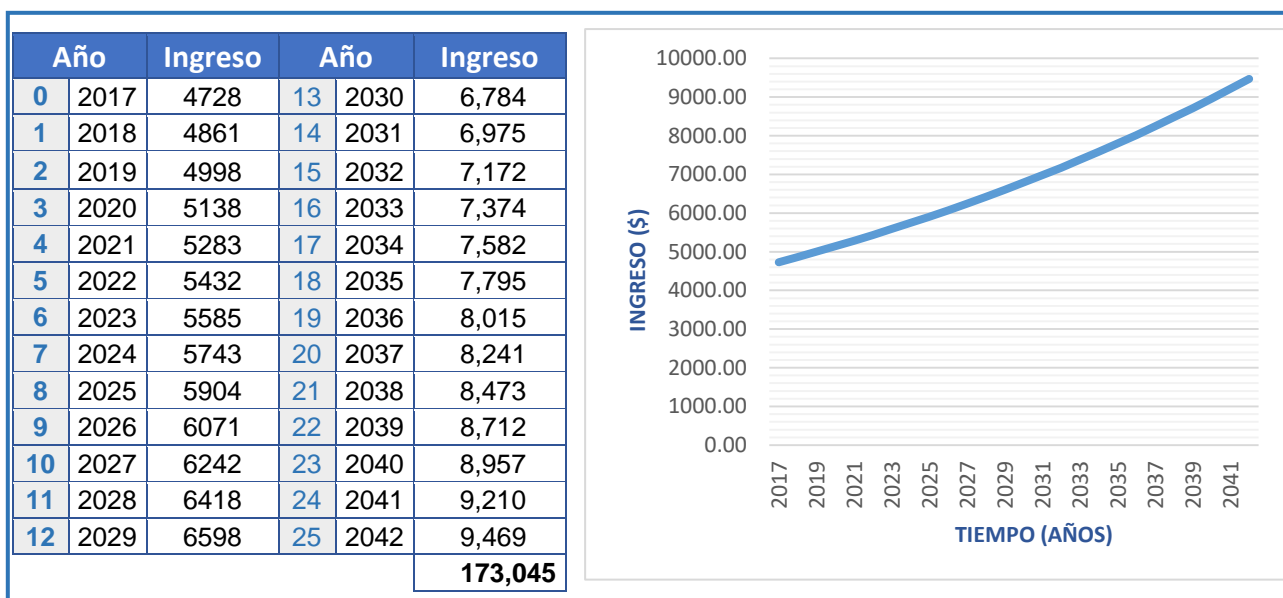
Referente a la inflación obtenida de los costos de consumo de energía eléctrica en tarifa uno, del año 2002 al año 2017, existen 15 periodos (ver tabla 12), se observa que en el año 2002 costaba 566 pesos consumir 500 KW-h de energía eléctrica, y actualmente consumir la misma cantidad de energía cuesta 860 pesos, por lo tanto, se obtiene una tasa de inflación del 2.817 %, como se muestra en el siguiente calculo.

$$Inflación = \sqrt[n]{\frac{\text{costo al final del periodo}}{\text{costo al inicio del periodo}}} - 1 = \sqrt[15]{\frac{860}{566}} - 1 = 0.02817315 \approx 2.81\%$$

3.4.4. Ingresos del sistema fotovoltaico

Una vez determinado el índice de inflación del consumo de energía eléctrica en tarifa uno, se determinará el costo anual de consumo de energía eléctrica a valor presente del año 2017 al 2042, proyectada a 25 años (vida útil del sistema fotovoltaico). Cabe mencionar que en cada año el costo de energía eléctrica será mayor, por lo tanto, el costo de consumo de energía eléctrica que se tiene en la actualidad no será el mismo proyectado en el año 2042 debido principalmente a la inflación, a pesar de que se mantenga el mismo consumo de energía eléctrica. De acuerdo a la inflación pronosticada se observa que el costo de consumo de energía eléctrica para el año 2017 es de \$4,728 pesos y para el año 2042 será un costo de \$9,469 pesos, como se presenta en la siguiente tabla (ver tabla 16).

Tabla 16. Costo de consumo de energía eléctrica con inflación del año 2017 al 2042



Fuente: Elaboración propia

3.4.5. Índice de Inflación promedio en México (sin subsidio)

Los índices de inflación de acuerdo al banco de México fueron publicados desde el año 1885, una de las razones de publicar los índices de inflación es conocer de manera aproximada el valor presente de los bienes o deudas adquiridas.

El índice obtenido representa el valor presente, pero se tienen que tomar otros factores, en el caso de bienes la debe descontarse la depreciación por el uso del mismo, o aplicarle un demérito por la obsolescencia. Por lo tanto, de acuerdo al banco de México los índices de inflación del año 1999 al 2016 se muestran a continuación (ver tabla 17).

Tabla 17. Inflación anual promedio en México

	Año	Inflación		Año	Inflación	
1	1999	12.32	10	2008	6.53	
2	2000	8.96	11	2009	3.57	
3	2001	4.41	12	2010	4.40	
4	2002	5.7	13	2011	3.82	
5	2003	3.98	14	2012	3.57	
6	2004	5.19	15	2013	3.97	
7	2005	3.33	16	2014	4.08	
8	2006	4.05	17	2015	2.13	
9	2007	3.76	18	2016	3.36	
					M. Aritmética	4.84
					M. Geométrica	4.82

Fuente: Elaboración propia

Calculando la media geométrica de los índices de inflaciones obtenidas del banco de México del año 1999 al 2016, se determina que la inflación promedio es de 4.82%, como se observa en la tabla 15.

3.4.6. Egresos del sistema fotovoltaico

Referente al autor Moro Vallina (2013), los sistemas fotovoltaicos necesitan supervisión en la operación de instalación, el cual consiste en observar periódicamente el funcionamiento del sistema fotovoltaico, principalmente los módulos fotovoltaicos e inversores utilizados. Información proveniente de Moro Vallina (2013), el manteniendo preventivo de se debe considerar y frecuencia con la que se debe de realizar, se especifica en la siguiente tabla (ver tabla 18)

Tabla 18. Mantenimiento preventivo de un sistema fotovoltaico

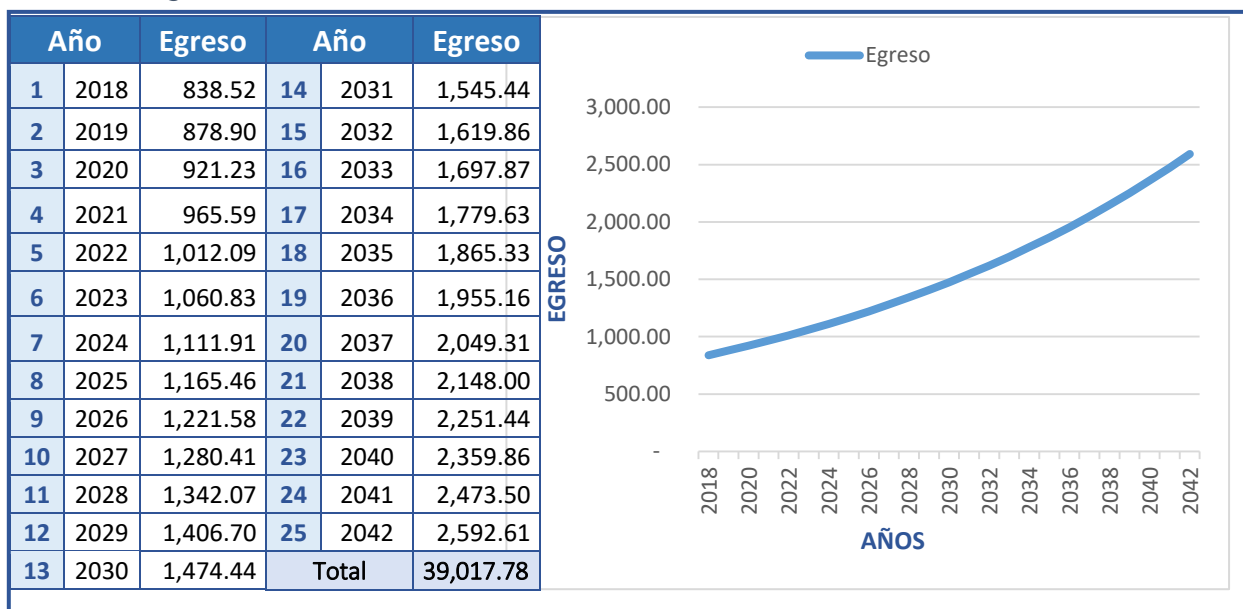
Equipo	Frecuencia (meses)	Operación
Módulos	6	Inspección de limpieza, daños de los módulos
Estructura	12	Inspección de deformaciones, oscilación y el estado de desconexión de la tierra
conexiones	12	Inspección y reapriete de bornes
Inversores	6	Control de rango de tensión y estado de indicadores
Cableado	12	Verificación de terminales, empalmes y pletinas, caída de tensión
Interruptores	12	Control de funcionamiento y conexión de terminales
Protecciones	12	Control de funcionamiento y actuación de elementos de seguridad como fusibles e interruptores

Fuente: Miguel Moro, 2013

El mantenimiento de un sistema fotovoltaico es al menos dos veces al año considerando solamente inspección y limpieza de los módulos fotovoltaicos. De acuerdo a la organización Smart Home Systems el costo de mantenimiento en el año 2017 es 800/año en instalaciones menores a 2KWp. Referido al caso de estudio la potencia instalada es alrededor de 1.5kWp, por lo tanto, se consideran los ochocientos pesos anuales que cubre las operaciones de la tabla 14. Cabe mencionar que los dispositivos seleccionados en el diseño operan a 25 años después de ser instalados, por lo tanto, una falla que exista podrá ser cambiado directamente por el proveedor.

Determinado el índice de inflación anual en el país, se procede a obtener el costo anual de mantenimiento del sistema fotovoltaico, cabe mencionar que para este análisis se aplica a los 25 años posteriores al año 2017. Iniciando de 800 \$/año en el 2007 a 2600 \$/año en el año 2042. Obteniéndose la sumatoria de egresos al final del periodo 39,000 pesos (ver tabla 19.).

Tabla 19. Egresos del sistema fotovoltaico



Fuente: Elaboración propia

3.4.7. Aplicación del método del periodo de recuperación en tarifa uno.

Al aplicar la fórmula para de flujos netos (FN) indicada en la metodología, en cada del año del periodo (2018 al 2042), y aplicando el método del periodo de recuperación en el caso de estudio, se identifica que el punto de equilibrio contable en el sistema fotovoltaico se encuentra alrededor del año 2032 (15 años de haberse instalado), dicho valor no es tan perjudicable, ya que a partir del año 2033 hasta el año 2042 se considera ganancia de inversión. Cabe mencionar que el costo total obtenido del sistema fotovoltaico del caso de estudio es de **\$71,431.20** (ver tabla 20).

Tabla 20. Análisis financiero del sistema fotovoltaico con subsidio de energía eléctrica

Año	Ingreso	Egreso	Flujo neto(FN)	Σ FN	
1	2018	4,861.20	838.52	4,022.68	4,022.68
2	2019	4,998.16	878.90	4,119.25	8,141.93
3	2020	5,138.97	921.23	4,217.74	12,359.67
4	2021	5,283.75	965.59	4,318.16	16,677.83
5	2022	5,432.61	1,012.09	4,420.52	21,098.36
6	2023	5,585.67	1,060.83	4,524.84	25,623.19
7	2024	5,743.03	1,111.91	4,631.12	30,254.31

8	2025	5,904.83	1,165.46	4,739.37	34,993.68
9	2026	6,071.19	1,221.58	4,849.61	39,843.29
10	2027	6,242.23	1,280.41	4,961.82	44,805.11
11	2028	6,418.10	1,342.07	5,076.03	49,881.14
12	2029	6,598.92	1,406.70	5,192.22	55,073.36
13	2030	6,784.83	1,474.44	5,310.39	60,383.75
14	2031	6,975.98	1,545.44	5,430.54	65,814.28
15	2032	7,172.51	1,619.86	5,552.65	71,366.93
16	2033	7,374.59	1,697.87	5,676.71	77,043.64
17	2034	7,582.35	1,779.63	5,802.72	82,846.36
18	2035	7,795.97	1,865.33	5,930.64	88,777.00
19	2036	8,015.61	1,955.16	6,060.45	94,837.44
20	2037	8,241.43	2,049.31	6,192.12	101,029.56
21	2038	8,473.62	2,148.00	6,325.62	107,355.18
22	2039	8,712.35	2,251.44	6,460.91	113,816.09
23	2040	8,957.80	2,359.86	6,597.94	120,414.03
24	2041	9,210.17	2,473.50	6,736.67	127,150.70
25	2042	9,469.65	2,592.61	6,877.04	134,027.73
		173,045.52	39,017.78	134,027.73	

Fuente: Elaboración propia

Al graficar los datos obtenidos de la tabla 17, se puede observar que los ingresos, egresos, y flujo neto seguirán aumentando en todo el trayecto de la vida útil del sistema fotovoltaico, debido principalmente al índice de inflación, cuestión que beneficia invertir en sistemas fotovoltaicos interconectados para el sector doméstico (ver figura 21).

Fuente: Elaboración propia

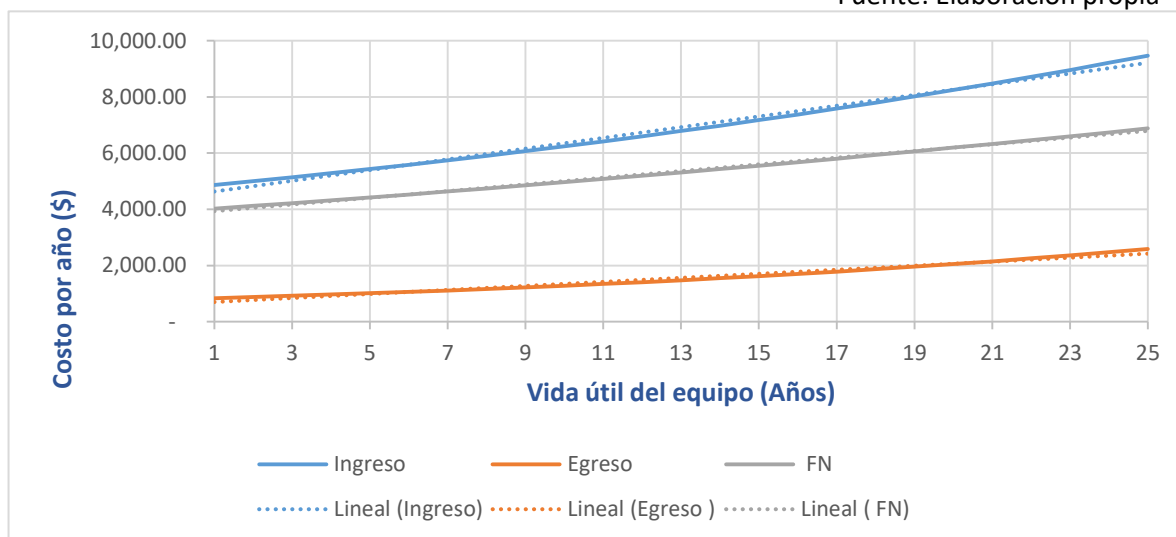


Figura 21. Proyección de flujos netos anuales

Otro punto importante es graficar los costos acumulados de los ingresos, egresos, flujos netos y compararlos con el costo total de la instalación del sistema fotovoltaico, donde se puede observar que el punto de equilibrio financiero se encuentra alrededor del año 2032 (ver figura 22).

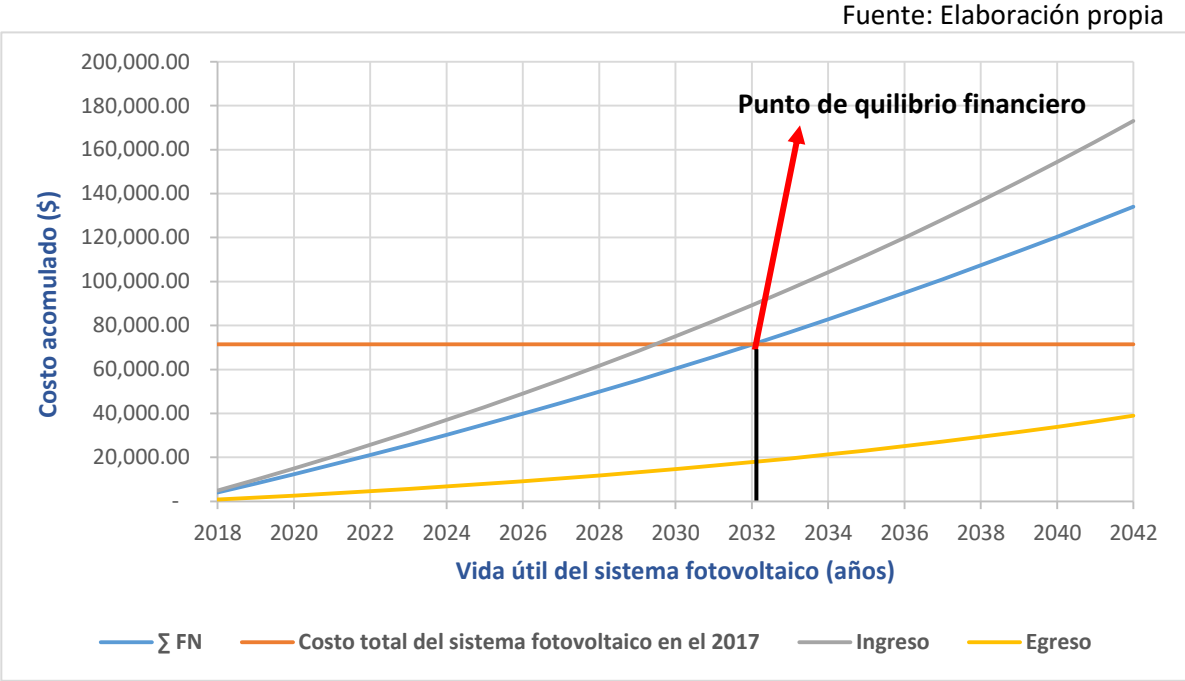


Figura 22. Flujos netos acumulados del año 2018 al 2042 con subsidio de energía eléctrica

3.4.8. Aplicación del periodo de recuperación en tarifa DAC.

Referente al caso de estudio, se volverá aplicar el método de periodo de recuperación para determinar el retorno de inversión sin subsidio de energía eléctrica, contemplando los mismos consumos de energía eléctrica, pero contemplando precios aplicados en tarifa DAC. Es importante hacer hincapié que los precios que se desglosan fueron obtenidos de la página principal de la CFE (ver tabla 21). En las siete tarifas para sector doméstico (1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F) se define el costo de consumo de energía eléctrica en tres aspectos; base, intermedio excedente, en contraste con la tarifa DAC se contempla un cargo fijo mensual más un costo fijo por cada KW-h consumidos (ver tabla 21).

Tabla 21. Consumos y costos de energía eléctrica sin subsidio

bimestres	Periodo		Costo fijo \$/mes	consumo kw-h	Costo (\$/kW-h)	Total (\$)
1	Abril	Junio	88.76	209	3.112	960.39648
2	Junio	Agosto	90.09	305	3.35	1394.2388
3	Agosto	Octubre	92.45	297	3.581	1448.21012
4	Octubre	Diciembre	93.70	846	3.704	3852.35072
5	Diciembre	Febrero	95.67	513	3.853	2514.79764
6	Febrero	Abril	99.95	397	4.321	2221.79092
					TOTAL	12,391.78

Fuente: Elaboración propia

Es importante indicar que el costo anual de consumo de energía eléctrica en tarifa 1 en contraste con el consumo anual de energía eléctrica en tarifa DAC es más del doble, como se observa en la figura 23.

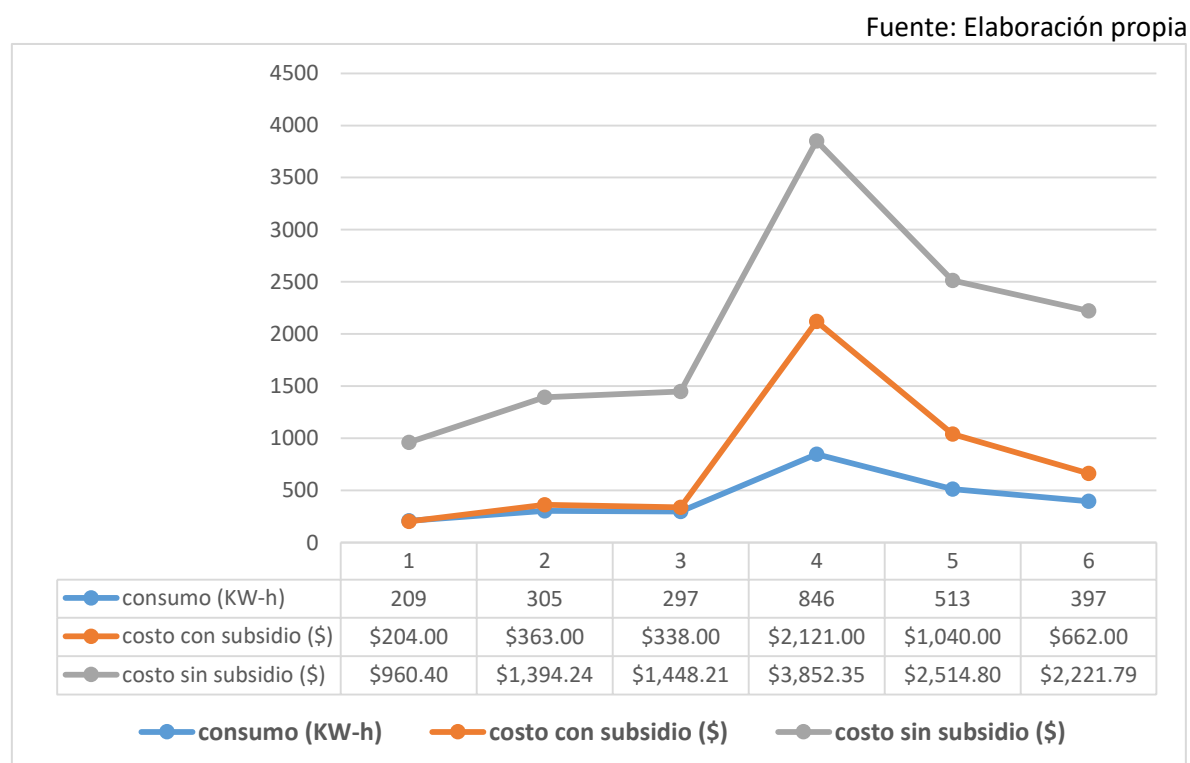


Figura 23. Costos totales de energía eléctrica sin subsidio.

Aplicando el método del periodo de recuperación se identifica que el punto de equilibrio contable del sistema fotovoltaico se encuentra alrededor del año 2022, es decir, 5 años de haberse instalado el sistema fotovoltaico. Cabe mencionar que usuarios que consuman más electricidad menor será el retorno de inversión, debido a que sus ingresos aumentarían ocasionando una mayor diferencia en los flujos netos (ver tabla 22).

Tabla 22. Análisis financiero del sistema fotovoltaico con subsidio de energía eléctrica

	AÑO	Ingreso	Egreso	Flujo neto	Σ FN
1	2018	12,988.52	838.52	12,150.00	12,150.00
2	2019	13,595.73	878.90	12,716.83	24,866.83
3	2020	14,240.89	921.23	13,319.66	38,186.48
4	2021	14,916.65	965.59	13,951.06	52,137.54
5	2022	15,624.49	1,012.09	14,612.39	66,749.94
6	2023	16,365.91	1,060.83	15,305.08	82,055.02
7	2024	17,142.51	1,111.91	16,030.60	98,085.61
8	2025	17,955.97	1,165.46	16,790.51	114,876.12
9	2026	18,808.03	1,221.58	17,586.44	132,462.57
10	2027	19,700.52	1,280.41	18,420.11	150,882.67
11	2028	20,635.36	1,342.07	19,293.29	170,175.96
12	2029	21,614.56	1,406.70	20,207.86	190,383.82
13	2030	22,640.22	1,474.44	21,165.78	211,549.60
14	2031	23,714.56	1,545.44	22,169.12	233,718.72
15	2032	24,839.88	1,619.86	23,220.01	256,938.73
16	2033	26,018.60	1,697.87	24,320.72	281,259.46
17	2034	27,253.25	1,779.63	25,473.61	306,733.07
18	2035	28,546.48	1,865.33	26,681.15	333,414.22
19	2036	29,901.09	1,955.16	27,945.93	361,360.14
20	2037	31,319.97	2,049.31	29,270.66	390,630.80
21	2038	32,806.18	2,148.00	30,658.18	421,288.98
22	2039	34,362.92	2,251.44	32,111.48	453,400.47
23	2040	35,993.53	2,359.86	33,633.67	487,034.14
24	2041	37,701.52	2,473.50	35,228.02	522,262.16
25	2042	39,490.55	2,592.61	36,897.94	559,160.10
		598,177.88	39,017.78	559,160.10	

Fuente: Elaboración propia

Al graficar el costo del sistema fotovoltaico, ingresos, egresos y flujos netos se puede observar que el punto de equilibrio se encuentra alrededor del año 2022 (ver figura 24).

Fuente: Elaboración propia

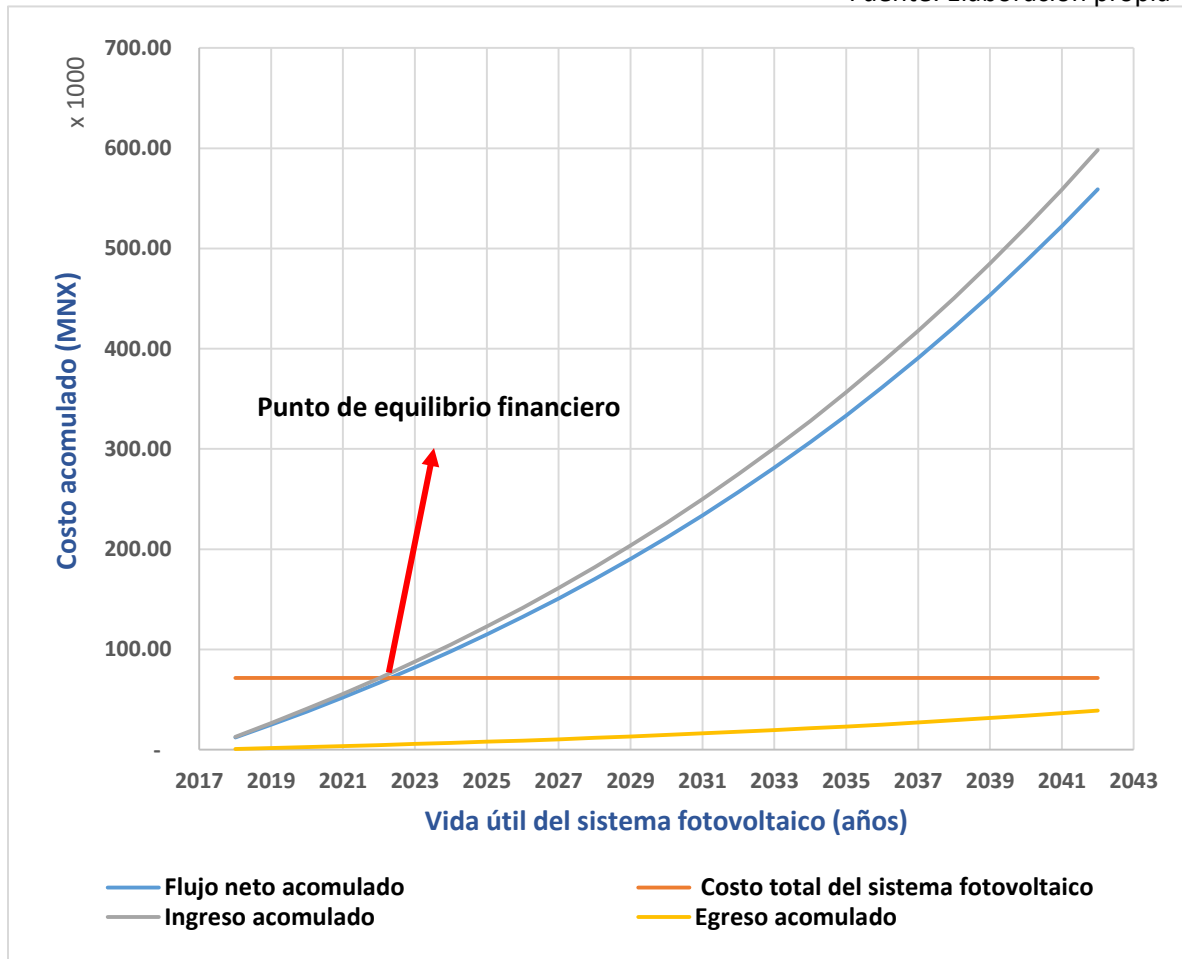


Figura 24. Flujos netos acumulados del año 2018 al 2042 sin subsidio de energía eléctrica

4. Resultados y discusión de la sustentabilidad del sistema fotovoltaico

4.1. Nueva propuesta para el caso de estudio.

En el presente capítulo se verá desglosado como es el ahorro de energía eléctrica en cada bimestre, proponiendo un sistema fotovoltaico interconectado de menor capacidad al que fue propuesto en el capítulo 3.3 de la presente metodología aplicado al caso de estudio.

Para esta etapa se obtendrá un nuevo diseño y análisis financiero a un 30%, 50% y 70% del consumo total de energía eléctrica por el usuario, los porcentajes considerandos corresponden a utilizar 2, 3 y 4 módulos fotovoltaicos. Cabe mencionar que para el diseño inicial se propusieron 6 módulos fotovoltaicos para cubrir el costo total de consumo de energía eléctrica. La realización de esta propuesta tiene como finalidad de conseguir un menor costo del sistema fotovoltaico, y verificar si con esta disminución se puede también disminuir el retorno de inversión. Es importante indicar que el costo del sistema fotovoltaico aplicado al caso de estudio, obtenido en el punto 3.4.1 de la presente metodología fue de \$71,431 MXN, para una capacidad total de consumo de energía eléctrica de 2567 KW-h/año a un retorno de inversión de alrededor de 15 años.

En el presente análisis será desglosado en dos puntos importantes puntos, los cuales fueron descritos en el punto 2.4. De la presente metodología, los cuales son:

- Diseño fotovoltaico para la nueva propuesta
- Análisis financiero para la nueva propuesta.

4.1.1 Diseño del sistema fotovoltaico para la nueva propuesta.

En esta etapa se necesita generar tres diseños del sistema fotovoltaico con capacidad del 30% (2 módulos fotovoltaicos), 50%(3 módulos fotovoltaicos) y 70%(4

módulos fotovoltaicos) referente a la capacidad total obtenida en el tema 4.3 de la presente metodología. Cabe mencionar que en el primer diseño del sistema fotovoltaico del caso de estudio se contempló 6 módulos fotovoltaicos para cubrir el 100% del consumo total de la energía eléctrica. En esta etapa se obtendrá la insolación promedio y la cantidad de energía generada por bimestre.

a) Insolación promedio por bimestre

Para calcular la insolación promedio por bimestre es necesario primeramente obtener la insolación por mes. Estos valores se encuentran en el software de la página principal de la NASA (este tema se explicado en el capítulo 4.3.2. del presente trabajo de investigación). En el software de la NASA aparte de indicar el ángulo óptimo que deben tener los módulos fotovoltaicos en el punto de ubicación, también proporciona la insolación promedio por mes, que se tendría a una inclinación óptima, siendo está a 22 grados respecto a una superficie plana (ver tabla 23).

Tabla 23. Insolación de los módulos fotovoltaicos a una inclinación de 22 grados respecto una superficie plana.

Mes	Ene	Feb.	Mar	Abr	May	Junio	Julio	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Insolación (22 grados)	5.09	5.93	6.49	6.25	6.12	6.31	5.52	5.69	5.21	5.58	5.7	5.01

Fuente: Datos de la NASA

Una vez que se tienen los datos de insolación por mes se procede a determinar la insolación promedio por bimestre, por lo tanto, se procederá a calcular los promedios de insolación de acuerdo a los bimestres que paga la energía eléctrica el usuario (ver tabla 24).

Tabla 24. Insolación promedio por bimestre

periodo	Promedio de insolación (h/día)
Abril - Junio	6.23
Junio - Agosto	5.84
Agosto - Octubre	5.49
Octubre - Diciembre	5.43

Diciembre - Febrero	5.34
Febrero - Abril	6.22

Fuente: Datos de la NASA

b) Energía generada por bimestre.

Tenido la insolación por bimestre y contemplando un 15% de pérdidas en los sistemas fotovoltaicos, se utilizará las ecuaciones previamente establecidas en el capítulo 4.3.4 del presente trabajo de investigación, para obtener la energía eléctrica generada por bimestre. El análisis contemplará la generación de energía eléctrica para el 30%, 50% y 70% del consumo del usuario.

Para el análisis se contempla el mismo modulo fotovoltaico que en el caso de estudio, el cual tiene una capacidad de 260W, 60 celdas, marca Solartec (más información del módulo fotovoltaico revisar el capítulo 4.3.3 del presente trabajo de investigación).

Para obtener la cantidad de energía por día (KW-h/día), se utiliza primariamente las ecuaciones 1 y 2, especificadas en el capítulo 4.3.4. Utilizando para este caso primero la ecuación 2 para calcular la potencia fotovoltaica, para posteriormente utilizar la ecuación 1, y determinar la energía generada.

Para el caso del 30% donde se utilizan dos módulos fotovoltaicos y contemplando el periodo de abril/junio, se calculará la potencia fotovoltaica (PFV), utilizando la primeramente la ecuación dos, como se muestra a continuación.

$$(Ecuación 2) PFV = QFV * Potencia del modulo FV = 2 * 260W = 520W$$

Una vez obtenido la potencia fotovoltaica, se procede a calcular la energía generada (EG), utilizando la ecuación 1 y contemplando que para ese periodo existe aproximadamente 6.23 de insolación (h/día). Utilizando la ecuación 1 se obtiene 2.81 de energía generada por día, como se muestra en el siguiente cálculo (ver tabla 25).

$$(Ecuación 1) EG = \frac{PFP * Horas solar pico}{1.15} = \frac{(520 W * 6.23 \frac{h}{Día})}{(1.15 * 1000)} = 2.81 \frac{KW-h}{Día}$$

Para obtener la energía generada por bimestre se multiplica por el factor de conversión de días a bimestres, como se muestra a continuación.

$$EG = \left(2.81 \frac{KW-h}{Día}\right) * \left(\frac{60 \text{ Días}}{\text{Bimestre}}\right) = 168.93 \frac{KW-h}{\text{Bimestre}}$$

Lo anterior tiene como resultado, que utilizando dos módulos fotovoltaicos en el periodo de abril y junio, el sistema fotovoltaico generará alrededor de 169 KW-h de energía eléctrica por bimestre.

Una vez realizado los cálculos pertenecientes de acuerdo al ejemplo mostrado en todos los periodos y en los tres porcentajes de consumo de energía eléctrica se obtiene las tablas siguientes: (ver tabla 25, 26 y 27).

Tabla 25. Generación de energía eléctrica por bimestre al 30% del consumo total (2 paneles solares)

30% (2 módulos Fv)		
Periodo	KW-h/día	KW-h/bimestre
Abril / Junio	2.81	168.93
Junio /Agosto	2.64	158.44
Agosto / Octubre	2.48	149.03
Octubre / Diciembre	2.45	147.31
Diciembre / Febrero	2.41	144.96
Febrero / Abril	2.81	168.84

Fuente: Datos de la NASA

Tabla 26. Generación de energía eléctrica por bimestre al 50% del consumo total (3 paneles solares)

50% (3 módulos Fv)		
Periodo	KW-h/día	KW-h/bimestre
Abril / Junio	4.22	253.40
Junio /Agosto	3.96	237.66
Agosto/Octubre	3.73	223.55
Octubre / Diciembre	3.68	220.97
Diciembre / Febrero	3.62	217.45
Febrero / Abril	4.22	253.26

Fuente: Datos de la NASA

Tabla 27. Generación de energía eléctrica por bimestre al 70% del consumo total (4 paneles solares)

70% (4 módulos Fv)		
Periodo	KW-h/día	KW-h/bimestre
Abril / Junio	5.63	337.86
Junio /Agosto	5.28	316.88
Agosto / Octubre	4.96	298.07
Octubre / Diciembre	4.91	294.63
Diciembre / Febrero	4.83	289.93

Fuente: Datos de la NASA

4.1.2. Análisis financiero para la nueva propuesta.

Para esta etapa se necesita generar tres análisis financieros que será referido a cada uno de las propuestas de consumos de energía eléctrica (30%, 50% y 70%), esto con finalidad de obtener un menor retorno de inversión, en contraste con el propuesto en el capítulo 4.4.7 del presente trabajo de investigación, que es disminuir los 15 años obtenidos del retorno de inversión. Para determinar este nuevo análisis financiero se necesita obtener los siguientes puntos:

- Costo total del sistema fotovoltaico para los casos del 30%, 50% y 70%.
- Análisis de comparación de energía eléctrica (generada vs consumida)
- Calculo de ingresos, egresos y flujos netos del sistema fotovoltaico.
- Aplicación del método del periodo de recuperación

a) Costo total del sistema fotovoltaico.

Para este punto se realizó los cambios pertenecientes al catálogo de conceptos obtenido en el tema 3.3.8 de la presente metodología. Es importante indicar que se obtendrán tres propuestas (30%, 50% y 70%) de costos, para detectar como es el impacto en el costo si se invirtiera en un sistema fotovoltaico contemplando solo el: 30%(2 módulos fotovoltaicos), 50%(3 módulos fotovoltaicos),

y 70%(4 módulos fotovoltaicos) del diseño obtenido en el capítulo 4.3.4 del presente trabajo de investigación, que cubre el 100% del consumo total del usuario, los cuales son, 6 módulos fotovoltaicos.

Es importante indicar que el costo del sistema fotovoltaico disminuye considerablemente por reducir la cantidad de paneles solares, inversores, estructura, ya estos elementos del sistema son los que tienen mayor costo en la cotización, teniendo un costo de materia prima para la capacidad de 30% de alrededor de \$18,000 pesos, para el de 50% un costo de alrededor de \$28,000 pesos, y el 70% un costo de alrededor de \$33,000 pesos, como se muestra a continuación(ver tabla 28, 29 y 30).

Tabla 28 Catálogo de conceptos al 30% del consumo de energía eléctrica (2 módulos fotovoltaicos).

Catálogo de conceptos del sistema fotovoltaico				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio	Total
Módulo fotovoltaico policristalino, 260W, 60 celdas, marca Csun.	2	pza.	3,188.79	6,377.59
Microinversol 127v, cat:YC500-MX-127v, marca APS	1	pza.	4,400.00	4,400.00
Estructura 2 hileras, 1 columnas, cat: FV 925 XL, inclinación de 20°,marca: Sunfer o similar	1	pza.	3,266.67	3,266.67
Cable toncal inicial, para conectar del primer inversor a la caja de conexiones, cal 3 X 12AWG, marca APS	1	pza.	517.24	517.24
Tapa extrema final para cable troncal para microinversor Aps YC500-MX-127	1	pza.	129.31	129.31
Gabinete nema 3R, Cctv Electricidad Ip55 Ik07	1	pza.	86.21	86.21
Centro de carga Square D 120/240v. Modelo Qod2	1	pza.	215.52	215.52
Interruptor termomagnético de un polo, 15A, mca: Square D	1	pza.	60.34	60.34
Interruptor De Seguriad Squared 2x30 sin fusibles	1	pza.	258.62	258.62
Cable THW-LS, calibre 10AWG, color negro, mca: viakon o similar	20	mts.	10.34	206.90
Cable THW-LS, calibre 10AWG, color blanco, mca: viakon o similar	20	mts.	10.34	206.90
Cable THW-LS, calibre 14AWG, color verde, mca: viakon o similar	30	mts.	10.34	310.34
Tuberia conduit PG de 3/4 in de diametro	6	pza	146.55	879.31
Unicanal metalico perforado con perfil 4 x 4 in	1	pza	172.41	172.41
condulet LB para tubo de conduit de 3/4 in de diametro	1	pza	77.59	77.59
Curva a 90° para tubo conduit PG de 3/4 in de diamtro	1	pza	77.59	77.59
Material micelaneo	1	lote	517.24	517.24
Costo de materia prima				\$ 17,759.77

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29 Catálogo de conceptos al 50% del consumo de energía eléctrica (3 módulos fotovoltaicos).

Catálogo de conceptos del sistema fotovoltaico				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio	Total
Módulo fotovoltaico policristalino, 260W, 60 celdas, marca Csun.	3	pza.	3,188.79	9,566.38
Microinversor 127v, cat:YC500-MX-127v, marca APS	2	pza.	4,400.00	8,800.00
Estructura 1 hileras, 3 columnas, cat: FV 925 XL, inclinación de 20°,marca: Sunfer o similar	1	pza.	4,900.00	4,900.00
Cable toncal inicial, para conectar del primer inversor a la caja de conexiones, cal 3 X 12AWG, marca APS	1	pza.	517.24	517.24
Tapa extrema final para cable troncal para microinversor Aps YC500-MX-127	1	pza.	129.31	129.31
Gabinete nema 3R, Cctv Electricidad Ip55 Ik07	1	pza.	86.21	86.21
Centro de carga Square D 120/240v. Modelo Q	1	pza.	215.52	215.52
Interruptor termomagnético de un polo, 15A, mca: Square D	1	pza.	60.34	60.34
Interruptor De Seguriad Squared 2x30 sin fusib	1	pza.	258.62	258.62
Cable THW-LS, calibre 10AWG, color negro, mca: viakon o similar	25	mts.	10.34	258.62
Cable THW-LS, calibre 10AWG, color blanco, mca: viakon o similar	25	mts.	10.34	258.62
Cable THW-LS, calibre 14AWG, color verde, mca: viakon o similar	35	mts.	10.34	362.07
Tuberia conduit PG de 3/4 in de diametro	8	pza	146.55	1,172.41
Unicanal metalico perforado con perfil 4 x 4 in	2	pza	172.41	344.83
condulet LB para tubo de conduit de 3/4 in de diametro	2	pza	77.59	155.17
Curva a 90° para tubo conduit PG de 3/4 in de diamtro	2	pza	77.59	155.17
Material micelaneo	1	lote	517.24	517.24
	Costo de materia prima			\$ 27,757.76

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Catálogo de conceptos al 70% del consumo de energía eléctrica (4 módulos fotovoltaicos).

Catálogo de conceptos del sistema fotovoltaico				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio	Total
Módulo fotovoltaico policristalino, 260W, 60 celdas, marca Csun.	4	pza.	3,188.79	12,755.17
Microinversor 127v, cat:YC500-MX-127v, marca APS	2	pza.	4,400.00	8,800.00
Estructura 2 hileras, 2 columnas, cat: FV 925 XL, inclinación de 20°, marca: Sunfer o similar	1	pza.	6,533.33	6,533.33
Cable toncal inicial, para conectar del primer inversor a la caja de conexiones, cal 3 X 12AWG, marca APS	1	pza.	517.24	517.24
Tapa extrema final para cable troncal para microinversor Aps YC500-MX-127	1	pza.	129.31	129.31
Gabinete nema 3R, Cctv Electricidad Ip55 Ik07	1	pza.	86.21	86.21
Centro de carga Square D 120/240v. Modelo Qod	1	pza.	215.52	215.52
Interruptor termomagnético de un polo, 15A, mca: Square D	1	pza.	60.34	60.34
Interruptor De Seguridad Squared 2x30 sin fusibles	1	pza.	258.62	258.62
Cable THW-LS, calibre 10AWG, color negro, mca: viakon o similar	30	mts.	10.34	310.34
Cable THW-LS, calibre 10AWG, color blanco, mca: viakon o similar	30	mts.	10.34	310.34
Cable THW-LS, calibre 14AWG, color verde, mca: viakon o similar	40	mts.	10.34	413.79
Tubería conduit PG de 3/4 in de diámetro	9	pza	146.55	1,318.97
Unicanal metálico perforado con perfil 4 x 4 in	3	pza	172.41	517.24
condulet LB para tubo de conduit de 3/4 in de diámetro	4	pza	77.59	310.34
Curva a 90° para tubo conduit PG de 3/4 in de diámetro	4	pza	77.59	310.34
Material miceláneo	1	lote	517.24	517.24
			Costo de materia prima	\$ 33,364.37

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado los catálogos de conceptos en sus tres categorías se procede a generar los costos totales del sistema fotovoltaico, teniendo para el caso del 30% un costo total alrededor de \$25,000 MXN, para el del 50% un costo de alrededor de \$38,000 MXN y por último para el caso del 70% un costo de alrededor de \$46,000 MXN, como se muestra en la tabla siguiente (ver tabla 31).

Tabla 31. Costo total del sistema fotovoltaico en las tres categorías de consumo de energía eléctrica

Concepto	30% (2 módulos Fv)	50% (3 módulos Fv)	70% (4 módulos Fv)
Costo de materia prima	\$ 17,759.77	\$ 27,757.76	\$ 33,364.37
Costo por ejecución (20%)	\$ 3,551.95	\$ 5,551.55	\$ 6,672.87
Sub total	\$ 21,311.72	\$ 33,309.31	\$ 40,037.24
IVA (16%)	\$ 3,409.88	\$ 5,329.49	\$ 6,405.96
Costo Total del sistema fotovoltaico (MXN)	\$ 24,721.60	\$ 38,638.80	\$ 46,443.20

Fuente: Elaboración propia

b) Análisis de costo de energía eléctrica por bimestre consumida por el usuario.

En este análisis se realiza un desglose de energía eléctrica total consumida por el usuario en un periodo de un año, dividido en seis bimestres, que es como actualmente cobra la energía eléctrica la CFE a los usuarios del sector doméstico, esto con finalidad de obtener la cantidad de energía eléctrica que fue cobrada en los tres escalones de cobro, que son: base, intermedio, excedente. Cabe mencionar que, para el primer escalón (base) el costo que hace la CFE contempla solo un consumo de 150 KW-h, con un costo de \$0.793 MXN por cada KW-h consumidos. Para el segundo escalón (intermedio) contempla un consumo máximo de 130 KW-h con un costo de \$0.956 MXN por cada 1 KW-h consumidos. Para el tercer escalón llamado excedente se cobra el resto de la energía consumida a un costo de \$2.802 MXN por cada 1 KW-h consumidos. Por ejemplo, para el caso de estudio en el periodo junio- agosto del 2016 el usuario consumió 305 KW-h, de los cuales se cobran 150 KW-h en base, 130 KW-h en intermedia y 25 KW-h restantes a excedente (ver tabla 32). Cabe mencionar que el escalón con más costo es el excedente en comparación con los escalones base e intermedio, con un porcentaje mayor al 100%.

Tabla 32. Consumo anual de energía eléctrica por el usuario en un periodo de abril del 2016 a abril del 2017

Periodo	Desglose de energía eléctrica consumida por el usuario				Subtotal (\$)	IVA 16% (\$)	TOTAL (\$)
	Energía consumida (KW -h)	Base 0.793 (\$/ KW-h)	Intermedio 0.956 (\$/ KW-h)	Excedente 2.802 (\$/ KW-h)			
Abril - Junio	209	150	59	0	175.35	28.06	203.41
Junio - Agosto	305	150	130	25	313.28	50.12	363.40
Agosto - Octubre	297	150	130	17	290.86	46.54	337.40
Octubre - Diciembre	846	150	130	566	1,829.16	292.67	2,121.83
Diciembre - Febrero	513	150	130	233	896.10	143.38	1,039.47
Febrero - Abril	397	150	130	117	571.06	91.37	662.43
							4,727.95

Fuente: Elaboración propia

c) Comparación de energía eléctrica (generada vs consumida)

Este capítulo se realizará una comparación de energía generada por bimestre por el sistema fotovoltaico y la energía eléctrica consumida por el usuario, esto finalidad de ver los ahorros bimestrales anuales que tendrá el usuario si decide instalar 2, 3 y 4 módulos fotovoltaicos, que es equivalente al 30%, 50% y 70% del consumo total de energía eléctrica.

Es importante mencionar que actualmente el sector doméstico tiene subsidio de energía eléctrica no importando que tenga un sistema fotovoltaico en su casa o cualquier otra tecnología para generar energía renovable. Por lo tanto, se efectuará un análisis de energías por bimestre, esto con finalidad de obtener el ahorro anual que tendrá el usuario si decide instalar un sistema fotovoltaico al 30%, 50% y 70% del consumo total (ver tabla número 33, 34 y 35).

Las tablas 33, 34, 35, fueron obtenidas de acuerdo a la información proveniente sobre la energía genera por bimestre (ver tabla 25, 26 y 27) y la información que se obtuvo sobre la energía consumida por bimestre por el usuario (ver tabla 32). En las tablas mencionadas la energía facturada, que es la energía que pagaría el usuario a la CFE, se calcula como la diferencia entre la energía eléctrica generada y la energía eléctrica consumida por el usuario, la clasificación de estas energías tiene como propósito obtener la cantidad de energía por bimestre que se consumiría en

los tres escalones de cobro (base, intermedio, excedente), para obtener el costo anual aproximado de energía eléctrica. Estos cálculos se efectuaron en los tres porcentajes mencionados sobre el consumo total de energía eléctrica por el usuario, que son contemplando 2, 3 y 4 módulos fotovoltaicos (ver tabla número 33, 34 y 35).

En la comparación y desglose de energías se obtuvo información relevante, como es:

- Si el usuario decide implementar un sistema fotovoltaico con 2 paneles solares tendría un ahorro de alrededor de \$2,000 MXN anuales, es decir, en vez de pagar \$4728 MXN anuales por consumo de energía eléctrica pagaría alrededor de \$2,728 MXN, lo anterior se debe a que el sistema fotovoltaico está disminuyendo la cantidad de energía eléctrica en el escalón de excedente, que es el escalón con mayor costo, en comparación con el escalón base e intermedio (ver tabla numero 33)
- Si el usuario implementara un sistema fotovoltaico que satisficiera la mitad del consumo de energía eléctrica, es decir, considerando solo 3 paneles solares en el sistema fotovoltaico, el usuario tendría unos ahorros aproximados de \$2,700 MXN anuales. En comparación con un sistema de 2 módulos fotovoltaicos se tendría un aumento de ahorro de \$700 MXN anuales. Para este sistema el usuario estaría pagando por consumo de energía eléctrica a la CFE un monto de alrededor de \$2000 MXN anuales (ver tabla numero 34).
- Si el usuario decide implementar un sistema fotovoltaico con 4 paneles solares tendría un ahorro de alrededor de \$3,700 MXN anuales, es decir, en vez de pagar \$4728 MXN anual por consumo de energía eléctrica pagaría alrededor de \$1,000 MXN. En comparación con el sistema fotovoltaico de 3 paneles solares con el 4, se está ahorrando un monto aproximado de \$980 MXN anuales (ver tabla número 34 y 35).

Tabla 34. Desglose de energía por bimestre contemplando 2 módulos Fv.

Desglose de energía eléctrica consumida por bimestre del usuario contemplando 2 paneles Fv (30%)									
Periodo	Energía generada (KW -h)	Energía consumida (KW -h)	Energía facturada (KW -h)	Costo en traifa 1			Subtotal (\$)	IVA 16% (\$)	TOTAL (\$)
				Base	Intermedio	Excedente			
				0.793 (\$/ KW-h)	0.956 (\$/ KW-h)	2.802 (\$/ KW-h)			
Abril - Junio	168.93	209	40.07	40.07	0	0	31.77	5.08	36.86
Junio - Agosto	158.44	305	146.56	146.56	0	0	116.22	18.60	134.82
Agosto - Octubre	149.04	297	147.96	147.96	0	0	117.34	18.77	136.11
Octubre - Diciembre	147.32	846	698.68	150	130	418.68	1,416.38	226.62	1,643.00
Diciembre - Febrero	144.97	513	368.03	150	130	88.03	489.90	78.38	568.28
Febrero - Abril	168.84	397	228.16	150	78.16	0	193.67	30.99	224.66
									2,743.72

Fuente: Elaboración propia con datos de la CFE

Tabla 33. Energía eléctrica por bimestre contemplando 3 módulos Fv

Desglose de energía eléctrica consumida por bimestre del usuario contemplando 3 paneles Fv (50%)									
Periodo	Energía generada (KW -h)	Energía consumida (KW -h)	Energía facturada (KW -h)	Costo en traifa 1			Subtotal (\$)	IVA 16% (\$)	TOTAL (\$)
				Base	Intermedio	Excedente			
				0.793 (\$/ KW-h)	0.956 (\$/ KW-h)	2.802 (\$/ KW-h)			
Abril - Junio	253.40	209	-44.40	0.00	0	0	-	-	-
Junio - Agosto	237.66	305	67.34	22.94	0	0	18.19	2.91	21.10
Agosto - Octubre	223.55	297	73.45	73.45	0	0	58.24	9.32	67.56
Octubre - Diciembre	220.98	846	625.02	150	130	345.02	1,209.98	193.60	1,403.58
Diciembre - Febrero	217.45	513	295.55	150	130	15.55	286.80	45.89	332.69
Febrero - Abril	253.26	397	143.74	143.74	0	0	113.98	18.24	132.22
									1,957.15

Fuente: Elaboración propia con datos de la CFE

Tabla 35. Desglose de energía por bimestre contemplando 4 módulos Fv

Desglose de energía eléctrica consumida por bimestre del usuario contemplando 4 paneles Fv (70%)									
Periodo	Energía generada (KW -h)	Energía consumida (KW -h)	Energía facturada (KW -h)	Costo en traifa 1			Subtotal (\$)	IVA 16% (\$)	TOTAL (\$)
				Base	Intermedio	Excedente			
				0.793 (\$/ KW-h)	0.956 (\$/ KW-h)	2.802 (\$/ KW-h)			
Abril - Junio	337.86	209	-128.86	0	0	0	-	-	-
Junio - Agosto	316.88	305	-11.88	0	0	0	-	-	-
Agosto - Octubre	298.07	297	-1.07	0	0	0	-	-	-
Octubre - Diciembre	294.64	846	551.36	150	130	129.54	606.21	96.99	703.20
Diciembre - Febrero	289.93	513	223.07	150	73.07	0	188.80	30.21	219.01
Febrero - Abril	337.68	397	59.32	59.32	0	0	47.04	7.53	54.56
									976.78

Fuente: Elaboración propia con datos de la CFE

Resumiendo, las tablas 33, 34 y 35 relacionado con el desglose de energías, se obtiene un ahorro considerable en la implementación de un sistema fotovoltaico en las tres categorías de generación de energía eléctrica mencionado. Para la implementación de 2 módulos fotovoltaicos se tiene un ahorro aproximado de \$2,000 MXN anuales, para el de 3 módulos se tiene un ahorro aproximado de \$2,800 MXN anuales, para el 4 módulo fotovoltaico se tiene un ahorro del \$3,800 MXN (ver tabla 36).

Tabla 36. Ahorro anual de consumo de energía eléctrica.

Concepto	2 paneles Fv (30%)	3 paneles Fv (50%)	4 paneles Fv (70%)
Ahorro de consumo de energía eléctrica del sistema fotovoltaico (MXN)	1,984.23	2,770.80	3,751.18

Fuente: Elaboración propia

d) Aplicación del método del periodo de recuperación

Finalmente, para ver si los ahorros que se obtuvieron al implementar un sistema fotovoltaico son sustentables se procede a generar un análisis financiero utilizando el método del periodo de recuperación, dicho método servirá para determinar el retorno de inversión en las tres clasificaciones de porcentaje generación de energía eléctrica (30, 40% y 70%).

Para utilizar el método del periodo de recuperación y calcular los ingresos, egresos, y flujos netos, se necesita primeramente obtener los siguientes puntos:

1. Costo total del sistema fotovoltaico. En este apartado se contemplan los costos de energía eléctrica de los tres porcentajes de generación de energía eléctrica mencionados, con el propósito de proyectar con los flujos netos que cantidad de años se necesita para retornar la inversión.
2. Ahorro anual de consumo de energía eléctrica. Se contemplan los ahorros de energía eléctrica obtenidos en las tres diferentes categorías, ya que este es el ingreso que se tendría al inicio del sistema fotovoltaico. (ver tabla 36).

3. Índice de inflación promedio de energía eléctrica. Como se desea implementar un sistema fotovoltaico a un usuario en tarifa 1, se tendrá que obtener el índice de inflación, para proyectar la vida del equipo en las tres categorías de porcentaje, a valor presente (ver tabla 15).
4. Índice de inflación promedio en México. Obtenido del banco de México que incluye el periodo de los años de 1999 al 2016, esto con finalidad de obtener a valor presente los egresos anuales del sistema fotovoltaico en sus tres categorías de porcentajes de generación de energía eléctrica, que son: el 30%, 50% y 70% (ver tabla 17).

Una vez realizado los cuatro puntos anteriores se procede a generar el análisis de inversión contemplando como herramienta el método de periodo de recuperación, para los tres porcentajes de generación de energía eléctrica por medio de un sistema fotovoltaico.

4.1.3. Resultados de la nueva propuesta.

En este punto se define como es el impacto en retorno de inversión, comparando los análisis financieros de cada caso o categorías de porcentaje, con finalidad generar una toma de decisión sobre la implantación de un sistema fotovoltaico, en los tres casos o categorías de porcentaje.

Caso 1. Análisis financiero al 30% de generación de energía eléctrica (2 módulos fotovoltaicos).

En este análisis se obtuvo como resultado que el retorno de inversión es alrededor de los 12 años, que es 3 años menor que si se instalara un sistema fotovoltaico que cubra el 100% del consumo total, cabe mencionar que en este caso el sistema fotovoltaico tiene un costo de inversión de alrededor de 24,700 MXN (ver tabla 37).

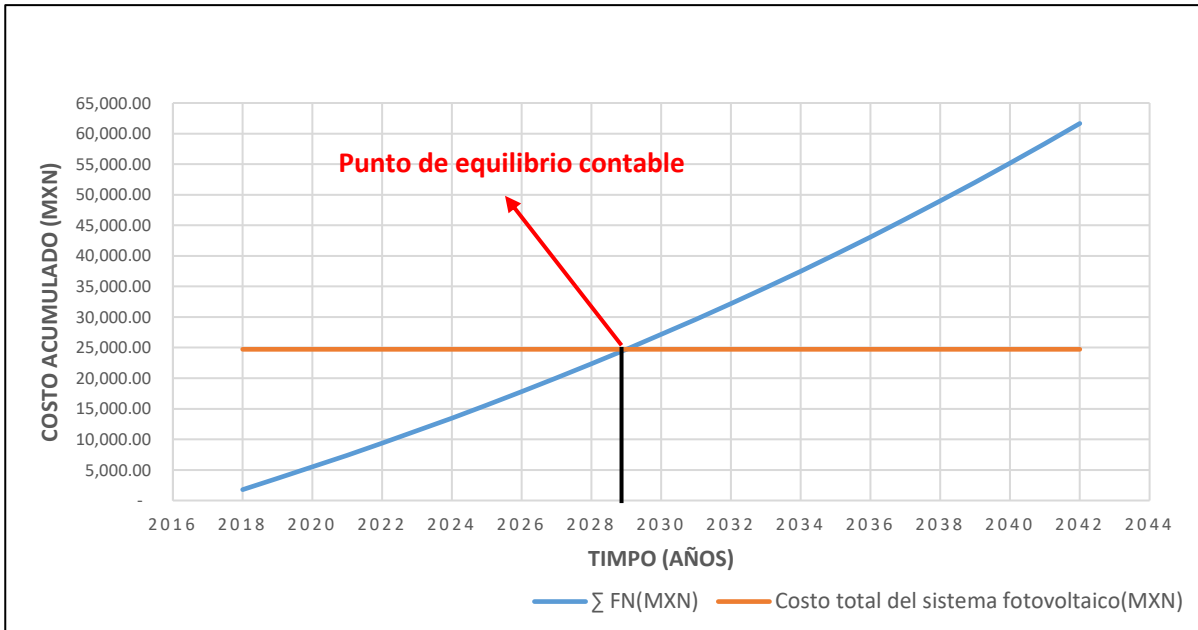
Tabla 37. Análisis financiero al 30% de generación de energía eléctrica.

	AÑO	Ingreso	Egreso	Flujo neto	Σ FN
1	2018	2,040.14	260.23	1,779.91	1,779.91
2	2019	2,097.61	270.87	1,826.74	3,606.65
3	2020	2,156.71	281.96	1,874.75	5,481.40
4	2021	2,217.47	293.49	1,923.98	7,405.38
5	2022	2,279.94	305.50	1,974.45	9,379.83
6	2023	2,344.18	317.99	2,026.18	11,406.01
7	2024	2,410.22	331.00	2,079.22	13,485.23
8	2025	2,478.12	344.55	2,133.58	15,618.80
9	2026	2,547.94	358.64	2,189.30	17,808.10
10	2027	2,619.72	373.31	2,246.41	20,054.51
11	2028	2,693.53	388.59	2,304.94	22,359.46
12	2029	2,769.41	404.48	2,364.93	24,724.39
13	2030	2,847.44	421.03	2,426.41	27,150.80
14	2031	2,927.66	438.26	2,489.40	29,640.20
15	2032	3,010.14	456.18	2,553.96	32,194.15
16	2033	3,094.95	474.85	2,620.10	34,814.25
17	2034	3,182.14	494.27	2,687.87	37,502.12
18	2035	3,271.79	514.49	2,757.30	40,259.42
19	2036	3,363.97	535.54	2,828.43	43,087.84
20	2037	3,458.74	557.45	2,901.29	45,989.13
21	2038	3,556.18	580.26	2,975.93	48,965.06
22	2039	3,656.37	604.00	3,052.38	52,017.44
23	2040	3,759.38	628.71	3,130.68	55,148.12
24	2041	3,865.30	654.43	3,210.87	58,358.99
25	2042	3,974.20	681.20	3,293.00	61,651.99

Fuente: Elaboración propia

En este análisis el punto de equilibrio contable se encuentra alrededor del año 2029 (ver figura 25).

Figura 25. Flujos netos acumulados para el caso del 30% de generación de energía eléctrica.



Fuente: Elaboración propia

Caso 2. Análisis financiero al 50% de generación de energía eléctrica (3 módulos fotovoltaicos).

En este análisis se obtuvo como resultado que el retorno de inversión es alrededor de los 13.5 años, que es 1.5 años menor que si se instalara un sistema fotovoltaico que cubra el 100% del consumo total, cabe mencionar que en este caso el sistema fotovoltaico tiene un costo de inversión de alrededor de 38,000 MXN (ver tabla 38).

Tabla 38. Análisis financiero al 50% de generación de energía eléctrica

	AÑO	Ingreso	Egreso	Flujo neto	Σ FN
1	2018	2,848.86	395.55	2,453.32	2,453.32
2	2019	2,929.12	411.73	2,517.40	4,970.71
3	2020	3,011.65	428.57	2,583.07	7,553.78
4	2021	3,096.49	446.10	2,650.39	10,204.17
5	2022	3,183.73	464.36	2,719.38	12,923.55
6	2023	3,273.43	483.35	2,790.07	15,713.62
7	2024	3,365.65	503.13	2,862.52	18,576.15
8	2025	3,460.47	523.71	2,936.76	21,512.91
9	2026	3,557.96	545.13	3,012.83	24,525.74
10	2027	3,658.20	567.44	3,090.77	27,616.50
11	2028	3,761.27	590.65	3,170.61	30,787.12
12	2029	3,867.23	614.81	3,252.42	34,039.53
13	2030	3,976.18	639.97	3,336.22	37,375.75
14	2031	4,088.21	666.15	3,422.06	40,797.81
15	2032	4,203.38	693.40	3,509.98	44,307.79
16	2033	4,321.81	721.77	3,600.04	47,907.83
17	2034	4,443.56	751.30	3,692.27	51,600.10
18	2035	4,568.75	782.03	3,786.72	55,386.82
19	2036	4,697.47	814.02	3,883.45	59,270.27
20	2037	4,829.81	847.33	3,982.49	63,252.76
21	2038	4,965.88	881.99	4,083.89	67,336.65
22	2039	5,105.79	918.07	4,187.71	71,524.36
23	2040	5,249.63	955.63	4,294.00	75,818.37
24	2041	5,397.53	994.73	4,402.81	80,221.17
25	2042	5,549.60	1,035.42	4,514.18	84,735.35

Fuente: Elaboración propia

En este análisis el punto de equilibrio contable se encuentra alrededor del año 2030 (ver figura 26).

Fuente: Elaboración propia

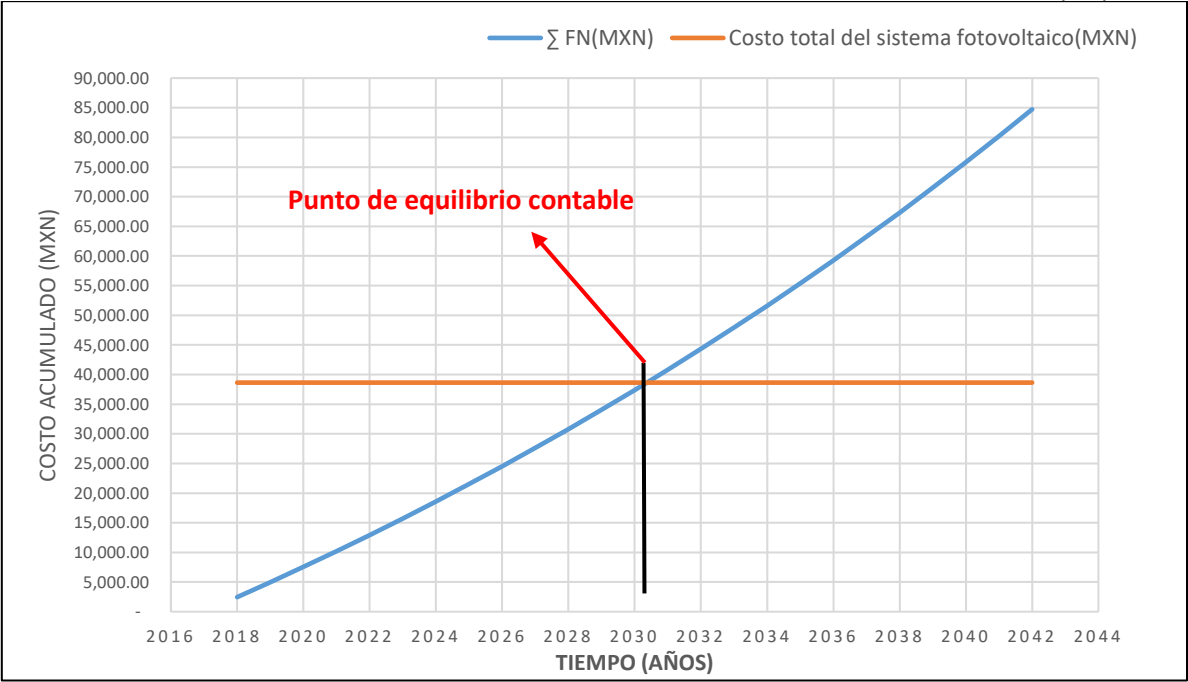


Figura 26. Flujos netos acumulados para el caso del 50% de generación de energía eléctrica

Caso 3. Análisis financiero al 70% de generación de energía eléctrica (4 módulos fotovoltaicos).

En este análisis se obtuvo como resultado que el retorno de inversión es alrededor de los 12 años, que es 3 años menor que si se instalara un sistema fotovoltaico que cubra el 100% del consumo total, cabe mencionar que para este caso el sistema fotovoltaico tiene un costo de inversión de alrededor de 46,000 MXN (ver tabla 39).

Tabla 39. Análisis financiero al 70% de generación de energía eléctrica.

	AÑO	Ingreso	Egreso	Flujo neto	Σ FN
1	2018	3,856.86	520.46	3,336.40	3,336.40
2	2019	3,965.52	541.75	3,423.77	6,760.17
3	2020	4,077.24	563.91	3,513.33	10,273.50
4	2021	4,192.11	586.98	3,605.13	13,878.63
5	2022	4,310.21	610.99	3,699.22	17,577.85
6	2023	4,431.65	635.99	3,795.66	21,373.51
7	2024	4,556.50	662.01	3,894.49	25,268.00
8	2025	4,684.87	689.09	3,995.78	29,263.78
9	2026	4,816.86	717.28	4,099.57	33,363.35
10	2027	4,952.56	746.63	4,205.94	37,569.29
11	2028	5,092.09	777.17	4,314.92	41,884.21
12	2029	5,235.55	808.97	4,426.59	46,310.79
13	2030	5,383.05	842.06	4,540.99	50,851.79
14	2031	5,534.71	876.51	4,658.20	55,509.99
15	2032	5,690.64	912.37	4,778.27	60,288.27
16	2033	5,850.97	949.69	4,901.27	65,189.54
17	2034	6,015.81	988.55	5,027.26	70,216.80
18	2035	6,185.29	1,028.99	5,156.30	75,373.10
19	2036	6,359.55	1,071.08	5,288.47	80,661.57
20	2037	6,538.72	1,114.90	5,423.82	86,085.38
21	2038	6,722.93	1,160.51	5,562.42	91,647.80
22	2039	6,912.34	1,207.99	5,704.35	97,352.15
23	2040	7,107.08	1,257.41	5,849.67	103,201.82
24	2041	7,307.31	1,308.85	5,998.46	109,200.28
25	2042	7,513.18	1,362.40	6,150.78	115,351.07

Fuente: Elaboración propia

En este análisis el punto de equilibrio contable se encuentra alrededor del año 2029 (ver figura 27).

Fuente: Elaboración propia

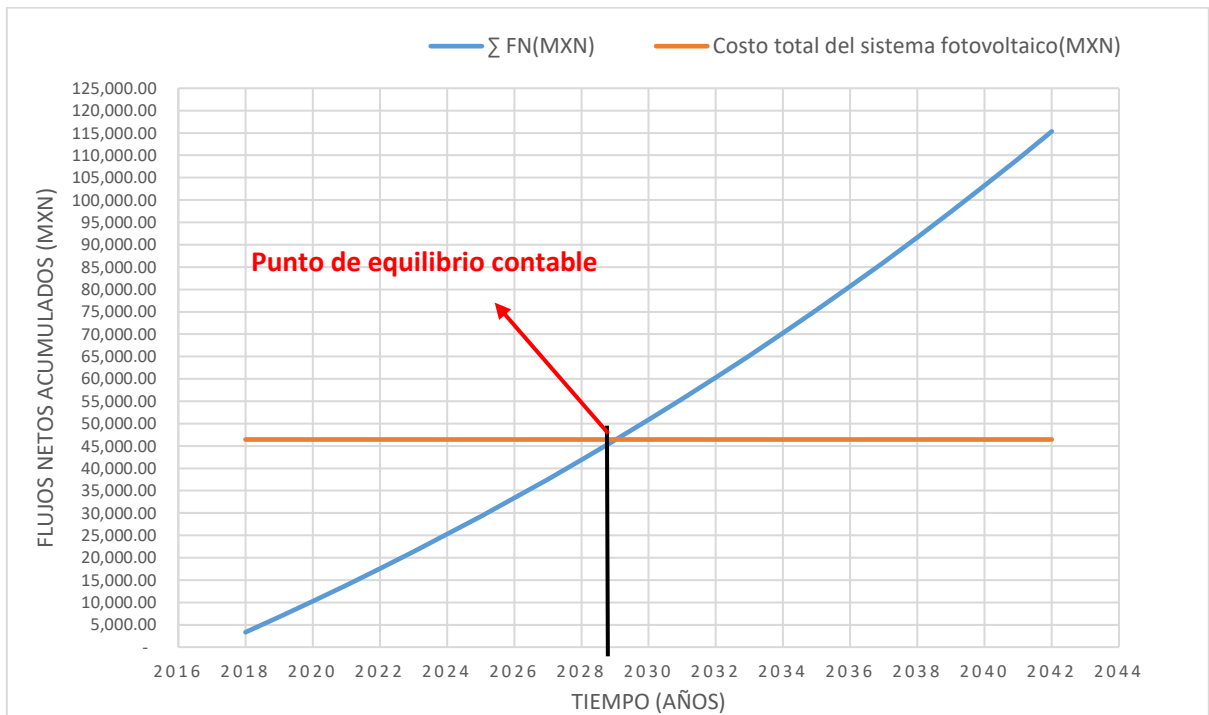


Figura 27. Flujos netos acumulados para el caso del 70% de generación de energía eléctrica

4.2. Capacidad fotovoltaica óptima por consumo de energía eléctrica

Tomando como bases los valores obtenidos en el capítulo 4.5 del presente trabajo de investigación, se realiza un tabulador general donde cada usuario del sector doméstico identifique de acuerdo a su consumo de energía eléctrica la potencia fotovoltaica óptima que se requiere para su casa habitación.

En el presente capítulo se realiza una comparativa entre las variables que fueron descritas en el capítulo 3.4, las cuales son:

- Diseño fotovoltaico.
- Análisis financiero

4.2.1. Diseño fotovoltaico para la propuesta general

Tomando de referencia el capítulo 4.5.1 del presente trabajo de investigación, se obtiene la energía eléctrica que se genera por día (KW-h/día) y la cantidad de energía eléctrica que se genera por bimestre (KW-h/bimestre) variando la cantidad de paneles fotovoltaicos, como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 40. Energía eléctrica generada por un panel fotovoltaico.

1 MODULO FV		
Periodo	KW-h/día	KW-h/bimestre
Abril / Junio	1.52	90.96
Junio /Agosto	1.42	85.31
Agosto / Octubre	1.34	80.25
Octubre / Diciembre	1.32	79.33
Diciembre / Febrero	1.30	78.06
Febrero / Abril	1.52	90.91

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Energía eléctrica generada por dos paneles fotovoltaicos

2 MODULOS FV		
Periodo	KW-h/día	KW-h/bimestre
Abril / Junio	3.03	181.93
Junio /Agosto	2.84	170.63
Agosto / Octubre	2.68	160.50
Octubre / Diciembre	2.64	158.65
Diciembre / Febrero	2.60	156.12
Febrero / Abril	3.03	181.83

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Energía eléctrica generada por tres paneles fotovoltaicos

3 MODULOS FV		
Periodo	KW-h/día	KW-h/bimestre
Abril / Junio	4.55	272.89
Junio /Agosto	4.27	255.94
Agosto / Octubre	4.01	240.75
Octubre / Diciembre	3.97	237.98
Diciembre / Febrero	3.90	234.18
Febrero / Abril	4.55	272.74

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43. Energía eléctrica generada por cuatro paneles fotovoltaicos

4 MODULOS FV		
Periodo	KW-h/día	KW-h/bimestre
Abril / Junio	6.06	363.85
Junio /Agosto	5.69	341.26
Agosto / Octubre	5.35	321.00
Octubre / Diciembre	5.29	317.30
Diciembre / Febrero	5.20	312.24
Febrero / Abril	6.06	363.66

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44. Energía eléctrica generada por cinco paneles fotovoltaicos

5 MODULOS FV		
Periodo	KW-h/día	KW-h/bimestre
Abril / Junio	7.58	454.82
Junio /Agosto	7.11	426.57
Agosto / Octubre	6.69	401.25
Octubre / Diciembre	6.61	396.63
Diciembre / Febrero	6.50	390.30
Febrero / Abril	7.58	454.57

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45. Energía eléctrica generada por seis paneles fotovoltaicos

6 MODULOS FV		
Periodo	KW-h/día	KW-h/bimestre
Abril / Junio	9.10	545.78
Junio /Agosto	8.53	511.89
Agosto / Octubre	8.03	481.50
Octubre / Diciembre	7.93	475.95
Diciembre / Febrero	7.81	468.35
Febrero / Abril	9.09	545.49

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Análisis financiero para la propuesta general.

Para que el usuario determine qué porcentaje de su sistema fotovoltaico que desea invertir es necesario primeramente que conozca los costos de los sistemas fotovoltaicos y los retornos de inversión de acuerdo a los consumos de energía eléctrica. Para determinar el análisis financiero en el tabulador se tiene que determinar las siguientes variables:

- Costo total de los sistemas fotovoltaicos en diferente capacidades
- Análisis de comparación de energía eléctrica (generada vs consumida)
- Calculo de ingresos, egresos y flujos netos del sistema fotovoltaico.
- Aplicación del método del periodo de recuperación

Para esta etapa se necesita generar un análisis financiero que será referido a cada uno de consumos de energía propuestos. Cabe mencionar que el tabulador fue realizado cada 25 KW-h consumidos, hasta llegar al límite de consumo de energía eléctrica en tarifa 1, el cual es 500KW-h (ver tabla 46). Como parte inicial en este análisis es obtener la cantidad monetaria que paga el usuario anualmente por los respectivos consumos anuales de energía eléctrica (ver tabla 46).

Tabla 46. Relación de consumos eléctrica con pesos MXN por año

CONSUMO DE ENERGÍA (KW-h/ bimestre)	COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELECTRICA SIN PANELES (\$/ año)	CONSUMO DE ENERGÍA (KW-h/ bimestre)	COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELECTRICA SIN PANELES (\$/ año)
25	\$138.0	275	\$1,659.6
50	\$276.0	300	\$2,082.9
75	\$413.9	325	\$2,570.5
100	\$551.9	350	\$3,058.0
125	\$689.9	375	\$3,545.6
150	\$827.9	400	\$4,033.1
175	\$994.2	425	\$4,520.7
200	\$1,160.6	450	\$5,008.2
225	\$1,326.9	475	\$5,495.8
250	\$1,493.3	500	\$5,983.3

Fuente: Elaboración propia

a) costo del sistema fotovoltaico.

Para determinar los costos de energía eléctrica en el tabulador es necesario primeramente obtener el catálogo de conceptos. El tabulador realizado abarca desde uno modulo fotovoltaico hasta 6 módulos fotovoltaicos, por lo tanto, se tiene que determinar los seis catálogos de conceptos, los cuales se muestran a continuación.



“La mejor manera de ahorrar es invertir en energía fotovoltaica”

Empresa: Particular
Atención: Ing Enrique Araus Natarén
Obra: Sector domestico
Lugar: Fernando Celada #201, col. Julian Carrillo
Ciudad: San Luis Potosí

Ejecución 8 días

Catálogo de conceptos del sistema fotovoltaico con un panel fotovoltaico

ITEM	Descripción	Cantidad	Unidad	PU	TOTAL
EA29082-020	Suministro e instalación de Módulo fotovoltaico policristalino, 280W, 60 celdas, cat. S72PC-280, marca solartec.	1	Pza	\$ 3,200.00	\$ 3,200.00
EA29082-021	Suministro e instalación de Microinversor doble 127v, cat: YC600B-MX, marca APS	1	Pza	\$ 5,900.00	\$ 5,900.00
EA29082-022	Suministro e instalación de estructura 2 hileras, 3 columnas, cat: FV925XL, inclinación de 20°, marca: Sunfer o similar	1	Pza	\$ 1,550.00	\$ 1,550.00
EA29082-023	Suministro e instalación de cable toncal una salida 2mts de largo, calibre 3x12 AWG, cat. YC600-QS1, Mca. APS Systems	1	Pza	\$ 787.68	\$ 787.68
EA29082-024	Suministro e instalación de tapa extrema final para cable troncal para microinversor Aps YC600-MX-127	1	Pza	\$ 134.76	\$ 134.76
EA29082-025	Suministro e instalación de Gabinete nema 3R de 250mm de alto, 200mm de ancho, 150mm de profundidad, cat CRN-2520/150.	1	Pza	\$ 800.00	\$ 800.00
EA29082-026	Suministro e instalación de Centro de carga Square D 120/240v. Modelo Qod2.	1	Pza	\$ 402.81	\$ 402.81
EA29082-027	Suministro e instalación de Interruptor termomagnético de un polo, 15A, mca: Square D	1	Pza	\$ 260.23	\$ 260.23
EA29082-028	Interruptor De Seguriad Squared 2x30 sin fusibles	1	Pza	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00
EA29082-029	Suministro e instalación Cable THW-LS, calibre 10AWG, color negro, mca: viakon o similar	35	Mts.	\$ 37.50	\$ 1,312.50
EA29082-030	Suministro e instalación de cable THW-LS, calibre 10AWG, color blanco, mca: viakon o similar	35	Mts.	\$ 37.50	\$ 1,312.50
EA29082-031	Suministro e instalación de cable THW-LS, calibre 14 AWG, color verde, mca: viakon o similar	45	Mts.	\$ 18.50	\$ 832.50
EA29082-032	Suministro e instalación Tuberia conduit PG de 3/4 in de diametro	10	Pza	\$ 249.32	\$ 2,493.20
EA29082-033	Suministro e instalación Unicanal metalico perforado con perfil 4 x 4 in	3	Pza	\$ 407.73	\$ 1,223.19
EA29082-034	Suministro e instalación de condulet LB para tubo de conduit de 3/4 in de diametro	4	Pza	\$ 77.66	\$ 310.64
EA29082-035	Suministro e instalación de Curva a 90° para tubo conduit PG de 3/4 in de diamtro	4	Pza	\$ 76.88	\$ 307.52
EA29082-036	Material micelaneo(cintas, etiquetas, contra, monitor, etc.)	1	Lte	\$ 500.00	\$ 450.00
EA29082-037	Tramites ante CFE	1	Serv	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00

Costo total	24,477.53
IVA (16%)	3,916.40
Total:	28,393.93



“La mejor manera de ahorrar es invertir en energía fotovoltaica”

Empresa: Particular
Atención: Ing Enrique Araus Natarén
Obra: Sector domestico
Lugar: Fernando Celada #201, col. Julian Carrillo
Ciudad: San Luis Potosí

Ejecución 8 días

Catálogo de conceptos del sistema fotovoltaico con dos paneles fotovoltaicos

ITEM	Descripción	Cantidad	Unidad	PU	TOTAL
EA29082-020	Suministro e instalación de Módulo fotovoltaico policristalino, 280W, 60 celdas, cat. S72PC-280, marca solartec.	2	Pza	\$ 3,200.00	\$ 6,400.00
EA29082-021	Suministro e instalación de Microinversor doble 127v, cat: YC600B-MX, marca APS	1	Pza	\$ 5,900.00	\$ 5,900.00
EA29082-022	Suministro e instalación de estructura 2 hileras, 3 columnas, cat: FV925XL, inclinación de 20°, marca: Sunfer o similar	1	Pza	\$ 3,100.00	\$ 3,100.00
EA29082-023	Suministro e instalación de cable toncal una salida 2mts de largo, calibre 3x12 AWG, cat. YC600-QS1, Mca. APS Systems	1	Pza	\$ 787.68	\$ 787.68
EA29082-024	Suministro e instalación de tapa extrema final para cable troncal para microinversor Aps YC600-MX-127	1	Pza	\$ 134.76	\$ 134.76
EA29082-025	Suministro e instalación de Gabinete nema 3R de 250mm de alto, 200mm de ancho, 150mm de profundidad, cat CRN-2520/150.	1	Pza	\$ 800.00	\$ 800.00
EA29082-026	Suministro e instalación de Centro de carga Square D 120/240v. Modelo Qod2.	1	Pza	\$ 402.81	\$ 402.81
EA29082-027	Suministro e instalación de Interruptor termomagnético de un polo, 15A, mca: Square D	1	Pza	\$ 260.23	\$ 260.23
EA29082-028	Interruptor De Seguriad Squared 2x30 sin fusibles	1	Pza	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00
EA29082-029	Suministro e instalación Cable THW-LS, calibre 10AWG, color negro, mca: viakon o similar	35	Mts.	\$ 37.50	\$ 1,312.50
EA29082-030	Suministro e instalación de cable THW-LS, calibre 10AWG, color blanco, mca: viakon o similar	35	Mts.	\$ 37.50	\$ 1,312.50
EA29082-031	Suministro e instalación de cable THW-LS, calibre 14 AWG, color verde, mca: viakon o similar	45	Mts.	\$ 18.50	\$ 832.50
EA29082-032	Suministro e instalación Tuberia conduit PG de 3/4 in de diametro	10	Pza	\$ 249.32	\$ 2,493.20
EA29082-033	Suministro e instalación Unicanal metalico perforado con perfil 4 x 4 in	3	Pza	\$ 407.73	\$ 1,223.19
EA29082-034	Suministro e instalación de conduit LB para tubo de conduit de 3/4 in de diametro	4	Pza	\$ 77.66	\$ 310.64
EA29082-035	Suministro e instalación de Curva a 90° para tubo conduit PG de 3/4 in de diametro	4	Pza	\$ 76.88	\$ 307.52
EA29082-036	Material micelaneo(cintas, etiquetas, contra, monitor, etc.)	1	Lte	\$ 800.00	\$ 800.00
EA29082-037	Tramites ante CFE	1	Serv	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00

Costo total	29,977.53
IVA (16%)	4,796.40
Total:	34,773.93



“La mejor manera de ahorrar es invertir en energía fotovoltaica”

Empresa: Particular
Atención: Ing Enrique Araus Natarén
Obra: Sector domestico
Lugar: Fernando Celada #201, col. Julian Carrillo
Ciudad: San Luis Potosí

Ejecución 8 días

Catálogo de conceptos del sistema fotovoltaico con tres paneles fotovoltaicos

ITEM	Descripción	Cantidad	Unidad	PU	TOTAL
EA29082-020	Suministro e instalación de Módulo fotovoltaico policristalino, 280W, 60 celdas, cat. S72PC-280, marca solartec.	3	Pza	\$ 3,200.00	\$ 9,600.00
EA29082-021	Suministro e instalación de Microinversor doble 127v, cat: YC600B-MX, marca APS	2	Pza	\$ 5,900.00	\$ 11,800.00
EA29082-022	Suministro e instalación de estructura 2 hileras, 3 columnas, cat: FV925XL, inclinación de 20°, marca: Sunfer o similar	1	Pza	\$ 4,650.00	\$ 4,650.00
EA29082-023	Suministro e instalación de cable toncal una salida 2mts de largo, calibre 3x12 AWG, cat. YC600-QS1, Mca. APS Systems	1	Pza	\$ 787.68	\$ 787.68
EA29082-024	Suministro e instalación de tapa extrema final para cable troncal para microinversor Aps YC600-MX-127	1	Pza	\$ 134.76	\$ 134.76
EA29082-025	Suministro e instalación de Gabinete nema 3R de 250mm de alto, 200mm de ancho, 150mm de profundidad, cat CRN-2520/150.	1	Pza	\$ 800.00	\$ 800.00
EA29082-026	Suministro e instalación de Centro de carga Square D 120/240v. Modelo Qod2.	1	Pza	\$ 402.81	\$ 402.81
EA29082-027	Suministro e instalación de Interruptor termomagnético de un polo, 15A, mca: Square D	1	Pza	\$ 260.23	\$ 260.23
EA29082-028	Interruptor De Seguriad Squared 2x30 sin fusibles	1	Pza	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00
EA29082-029	Suministro e instalación Cable THW-LS, calibre 10AWG, color negro, mca: viakon o similar	35	Mts.	\$ 37.50	\$ 1,312.50
EA29082-030	Suministro e instalación de cable THW-LS, calibre 10AWG, color blanco, mca: viakon o similar	35	Mts.	\$ 37.50	\$ 1,312.50
EA29082-031	Suministro e instalación de cable THW-LS, calibre 14 AWG, color verde, mca: viakon o similar	45	Mts.	\$ 18.50	\$ 832.50
EA29082-032	Suministro e instalación Tuberia conduit PG de 3/4 in de diametro	10	Pza	\$ 249.32	\$ 2,493.20
EA29082-033	Suministro e instalación Unicanal metalico perforado con perfil 4 x 4 in	3	Pza	\$ 407.73	\$ 1,223.19
EA29082-034	Suministro e instalación de conduit LB para tubo de conduit de 3/4 in de diametro	4	Pza	\$ 77.66	\$ 310.64
EA29082-035	Suministro e instalación de Curva a 90° para tubo conduit PG de 3/4 in de diametro	4	Pza	\$ 76.88	\$ 307.52
EA29082-036	Material micelaneo(cintas, etiquetas, contra, monitor, etc.)	1	Lte	\$ 1,100.00	\$ 1,100.00
EA29082-037	Tramites ante CFE	1	Serv	\$ 2,300.00	\$ 2,300.00

Costo total	41,227.53
IVA (16%)	6,596.40
Total:	47,823.93



“La mejor manera de ahorrar es invertir en energía fotovoltaica”

Empresa: Particular
Atención: Ing Enrique Araus Natarén
Obra: Sector domestico
Lugar: Fernando Celada #201, col. Julian Carrillo
Ciudad: San Luis Potosí

Ejecución 8 días

Catálogo de conceptos del sistema fotovoltaico con cuatro paneles fotovoltaicos

ITEM	Descripción	Cantidad	Unidad	PU	TOTAL
EA29082-020	Suministro e instalación de Módulo fotovoltaico policristalino, 280W, 60 celdas, cat. S72PC-280, marca solartec.	4	Pza	\$ 3,200.00	\$ 12,800.00
EA29082-021	Suministro e instalación de Microinversor doble 127v, cat: YC600B-MX, marca APS	2	Pza	\$ 5,900.00	\$ 11,800.00
EA29082-022	Suministro e instalación de estructura 2 hileras, 3 columnas, cat: FV925XL, inclinación de 20°, marca: Sunfer o similar	1	Pza	\$ 6,200.00	\$ 6,200.00
EA29082-023	Suministro e instalación de cable toncal una salida 2mts de largo, calibre 3x12 AWG, cat. YC600-QS1, Mca. APS Systems	2	Pza	\$ 787.68	\$ 1,575.36
EA29082-024	Suministro e instalación de tapa extrema final para cable troncal para microinversor Aps YC600-MX-127	1	Pza	\$ 134.76	\$ 134.76
EA29082-025	Suministro e instalación de Gabinete nema 3R de 250mm de alto, 200mm de ancho, 150mm de profundidad, cat CRN-2520/150.	1	Pza	\$ 800.00	\$ 800.00
EA29082-026	Suministro e instalación de Centro de carga Square D 120/240v. Modelo Qod2.	1	Pza	\$ 402.81	\$ 402.81
EA29082-027	Suministro e instalación de Interruptor termomagnético de un polo, 15A, mca: Square D	1	Pza	\$ 260.23	\$ 260.23
EA29082-028	Interruptor De Seguriad Squared 2x30 sin fusibles	1	Pza	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00
EA29082-029	Suministro e instalación Cable THW-LS, calibre 10AWG, color negro, mca: viakon o similar	35	Mts.	\$ 37.50	\$ 1,312.50
EA29082-030	Suministro e instalación de cable THW-LS, calibre 10AWG, color blanco, mca: viakon o similar	35	Mts.	\$ 37.50	\$ 1,312.50
EA29082-031	Suministro e instalación de cable THW-LS, calibre 14 AWG, color verde, mca: viakon o similar	45	Mts.	\$ 18.50	\$ 832.50
EA29082-032	Suministro e instalación Tubería conduit PG de 3/4 in de diametro	10	Pza	\$ 249.32	\$ 2,493.20
EA29082-033	Suministro e instalación Unicanal metalico perforado con perfil 4 x 4 in	3	Pza	\$ 407.73	\$ 1,223.19
EA29082-034	Suministro e instalación de condulet LB para tubo de conduit de 3/4 in de diametro	4	Pza	\$ 77.66	\$ 310.64
EA29082-035	Suministro e instalación de Curva a 90° para tubo conduit PG de 3/4 in de diamtro	4	Pza	\$ 76.88	\$ 307.52
EA29082-036	Material micelaneo(cintas, etiquetas, contra, monitor, etc.)	1	Lte	\$ 1,500.00	\$ 1,400.00
EA29082-037	Tramites ante CFE	1	Serv	\$ 2,700.00	\$ 2,700.00

Costo total	47,465.21
IVA (16%)	7,594.43
Total:	55,059.64



“La mejor manera de ahorrar es invertir en energía fotovoltaica”

Empresa: Particular
Atención: Ing Enrique Araus Natarén
Obra: Sector domestico
Lugar: Fernando Celada #201, col. Julian Carrillo
Ciudad: San Luis Potosí

Ejecución 8 días

Catálogo de conceptos del sistema fotovoltaico con cinco paneles fotovoltaicos

ITEM	Descripción	Cantidad	Unidad	PU	TOTAL
EA29082-020	Suministro e instalación de Módulo fotovoltaico policristalino, 280W, 60 celdas, cat. S72PC-280, marca solartec.	5	Pza	\$ 3,200.00	\$ 16,000.00
EA29082-021	Suministro e instalación de Microinversor doble 127v, cat: YC600B-MX, marca APS	3	Pza	\$ 5,900.00	\$ 17,700.00
EA29082-022	Suministro e instalación de estructura 2 hileras, 3 columnas, cat: FV925XL, inclinación de 20°, marca: Sunfer o similar	1	Pza	\$ 7,750.00	\$ 7,750.00
EA29082-023	Suministro e instalación de cable toncal una salida 2mts de largo, calibre 3x12 AWG, cat. YC600-QS1, Mca. APS Systems	3	Pza	\$ 787.68	\$ 2,363.04
EA29082-024	Suministro e instalación de tapa extrema final para cable troncal para microinversor Aps YC600-MX-127	1	Pza	\$ 134.76	\$ 134.76
EA29082-025	Suministro e instalación de Gabinete nema 3R de 250mm de alto, 200mm de ancho, 150mm de profundidad, cat CRN-2520/150.	1	Pza	\$ 800.00	\$ 800.00
EA29082-026	Suministro e instalación de Centro de carga Square D 120/240v. Modelo Qod2.	1	Pza	\$ 402.81	\$ 402.81
EA29082-027	Suministro e instalación de Interruptor termomagnético de un polo, 15A, mca: Square D	1	Pza	\$ 260.23	\$ 260.23
EA29082-028	Interruptor De Seguriad Squared 2x30 sin fusibles	1	Pza	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00
EA29082-029	Suministro e instalación Cable THW-LS, calibre 10AWG, color negro, mca: viakon o similar	35	Mts.	\$ 37.50	\$ 1,312.50
EA29082-030	Suministro e instalación de cable THW-LS, calibre 10AWG, color blanco, mca: viakon o similar	35	Mts.	\$ 37.50	\$ 1,312.50
EA29082-031	Suministro e instalación de cable THW-LS, calibre 14 AWG, color verde, mca: viakon o similar	45	Mts.	\$ 18.50	\$ 832.50
EA29082-032	Suministro e instalación Tubería conduit PG de 3/4 in de diametro	10	Pza	\$ 249.32	\$ 2,493.20
EA29082-033	Suministro e instalación Unicanal metalico perforado con perfil 4 x 4 in	3	Pza	\$ 407.73	\$ 1,223.19
EA29082-034	Suministro e instalación de condulet LB para tubo de conduit de 3/4 in de diametro	4	Pza	\$ 77.66	\$ 310.64
EA29082-035	Suministro e instalación de Curva a 90° para tubo conduit PG de 3/4 in de diamtro	4	Pza	\$ 76.88	\$ 307.52
EA29082-036	Material micelaneo(cintas, etiquetas, contra, monitor, etc.)	1	Lte	\$ 1,900.00	\$ 1,900.00
EA29082-037	Tramites ante CFE	1	Serv	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00

Costo total	59,702.89
IVA (16%)	9,552.46
Total:	69,255.35



“La mejor manera de ahorrar es invertir en energía fotovoltaica”

Empresa: Particular
Atención: Ing Enrique Araus Natarén
Obra: Sector domestico
Lugar: Fernando Celada #201, col. Julian Carrillo
Ciudad: San Luis Potosí

Ejecución 8 días

Catálogo de conceptos del sistema fotovoltaico seis paneles fotovoltaicos

ITEM	Descripción	Cantidad	Unidad	PU	TOTAL
EA29082-020	Suministro e instalación de Módulo fotovoltaico policristalino, 280W, 60 celdas, cat. S72PC-280, marca solartec.	6	Pza	\$ 3,200.00	\$ 19,200.00
EA29082-021	Suministro e instalación de Microinversor doble 127v, cat: YC600B-MX, marca APS	3	Pza	\$ 5,900.00	\$ 17,700.00
EA29082-022	Suministro e instalación de estructura 2 hileras, 3 columnas, cat: FV925XL, inclinación de 20°, marca: Sunfer o similar	1	Pza	\$ 9,300.00	\$ 9,300.00
EA29082-023	Suministro e instalación de cable toncal una salida 2mts de largo, calibre 3x12 AWG, cat. YC600-QS1, Mca. APS Systems	3	Pza	\$ 787.68	\$ 2,363.04
EA29082-024	Suministro e instalación de tapa extrema final para cable troncal para microinversor Aps YC600-MX-127	1	Pza	\$ 134.76	\$ 134.76
EA29082-025	Suministro e instalación de Gabinete nema 3R de 250mm de alto, 200mm de ancho, 150mm de profundidad, cat CRN-2520/150.	1	Pza	\$ 800.00	\$ 800.00
EA29082-026	Suministro e instalación de Centro de carga Square D 120/240v. Modelo Qod2.	1	Pza	\$ 402.81	\$ 402.81
EA29082-027	Suministro e instalación de Interruptor termomagnético de un polo, 15A, mca: Square D	1	Pza	\$ 260.23	\$ 260.23
EA29082-028	Interruptor De Seguriad Squared 2x30 sin fusibles	1	Pza	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00
EA29082-029	Suministro e instalación Cable THW-LS, calibre 10AWG, color negro, mca: viakon o similar	35	Mts.	\$ 37.50	\$ 1,312.50
EA29082-030	Suministro e instalación de cable THW-LS, calibre 10AWG, color blanco, mca: viakon o similar	35	Mts.	\$ 37.50	\$ 1,312.50
EA29082-031	Suministro e instalación de cable THW-LS, calibre 14 AWG, color verde, mca: viakon o similar	45	Mts.	\$ 18.50	\$ 832.50
EA29082-032	Suministro e instalación Tuberia conduit PG de 3/4 in de diametro	10	Pza	\$ 249.32	\$ 2,493.20
EA29082-033	Suministro e instalación Unicanal metalico perforado con perfil 4 x 4 in	3	Pza	\$ 407.73	\$ 1,223.19
EA29082-034	Suministro e instalación de condulet LB para tubo de conduit de 3/4 in de diametro	4	Pza	\$ 77.66	\$ 310.64
EA29082-035	Suministro e instalación de Curva a 90° para tubo conduit PG de 3/4 in de diamtro	4	Pza	\$ 76.88	\$ 307.52
EA29082-036	Material micelaneo(cintas, etiquetas, contra, monitor, etc.)	1	Lte	\$ 2,451.25	\$ 2,451.25
EA29082-037	Tramites ante CFE	1	Serv	\$ 3,200.00	\$ 3,200.00

Costo total	65,204.14
IVA (16%)	10,432.66
Total:	75,636.80

Una vez realizado los catálogos de conceptos en todas sus categorías, se puede observar que una instalación fotovoltaica con un panel solar cuesta alrededor de \$28,000 MXN en comparación con una instalación fotovoltaica con seis módulos fotovoltaicos que cuesta alrededor \$76,000 MXN (ver tabla 53).

Tabla 53. Costo total del sistema fotovoltaico en sus seis categorías.

Concepto	1 módulos Fv	2 módulos Fv	3 módulos Fv	4 módulos Fv	5 módulos Fv	6 módulos Fv
Costo de materia prima (MXN)	\$24,477.53	\$29,977.53	\$41,227.53	\$47,465.21	\$59,702.89	\$65,204.14
IVA (16%) (MXN)	\$3,916.40	\$4,796.40	\$6,596.40	\$7,594.43	\$9,552.46	\$10,432.66
Costo Total del sistema fotovoltaico (MXN)	\$28,393.93	\$34,773.93	\$47,823.93	\$55,059.64	\$69,255.35	\$75,636.80

Fuente: Elaboración propia

b) Análisis de costo de energía eléctrica consumida por el usuario.

De acuerdo a lo descrito en el capítulo 4.5.2. Se genera el tabulador de consumos de energía eléctrica desde 25 hasta 500 KW-h/Bimestre. Las tablas que se muestran a continuación tienen como finalidad ver los pesos que se ahorraría el usuario de acuerdo al consumos bimestral que se tenga en la casa habitación.

Tabla 54. Ahorro y consumo de energía eléctrica con un panel fv.

CONSUMO DE ENERGÍA (KW-h/ bimestre)	COSTO DE ENERGÍA ELECTRICA (\$/ bimestre)	COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELECTRICA SIN PANELES (\$/ año)	COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON UNPANEL (\$/ año)	AHORRO DE ENERGÍA ANUAL (\$/ año)
25	\$23	\$137.98	\$0.00	\$137.98
50	\$46	\$275.96	\$0.00	\$275.96
75	\$69	\$413.95	\$0.00	\$413.95
100	\$92	\$551.93	\$87.55	\$464.38
125	\$115	\$689.91	\$225.53	\$464.38
150	\$138	\$827.89	\$363.51	\$464.38
175	\$166	\$994.24	\$501.49	\$492.74
200	\$193	\$1,160.58	\$639.47	\$521.11

Fuente: Elaboración propia

225	\$221	\$1,326.92	\$777.46	\$549.47
250	\$249	\$1,493.27	\$933.43	\$559.83
275	\$277	\$1,659.61	\$1,099.78	\$559.83
300	\$347	\$2,082.92	\$1,266.12	\$816.80
325	\$428	\$2,570.47	\$1,432.47	\$1,138.00
350	\$510	\$3,058.02	\$1,598.81	\$1,459.21
375	\$591	\$3,545.56	\$1,904.71	\$1,640.85
400	\$672	\$4,033.11	\$2,392.26	\$1,640.85
425	\$753	\$4,520.66	\$2,879.81	\$1,640.85
450	\$835	\$5,008.21	\$3,367.36	\$1,640.85
475	\$916	\$5,495.76	\$3,854.90	\$1,640.85
500	\$997	\$5,983.30	\$4,342.45	\$1,640.85

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55. Ahorro y consumo de energía eléctrica con dos paneles fv

CONSUMO DE ENERGÍA (KW-h/ bimestre)	COSTO DE ENERGÍA ELECTRICA (\$/ bimestre)	COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELECTRICA SIN PANELES (\$/ año)	COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON DOS PANELES (\$/ año)	AHORRO DE ENERGÍA ANUAL (\$/ año)
25	\$23	\$137.98	\$0.00	\$137.98
50	\$46	\$275.96	\$0.00	\$275.96
75	\$69	\$413.95	\$0.00	\$413.95
100	\$92	\$551.93	\$0.00	\$551.93
125	\$115	\$689.91	\$0.00	\$689.91
150	\$138	\$827.89	\$0.00	\$827.89
175	\$166	\$994.24	\$49.77	\$944.47
200	\$193	\$1,160.58	\$175.09	\$985.49
225	\$221	\$1,326.92	\$313.08	\$1,013.85
250	\$249	\$1,493.27	\$451.06	\$1,042.21
275	\$277	\$1,659.61	\$589.04	\$1,070.57
300	\$347	\$2,082.92	\$727.02	\$1,355.90
325	\$428	\$2,570.47	\$875.23	\$1,695.23
350	\$510	\$3,058.02	\$1,038.98	\$2,019.04
375	\$591	\$3,545.56	\$1,205.32	\$2,340.24
400	\$672	\$4,033.11	\$1,371.66	\$2,661.45
425	\$753	\$4,520.66	\$1,538.01	\$2,982.65
450	\$835	\$5,008.21	\$1,778.72	\$3,229.48
475	\$916	\$5,495.76	\$2,214.05	\$3,281.70
500	\$997	\$5,983.30	\$2,701.60	\$3,281.70

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56. Ahorro y energía eléctrica con tres paneles fv.

CONSUMO DE ENERGÍA (KW-h/ bimestre)	COSTO DE ENERGÍA ELECTRICA (\$/ bimestre)	COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELECTRICA SIN PANELES (\$/ año)	COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON TRES PANELES (\$/ año)	AHORRO DE ENERGÍA ANUAL (\$/ año)
25	\$23	\$137.98	\$0.00	\$137.98
50	\$46	\$275.96	\$0.00	\$275.96
75	\$69	\$413.95	\$0.00	\$413.95
100	\$92	\$551.93	\$0.00	\$551.93
125	\$115	\$689.91	\$0.00	\$689.91
150	\$138	\$827.89	\$0.00	\$827.89
175	\$166	\$994.24	\$0.00	\$994.24
200	\$193	\$1,160.58	\$0.00	\$1,160.58
225	\$221	\$1,326.92	\$0.00	\$1,326.92
250	\$249	\$1,493.27	\$34.12	\$1,459.14
275	\$277	\$1,659.61	\$124.66	\$1,534.95
300	\$347	\$2,082.92	\$262.64	\$1,820.28
325	\$428	\$2,570.47	\$400.62	\$2,169.84
350	\$510	\$3,058.02	\$538.60	\$2,519.41
375	\$591	\$3,545.56	\$676.59	\$2,868.98
400	\$672	\$4,033.11	\$821.58	\$3,211.53
425	\$753	\$4,520.66	\$978.17	\$3,542.48
450	\$835	\$5,008.21	\$1,144.52	\$3,863.69
475	\$916	\$5,495.76	\$1,310.86	\$4,184.89
500	\$997	\$5,983.30	\$1,477.21	\$4,506.10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57. Ahorro y consumo de energía con cuatro paneles fv.

CONSUMO DE ENERGÍA (KW-h/ bimestre)	COSTO DE ENERGÍA ELECTRICA (\$/ bimestre)	COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELECTRICA SIN PANELES (\$/ año)	COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON CUATRO PANELES (\$/ año)	AHORRO DE ENERGÍA ANUAL (\$/ año)
25	\$23	\$137.98	\$0.00	\$137.98
50	\$46	\$275.96	\$0.00	\$275.96
75	\$69	\$413.95	\$0.00	\$413.95
100	\$92	\$551.93	\$0.00	\$551.93
125	\$115	\$689.91	\$0.00	\$689.91
150	\$138	\$827.89	\$0.00	\$827.89
175	\$166	\$994.24	\$0.00	\$994.24
200	\$193	\$1,160.58	\$0.00	\$1,160.58
225	\$221	\$1,326.92	\$0.00	\$1,326.92

250	\$249	\$1,493.27	\$0.00	\$1,493.27
275	\$277	\$1,659.61	\$0.00	\$1,659.61
300	\$347	\$2,082.92	\$0.00	\$2,082.92
325	\$428	\$2,570.47	\$22.50	\$2,547.97
350	\$510	\$3,058.02	\$99.53	\$2,958.48
375	\$591	\$3,545.56	\$212.21	\$3,333.36
400	\$672	\$4,033.11	\$350.19	\$3,682.92
425	\$753	\$4,520.66	\$488.17	\$4,032.49
450	\$835	\$5,008.21	\$626.15	\$4,382.06
475	\$916	\$5,495.76	\$768.76	\$4,727.00
500	\$997	\$5,983.30	\$922.57	\$5,060.73

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58. Ahorro y consumo de energía eléctrica con cinco paneles fv.

CONSUMO DE ENERGÍA (KW-h/ bimestre)	COSTO DE ENERGÍA ELECTRICA (\$/ bimestre)	COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELECTRICA SIN PANELES (\$/ año)	COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON CINCO PANELES (\$/ año)	AHORRO DE ENERGÍA ANUAL (\$/ año)
25	\$23	\$137.98	\$0.00	\$137.98
50	\$46	\$275.96	\$0.00	\$275.96
75	\$69	\$413.95	\$0.00	\$413.95
100	\$92	\$551.93	\$0.00	\$551.93
125	\$115	\$689.91	\$0.00	\$689.91
150	\$138	\$827.89	\$0.00	\$827.89
175	\$166	\$994.24	\$0.00	\$994.24
200	\$193	\$1,160.58	\$0.00	\$1,160.58
225	\$221	\$1,326.92	\$0.00	\$1,326.92
250	\$249	\$1,493.27	\$0.00	\$1,493.27
275	\$277	\$1,659.61	\$0.00	\$1,659.61
300	\$347	\$2,082.92	\$0.00	\$2,082.92
325	\$428	\$2,570.47	\$0.00	\$2,570.47
350	\$510	\$3,058.02	\$0.00	\$3,058.02
375	\$591	\$3,545.56	\$0.00	\$3,545.56
400	\$672	\$4,033.11	\$12.03	\$4,021.08
425	\$753	\$4,520.66	\$79.87	\$4,440.79
450	\$835	\$5,008.21	\$170.41	\$4,837.80
475	\$916	\$5,495.76	\$299.75	\$5,196.00
500	\$997	\$5,983.30	\$437.73	\$5,545.57

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59. Ahorro y consumo de energía eléctrica con seis paneles fv.

CONSUMO DE ENERGÍA (KW-h/ bimestre)	COSTO DE ENERGÍA ELECTRICA (\$/ bimestre)	COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELECTRICA SIN PANELES (\$/ año)	COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON SEIS PANELES (\$/ año)	AHORRO DE ENERGÍA ANUAL (\$/ año)
25	\$23	\$137.98	\$0.00	\$137.98
50	\$46	\$275.96	\$0.00	\$275.96
75	\$69	\$413.95	\$0.00	\$413.95
100	\$92	\$551.93	\$0.00	\$551.93
125	\$115	\$689.91	\$0.00	\$689.91
150	\$138	\$827.89	\$0.00	\$827.89
175	\$166	\$994.24	\$0.00	\$994.24
200	\$193	\$1,160.58	\$0.00	\$1,160.58
225	\$221	\$1,326.92	\$0.00	\$1,326.92
250	\$249	\$1,493.27	\$0.00	\$1,493.27
275	\$277	\$1,659.61	\$0.00	\$1,659.61
300	\$347	\$2,082.92	\$0.00	\$2,082.92
325	\$428	\$2,570.47	\$0.00	\$2,570.47
350	\$510	\$3,058.02	\$0.00	\$3,058.02
375	\$591	\$3,545.56	\$0.00	\$3,545.56
400	\$672	\$4,033.11	\$0.00	\$4,033.11
425	\$753	\$4,520.66	\$0.00	\$4,520.66
450	\$835	\$5,008.21	\$0.00	\$5,008.21
475	\$916	\$5,495.76	\$0.00	\$5,495.76
500	\$997	\$5,983.30	\$68.25	\$5,915.06

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Resultados del tabulador general.

Una vez teniendo los ahorros en pesos MXN en los diferentes consumos de energía eléctrica se realiza el análisis financiero para comparar los costos de inversión del sistema fotovoltaico con el retorno de inversión. Teniendo como resultado la tabla siguiente.



“La mejor manera de ahorrar es invertir en energía fotovoltaica”

CONSUMO DE ENERGÍA (KW-h/ bimestre)	DESGLASE DE ENERGÍA ELÉCTRICA CONSUMIDA			COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (\$/ bimestre)	COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA (\$/ año)	1 PANEL SOLAR COSTO DE INSTALACION = \$28,393.9 PFV = 280W			2 PANELES SOLARES COSTO DE INSTALACION = \$34, 773.9 PFV = 560W			3 PANELES SOLARES COSTO DE INSTALACION = \$47,823.9 PFV = 840W			4 PANELES SOLARES COSTO DE INSTALACION = \$55,059.6 PFV = 1,120W			5 PANELES SOLARES COSTO DE INSTALACION = \$69,255.3 PFV = 1,400W			6 PANELES SOLARES COSTO DE INSTALACION = \$75,636.8 PFV = 1,680 W		
	BASE 0.793 (\$/ KW-h)	INTER. 0.956 (\$/ KW-h)	EXCED. 2.802 (\$/ KW-h)			COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA (\$/ año)	AHORRO DE ENERGÍA ANUAL (\$/ año)	RETORNO DE INVERSION (AÑOS)	COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA (\$/ año)	AHORRO DE ENERGÍA ANUAL (\$/ año)	RETORNO DE INVERSION (AÑOS)	COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA (\$/ año)	AHORRO DE ENERGÍA ANUAL (\$/ año)	RETORNO DE INVERSION (AÑOS)	COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA (\$/ año)	AHORRO DE ENERGÍA ANUAL (\$/ año)	RETORNO DE INVERSION (AÑOS)	COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA (\$/ año)	AHORRO DE ENERGÍA ANUAL (\$/ año)	RETORNO DE INVERSION (AÑOS)	COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA (\$/ año)	AHORRO DE ENERGÍA ANUAL (\$/ año)	RETORNO DE INVERSION (AÑOS)
25	25			\$23	\$138.0	\$0.0	\$138.0	< 25	\$0.00	\$138.0	< 25	\$0.0	\$138.0	< 25	\$0.0	\$138.0	< 25	\$0.0	\$138.0	< 25	\$0.0	\$138.0	< 25
50	50			\$46	\$276.0	\$0.0	\$276.0	< 25	\$0.00	\$276.0	< 25	\$0.0	\$276.0	< 25	\$0.0	\$276.0	< 25	\$0.0	\$276.0	< 25	\$0.0	\$276.0	< 25
75	75			\$69	\$413.9	\$0.0	\$413.9	< 25	\$0.00	\$413.9	< 25	\$0.0	\$413.9	< 25	\$0.0	\$413.9	< 25	\$0.0	\$413.9	< 25	\$0.0	\$413.9	< 25
100	100			\$92	\$551.9	\$87.5	\$464.4	< 25	\$0.00	\$551.9	< 25	\$0.0	\$551.9	< 25	\$0.0	\$551.9	< 25	\$0.0	\$551.9	< 25	\$0.0	\$551.9	< 25
125	125			\$115	\$689.9	\$225.5	\$464.4	< 25	\$0.00	\$689.9	< 25	\$0.0	\$689.9	< 25	\$0.0	\$689.9	< 25	\$0.0	\$689.9	< 25	\$0.0	\$689.9	< 25
150	150			\$138	\$827.9	\$363.5	\$464.4	< 25	\$0.00	\$827.9	< 25	\$0.0	\$827.9	< 25	\$0.0	\$827.9	< 25	\$0.0	\$827.9	< 25	\$0.0	\$827.9	< 25
175	150	25		\$166	\$994.2	\$501.5	\$492.7	< 25	\$49.77	\$944.5	< 25	\$0.0	\$994.2	< 25	\$0.0	\$994.2	< 25	\$0.0	\$994.2	< 25	\$0.0	\$994.2	< 25
200	150	50		\$193	\$1,160.6	\$639.5	\$521.1	< 25	\$175.09	\$985.5	< 25	\$0.0	\$1,160.6	< 25	\$0.0	\$1,160.6	< 25	\$0.0	\$1,160.6	< 25	\$0.0	\$1,160.6	< 25
225	150	75		\$221	\$1,326.9	\$777.5	\$549.5	< 25	\$313.08	\$1,013.8	< 25	\$0.0	\$1,326.9	< 25	\$0.0	\$1,326.9	< 25	\$0.0	\$1,326.9	< 25	\$0.0	\$1,326.9	< 25
250	150	100		\$249	\$1,493.3	\$933.4	\$559.8	< 25	\$451.06	\$1,042.2	< 25	\$34.1	\$1,459.1	< 25	\$0.0	\$1,493.3	< 25	\$0.0	\$1,493.3	< 25	\$0.0	\$1,493.3	< 25
275	150	125		\$277	\$1,659.6	\$1,099.8	\$559.8	< 25	\$589.04	\$1,070.6	< 25	\$124.7	\$1,535.0	< 25	\$0.0	\$1,659.6	< 25	\$0.0	\$1,659.6	< 25	\$0.0	\$1,659.6	< 25
300	150	130	20	\$347	\$2,082.9	\$1,266.1	\$816.8	< 25	\$727.02	\$1,355.9	< 25	\$262.6	\$1,820.3	< 25	\$0.0	\$2,082.9	< 25	\$0.0	\$2,082.9	< 25	\$0.0	\$2,082.9	< 25
325	150	130	45	\$428	\$2,570.5	\$1,432.5	\$1,138.0	< 25	\$875.23	\$1,695.2	20.6	\$400.6	\$2,169.8	23	\$22.5	\$2,548.0	21.5	\$0.0	\$2,570.5	< 25	\$0.0	\$2,570.5	< 25
350	150	130	70	\$510	\$3,058.0	\$1,598.8	\$1,459.2	20.8	\$1,038.98	\$2,019.0	17.1	\$538.6	\$2,519.4	19.4	\$99.5	\$2,958.5	18.3	\$0.0	\$3,058.0	23.1	\$0.0	\$3,058.0	24.7
375	150	130	95	\$591	\$3,545.6	\$1,904.7	\$1,640.9	18.2	\$1,205.32	\$2,340.2	14.6	\$676.6	\$2,869.0	16.9	\$212.2	\$3,333.4	16.2	\$0.0	\$3,545.6	20.2	\$0.0	\$3,545.6	21
400	150	130	120	\$672	\$4,033.1	\$2,392.3	\$1,640.9	18.2	\$1,371.66	\$2,661.4	12.8	\$821.6	\$3,211.5	15	\$350.2	\$3,682.9	14.6	\$12.0	\$4,021.1	17.1	\$12.0	\$4,021.1	18.4
425	150	130	145	\$753	\$4,520.7	\$2,879.8	\$1,640.9	18.2	\$1,538.01	\$2,982.7	11.4	\$978.2	\$3,542.5	13.5	\$488.2	\$4,032.5	13.3	\$79.9	\$4,440.8	15.4	\$79.9	\$4,440.8	16.6
450	150	130	170	\$835	\$5,008.2	\$3,367.4	\$1,640.9	18.2	\$1,778.72	\$3,229.5	10.5	\$1,144.5	\$3,863.7	12.3	\$626.2	\$4,382.1	12.2	\$170.4	\$4,837.8	14.1	\$170.4	\$4,837.8	15.2
475	150	130	195	\$916	\$5,495.8	\$3,854.9	\$1,640.9	18.2	\$2,214.05	\$3,281.7	10.4	\$1,310.9	\$4,184.9	11.3	\$768.8	\$4,727.0	11.3	\$299.8	\$5,196.0	13.1	\$299.8	\$5,196.0	14.1
500	150	130	220	\$997	\$5,983.3	\$4,342.5	\$1,640.9	18.2	\$2,701.60	\$3,281.7	10.4	\$1,477.2	\$4,506.1	10.5	\$922.6	\$5,060.7	10.6	\$437.7	\$5,545.6	12.3	\$437.7	\$5,545.6	13.2

4.3. Financiamiento de los sistemas fotovoltaicos interconectados

En la actualidad existen instituciones federales que financian proyectos de energía renovable como por ejemplo Fidecomiso Para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), es una institución sin fines lucros, implementada por la iniciativa de la CFE, en apoyo de programas de energía eléctrica. En la actualidad existen dos tipos de financiamiento que maneja FIDE enfocados al sector doméstico, los cuales son:

1. Financiamiento para generación distribuida. La generación distribuida es la generación de energía eléctrica que se realiza por un propietario o poseedor de una o varias centrales eléctricas que se encuentren interconectadas a un circuito de distribución que contenga una alta concentración de centros de carga, y que no requieran ni cuenten con permiso para generar energía eléctrica.

En este financiamiento FIDE apoya a los usuarios en tarifa DAC inviertan en sistemas fotovoltaicos interconectados a red. Con objetivo de propiciar beneficios económicos a los usuarios del servicio de energía eléctrica, incrementar su competitividad y contribuir a la disminución de emisiones contaminantes al medio ambiente.

Otro punto importante es la institución del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE) en conjunto con FIDE otorgan un incentivo económico equivalente al 10% del costo total de cada sistema y el 90% restante es financiado con recursos patrimoniales del FIDE a una tasa anual de 9.3%.

2. Mejoramiento integral y sustentable. Enfocado al mejoramiento sustentable de viviendas existentes mediante la aplicación de acciones que contribuyan

a reducir el gasto en familias de ingresos de hasta 5 salarios mínimos por concepto de gas y electricidad.

Lo atractivo de este financiamiento la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) aporta a las instalaciones fotovoltaicas interconectadas un 30% de subsidio y Secretaria de Energía (SENER) aporta un 10% de subsidio, y el 60% del proyecto restante es financiado por FIDE, con un monto no mayor de 68,847 pesos, el cual se tendrá que pagar aun tiempo menor a 5 años con una tasa fija de 17.65% anual más IVA, contemplando en pagos periódicos a través de la facturación de la CFE.

Los requisitos importantes son:

- No ser propietarios de otra vivienda diferente a la que se desea registrar en el Proyecto
- No tener otro tipo de subsidio federal
- Tener el 5% de anticipo del proyecto

Este financiamiento es un programa piloto que solo se encuentra en: Ciudad de: Toluca, Monterrey, Veracruz, Chihuahua, Puebla, Guadalajara, Campeche, Pachuca. Por lo tanto, no es aplicable a este caso de estudio, debido a que se encuentra en san Luis Potosí. Y referente al financiamiento de generación distribuida tampoco es aplicable porque solo son para usuarios del sector doméstico en tarifa DAC.

Conclusiones

La realización del presente trabajo de investigación, dirigido a los usuarios del sector doméstico (casa-habitación) para implementación de sistemas fotovoltaicos contribuye radicalmente a la reducción emisiones de CO₂, y por consiguiente al calentamiento global. La metodología propuesta que es detallada más no compleja, y será de gran ayuda para los usuarios del sector doméstico que estén decididos a implementar sistemas fotovoltaicos interconectados a la red, además de conocer todo lo que conlleva tener energía fotovoltaica en sus hogares (elementos, condiciones técnicas, diseño, costos, etc.).

Desarrollando la metodología previamente establecida en esta investigación relacionada en la implementación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red aplicada a un caso de estudio del sector doméstico se obtuvo como conclusiones lo siguiente:

- Usuarios del sector doméstico con tarifa 1, que estén por debajo de 2500 KW-h/año (límite establecido para usuarios en tarifa 1) no son sustentables los sistemas fotovoltaicos interconectados para generar energía eléctrica en sus casas, debido a que el periodo de recuperación es mayor a los 10 años. Cabe mencionar que en la hipótesis propuesta el retorno de inversión tendría que ser menor a 6 años el retorno de inversión
- Usuarios del sector doméstico que antes eran tarifa 1 y que pasaron a ser tarifa DAC. Son sustentables los sistemas fotovoltaicos interconectados. Dichos usuarios consumen cantidades mayores de energía eléctrica que son más de 500KW-h por bimestre, por lo tanto, son candidatos perfectos para hacer uso de los sistemas fotovoltaicos interconectados para generación de energía eléctrica, debido a que el retorno de inversión es menor a 5 años.

Partiendo de la segunda fase de la metodología planteada, se generó una nueva propuesta la cual fue; diseñar un sistema fotovoltaico de menor capacidad para analizar como son los cambios en el retorno de inversión, planteando un esquema donde el costo de consumo de energía eléctrica se contemple por un sistema fotovoltaico y el otro por pagos bimestrales a la CFE.

El diseño obtenido inicialmente, donde se especificó que para el caso de estudio el usuario necesita 6 módulos fotovoltaicos para satisfacer el consumo total de energía eléctrica, se propuso generar un nuevo análisis considerando los porcentajes del: 30% (2 módulos fotovoltaicos), 50% (3 módulos fotovoltaicos), 70% (4 módulos fotovoltaicos). Las conclusiones obtenidas de esta propuesta fueron:

- Para a la propuesta del 30%, es decir, contemplando un diseño con dos módulos fotovoltaicos se obtuvo un ahorro anual para el usuario de alrededor de \$2,000 MXN, con un costo de inversión de alrededor de \$24,000 MXN y un retorno de inversión de 12 años. Comparando esta propuesta con la inicial de cubrir el 100% de consumo de energía eléctrica se obtuvo: 3 años menos en el retorno de inversión y una diferencia de inversión de alrededor de \$45,000 MXN.
- Para a la propuesta del 50%, es decir, contemplando un diseño con tres módulos fotovoltaicos se obtuvo un ahorro anual para el usuario de alrededor de \$2,700 MXN, con un costo de inversión de alrededor de \$39,000 MXN y un retorno de inversión de 14 años. Comparando esta propuesta con la inicial de cubrir el 100% de consumo de energía eléctrica se obtuvo: 1 año menos en el retorno de y una diferencia de inversión de alrededor de \$30,000 MXN.
- Para a la propuesta del 70%, es decir, contemplando un diseño con cuatro módulos fotovoltaicos se obtuvo un ahorro anual para el usuario de

alrededor de \$3,700 MXN, con un costo de inversión de alrededor de \$46,000 MXN y un retorno de inversión de años. Comparando esta propuesta con la inicial de cubrir el 100% de consumo de energía eléctrica se obtuvo: 3 años menos en el retorno de inversión y una diferencia de inversión de alrededor de \$23,000 MXN.

De los tres resultados mencionados se concluye que la mejor propuesta es en invertir en un sistema fotovoltaico con 2 paneles solares, debido que el costo de inversión es bajo, lo cual lo hace el sistema fotovoltaico accesible económicamente para los usuarios del sector doméstico. Cabe mencionar que cualquiera de las tres propuestas desarrolladas en el caso de estudio ninguno es sustentable debido a que el retorno de inversión sigue siendo mayor a 6 años.

Referencias.

(s.f.).

Alcor, E. (2014). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Mexico: Promotore general de estudios, S.A .

Álvarez Martínez Javier Abraham, E. C. (2014). *Energía mareomotriz, gran oportunidad para*. Obtenido de MEMORIAS DEL TERCER CONCURSO DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO E INNOVACIÓN CIDIT 2014: http://zeus.lci.ulsa.mx/portales/cidit/archivos/2014/articulo_004.pdf

Bulnes, D. C. (25 de Mayo de 2007). Evaluación del Recurso Solar. 1-20. CDMX, México, México.

Cariles, L. (19 de enero de 2012). *El Universal*. (E. universal, Editor) Obtenido de Sol, sales para todos y regala electricidad: <http://archivo.eluniversal.com.mx/finanzas/92394.html>

Carlos Manuel Giraudy Arafetl, I. M. (mayo de 2014). *Factibilidad de instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a red*. Recuperado el 15 de diciembre de

2016, de Scielo: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_isoref&pid=S1815-59012014000200007&lng=es&tlng=es

centro de capacitacion electrica y energias alternas. (2016). *Energia solar fotovoltaica sistemas autonomos*.

Cervantes, D. G. (Septiembre de 2014). *Documentación para la instalación de sistemas fotovoltaicos en edificios municipales*. Obtenido de UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE QUERÉTARO: <http://www.uteq.edu.mx/tesis/ERS/030.pdf>

CFE. (29 de Marzo de 2012). *CFE- Energia renovable*. Obtenido de CFE: http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/Desarrollo_Sustentable/Paginas/Energia-renovable.aspx

CFE. (2014). *Informe Anual* .

CFE. (03 de julio de 2016). *Aumento de tarifas electricas*. Recuperado el 04 de Diciembre de 2016, de Boletin de prensa de CFE: <file:///C:/Users/Enrique/Downloads/Boletin.pdf>

CFE. (28 de Abril de 2016). *CFE, Informe Anual, 2015*. Obtenido de CFE. Informe anual: <http://www.cfe.gob.mx/inversionistas/informacionareguladores/Documents/Informe%20Anual/Informe-Anual-2015-CFE-Acc.pdf>

CFE. (01 de 01 de 2017). *CFE, Conoce tu tarifa*. Obtenido de TARIFAS DOMESTICAS: http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas_casa.asp?Tarifa=domesticas2003&anio=2017

CFE. (01 de ENERO de 2017). *DOMESTICA DE ALTO CONSUMO (DAC)*. Recuperado el 13 de DICIEMBRE de 2016, de http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas_casa.asp?Tarifa=DACAnual2003&anio=2017

CFE. (2017). *Tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica* . Obtenido de https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas_casa.asp?Tarifa=domesticas2003&anio=2017

CFE. (28 de ABRIL de 2018). *Informe anual de la CFE*. Obtenido de CFE, Informe anual.

Comisión federal de electricidad . (2015). *CFE y la electricidad en México*. México.

Comisión Federal de Electricidad. (OCTUBRE de 2016). *CFE- Clientes*. Obtenido de CFE: <https://www.cfe.mx/acercacfe/Quienes%20somos/Pages/clientes.aspx>

- D. A. (12 de Mayo de 2016). *Tipos de sistemas fotovoltaicos*. Obtenido de CEMAER: <http://www.cemaer.org/tipos-de-sistemas-de-energia-solar/>
- Edith, A. (04 de Agosto de 2016). *Sinaloa, con las tarifas más altas de luz*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2016, de Revista el Debate: <http://www.debate.com.mx/culiacan/Sinaloa-con-las-tarifas-mas-altas-de-luz-20160804-0046.html>
- Energía e impacto ambiental. (12 de MARZO de 2010). *ENERGIA GEOTERMICA PARA GENERAR ELECTRICIDAD*. Obtenido de FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNAM: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/058/htm/ec_8.htm
- Energiza. (Octubre de 2013). *Efecto fotoeléctrico e instalaciones fotovoltaicas*. (Renovetec, Ed.) Obtenido de Energía fotovoltaica: <http://www.energiza.org/Numeros/Energiza-Octubre-2013.pdf>
- ERENOVABLE. (20 de Diciembre de 2016). *Tipos de energía renovable*. Obtenido de ERENOVABLE.COM: <http://erenovable.com/tipos-de-energias-renovables-resumen/>
- Expansión. (14 de octubre del 2010). *LUZ Y FUERZA DESAPARECIÓ POR MOTIVOS POLÍTICOS: LÍDER DE ELECTRICISTAS*. *Expansión*.
- Herrera Acevedo, J. A. (18 de Enero de 2016). *Listin diario*. Obtenido de Impactos del uso de energías renovables: <http://www.listindiario.com/economia/2016/01/18/404288/impactos-del-uso-de-energias-renovables>
- Inteligencia Pública. (11 de Enero de 2016). *Subsidio a la Electricidad*. Obtenido de Inteligencia Publica.: [http://www.inteligenciapublica.com/proyectos/5693ffcbeb9fb/files/Subsidio%20a%20Electricidad%20\(Metodologi%B4a\).pdf](http://www.inteligenciapublica.com/proyectos/5693ffcbeb9fb/files/Subsidio%20a%20Electricidad%20(Metodologi%B4a).pdf)
- Izar Landeta, J. M. (2013). *Ingeniería económica y financiera*. México: Trillas.
- Julio, R. (06 de julio de 2016). *La industria no puede darse el lujo de pagar tarifas eléctricas elevadas*. Obtenido de Periodico la Jornada: <http://www.jornada.unam.mx/2016/07/06/economia/018n2eco>
- Leal Cueva, R. (15 de 06 de 2011). *ENERGÍA SOLAR EN MEXICO*. Obtenido de VIVE INTELIGENTE. ORG: <http://viveinteligente.org/2011/06/energia-solar-en-mexico/>
- Leonardo de Jesús Ramos-Gutiérrez, M. M.-F. (2012). *La generación de energía eléctrica*.

- Mártel, I. (17 de Julio de 2015). *El mundo apuesta por la energía solar, ¿Y España?* Obtenido de Econo Nuestra: <http://blogs.publico.es/econonuestra/2015/07/17/energia-solar-una-apuesta-mundial/>
- Matillas, V. (28 de Enero de 2016). *Energía solar fotovoltaica*. Obtenido de Prezi: <https://prezi.com/tln-jzntvfos/energia-solar-fotovoltaica/>
- Meana, S. (11 de Enero de 2016). *Subsidios a la luz en peligro de extinguirse*. Recuperado el 03 de Noviembre de 2016, de Periodico el Financiero: <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/subsidios-a-la-luz-en-peligro-de-extinguirse.html>
- Miranda, J. C. (15 de Diciembre de 2017). *Expone CRE modelos de contratos para la venta de energía solar*. Obtenido de Periodico La Jornada: <http://jornada.unam.mx/2016/12/15/economia/025n3eco>
- Moro Vallina, M. (2013). *INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS*. Paraninfo.
- NASA. (2010). *Surface meteorology and Solar Energy*. Obtenido de Earth Science Enterprise Program de la NASA, Estados Unidos: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>
- Portal de energías renovables. (2014). *El autoconsumo fotovoltaico inyectado a red*. Obtenido de <http://www.sitiosolar.com/el-autoconsumo-fotovoltaico-inyectado-a-red/>
- Reforma Energética. (2013). México.
- Renovables, E. (25 de Noviembre de 2014). *Tipos de paneles fotovoltaicos*. Obtenido de Energías Renovables: <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>
- SAGARPA. (3 de ENERO de 2015). *Aguascalientes, ejemplo internacional en la generación de energía eléctrica con biomasa de nopal: SAGARPA*. Obtenido de SAGARPA: <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2015B005.aspx>
- Secretaria de Energía . (2015). *Prospectiva del Sector Electrico*.
- Sierra, E. (Noviembre de 2010). *SOLARIMETRÍA*. Obtenido de Fundamentos de Energía Solar Térmica : https://www.fing.edu.uy/if/solar/proyectos/SOLARIMETRIA_E.Sierra_.pdf
- SIGLER, E. (05 de Febrero de 2014). *Reforma energética quitará luz a la CFE*. Obtenido de Expansión: <http://expansion.mx/negocios/2014/02/04/reforma-amenaza-60-de-ingresos-de-cfe>

Single, E. (22 de julio de 2014). *¿Quién pagara tu subsidio eléctrico?* Recuperado el 12 de diciembre de 2016, de Revista Expansión: <http://expansion.mx/negocios/2014/07/21/quien-pagara-el-subsidio-a-tu-luz>