

# Consumo energético y económico de las celdas fotovoltaicas en viviendas de estrato social de clase media-alta de Victoria, Tamaulipas México

*Energy and economic consumption of photovoltaic cells in the housing of high-class society in Victoria, Tamaulipas, México*

*Jesús Ricardo Ramos Sánchez<sup>1</sup>*

*Rubén Chávez Rivera<sup>2</sup>*

Recibido: 3 de abril de 2019 Aceptado: 20 de junio de 2019

DOI: <https://doi.org/10.33110/cimexus140101>

## RESUMEN

El objetivo de este artículo es el diagnóstico en el plano energético-económico de la inserción de las celdas fotovoltaicas en viviendas de ingresos moderadamente alta. El uso de celdas voltaicas en este sector de la sociedad se debe por los altos consumos de la energía eléctrica en gran medida por las altas temperaturas. En este sentido, los usuarios sufren frecuentemente reclasifican tarifas de consumo energético (Tarifa Residencial 850 kWh/mes, 1C a Tarifa Residencial de alto consumo mayor a 850 kWh/mes, DAC) por parte de la Comisión Federal de Electricidad, pagando más por el servicio. Así pues, el estudio del diagnóstico se enfoca en la medición del rendimiento de los paneles solares y el desglosamiento del fenómeno de ahorro energético por ciclos de tiempo, donde el factor humano (subjetividad: fuzzy) incide en el rendimiento, consumo y producción de la tecnología limpia.

**Palabras Clave:** Ahorro, desarrollo sostenible, economía familia, consumo, difuso, paneles solares

## ABSTRACT

The objective of this article is the diagnosis in the energetic-economic plane of the insertion of the photovoltaic cells in houses of moderately high income. The use of voltaic cells in this sector of society is due to the high consumption of electrical energy largely due to the high temperatures. In this sense,

1 Doctorante en Ciencias del Desarrollo Regional de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por el Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6101-1876>

2 Doctor en Ciencias, Profesor-Investigador de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo adscrito a la Facultad de Quimicofarmacobiología. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1177-3928>

users frequently suffer reclassification of energy consumption rates (Residential Rate 850 kWh / month, 1C to Residential Rate of high consumption greater than 850 kWh / month, DAC) by the Federal Electricity Commission, paying more for the service. Thus, the study of the diagnosis focuses on the measurement of the performance of solar panels and the breakdown of the phenomenon of energy savings by time cycles, where the human factor (subjective: fuzzy) affects the performance, consumption and production of clean technology.

**Key words:** Savings, sustainable development, family economy, electric power, fuzzy, solar panels.

**Clasificación JEL:** D14, I31

## INTRODUCCIÓN

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) ha confirmado que la causa del calentamiento que experimenta la atmosfera es antropogénica por lo que resulta prioritario estimular cambios en los modos de vida y en los patrones de conducta de toda la población del planeta, a fin de reducir la emisión de los gases equivalentes al CO<sub>2</sub> (Dióxido de carbono) (IPCC, 2007). La misma agencia de la Organización de Naciones Unidas (ONU) reconoce al sector constructor como uno de los sectores que debe de propiciar innovaciones en el corto plazo y considerar la incorporación obligatoria del diseño solar pasivo y activo para efectos de calefacción y enfriamiento de los edificios (IPCC, 2007).

La construcción sostenible, que debería ser la construcción del futuro, se puede definir como aquella que, con especial respeto y compromiso con el Medio Ambiente, implica el uso sostenible de la energía. Cabe destacar la importancia del estudio de la aplicación de las energías renovables en la construcción de los edificios, así como una especial atención al impacto ambiental que ocasiona la aplicación de determinados materiales de construcción y la minimización del consumo de energía que implica la utilización de los edificios (Casado, 1996).

La energía es actualmente el principal motivo de las guerras en el mundo, está lo que representa económicamente el recurso energético, en especial, el que se halla concentrado en combustibles fósiles como el petróleo y el gas natural. Entre Estados Unidos, la comunidad Europea y Japón se consume alrededor del 40% de la producción mundial del petróleo, y gran parte de esta energía producida en el mundo se consume en los edificios. Se requiere de imaginación y perseverancia para que la comunidad en general crea en que hay otras maneras de interactuar con el medio desde una actitud reflexiva y respetuosa, buscando inclusive hacer algo que los animales irracionales hacen y el hombre no: adaptarse al medio, en vez de transformarlo a nuestro antojo para suplir a veces, más que nuestras necesidades primarias, nuestros caprichos (Bedoya, 2011).

La innovación en productos consiste en el desarrollo y la búsqueda de nuevas tecnologías que promuevan la auto sostenibilidad, eviten el consumo innecesario de recursos y no generen desechos nocivos para el medio ambiente. Dichas tecnologías deben cumplir con ciertos requisitos de fabricación que garanticen no sólo un desempeño óptimo, sino también una disposición totalmente reciclable al momento de cumplir con su tiempo de vida útil (Vigants, Andra, Timma, Ijabs, & Blumberga, 2016)

#### **EL AHORRO A TRAVÉS DE LOS PANELES SOLARES Y SU IMPORTANCIA**

El deterioro ambiental obliga que se apliquen sistemas integrales en las políticas en materia de sustentabilidad, en la próxima década existe el riesgo de alterar de forma irreversible el sustrato natural que proporcione una prosperidad económica sustentable. Cabe destacar la importancia y el fomento a las energías renovables en esta nueva configuración del sector. Aunque la participación en la matriz energética al día de hoy de dichas energías es moderada, éstas tienden a tener una mayor participación en un largo plazo, en función del potencial de varias regiones del país en lo general y del Estado en lo particular. La generación bruta de electricidad en Tamaulipas, ascendió a 32,958.5 Gwh en el año 2012, cifra que representa el 12.7% sobre la generación bruta de electricidad a nivel nacional. Esta generación se ha llevado a cabo a través de plantas de ciclo combinado en un 88.8% y 11.0% con termoeléctrica convencional, es decir 99.8% de la generación es con recursos fósiles. Hasta ahora el desarrollo de la energía renovable ha sido modesto en la entidad, la realidad es que tiene un alto potencial en materia eólica, especialmente. En segundo lugar, se encuentra el potencial fotovoltaico y en tercero el hidroeléctrico. Será necesario incrementar el gasto destinado a la Ciencia y la Tecnología aplicado al sector energético y generar mayores oportunidades para construir una base importante de capital humano (Canales, Zeraoui y Valente, 2015).

La eficiencia energética es la relación entre el conjunto de las conductas y prácticas que requieren energía para su ejecución y las acciones racionales que permiten optimizar la cantidad de energía consumida respecto a los productos y servicios finalmente obtenidos. Para que una determinada medida o política orientada al ahorro en el consumo de energía pueda ser considerada de eficiencia energética, es indispensable asegurar que la energía útil finalmente abastecida sea igual o superior a la de la situación de partida. Esto es válido tanto para el caso en que se busque mantener el nivel de confort o producción, como para el caso que se pretenda su aumento, pudiendo en este último caso incluso aumentar el consumo energético, pero con una mejora más que proporcional en los servicios energéticos provistos como iluminación, calefacción, fuerza motriz, etcétera (BID, 2017).

La generación de electricidad directamente a partir del sol no requiere ningún tipo de combustión, y por tanto no se produce emisiones de dióxido

de carbono, que favorecen el efecto invernadero. Esta ventaja de la energía fotovoltaica es especialmente favorable en espacios de alto valor ecológico, donde es importante la preservación del medio natural. Además, en muchos casos sustituye en edificaciones rurales aisladas a generadores alimentados por combustibles fósiles, de muy baja eficiencia energética. El impacto sobre el medio social es muy positivo, ya que mejora la rentabilidad de las explotaciones y las condiciones de trabajo de las mismas. En el caso de electrificaciones de viviendas, mejora la calidad de vida de los habitantes. La posibilidad de realizar este tipo de instalaciones en el ámbito rural puede prevenir el despoblamiento y por tanto el abandono de tierras de cultivo, con el consiguiente empobrecimiento o pérdida de suelo, desaparición de rentas, etc. (Espejo, 2004).

En países en desarrollo, la prioridad en la electrificación debería ser para usos productivos (industria, negocios), salud (clínicas, hospitales), educación (escuelas, capacitación), con la parte social, de entretenimiento y residencial tentativamente al final. Personas del mundo desarrollado y en desarrollo requieren de servicios energéticos como calefacción, enfriamiento, iluminación, y/o movimiento de objetos. El servicio de energía para calefacción puede ser proporcionado por el Sol, una fogata o con calefacción eléctrica. De estos, la electricidad es la forma más solicitada y la más cara. Por lo tanto, tiene más sentido el utilizar otras formas limpias de energía como la solar y los biocombustibles limpios para los servicios energéticos de calefacción de edificios, agua y alimentos (ISES, 2005).

Las inversiones económicas en sistemas fotovoltaicos son deseables si el consumo eléctrico promedio mensual es de 200 kWh, al tener un tiempo de recuperación de la inversión de 10.26 años. Conforme se incrementan los consumos las inversiones cuentan con un menor tiempo de recuperación y un mayor Factor Costo-Beneficio. Especialmente, las inversiones económicas cuentan con un tiempo de retorno de la inversión importante cuando superan los 300 kWh, ya que las inversiones se recuperan en menos de 5 años y medio. Cuando el consumo eléctrico alcanza los 400 kWh (Tarifa Doméstica de Alto Consumo-DAC), el tiempo de retorno de la inversión es de tan sólo 2.61 años (Armendáriz, 2017).

La producción de una placa solar barata, de larga duración y que convierta de forma eficiente la luz solar en electricidad todavía no se ha logrado, y no hay fuentes de energía a gran escala económicamente viables y que pudieran aportar un suministro a gran escala (Lovelock, 2006).

#### LOS PANELES SOLARES Y EL BIENESTAR

Se tiene mayor tiempo fuera de la zona de confort en las ciudades con altas humedades relativas, los costos de energía por climatización dependen de las condiciones climáticas del lugar, sin embargo, la cuota establecida por la Comisión Federal de electricidad (CFE) representa un mayor impacto para ciertas ciudades (Romero, 2010).

Hay quienes aseguran que solo se enfoca a otro tipo de actividades y posesiones. El bienestar social podría ser definido como el conjunto de sentimientos de satisfacción material e inmaterial que producen en las personas y colectividades una serie de condiciones materiales que no pueden reducirse únicamente al nivel de renta, sino que incluyen otras dimensiones importantes de la existencia humana como la salud, educación, servicios, infraestructura, vivienda, seguridad, entorno, etcétera (Setién, 1993).

La calidad de vida es la sensación subjetiva de bienestar del individuo (Chaturvedi, 1991). Ardila (2003) propone una definición integradora donde calidad de vida es un estado de satisfacción general, derivado de la realización de las potencialidades de la persona. Posee aspectos subjetivos y aspectos objetivos. Es una sensación subjetiva de bienestar físico, psicológico y social. Incluye como aspectos subjetivos la intimidad, la expresión emocional, la seguridad percibida, la productividad personal y la salud percibida. Como aspectos objetivos el bienestar material, las relaciones armónicas con el ambiente físico y social y con la comunidad, y la salud objetivamente percibida.

Shumaker y Naughton (1995) aseguran que la calidad de vida en relación con la salud (CVRS) es una evaluación subjetiva de la influencia del estado de salud actual, el cuidado de la salud y las actividades promotoras de la salud, en la habilidad para alcanzar y mantener un nivel de funcionamiento general que permita seguir las metas valoradas de vida y que esto se refleje en su bienestar general.

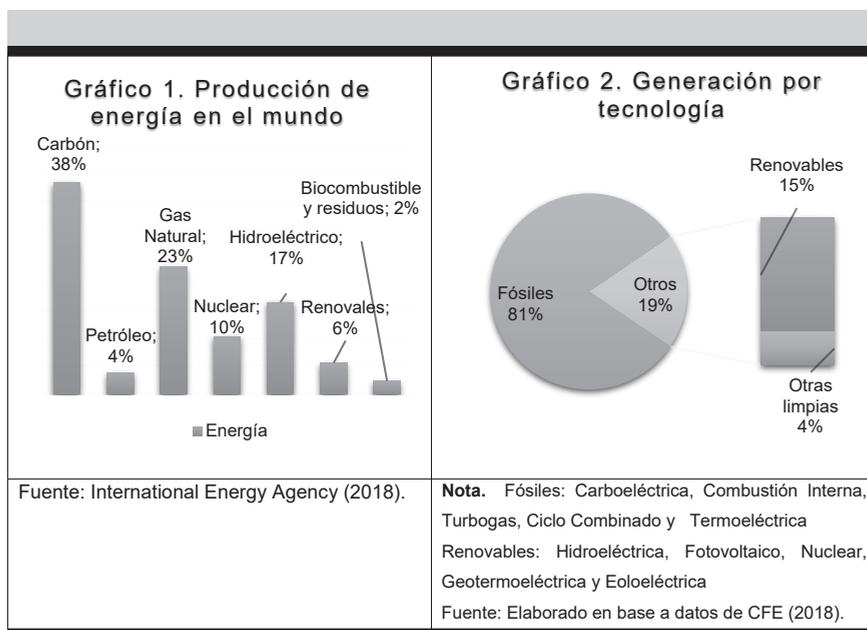
Las ciudades son el mayor medio ambiente transformado que existe. En ellas se produce el mayor consumo de recursos naturales y donde se generan gran parte de los residuos contaminantes. Al ser grandes centros de producción y consumo las ciudades, demandan gran insumo de recursos: agua, combustibles, tierras y todos los bienes y materiales que necesita su población, sus construcciones y las empresas localizadas en ellas. Las ciudades son también importantes centros de degradación de recursos, siendo así es indudable que debe de existir una relación estrecha entre el desarrollo urbano y la propuesta de desarrollo sostenible (Ramírez y Sánchez, 2009).

#### **CASO MEXICANO Y LA ENERGÍA EN EL MUNDO**

A nivel mundial se calcula que solo un 44% de la energía primaria se convierte en energía útil, en el caso de España el valor medio de 2006 fue de 35%, entre 1980 y 2006 el consumo de energía final se ha duplicado en este país provocando así un fuerte aumento de la intensidad energética, se estima que los vertederos pudieran aportar hasta un 15% de la energía primaria. En el caso del clima como el de Levante y Sur de España, la energía termosolar podría aportar el 60% de la energía eléctrica del país, lo principales objetivos de la gestión de la energía son: ahorro energético optimizado procesos, adopción de tecnologías que permitan incorporar energías renovables y ambientalización. En España existe una propuesta de ordenanza municipal sobre captación solar

para el aprovechamiento de la energía térmica en las viviendas, en el país existen 1,800 millones de metros cuadrados entre tejados, fachadas y cerramientos susceptibles de provocar pérdidas importantes de calor en el sector de la vivienda (Elías y Bordas, 2012a).

La generación de energía a nivel mundial (gráfico 1) y en el caso México la obtención de la energía eléctrica es a través de diversos procesos (gráfico 2):



La distribución de los usuarios en México está centralizado en la residencia:

**Tabla 1**

**Distribución de usuarios y ventas**

Usuarios de energía eléctrica		Ventas por sector	
Residencial	88.6%	Empresa mediana	38.3%
Comercial	9.8%	Residencial	26.8%
Industrial	0.8%	Gran industria	18.7%
Servicios	0.5%	Agrícola	5.2%
Agrícola	0.3%	Comercial	7.0%
		Servicios	4.0%
Total	100%	Total	100%

Fuente: Elaborado en base a datos de la Secretaría de Energía (2017).

La tendencia a migrar de recurso fósil a un alternativo para la generación de energía se ha ido consolidando, la Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica (EPIA) estableció metas a sus países miembros para el 2020.

<b>Tabla 2</b>		
Objetivos nacionales de países con energía según EPIA		
País	Fuentes renovables en 2005	Objetivo de energía renovable para 2020
Bélgica	2.2%	13%
Bulgaria	9.4%	16%
República Checa	6.1%	13%
Dinamarca	17%	30%
Alemania	5.8%	18%
Estonia	18%	25%
Irlanda	3.1%	16%
Grecia	6.9%	18%
España	8.7%	20%
Francia	10.3%	23%
Italia	5.2%	17%
Chipre	2.9%	13%
Letonia	32.6%	40
Lituania	15%	23%
Luxemburgo	0.9%	11%
Hungría	4.3%	13%
Malta	0%	10%
Países Bajos	2.4%	14%
Austria	23.3%	34%
Polonia	7.2%	15%
Portugal	20.5%	31%
Rumania	17.8%	24%
Eslovenia	16%	25%
Eslovaquia	6.7%	14%
Finlandia	28.5%	38%
Suecia	39.8%	49%
Reino Unido	1.3%	15%

Fuente: EPIA (2007).

Para el caso de México se estableció un meta de 15 años, iniciando en 2015 y actualizándose cada tres años con dos metas concretas.

La noción de pobreza energética se asocia comúnmente al uso de energía para calefacción, si bien debe tenerse en cuenta que la satisfacción de otras necesidades domésticas (provisión de agua caliente e iluminación, servicios prestados por electrodomésticos, cocinado de alimentos, etc.) es también par-

te integral de la definición. Sin embargo, normalmente no se consideran los gastos en transporte (que son, en buena parte, costes asociados al consumo de combustibles) ni los pagos relacionados con el agua de consumo doméstico. Es decir, el concepto se centra fundamentalmente en los servicios de la energía que se consumen en el espacio de la vivienda. Se trata, por tanto, de un fenómeno eminentemente doméstico y definido a escala de hogar (Tirado, López, Jiménez, 2016).

**Tabla 3**

Aportación a generación de energía del país	Año	Meta
Energías limpias	2030	37.5%
	2050	50.0%

Fuente: Elaboración en base a SENER (2016).

### PRONÓSTICO EN LA INCERTIDUMBRE

Las herramientas difusas permiten dar respuestas en donde la subjetividad e interpretación no se puede representar por modelos convencionales. Las redes juegan un papel importante en los procesos y relaciones sociales actualmente; y las características cognitivas también lo hacen de manera significativa y estos con el manejo de relaciones y conceptos; vinculados generalmente por mapas cognitivos (Kosco, 1986, 1997; Carlsson, 1996; Peláez, Bowles, 1995). Las intensidades representadas de manera lingüística describen las relaciones entre conceptos en los mapas cognitivos difusos (MCD) y su correspondiente sentido, tanto positivo como negativo en los arcos que conectan a los nodos, permitiendo la simulación del fenómeno con iteraciones consecutivas resultando plenamente predictivo. Además de elegir la herramienta apropiada de cara a la situación que presente el sistema en estudio. Así como las redes neuronales permiten construir una simple relación causal entre varios conceptos que influyen de manera positiva o negativa sobre otro concepto o resultado, Hiliera J. R. & Martínez V. (2000). Las intensidades, o bien, los pesos en las conexiones, para los números borrosos pueden ser considerados.

La justificación apropiada de las relaciones sobre los conceptos previamente seleccionados, puede ser modificado al paso del tiempo, el procedimiento va consolidando un efecto evolutivo al paso del tiempo modificando consecuentemente los estados originales. La matriz se conforma por las opiniones de los encuestados para conocer el fenómeno, la cual opera como matriz de transición para la toma de decisiones, w:

$$w = \begin{bmatrix} w_{11} & \cdots & w_{17} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{71} & \cdots & w_{77} \end{bmatrix} \quad (1)$$

El proceso iterativo, el vector inicial tiene actualizaciones en función del producto entre el vector concepto y la matriz de pesos. Entonces, cada estado del vector  $C$ , se actualiza en el tiempo como:  $C_{t+1}$ :

$$C_{t+1} = f(C_t, w) \quad (2)$$

Donde:

$C_{t+1}$  = vector resultante de conceptos en la etapa,  $t + 1$ .

$f$  = función de transferencia.

$C_t$  = el vector con los valores de los conceptos en estado  $t$ .

$w$  = designación de conectividad en la matriz

La función  $f$ , toma saltos unitarios, es decir adquiere valores iguales a cero, si el argumento es menor de 0; por otra parte, toma valores de 1, si el argumento es mayor o igual a cero. La función de salto unitario, se considera para el cálculo, cabe señalar que, si se considera la evaluación del concepto a lo largo del tiempo en iteraciones sucesivas, se recurre a la función de identidad.

La función de identidad tiene posibilidad de analizar sus características mediante MCD, ya que permite visualizar su oscilación y las situaciones que deben pasar antes de llegar a un equilibrio.

La información que conforma los elementos de  $w$  es a través de encuesta con los involucrados en el fenómeno.

$$w_{ij} = \bigcup_{p=1}^{p=q} w_{ij}^p = \max(w_{ij}^1, w_{ij}^2, \dots, w_{ij}^q) \quad (3)$$

Donde:

$P$  = número de opiniones

$w_{ij}$  = matriz de consenso (expertos).

El proceso de elección en la opinión por cada uno de los expertos incide sobre la ecuación 3, que manifiesta que la opinión vertida por cada uno de los expertos, se selecciona la de mayor valor de pertenencia correspondiente renglón y columna en las matrices consensadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se divide en dos partes, la primera de manera estadística y la segunda con mapas cognitivos difusos para dar respuesta donde no existe información clara. En ambas partes, se considera la totalidad de clientes de una empresa de mediano tamaño dedicada a la instalación de paneles solares, la población

es de 20 usuarios que representan el 100%, el análisis se verificó en Victoria, Tamaulipas, México durante 2018 y 2019. Los datos se obtuvieron a través de los registros de la Comisión Federal de Electricidad para su tratamiento se utilizó el software SPSS (Statistical Package for the Social Science). La segunda, se contemplan el modelo de mapas cognitivos difusos para el pronóstico de consumo energético vs ahorro que no se puede evaluar en las encuestas, esto se realiza en dos diferentes escenarios: sin uso excesivo y con el uso excesivo de equipo eléctrico de alto consumo.

## RESULTADOS

**1ª parte: análisis estadístico.** Los principales resultados se presentan de manera gráfica y a manera de tablas para darle un fin ilustrativo. Los usuarios del objeto de estudio pertenecen a un estrato social de clase media-alta.

Tipo de vivienda	Número de clientes
Acceso controlado	8
Residencial	8
Popular	4
<b>Total</b>	<b>20</b>

Tarifa de clientes:

Año	1C	2	DAC	HM
2012-2018	15	0	3	2
<b>Total</b>	<b>20</b>			

1C: Tarifa Residencial 850 kWh/mes

2: Tarifa de Baja tensión hasta 25 kW

DAC: Tarifa Residencial Domestica del Alto Consumo más de 850 kWh/mes

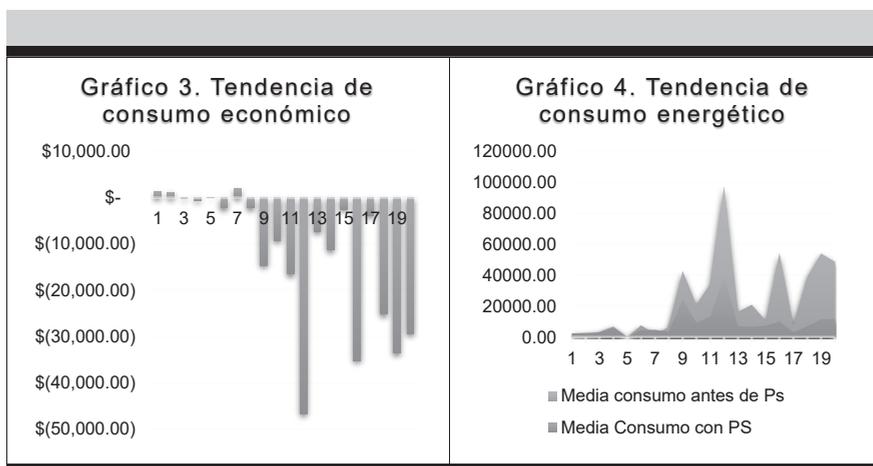
HM: Tarifa de media tensión 100 kW o más

En la tabla 6, se concentran los datos de los 20 clientes que instalaron las celdas fotovoltaicas en sus viviendas. Se presenta el ahorro del a priori antes adquirir la tecnología y posteriori a la adquisición de esta, consumo Kw, % de ahorro, capacidad instalada en el equivalente que por cada panel desarrolla 0.25 Kw, con sus correspondientes medias, costo de inversión y el retorno de la inversión anual.

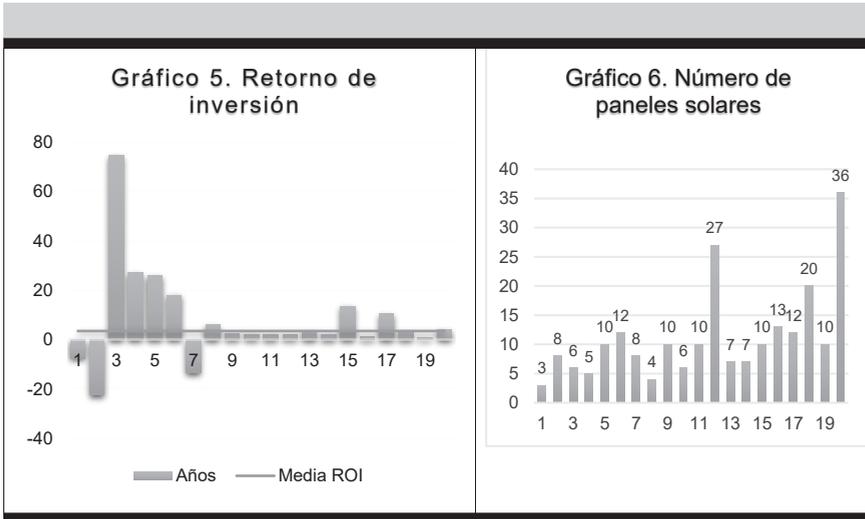
**Tabla 6**  
 Concentrado de datos

Ciente	Ahorro Comparado por periodo anterior y posterior	Ahorro real en Kilowatts	Ahorro porcentual	Número de paneles Solares	Capacidad Instalada de paneles Solares	Media consumo sin Paneles solares	Media Consumo con Paneles Solares	Costo del equipo	Retorno de inversión anual
1	\$1,330.00	1677.18	221%	3	0.75	757.88	2435.06	\$120,750	0.132173913
2	\$1,196.00	1508.20	118%	8	2	1279.95	2788.15	\$322,000	0.044571429
3	-\$270.00	-340.48	-10%	6	1.5	3301.39	2960.91	\$241,500	-0.013416149
4	-\$618.00	-779.32	-11%	5	1.25	6865.07	6085.75	\$201,250	-0.036849689
5	\$1.00	1.26	2%	10	2.5	51.70	52.96	\$402,500	0
6	-\$2,240.00	-2824.72	-37%	12	3	7559.90	4735.18	\$483,000	-0.055652174
7	\$1,982.00	2499.37	116%	8	2	2163.93	4663.30	\$322,000	0.073863354
8	-\$2,238.00	-2822.19	-45%	4	1	6252.21	3430.01	\$161,000	-0.166807453
9	-\$14,621.00	-18437.58	-43%	10	2.5	42727.62	24290.04	\$402,500	-0.43590559
10	-\$9,190.00	-11588.90	-55%	6	1.5	20912.99	9324.09	\$241,500	-0.456645963
11	-\$16,537.00	-20853.72	-61%	10	2.5	34430.01	13576.29	\$402,500	-0.493028571
12	-\$46,637.00	-58810.84	-60%	27	6.75	97775.54	38964.69	\$1,086,750	-0.514970324
13	-\$7,344.00	-9261.03	-57%	7	1.75	16353.09	7092.06	\$281,750	-0.312787933
14	-\$11,294.00	-14242.12	-68%	7	1.75	20895.33	6653.22	\$281,750	-0.481022183
15	-\$2,477.00	-3123.58	-29%	10	2.5	10657.00	7533.42	\$402,500	-0.073848447
16	-\$35,235.00	-44432.53	-81%	13	3.25	54519.55	10087.01	\$523,250	-0.808064978
17	-\$3,796.00	-4786.89	-60%	12	3	7935.69	3148.80	\$483,000	-0.094310559
18	-\$25,193.00	-31769.23	-82%	20	5	38926.86	7157.63	\$805,000	-0.375547826
19	-\$33,591.00	-42359.39	-78%	10	2.5	53993.69	11634.30	\$402,500	-1.001470807
20	-\$29,383.00	-37052.96	-76%	36	9	48750.32	11697.35	\$1,449,000	-0.243337474

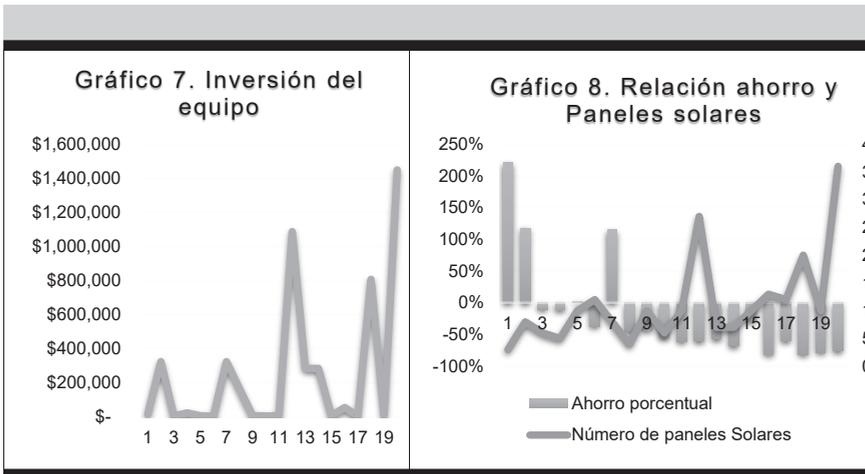
El gráfico 3 presenta la tendencia de consumo económico posterior a la inserción de los paneles solares, es el ahorro neto. En el gráfico 4 se describe la tendencia del consumo energético en Kilowatts.



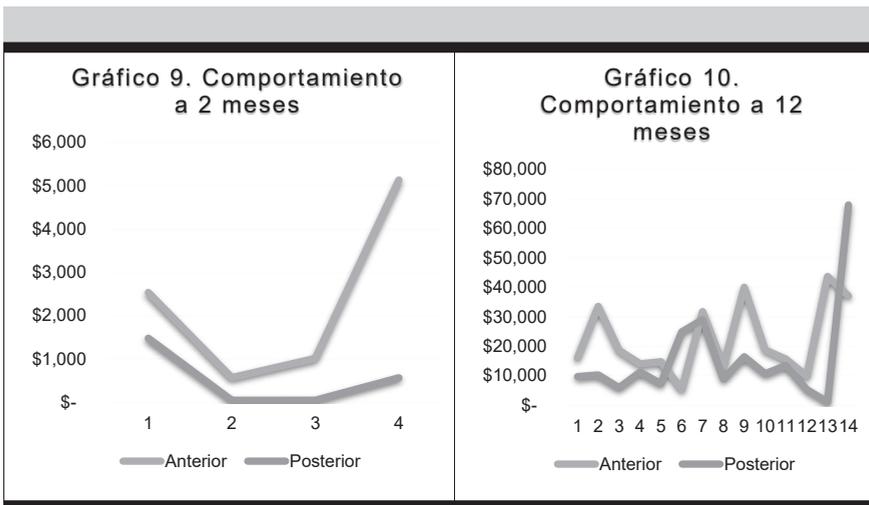
El retorno de la inversión de cada uno de los usuarios representada en años se plasma en el gráfico 5 y en el gráfico 6 establece la relación entre el cliente y los paneles solares adquiridos.



La inversión del equipo representada en pesos de cada uno de los usuarios se desarrolla en el gráfico 7 y el gráfico 8 es combinado y establece la relación entre ahorro y paneles solares.



Se realizaron series de tiempo para determinar el comportamiento de cada uno de los usuarios de acuerdo a su experiencia con el equipo en determinado lapso (gráfico 9). De manera análoga, se realizaron series de tiempo para 4, 6, 8, 10 y 12 meses, solo se presenta el comportamiento a 12 meses (gráfico 10):



El ejercicio de la serie de tiempo estableció valores importantes que muestran el avance de cada caso según el usuario y el tiempo que se ha utilizado el equipo. En la tabla 7 describe los todos los casos analizados en los meses de consumo energético.

**Tabla 7**  
Estadística descriptiva

meses	Rango	Mínima	Máxima	Media	Mediana	Desviación estándar	Curtosis	Moda	Varianza
2	\$4,042	\$524	\$4,566	\$1,778	\$1,012	1873.05	3.7182	N/A	3508338.91
4	\$4,704	\$1,816	\$6,520	\$3,579	\$2,932	1997.13	-0.1762	N/A	3988536
6	\$2,781	\$57	\$2,838	\$854	\$275	1013.51	1.9209	N/A	1027211.47
8	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
10	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
12	\$73,466	-	\$42,592	\$6,449	\$5,473	17635.45	1.5573	N/A	311009298
		\$30,874							

**2ª parte: análisis difuso.** Entre las prioridades más importantes para los habitantes de Victoria se encuentra el confort (Ramos R. 2019, p. 142) y que éste resulte lo más económicamente posible. El rango de temperaturas máxima promedio se encuentra entre 30°C y 35°C de marzo a octubre (CONAGUA, 2016). Lo anterior, obliga al consumo indiscriminado de energía eléctrica en equipos climatizadores (aire acondicionado); así pues, la tecnificación con paneles solares permite satisfacer sus necesidades de confort.

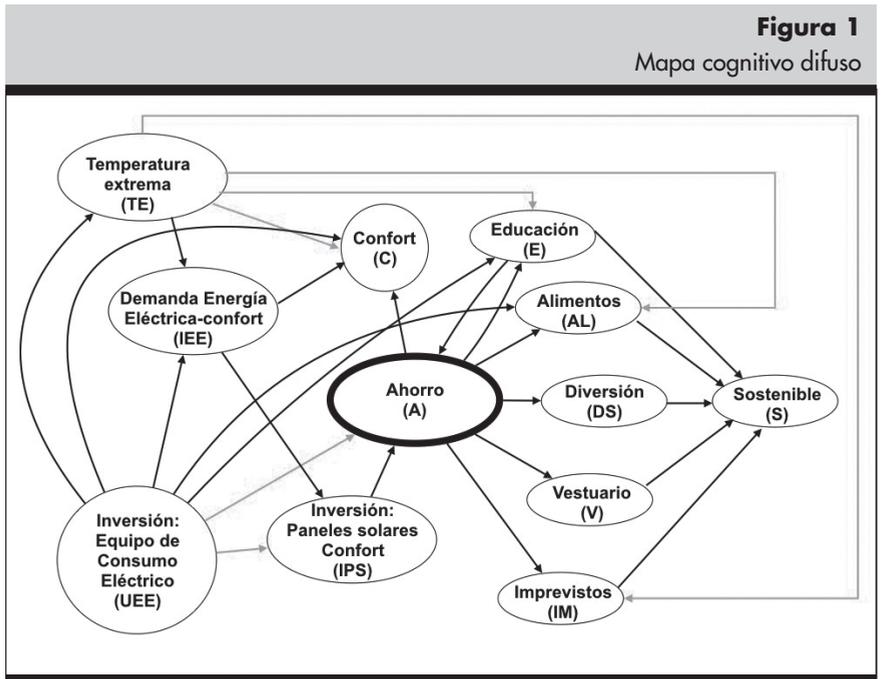
Por otra parte, la intensión de los encuestados en ahorrar, está en primer lugar la energía eléctrica con 62.10% de las preferencias, seguido por otros gastos de manutención con 14.73%, ahorro en gas LP con el 10.53%, en alimentos con el 7.37% y en el ahorro en agua con el 5.27% (Ramos R. 2019, p. 139). Sin embargo, una vez instalado el equipo (PS), las respuestas de ahorro real de energía eléctrica son de 75.8%.

Las familias manifiestan que el destino de los ahorros será para educación con 54.73%, gastos diversos con el 18.95%, para imprevistos con 13.69%, en alimentos con 9.47% y en vestuario con el 3.16% (Ramos R. 2019, p. 141). Otro dato importante mencionar que en la encuesta se recoge de forma adyacente, una vez que se cuenta con la tecnología (PS) las familias adquieren nuevos equipos eléctricos revezando la capacidad instalada (20% de los encuestados). Para el pronóstico de sostenibilidad al ahorro en las familias de Victoria, considerando la variable uso de equipo eléctrico de alto consumo en dos escenarios: el uso (A) y el no uso excesivo de este (B).

**Escenario A:** sin uso excesivo de equipos eléctricos alto consumo en los hogares, el vector iniciador: la alta temperatura

$$C_1 = \{1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\}$$

Al multiplicar por la matriz convergencia se obtiene el vector resultante, R. Se actualiza la función concepto ecuación (2) para la siguiente iteración, i (ver tabla).



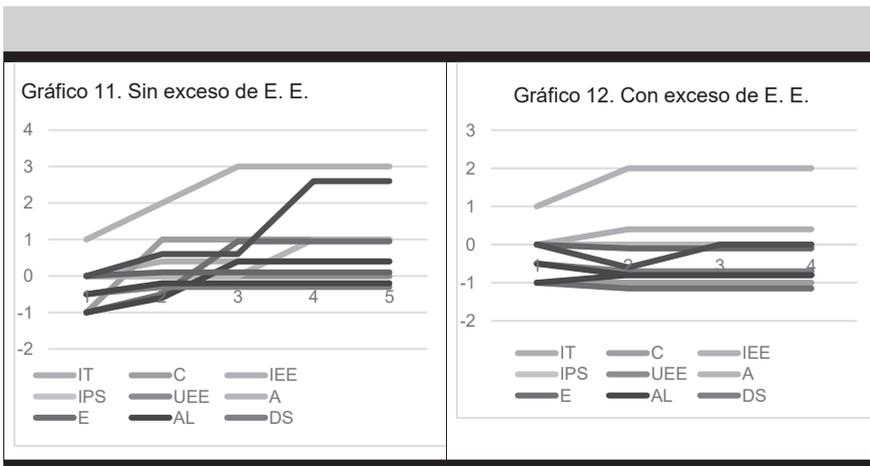
La matriz sin exceso de equipo eléctrico es:



**Tabla 11**  
Matriz: con exceso de equipo eléctrico

		R=C*W												
I	CONCEPTO	IT	C	IEE	IPS	UEE	A	E	AL	DS	V	IM	S	
1	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0	-1	1	0	0	0	-1	-1	-0.5	0	-0.5	0	
2	1 0 1 1 1 1 0 0 0 1 0 1	0.4	-1	2	0	0	0	1.15	-0.8	-0.7	0.1	-0.8	-0.6	
3	1 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0	0.4	-1	2	0	0	0	1.15	-0.8	-0.7	0.1	-0.8	0	
4	1 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 1	0.4	-1	2	0	0	0	1.15	-0.8	-0.7	0.1	-0.8	0	

El gráfico 12, se presenta la estabilidad es rápida, pero el ahorro no existe y consecuentemente, la sostenibilidad resulta en parte negativa e igual a cero. Por otro lado, el impacto negativo y crítico es sobre el confort, la educación y la alimentación.



**CONCLUSIONES**

Del 75% de los clientes cuentan con la tarifa 1C (CFE), aquellos con mayor antigüedad con celdas electro-voltaicas muestran un comportamiento de mayor gasto después de haberse instalado el equipo, es decir gastan más con todo y las celdas fotovoltaicas. Lo anterior, puede ser a un consumo energético desmedido al sentirse sobrados de energía, o bien, por las propias fallas e ineficiencias en equipos obsoletos al interior de las viviendas. De acuerdo a la opinión recogida a los entrevistados, manifiestan que el consumo energético excesivo se debe por la adquisición de más equipo eléctrico y de manera específica en aire acondicionado o sistemas de climatización. Por otra parte, los resultados del fenómeno de muestran que los clientes nuevos ahorran poco y consecuentemente, el retorno de inversión es a largo plazo. De los usuarios que se analizaron en el comportamiento a 2 meses de uso tienen un promedio

de ahorro del 79.71% (ver gráfico 9); para 4 meses de uso registraron 59.99%, mientras que los que tienen 6 meses de uso registran un gasto negativo de 482.39%, mientras que el comportamiento a 12 meses tiene un ahorro apenas del 7.19% (ver gráfico 10).

De los 20 usuarios 16 mantienen un ahorro constante, lo que representa un 80%, en su totalidad los usuarios en promedio registran un ahorro general de 30.46% en el gasto económico, es decir en su conjunto el gasto anterior fue de \$331,062 pesos y el gasto posterior fue de \$230,213 pesos, lo que representa un ahorro de \$100,849 pesos. En el apartado de los Kilowatts el ahorro fue de 62.54%, al registrarse anteriormente un consumo de 23,805.48 Kilowatts y con el uso de la celda fotovoltaica se redujo a 8,915.51 Kilowatts.

La media de los paneles solares instalados fue de 11.2, mientras que la capacidad de producción instalada fue de 2.8 kilowatts. El costo del equipo en promedio ronda en los \$450,800 pesos y el retorno de inversión para este caso fue 7.74 años.

Se puede aseverar que los paneles solares o celdas fotovoltaicas están cumpliendo la función de ahorrar en una gran medida. Sin embargo, es importante asegurar la producción de kilowatts a través de mantenimiento preventivo y correctivo; así mismo, se debe de mantener una estrecha vigilancia en el gasto económico, ya que la información recabada muestra una clara tendencia al ahorro en los primeros meses y posteriormente se registra un consumo mayor, que puede ser atribuible a diversos factores que pueden ir desde las fallas y adquisiciones tecnológicas de consumo eléctrico hasta displicencia humana sobre el ahorro energético. Creemos que el más importante pudiera ser la adquisición de equipo eléctrico, por citar algunos otros puede ser un excesivo consumo, una falla en el equipo, falta de radiación solar, suciedad, fallas en el inversor, degradación de las celdas solares u otros.

La iniciativa de los usuarios de implementar tecnología a fin de contrarrestar el impacto económico y climático (clima extremo) se realiza de forma parcial al no establecerse alguna meta, seguimiento o mecanismo de control que asegure el óptimo rendimiento económico y tecnológico.

Por último, en la parte subjetiva (MCD) se demuestra que el uso indiscriminado de equipo eléctrico causa un fuerte impacto sobre el ahorro. La matriz con exceso de equipo eléctrico contiene relaciones causales negativas en educación (E), alimentación (AL), diversos (DS), vestuario (V) e imprevistos (IM); consecuentemente, la sostenibilidad (S) es también negativos, ver tabla 9. Así pues, la comparación sobre la estabilidad de partes involucradas en los escenarios A y B, son significativas, ya que el escenario A, presenta el equilibrio positivo en la sostenibilidad (gráfico 11), mientras que el escenario B, con uso de equipo eléctrico de alto consumo se estabiliza con niveles de sostenibilidad es menor e igual a cero (gráfico 12). En ambos casos, se mantiene constante la demanda de energía eléctrica.

## REFERENCIAS

- Ardila, G. (2003). "Calidad de vida: una definición integradora" Colombia, Revista latinoamericana de psicología, Fundación Universitaria de Konrad Lorenz.
- Armendáriz J,F. (2017) "Costo-beneficio de sistemas fotovoltaicos en el sector residencial en la ciudad de Chihuahua ". Memorias congreso internacional de investigación científica multidisciplinaria. Universidad Autónoma de Baja California. Instituto de Ingeniería. México.
- Banco interamericano de desarrollo (2017) "Eficiencia energética en América latina y el Caribe: Avances y oportunidades". BID, CEPAL, OLADE.
- Bedoya, C,M. (2011) "Construcción sostenible, para volver al camino", Mares consultoría sostenible, Biblioteca jurídica Diké, Medellín, Colombia.
- Canales, R.M, Zeraoui, Z. y Valente, A. (2015) "Tamaulipas, Visión 2025. Un análisis prospectivo". La visión Tamaulipas 2025. El Colegio de Tamaulipas.
- Carlsson C. (1996). Knowledge formation in strategic mangement. HICSS-27. Proceedings, IEEE. Computer Society Press, Los almitos.
- Casado Martínez, N (1996) Edificios de alta calidad ambiental (Ibérica, Alta Tecnología ISSN 0211-0776)
- Chaturvedi, S, K. (1991). "What is important for quality of life to indians in relation to cáncer?" Social science anda medicine
- Comisión Federal de Electricidad (2018) "Informe Anual 2017". [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)
- CONAGUA, (2016), <https://mail-attachment.googleusercontent.com/consulta:10/06/2019>
- Elías, X. y Bordas, S. (2012) "Energía, agua, medioambiente, territorialidad y sostenibilidad", Ediciones Díaz de Santos. Madrid, España.
- European Photovoltaic Industry Association, EPIA (2004). "EPIA Roadmap. [www.epia.org](http://www.epia.org)". 2004.
- European Photovoltaic Industry Association, EPIA (2007). "Solar Generation IV". Greenpeace, 2007.
- European Photovoltaic Industry Association, EPIA (2008). "Solar Generation V". Greenpeace, 2008.
- Espejo, C. (2004) "La energía solar fotovoltaica en España". Universidad de Murcia. Pag 5-31.
- Hiliera J. R. & Martínez V. (2000). Redes Neuronales Artificiales Fundamentos modelos y aplicaciones RA-MA Ed. Madrid.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (2007). "Climate change 2007: Mitigation of Climate Change" Suiza.
- Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, INEEL (2010) ¿Cómo pagar menos energía eléctrica en tu casa?. Presentación de curso de capacitación. Dr. Gaudencio Ramos Niembro.

- International Energy Agency, IEA (2018) "Electricity information Overview" Statistic 2018. <http://www.iea.org/t&c/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (2013). "Resumen para responsables de políticas. En Cambio Climático 2013: Bases físicas". Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- International Solar Energy Society, ISES (2005) "Un futuro para el mundo en desarrollo basada en las fuentes renovables de energía". Sociedad Internacional de Energía Solar, Universidad Autónoma de la Ciudad de México.
- Kosko H. & B. (1986) Fuzzy Cognitive Maps. *International Journal on Man Machine Studies*. 24.
- Kosko H. & B. (1997) Fuzzy Engineering Ed. Prentice-Hall New Jersey.
- Lovelock, J. (2006) "La venganza de la tierra. La teoría de Gaia y el futuro de la humanidad" Editorial planeta. Barcelona, España.
- Peláez C. E. & Bowles J. B. (1995). Applying Fuzzy Cognitive Maps Knowledge-Representation to Failure Modes Effects Analysis IEEE. *Proceedings Annual Reability and Maintainability Symposium 0149-144X/95*.
- Ramírez, A. y Sánchez, J, M. (2009). "Enfoques de desarrollo sostenible y urbanismo". México. Revista digital universitaria.
- Ramos R. (2019). Tesis de doctorado: Modelo de desarrollo económico sostenible para la vivienda en temperatura extrema: caso Victoria, Tamaulipas, Ed. Inédita, ININEE, UMSNH.
- Romero, R. (2010). "Confort térmico y ahorro de energía en la vivienda económica en México: regiones de clima cálido, seco y húmedo" México, Primer Encuentro académico CONAVI-CONACYT.
- Secretaría de Energía (2016) "Prospectiva de energías renovables 2016-2030". SENER. México.
- Secretaría de Energía (2017) "Prospectiva del Sector Eléctrico 2017-2031". Secretaría de Energía, Gobierno de México.
- Setién, M,L. (1993). "Indicadores sociales de calidad de vida" Centro de Investigaciones Sociológicas, Colección de monografías.
- Shumaker, S, A. and Naughton, M, J. (1995). "The international assessment of health related quality of life: a theoretical perspective" New York, Rapid communication.
- Tirado, S. López, J. y Jiménez, L. (2016) Radiografía de la pobreza energética. Observatorio Social de "La Caixa". España.
- Vígants, E., Andra, B., Timma, L., Ījabs, I., & Blumberga, D. (2016). The dynamics of technological substitution: the case of eco-innovation diffusion of surface cleaning products. *Journal of Cleaner Production*, 132, 279-288.