

Análisis para la instalación de paneles solares en el laboratorio y centro de cómputo del Instituto Tecnológico de Chihuahua II

Analysis for the installation of solar panels in the laboratory and computer center of the Instituto Tecnológico de Chihuahua II

HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, María Guadalupe*†, ORTEGA-CHÁVEZ, Laura Antonia, MARTINEZ-CASTELLANOS, María Elena y CARO-ESCUADERO, Iveth Selene

Instituto Tecnológico de Chihuahua II / Tecnológico Nacional de México

ID 1^{er} Autor: *María Guadalupe, Hernández-Rodríguez* / ORC ID: 0000-0001-7278-7699, Researcher ID Thomson: I-6541-2018

ID 1^{er} Coautor: *Laura Antonia, Ortega-Chávez* / ORC ID: 0000-0001-7860-1277

ID 2^{do} Coautor: *María Elena, Martínez Castellanos* / ORC ID: 0000-0002-5777-0482

ID 3^{er} Coautor: *Iveth Selene, Caro-Escudero* / ORC ID: 0000-0002-3611-2309

Recibido 10 de Febrero, 2018; Aceptado 30 Marzo, 2018

Resumen

En el presente artículo se aborda el análisis que actualmente se realiza en el Instituto Tecnológico de Chihuahua II (ITCHII), para un uso eficiente de la energía eléctrica mediante la instalación de paneles solares que suministren energía al área del laboratorio de cómputo. El ITCHII, establece en su política ambiental el compromiso de orientar sus actividades del Proceso Educativo, hacia el respeto del medio ambiente y uso racional de los recursos, mediante el SGA, conforme a la norma ISO 14001. Actualmente el ITCHII se encuentra en proceso de certificación en el SGen conforme a la norma ISO 50001, para lograr la mejora sostenida y continua del desempeño energético en la Institución. La eficacia de la implementación de este proyecto estará definida por el logro de los resultados planeados, los cuales establecen una reducción en los consumos de energía eléctrica.

Paneles Solares, Energía Eléctrica, Eficiencia

Abstract

In the present article the analysis that is currently carried out in the Technological Institute of Chihuahua II (ITCHII) is addressed, for an efficient use of the electrical energy by means of the installation of solar panels that supply energy to the area of the computer lab. The ITCHII establishes in its environmental policy the commitment to guide its activities of the Educational Process, towards respect for the environment and rational use of resources, through the SGA, in accordance with the ISO 14001 standard. Currently, the ITCHII is in the process of certification in the SGen in accordance with the ISO 50001 standard, to achieve sustained and continuous improvement of energy performance in the Institution. The effectiveness of the implementation of this project will be defined by the achievement of the planned results, which establish a reduction in the consumption of electricity.

Solar Panels, Electric Power, Efficiency

Citación: HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, María Guadalupe, ORTEGA-CHÁVEZ, Laura Antonia, MARTINEZ-CASTELLANOS, María Elena y CARO-ESCUADERO, Iveth Selene. Análisis para la instalación de paneles solares en el laboratorio y centro de cómputo del Instituto Tecnológico de Chihuahua II. Revista de Energías Renovables. 2018. 2-4: 24-31.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: maria.hernandez@itchihuahuaii.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El ahorro de energía eléctrica es un elemento fundamental para el aprovechamiento de los recursos energéticos; ahorrar equivale a disminuir el consumo de combustibles en la generación de electricidad evitando también la emisión de gases contaminantes hacia la atmósfera. En México la mayor parte de la generación de electricidad se realiza a través de la quema de combustibles fósiles como lo son el petróleo, el carbón y el gas natural, impactando de manera importante en el medio ambiente.

El cambio climático está ocurriendo por la presencia de los gases de efecto invernadero (GEI), derivada de las actividades humanas que alteran la composición química, así como por la variabilidad climática atribuible a causas naturales (IPCC, 2014), lo que ha producido un aumento promedio aproximado de un grado Celsius en el último siglo, una elevación de aproximadamente 17 cm en el nivel del mar, pérdida de la biodiversidad marina, reducción de la captura de dióxido de carbono y disminución de la cobertura de hielo en los casquetes polares; efectos que repercuten en el hábitat de los asentamientos humanos y de los animales y vegetales.

En 2010 la contribución de las emisiones de los GEI del sector energético mexicano representó el 67.3%, 503,817.6 gigagramos de bióxido de carbono equivalentes (Gg de CO₂ eq) (Inventario Nacional de Emisiones de Gases de efecto invernadero 2010), y la generación de energía eléctrica contribuyó con 115,537.4 Gg de CO₂ eq. (INECC, 2013), debido a que el 79 % de la electricidad en México se produce con el uso de combustibles fósiles en centrales termoeléctricas y carbo eléctricas (SENER, 2015).

El uso de energías renovables, como la energía solar fotovoltaica, disminuye las emisiones de CO₂ (Iranoust, 2016; Ren et al., 2016), mejora el medio ambiente, incrementa la calidad del aire y mejora la salud pública (Wiser et al., 2016); además de reducir las emisiones de GEI, mitiga los efectos del cambio climático (Ould-Amrouche et al., 2010; Breyer et al., 2015, Moran y Natarajan, 2015), y su uso es una opción económica y ecológicamente factible (Breyer et al., 2015).

En la actualidad, se presta cada vez más atención al desarrollo sostenible, y el uso de la energía fotovoltaica se considera como un indicador de sostenibilidad de las ciudades (Kýlkýs, 2016).

La Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica establece que México, además de ubicarse dentro del cinturón solar, tiene un alto potencial fotovoltaico, y está dentro de los cinco mejores países del mundo con mayor atractivo para esta energía renovable (Alemán-Nava et al., 2014).

El objetivo de este estudio es determinar la factibilidad y fiabilidad de intalar un Sistema fotovoltaico de interconexión a CFE en el laboratorio y centro de computo del Instituto Tecnológico de Chihuahua II, como parte de las estrategias del SGA y SGen para mejorar el desempeño energético y respetar el medio ambiente mediante la reducción de GEI.

Marco Teorico

De acuerdo a datos de Proméxico, México es una de las 5 naciones con mayor atractivo para invertir en energía solar, esto es debido a la privilegiada ubicación geográfica del país, la cual goza de grandes cantidades de hora sol en distintas regiones de su extensión y ser el mayor productor de paneles en América Latina. La radiación solar de México se muestra en la figura 1.

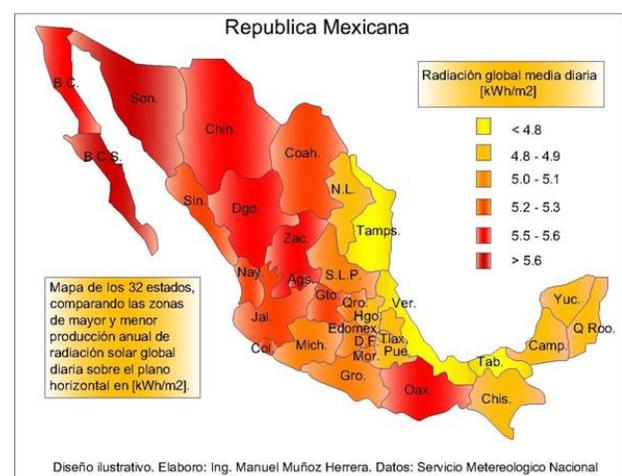


Figura 1 Radiación solar global diaria de México

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

Chihuahua es uno de los estados importantes en el aprovechamiento de la energía solar. Actualmente el estado se ubica como el líder nacional en el uso de paneles solares para residencias y cuenta con proyectos importantes relacionados con este tema:

- Central solar a cargo de Border Solar Norte.
- Parque solar Fátima.
- Parque solar Santa Bárbara.
- Construcción de plantas solares Ascensión 1 y 2.
- Los Santos solares 1 y 2.

Al igual que otros estados del norte de México, Chihuahua, sus ciudades y municipios están aprovechando la radiación solar que sus habitantes reciben todos los días (POISE 2011-2025).

El municipio de Chihuahua se encuentra en las coordenadas geográficas de 28° 40' latitud norte y 106° 06' longitud oeste, con una altura de 1,495 metros sobre el nivel del mar.

La irradiación solar promedio en kwh/m2-Día en cada uno de los meses en la ciudad de Chihuahua, se presenta en la siguiente tabla:

| Mes | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|
| E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
| 5.8 | 6.4 | 6.8 | 6.9 | 6.9 | 6.4 | 6.4 | 6.5 | 6.8 | 6.8 | 6 | 5.2 |

Tabla 1 Irradiación solar en en la ciudad de Chihuahua en Kwh/m2-Día

Fuente: Reportes de insolación de México. Southwest Technology Development Institute, NMSU

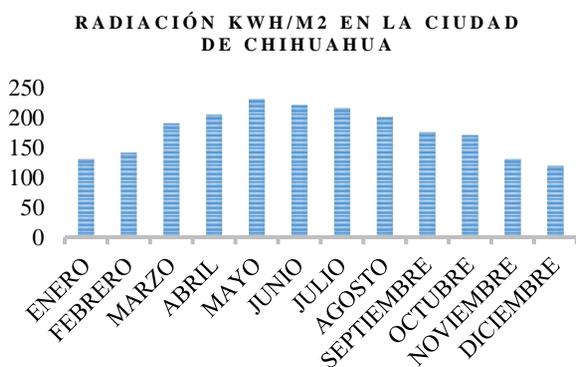


Gráfico 1 Radiación difusa y radiación global en Kwh/m² en la ciudad de Chihuahua

Fuente: METEONORM 2017

Materiales y Métodos

Origen de los datos.

Los datos fueron proporcionados por el departamento del Sistema de Gestión Ambiental del área de control operacional del consumo de energía eléctrica del Instituto Tecnológico de Chihuahua II.

La población bajo estudio fue el Laboratorio y Centro de Computo del Instituto Tecnológico de Chihuahua II, debido a que es una de las áreas de mayor consumo de energía eléctrica.

La siguiente tabla muestra el inventario de equipo que se tiene en el laboratorio y centro de cómputo del Instituto Tecnológico de Chihuahua II, las horas promedio de operación, el consumo de energía eléctrica (EE) por aparato en W/hr y consumo total por día en Kw/hr.

| Equipo | Número de aparatos | Horas promedio de operación | Consumo de ee por aparato en w/hr | Total de consumo de ee por día en kw/hr |
|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---|
| Computadoras | 173 | 10 | 200 | 346 |
| Cañones | 6 | 10 | 300 | 18 |
| Minisplits | 17 | 10 | 3500 | 595 |
| Telefonía: | | | | |
| 1 cerebro y dos extensiones | 3 | 24 | 216 | 15.552 |
| Internet: | | | | |
| Switch | 5 | 24 | 60 | 7.2 |
| Firewall | 1 | 24 | 60 | 1.44 |
| Convertidores de red-fibra optica | 10 | 24 | 6 | 1.44 |
| Servidores centro de computo | 3 | 24 | 1320 | 95.04 |
| Servidores laboratorio | 4 | 24 | 1212 | 116.352 |
| Impresora laboratorio de computo | 1 | 10 | 1440 | 14.4 |
| Impresora jefatura centro computo | 1 | 4 | 1000 | 4 |
| Laptops | 12 | 10 | 74.154 | 8.89848 |
| Refrigeradores | 2 | 24 | 96 | 4.608 |
| Aire centro de computo | 2 | 24 | 1850 | 88.8 |
| Aire soporte técnico | 1 | 10 | 73.2 | 0.732 |
| Dispensador de agua | 2 | 24 | 420 | 20.16 |
| Cafetera | 1 | 4 | 350 | 1.4 |
| Microondas | 2 | 4 | 1200 | 9.6 |
| Lamparas 116x4 | 464 | 10 | 39 | 180.96 |
| Total | | | | 1529.58248 |

Tabla 2 Inventario de equipo en el laboratorio y centro de computo del ITCHII

Fuente: Elaboración Propia

El Instituto Tecnológico de Chihuahua II cuenta con un total de tres medidores de enegía, los cuales miden el consumo energético de diferentes áreas.

| Clave del medidor | Edificios |
|-------------------|---|
| Y574M8 | Administrativo Cienicas Básicas Vinculación, Idiomas Desarrollo Académico Sistemas, Industrial Biblioteca Taller de Industrial Edificios B, D, E, F, G Cafetería Laboratorio y centro de computo |
| 579A.J8 | Edificios M,O y R |
| 579A.J8 | Edificios M,O y R |

Tabla 3 Medidores de energía y edificios del ITCHII
Fuente: *Elaboración Propia*

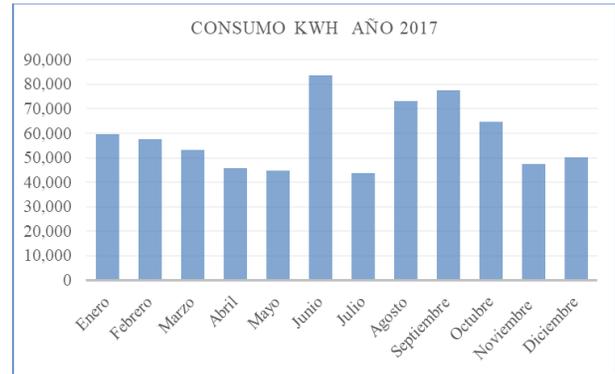


Gráfico 2 Consumos del medidor Y574M8 en el año 2017
Fuente: *Elaboración Propia*

Figura 2 Recibo del medidor Y574M8
Fuente: *CFE*

La figura 2 muestra un recibo del medidor Y574M8, el cual mide el consumo de la mayor área del ITCHII, dentro de la cual se encuentran el laboratorio y centro de cómputo. En la tabla 4 se muestra el consumo y costo de la energía eléctrica del medidor Y574M8 durante el año 2017, mientras que en el gráfico 2 se muestran los consumos del mismo.

| No. | Mes | Consumo (kwh) | Costo de la EE |
|-----|------------|---------------|----------------|
| 1 | Enero | 59,544 | 140,942 |
| 2 | Febrero | 57,552 | 139,955 |
| 3 | Marzo | 53,304 | 142,046 |
| 4 | Abril | 45,840 | 128,203 |
| 5 | Mayo | 44,712 | 153,569 |
| 6 | Junio | 83,664 | 174,023 |
| 7 | Julio | 43,752 | 103,633 |
| 8 | Agosto | 73,320 | 148,985 |
| 9 | Septiembre | 77,712 | 151,862 |
| 10 | Octubre | 64,824 | 129,219 |
| 11 | Noviembre | 47,616 | 106,588 |
| 12 | Diciembre | 50,112 | 144,536 |

Tabla 4 Consumos del medidor Y574M8 en el año 2017
Fuente: *Elaboración Propia*

El gráfico 3 muestra los consumos de energía eléctrica en el año 2017 del medidor Y574M8 para la tarifa OM.

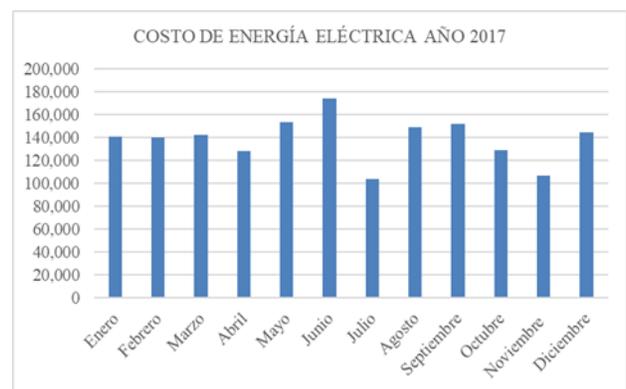


Gráfico 3 Costos del medidor Y574M8 en el año 2017
Fuente: *Elaboración Propia*

La estimación de acuerdo al consumo histórico disponible para el laboratorio y centro de cómputo se muestra en la tabla 5.

| Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 33,232 | 33,232 | 33,232 | 33,232 | 33,232 | 33,232 | 33,232 | 33,232 | 33,232 | 33,232 | 33,232 | 33,232 |
| Promedio mensual 33,232 | | | | | | | | | | | |
| Promedio anual 398,784 | | | | | | | | | | | |

Tabla 5 Consumo estimado para el laboratorio y centro de computo
Fuente: *Elaboración Propia*

Como parte de las actividades que se realizan en el ITCHII para mejorar la eficiencia energética esta el monitoreo realizado por alumnos como parte de las actividades del departamento de Desarrollo Académico en su área del Sistema de Gestión Ambiental para otorgar créditos complementarios.

El monitoreo consiste en pasar por los edificios y apagar las luces, minisplits y aire acondicionado cuando no se está impartiendo clase, o si los salones se encuentran vacíos, e ir registrando dichas incidencias en la hoja de reporte.

Otra de las actividades que se realiza es el levantamiento e inventario de equipo consumidor de energía eléctrica, como lo son los minisplit, computadoras, laptop, luminarias, etc., para identificar equipo obsoleto y realizar el mantenimiento y los cambios necesarios.

También se realizan programas de sensibilización a el personal y alumnos, con respecto al apagado de equipo que no se utiliza, y aprovechamiento de iluminación natural.

Recomendaciones

La instalación de paneles solares en el ITCHII es una alternativa para reducir los altos costo por consumo de energía eléctrica y mejorar la eficiencia energética. En la figura 3 se muestra los edificios recomendados para la instalación de los de los paneles solares.

Los paneles solares producen energía limpia sin emitir gases de efecto invernadero, con lo cual se reduce el impacto en el cambio climático, motivo por el cual son altamente recomendables, además de dar una mejor imagen como institución, aumentado con ello su competitividad.



Figura 3 Vista aérea del ITCHII

Fuente: Google Map

Actualmente, la Ley de Cambio Climático del Estado de Chihuahua apoya y promueve el uso de energías renovables, y la Ley de la Industria Eléctrica Mexicana ha establecido metas para promover el desarrollo sostenible de la industria eléctrica mediante el uso de energías limpias con la adquisición de certificados de energía limpia.

La reforma energética mexicana se considera una reforma verde, ya que facilitará las inversiones privadas en el desarrollo y despliegue tecnológico, adoptando energías menos contaminantes como la energía solar.

Resultados

Se simuló computacionalmente en el software TRNSYS® la producción de electricidad del sistema fotovoltaico policristalino. Para estimar el recurso solar se utilizó el modelo de radiación propuesto por Pérez et al. (1990). Las especificaciones del módulo fotovoltaico monocristalino son las siguientes:

- Tipo de celda: Policristalina
- Dimensiones de la celda: 156 mm x 156 mm
- Número de celdas: 72 (6x12)
- Dimensiones del módulo: 1956mm x 992mm x 145mm.

En el análisis efectuado se encontró que entre el acimut 50 (Sureste) y el acimut 310 (Suroeste) y los ángulos de inclinación entre 5° y 50° se alcanza una irradiación superior a los 2,075 kWh/m²/año. En relación a las horas solares pico anual, se obtienen hasta más de 6 horas pico en la zona de entre 25° y 35° de inclinación y +/-10° de acimut.

El mayor recurso solar es de 2,234.44 kWh/m²/año y se alcanza con un ángulo de inclinación de 28° con un acimut perpendicular a la línea del Ecuador.

Para un kWp instalado, la generación de energía eléctrica óptima es de 2,216.10 kWh/año, también con una configuración de 28° de inclinación y un acimut perpendicular a la línea del Ecuador.

De acuerdo a la carga que se maneja en el laboratorio y centro de cómputo de ITCHII, y a el análisis realizado se contempla 750 paneles solares policristalinos risen 330w, 15 Inversores Fronius PRIMO Lite 15KW, 208/240 VAC, 1 Sistema de Fijacion y Orientacion tipo Unirac para los 750 Paneles y 1 Suministro de Material Electrico e Instalacion de acuerdo a la norma. Gestión de interconexión ante CFE. Las características de este sistema se muestran en la tabla 6.

| Características del Sistema Paneles- 231KW | | |
|--|-------------|-------|
| Potencia del sistema | 231,000 | Watts |
| Generación promedio mensual | 33,238 | KWh |
| Generación promedio anual | 398,856 | KWh |
| Tasa de retorno (TIR) | 6 | Años |
| Rendimiento de inversión | 24% | Anual |
| Rendimiento de inversión renta fija | 6.80% | Anual |
| Inversión del sistema fotovoltaico | \$5,190,166 | Pesos |
| Inversión despues de impuestos | \$3,633,116 | Pesos |
| Posible cambio inversor - 15 años | \$572,212 | Pesos |

Tabla 6 Características del sistema

Fuente: SOLSKEN DE MÉXICO

La siguiente tabla muestra una comparación entre los costos promedio de energía eléctrica.

| Costo promedio actual | Monto | Costo promedio con paneles | Monto | Ahorro |
|-------------------------------|--------------|----------------------------|---------|--------|
| Costo mensual promedio | \$39,878.40 | Costo mensual promedio | \$7.22 | 100% |
| Costo anual promedio | \$478,540.80 | Costo anual promedio | \$86.58 | 100% |

Tabla 7 Costos promedio de energía eléctrica para el laboratorio y centro de computo

Fuente: SOLSKEN DE MÉXICO

Se contempla un ahorro mensual promedio de \$39,885.62 y un ahorro promedio anual de \$478,627.38. Posteriormente se realizó un análisis comparativo entre los costos actuales y los costos contemplado paneles solares, el cual se muestra en la tabla 8.

| Indicador | Situación Actual | Situación con Paneles | Unidad | Ahorro obtenido |
|--|------------------|-----------------------|--------|-----------------|
| | Valor | Valor | | |
| Tipo de tarifa | Medio OM | Medio OM | . | Cambio tarifa |
| Costo anual promedio (valor presente) | \$478,540.80 | \$86.58 | Pesos | 100% |
| Costo total (valor presente a años) | \$11,963,520 | \$2,164.50 | Pesos | 100% |
| Costo total (valor futuro a años) | \$34,984,174.99 | \$6,329.51 | Pesos | 100% |
| Precio KWh Intermedio (valor presente) | \$1.20 | \$0.55 | Pesos | 54% |

Tabla 8 Comparación de costos

Fuente: SOLSKEN DE MÉXICO

La contribución ecológica que se obtendría al instalar paneles solares en el laboratorio y centro de computo se muestra en la tabla 9.

| Contribución Ecológica | | |
|----------------------------------|------|-----------|
| Emisiones CO2 evitables anuales | 150 | Toneladas |
| Emisiones CO2 evitadas totales | 3754 | Toneladas |
| Emisiones equivalentes a plantar | 6930 | Árboles |

Tabla 9 Contribución ecológica

Fuente: SOLSKEN DE MÉXICO

La siguiente tabla muestra el desempeño económico a través de los años una vez instalados los paneles solares, la generación en kw/h que se tendrían por año, el costo de la energía que pagaríamos si no tenemos instalados paneles solares, lo cual representa el ahorro que tendremos por año al instalar los mismos, el costo de la energía con paneles solares, y el ahorro acumulado.

| Año | N. Año | Generación (kwh) | Ahorro (Tarifa intermedia) | Costo de Energía sin Paneles | Costo de Energía con paneles | Ahorro acumulado |
|------|--------|------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|
| 2018 | 1 | 398.856 | \$478,627.38 | \$478,540.80 | \$87 | -\$3,154,489 |
| 2019 | 2 | 396.862 | \$516,917.57 | \$516,824.06 | \$94 | -\$2,637,571 |
| 2020 | 3 | 394.878 | \$558,270.98 | \$558,169.99 | \$101 | -\$2,079,300 |
| 2021 | 4 | 392.904 | \$602,932.65 | \$602,823.59 | \$109 | -\$1,476,367 |
| 2022 | 5 | 390.940 | \$651,167.27 | \$651,049.48 | \$118 | -\$825,200 |
| 2023 | 6 | 388.986 | \$703,260.65 | \$703,133.43 | \$127 | -\$121,940 |
| 2024 | 7 | 387.042 | \$759,521.50 | \$759,384.11 | \$137 | \$637,582 |
| 2025 | 8 | 385.107 | \$820,283.22 | \$820,134.84 | \$148 | \$1,457,865 |
| 2026 | 9 | 383.182 | \$885,905.88 | \$885,745.62 | \$160 | \$2,343,771 |
| 2027 | 10 | 381.267 | \$956,778.35 | \$956,605.27 | \$173 | \$3,300,549 |
| 2028 | 11 | 379.361 | \$1,033,320.62 | \$1,033,133.70 | \$187 | \$4,333,870 |
| 2029 | 12 | 377.465 | \$1,115,986.26 | \$1,115,784.39 | \$202 | \$5,449,856 |
| 2030 | 13 | 375.578 | \$1,205,265.17 | \$1,205,047.14 | \$218 | \$6,655,121 |
| 2031 | 14 | 373.701 | \$1,301,686.38 | \$1,301,450.91 | \$235 | \$7,956,808 |
| 2032 | 15 | 371.833 | \$1,405,821.29 | \$1,405,566.99 | \$254 | \$9,362,629 |
| 2033 | 16 | 369.974 | \$1,518,286.99 | \$1,518,012.35 | \$275 | \$10,880,916 |
| 2034 | 17 | 368.125 | \$1,639,749.95 | \$1,639,453.33 | \$297 | \$12,520,666 |
| 2035 | 18 | 366.285 | \$1,770,929.95 | \$1,770,609.60 | \$320 | \$14,291,596 |
| 2036 | 19 | 364.454 | \$1,912,604.34 | \$1,912,258.37 | \$346 | \$16,204,200 |
| 2037 | 20 | 362.632 | \$2,065,612.69 | \$2,065,239.04 | \$374 | \$18,269,813 |
| 2038 | 21 | 360.819 | \$2,230,861.71 | \$2,230,458.16 | \$404 | \$20,500,675 |
| 2039 | 22 | 359.015 | \$2,409,330.64 | \$2,408,894.81 | \$436 | \$22,910,005 |
| 2040 | 23 | 357.220 | \$2,602,077.09 | \$2,601,606.40 | \$471 | \$25,512,083 |
| 2041 | 24 | 355.434 | \$2,810,243.26 | \$2,809,734.91 | \$508 | \$28,322,326 |
| 2042 | 25 | 353.657 | \$3,035,062.72 | \$3,034,513.70 | \$549 | \$31,357,389 |
| | | | \$34,990,504.51 | \$34,984,174.99 | 6,330 | |

Tabla 10 Desempeño económico

Fuente: SOLSKEN DE MÉXICO

La tasa de incremento es la histórica promedio de Incremento de CFE en los últimos 13 años.

Fuente: <http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/>.

Mientras que la proyección de costos de energía actual vs costos de energía con paneles solares se muestra en la gráfica 4.

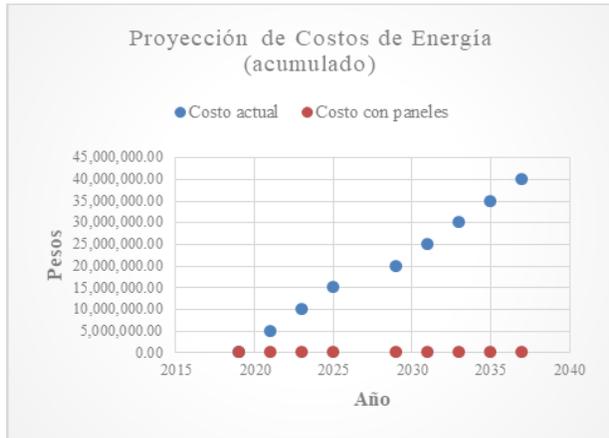


Gráfico 4 Proyección de costos de energía
Fuente: SOLSKEN DE MÉXICO

Actualmente, la Ley de Cambio Climático del Estado de Chihuahua apoya y promueve el uso de energías renovables, y la Ley de la Industria Eléctrica Mexicana ha establecido metas para promover el desarrollo sostenible de la industria eléctrica mediante el uso de energías limpias con la adquisición de certificados de energía limpia.

La reforma energética mexicana se considera una reforma verde, ya que facilitará las inversiones privadas en el desarrollo y despliegue tecnológico, adoptando energías menos contaminantes como la energía solar.

Conclusiones

En el análisis realizado se puede observar que que de acuerdo a los consumos mensuales promedio de energía eléctrica en el Laboratorio y Centro de Computo del Instituto Tecnológico de Chihuahua II se requiere de una inversión \$6,020,592.22 en la instalación y puesta en servicio de 750 paneles solares, dicha inversión económica alcanza un tiempo de retorno aproximado de 13 años.

Los resultados mostraron además del beneficio económico de invertir en los sistemas fotovoltaicos, la gran contribución ecológica al reducir las emisiones anuales de CO₂.

Los sistemas fotovoltaicos son una opción importante para disminuir los costos por consumo de energía eléctrica. En los últimos años los precios de estas tecnologías han bajado drásticamente, a la vez de incrementar constantemente su eficiencia.

En los próximos años será cada vez más común ver este tipo de tecnologías instaladas en edificios industriales, de gobierno y la educación, además de residencias de la ciudad de Chihuahua.

Referencias

INECC (2013), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

INECC (2010), Inventario Nacional de Emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2010. México. Recuperado de: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/inf_inegi_public_2010.pdf.

INEGI (2015), Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua 2015.

Recuperado de:

http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bviniegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2015/702825076191.pdf.

INEGI (2015), Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Continuo de elevación mexicano 3.0 (CEM 3.0), Recuperado de: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/descarga.aspx> (accesado el 1/02/2015).

IPCC (2011), Intergovernmental Panel on Climate Change. Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Renewable energy sources and climate change mitigation, Summary for policymakers and technical summary. ISBN 978-92-9169-131-9. Recuperado de:

https://www.ipcc.ch/pdf/specialreports/srren/SRREN_FD_SPM_final.pdf.

SENER (2015), Secretaría de Energía, Sistema de Información Energética (SIE), Sector eléctrico Nacional, Generación bruta de electricidad por estado (megawatt-hora). Recuperado de:

<http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=applyOptions>.

SENER (2015), Secretaría de Energía, Sistema de Información Energética (SIE), Generación de energía bruta por tecnología 2015.

Armendariz-Lopez, J. F., (2017). Costo-Beneficio de Sistemas Fotovoltaicos en el Sector Residencial en la Ciudad de Chihuahua, Mexico. Memorias Congreso Internacional de Investigación Científica Multidisciplinaria. 45-57.

POISE (2011-2025) Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico. México, D.F. Comisión Federal de Electricidad.