



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y
Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial



Factores que inciden en la adopción de la energía fotovoltaica en la agricultura

TESIS

Que, como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Estrategia Agroempresarial

Presenta:

Bonifacio Gaona Ponce

Director

Dr. J Reyes Altamirano Cárdenas



APROBADA



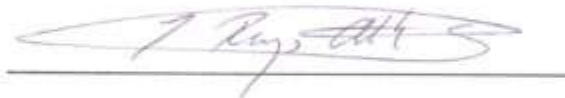
Chapingo, México, noviembre de 2020

Factores que inciden en la adopción de la energía fotovoltaica en la agricultura

Tesis realizada por Bonifacio Gaona Ponce bajo la dirección del comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Estrategia Agroempresarial

Comité asesor



Dr. J Reyes Altamirano Cárdenas
Director



Dr. Jorge Gustavo Ocampo Ledesma
Asesor



Dr. Gilberto de Jesús López Canteñs
Asesor

Índice

Índice de Figuras	iv
Índice de cuadros.....	v
Agradecimientos	vi
Dedicatorias.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
Datos biográficos	x
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Objetivos, preguntas e hipótesis de investigación.....	4
1.2.1. Objetivos de la investigación.....	4
1.2.2. Preguntas de investigación	5
1.2.3. Hipótesis de investigación	5
1.3. Estructura de la tesis.....	6
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Energías convencionales y renovables	7
2.2. Energía solar fotovoltaica	8
2.2.1. Sistemas fotovoltaicos.....	9
2.2.2. Paneles fotovoltaicos	9
2.2.3. Sistema aislado de la red	9
2.2.4. Sistema interconectado a la red	10
2.2.5. Sistema mixto.....	11
2.3. Adopción de la energía fotovoltaica.....	11
2.4. Factores que influyen en la adquisición.....	13
CAPÍTULO 3. MARCO DE REFERENCIA.....	16
3.1. Consumo de energía eléctrica en México.....	16
3.2. Impacto ambiental por la generación de electricidad.....	16
3.3. Energía fotovoltaica (EFV) en México	17
3.4. Factores de la actitud, calidad y satisfacción.....	19
3.4.1. Factores de la actitud en la energía fotovoltaica	20
3.4.2. Factores de la calidad que inciden en la adquisición de la energía fotovoltaica en la agricultura.....	21

3.4.3. Factores de la satisfacción que inciden en la adquisición de la energía fotovoltaica en la agricultura.....	23
CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODO	25
4.1. Instrumento de colecta de información	25
4.2. Delimitación espacial y temporal	27
4.3. Sujetos de estudio	28
4.4. Muestreo.....	28
CAPÍTULO 5. RESULTADOS.....	29
5.1. Caracterización de la energía fotovoltaica	29
5.2. Medición de la actitud, calidad y satisfacción	30
5.2.1. Descripción de la muestra	30
5.2.2. Actitud de los usuarios de la energía fotovoltaica	32
5.2.3. Calidad percibida por los usuarios de la energía fotovoltaica.....	33
5.2.4. Satisfacción percibida por los usuarios de la energía fotovoltaica ...	34
5.2.5. Adquisición de la energía fotovoltaica	34
5.2.6. Preguntas abiertas	35
CAPITULO 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	37
6.1. Actitud, calidad y satisfacción del usuario comparada por variables categóricas	37
6.1.1. Actitud, calidad y satisfacción del usuario por edad	38
6.1.2. Actitud, calidad y satisfacción por género	39
6.1.3. Actitud, calidad y satisfacción por escolaridad	40
6.1.4. Actitud, calidad y satisfacción por tipo de sistema	41
6.1.5. Actitud, calidad y satisfacción por tamaño del sistema.....	42
6.2. Recategorización de respuestas.....	43
6.3. Correlación entre la actitud del usuario y la calidad percibida	45
6.4. Correlación entre la calidad percibida y la satisfacción del usuario	48
6.5. Análisis clúster jerárquico por indicadores.....	51
6.6. Análisis clúster jerárquico por ítems	57
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES	63
Bibliografía.....	65

Índice de Figuras

Figura 1. Estructura de la tesis	6
Figura 2. Factores que determinan la intención de compra de un producto	15
Figura 3. Capacidad instalada en energía fotovoltaica en México	18
Figura 4. Porcentaje por sector de la capacidad instalada de paneles fotovoltaicos en México en 2016.....	19
Figura 5. Ubicación del Municipio de Texcoco, Estado de México.	28
Figura 6. Nube de palabras respecto al impacto social percibido	35
Figura 7. Principales obstáculos para instalar su sistema fotovoltaico	36
Figura 8 Nube de palabras de comentarios adicionales	36
Figura 9. Actitud, calidad y satisfacción del usuario.....	37
Figura 10. Actitud, calidad y satisfacción del usuario por edad	38
Figura 11. Actitud, calidad y satisfacción del usuario por género	39
Figura 12. Actitud, calidad y satisfacción del usuario por escolaridad	40
Figura 13. Actitud, calidad y satisfacción del usuario por tipo de sistema	41
Figura 14. Actitud, calidad y satisfacción del usuario por tamaño del sistema .	42
Figura 15. Promedios de respuestas de la actitud, calidad y satisfacción	43
Figura 16. Correlación entre los ítems de la actitud, calidad, satisfacción y adquisición.....	51
Figura 17. Dendograma obtenido por el método de Ward y distancias Euclidianas	54
Figura 18. Formación de los tres grupos discriminantes.....	57
Figura 19. Formación de los tres grupos discriminantes por ítems.....	59
Figura 20. Ítems en orden de importancia discriminativa.....	61

Índice de cuadros

Cuadro 1. Capacidad de generación de energía eléctrica en México en 2015 en MW	16
Cuadro 2. Impacto ambiental de las diferentes formas de producción de electricidad. En toneladas por GWh producido.	17
Cuadro 3. Evaluación de los atributos de la energía solar fotovoltaica.	29
Cuadro 4. Características de personas entrevistadas	31
Cuadro 5. Medición de la actitud de los usuarios de la energía fotovoltaica.	32
Cuadro 6. Medición de la calidad percibida por los usuarios de la energía fotovoltaica.	33
Cuadro 7. Medición de la satisfacción percibida por los usuarios de la energía fotovoltaica.	34
Cuadro 8. Medias de actitud, calidad y satisfacción, por edad	38
Cuadro 9. Medias de actitud, calidad y satisfacción, por género	39
Cuadro 10. Medias de actitud, calidad y satisfacción, por escolaridad	40
Cuadro 11. Medias de actitud, calidad y satisfacción, por tipo de sistema	41
Cuadro 12. Medias de actitud, calidad y satisfacción, por tamaño del sistema	42
Cuadro 13. Recategorización en respuestas dicotómicas por ítem e individuo	44
Cuadro 14. Correlación entre la actitud y la calidad	46
Cuadro 15. Correlación entre la calidad y la satisfacción	48
Cuadro 16. Indicadores de actitud, calidad y satisfacción por individuo entrevistado	52
Cuadro 17. Estadísticos descriptivos para cada grupo	54
Cuadro 18. Análisis de las Funciones Canónicas Discriminantes por indicadores	55
Cuadro 19. Coeficientes de las FCD por indicadores	56
Cuadro 20. Análisis de las Funciones Canónicas Discriminantes por ítems.	58
Cuadro 21. Coeficientes de las FCD por ítems.	58
Cuadro 22. Ítems ordenados por grado de discriminación.	60

Agradecimientos

A Dios, esa fuerza de la naturaleza en la que he aprendido a creer y confiar, más allá de los estereotipos que imponen las religiones.

A la hermosa familia que Dios me dio, a mi esposa Ana Lilia, mis niños Damy y Santi, porque gracias su apoyo incondicional pude dar este gran paso.

A la Universidad Autónoma Chapingo, fuente de grandes e inolvidables experiencias, mi amada alma mater, con gran alegría puedo decir: “ser Chapinguero es un honor”.

Al Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial, por enseñarme grandes valores y grandes conocimientos.

Al Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, por haberme otorgado el permiso y las facilidades para hacer mis estudios de maestría.

A lo todo el personal del CIESTAAM, al Dr. J Reyes Altamirano, por su paciencia y conocimientos para dirigir mi investigación, a mis amigos y asesores Dr. Jorge Ocampo, M.C. Adrián Lozano y al Dr. Gilberto de Jesús López, por orientar con mucha sabiduría mi tesis.

A los profesores Dr. Norman Aguilar Gallegos, Dr. Enrique Genaro Martínez, Dr. Jorge Aguilar Ávila, por sus consejos y grandes aportes en el análisis de esta investigación.

A mis compañeros de grupo, en especial a Leydy y Néstor, con los que compartí grandes momentos durante la maestría.

A todos aquellos amigos y conocidos que me asesoraron en el desarrollo de este trabajo, muchas gracias.

Dedicatorias

La lucha contra el mundo no te asombre, hombre no es el que luchar no sabe; porque nació para luchar el hombre como nació para volar el ave.

Con estas palabras siempre me acuerdo de aquel hombre que Dios me dio como padre, a usted papá, dedico este trabajo de investigación, allá en el cielo, donde seguramente está, sepa que siempre lo llevo en mi corazón.

A mi madre, por siempre estar al pendiente mío, por su dulzura y amor.

A mi familia, mi esposa Ana Lilia, mis hijos Damy y Santi, porque son el motor que me impulsa en todo lo que hago.

A mis hermanos y hermanas, Cipriano (†), Simplicio, Jorge, Ángel, Rosa, Chuy, Martín, Enrique, Emilia y Andrea, por su amor y consejos.

RESUMEN

Factores que inciden en la adopción de la energía fotovoltaica en la agricultura

En México, la capacidad instalada de la energía fotovoltaica (EFV), en 2016, fue de 0.004% de la capacidad total nacional, a pesar de la excelente ubicación geográfica del país para explotar la radiación solar, de los bajos costos de producción y del bajo impacto ambiental. En el sector agrícola, los sistemas fotovoltaicos han sido utilizados con éxito, aunque aún con baja difusión. Debido a que las causas directas que han limitado la adopción de la EFV no son fáciles de identificar, se requiere examinar aquellos factores intrínsecos y extrínsecos que inciden en que sea aceptada y adquirida, dichos hallazgos podrían ser de especial interés para los fabricantes y distribuidores de esa tecnología. El objetivo de esta investigación fue analizar los factores de actitud, calidad y satisfacción que determinan la decisión de adquirir la tecnología fotovoltaica. Mediante un panel de expertos se estableció que la EFV tiene un alto nivel de ventaja relativa, compatibilidad, experimentabilidad, observabilidad; un mediano nivel de accesibilidad, y baja complejidad, lo que le da una excelente oportunidad para desplazar a la energía convencional. Se aplicó una encuesta semiestructurada a 39 productores agrícolas, usuarios de la EFV, en la región de Texcoco, Estado de México. Al obtener coeficientes de correlación entre los elementos de la actitud, calidad y satisfacción se detectaron los que están asociados con la decisión de compra. Mediante la aplicación de un análisis clúster jerárquico se formaron tres grupos con atributos significativamente definidos, que fueron comprobados a través de un análisis canónico discriminante, con estas herramientas se determinaron los niveles de sensibilidad con el que cada elemento influye en la decisión de compra de la EFV.

Palabras clave: energías renovables, adopción, difusión, actitud, calidad, satisfacción

ABSTRACT

Factors that affect the adoption of photovoltaic energy in agriculture

In Mexico, the installed capacity of photovoltaic energy (PVE), in 2016, was of 0.004% of the total national capacity, despite the country's excellent geographic location to exploit solar radiation, low production costs, and low environmental impact. Photovoltaic systems have been successfully used in the agricultural sector, although still with low diffusion. Since direct causes that have limited the adoption of PVE are not easy to identify, it is required to examine those intrinsic and extrinsic factors that affect its acceptance and acquisition; these findings could be of special interest to manufacturers and distributors of this technology. The objective of this research was to analyse the factors of attitude, quality, and satisfaction, which determine the decision of purchasing photovoltaic technology. Through an expert panel, it was established that PVE has a high level of relative advantage, compatibility, trialability, and observability; a medium level of accessibility; and low complexity, which give it an excellent opportunity to displace conventional energy. A semi-structured survey was conducted to 39 agricultural producers; users of the PVE, in the region of Texcoco, State of Mexico. By obtaining correlation coefficients among the elements of attitude, quality, and satisfaction, those that are associated with the purchase decision were detected. A hierarchical cluster analysis was applied to form three groups with attributes significantly defined, which were verified through a discriminant canonical analysis; with these techniques, sensitivity levels with which each element influences on the purchase decision of PVE were determined.

Keywords: renewable energies, adoption, diffusion, attitude, quality, satisfaction

Master of Science Thesis in the Agribusiness Strategy Programme, Chapingo Autonomous University
Author: Bonifacio Gaona Ponce
Supervisor: J Reyes Altamirano Cárdenas

Datos biográficos

Bonifacio Gaona Ponce nació en la congregación de La Palma, municipio de Martínez de la Torre, Veracruz el 23 de mayo de 1975. De 1990 a 1993 cursó su educación media superior en la Preparatoria Agrícola de Chapingo. De 1993 a 1997 realizó sus estudios de licenciatura en el Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, en el que se tituló desarrollando la tesis “Diseño y construcción de un scanner magnético”. Actualmente finaliza sus estudios de la Maestría en Ciencias en Estrategia Agroempresarial en el Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial, en el que desarrolla el tema de investigación “Factores que inciden en la adquisición de la energía fotovoltaica en la agricultura”.



Es miembro de la Asociación Mexicana de la Industria Fotovoltáica, de la Asociación Mexicana de Ingeniería Agrícola, de la Asociación Latinoamericana de Ingeniería Agrícola y de la Asociación Iberoamericana de Ingeniería Mecánica.

Desde 2010 su principal línea de investigación son las energías renovables, en específico, la solar fotovoltaica, en la que ha desarrollado diversos proyectos de investigación. Es Coordinador Académico del Diplomado con fines de titulación “Las energías alternativas para el desarrollo rural sustentable”, del que se han titulado, en los últimos tres años, poco más de 200 egresados de la Universidad Autónoma Chapingo.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

La electricidad es producida mediante fuentes convencionales y renovables (García, Corredor, Calderón y Gómez, 2013; Galetovic y Muñoz, 2011). Dentro de las primeras se encuentran las que utilizan combustibles fósiles para generar procesos termodinámicos, como las centrales carboeléctricas, termoeléctricas y nucleares; mientras que en las segundas se ubican las centrales fotovoltaicas, térmica solar, mareomotriz, hidroeléctricas, biomasa, eólica y geotérmica (García et al., 2013) y (Posso, 2012).

Las fuentes convencionales, en parte, tienen la desventaja de utilizar combustibles fósiles para su funcionamiento, en consecuencia, producen una gran cantidad de productos de combustión que son arrojados al medio ambiente, como CO₂, NO_x y SO₂, entre otros, que son altamente contaminantes (Posso, 2012). En contraparte, se sitúa a las energías renovables como las menos contaminantes y, en especial, a la fotovoltaica como la segunda menos contaminante (Merino, 2012).

Anil, Saygin, Miketa, Gielen y Nicholas (2016) indican que la emisión mundial anual de CO₂, relacionada con la generación de energía eléctrica por fuentes convencionales, fue de 30 y 35 gigatoneladas (Gt) durante 2010 y 2014, respectivamente. Dicha tendencia significa que para 2030 se generarán 42 Gt de ese contaminante, por lo que recomiendan que para disminuir sus emisiones a poco menos de la mitad se requiere la puesta en marcha de algún tipo de energía renovable combinada con el uso de equipos de mayor eficiencia.

Internacionalmente se percibe a México con un gran potencial solar fotovoltaico (Mundo, de Celis, Hernández y de Celis, 2014), al ubicarse geográficamente entre los 14° y 33° de latitud septentrional, con una radiación diaria superior a 4.4 kWh/m², y en algunos sitios hasta 6 kWh/m², lo que hace que cuente con condiciones favorables para explotar la tecnología fotovoltaica (SENER, 2015). La Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) (2018) menciona que los costos de producción a nivel mundial de energía eléctrica por fuentes convencionales se sitúan entre los 0.05 y 0.17 USD/kW, mientras que el costo de producción por fuentes fotovoltaicas para la región de Norteamérica es de 0.12 USD/kW.

Pese a lo anterior, la capacidad de generación de energía eléctrica en México, durante 2015 fue de 41,899.4 MW, de los cuales aproximadamente el 25% se produjo en centrales generadoras basadas en energías renovables (Comisión Federal de Electricidad (CFE), 2015). De acuerdo con el comportamiento en años anteriores, para 2030 la Secretaría de Energía (SENER) pronostica que la participación de las energías renovables será poco más del 32% de la generación de energía eléctrica total del Servicio Eléctrico Nacional (SENER, 2016).

La energía eléctrica también es utilizada por diferentes unidades, entre ellas los sistemas de producción agrícola. En 2015 consumieron el 4.75% de la energía eléctrica total generada en México (CFE, 2015), en ese mismo año se registraron 98 mil pozos para uso agrícola, 1,131,272 unidades de producción lechera, de las cuales 19,300 contaban con sala de ordeña y 8,980 con tanque enfriador (SAGARPA, 2016), y más de 25 mil hectáreas con cultivos bajo estructuras de protección, en invernaderos, túneles altos y casas sombra (Bastida Tapia, 2017). Se percibe un leve incremento de la utilización de la energía solar fotovoltaica en el ámbito agrícola (CFE, 2015), particularmente en los sistemas de baja y mediana escala, pero no están claros los factores que determinan la decisión de los productores agrícolas en la adquisición de tal tecnología.

La investigación en la difusión de la energía fotovoltaica ha existido desde 1980, con un interés cada vez más creciente (Karakaya y Sriwannawit, 2015). Algunos autores han centrado sus estudios en aspectos económicos, mientras que otros en las políticas y en las dimensiones de gestión. Existen diversos modelos propuestos para determinar los factores que influyen en la determinación de la adquisición de un producto, aunque todos coinciden en que la determinación de la adquisición se debe a un proceso en el que están involucrados factores internos y externos de los productos.

Esta investigación tiene como objetivo identificar los factores intrínsecos y extrínsecos de la energía fotovoltaica, agrupados en actitud, calidad y satisfacción, para determinar los que influyen en su adquisición. Dicha investigación será útil para los

fabricantes, distribuidores, investigadores, usuarios e, incluso, el gobierno, para fomentar el uso de la energía solar fotovoltaica en la agricultura.

1.1. Planteamiento del problema.

La energía eléctrica generada por fuentes convencionales resulta ser altamente contaminante, mientras que las generadas por fuentes renovables causan menor impacto ambiental, en especial, la fotovoltaica representa el segundo más bajo impacto, tan sólo detrás de la energía solar térmica (Anil et al., 2016; Merino, 2012; Posso, 2012).

México se encuentra en una excelente ubicación geográfica para explotar la energía solar. Pese a ello la participación actual de la energía fotovoltaica es muy baja (menos de 0.009%), aunque la Secretaría de Energía proyecta que la participación de las energías renovables será poco más del 32% de la generación de energía eléctrica total del Servicio Eléctrico Nacional (SENER, 2015; SENER, 2016).

IRENA (2015), menciona que a nivel mundial hubo una reducción importante de 2010 a 2017 en los costos de producción de la energía fotovoltaica, pasando de 0.36 a 0.10 USD por cada kilowatt producido y señala que, para la región de Norteamérica, los costos de producción de la energía fotovoltaica se ubican en el rango de costos de producción para fuentes convencionales.

Si el costo de producción de la energía solar fotovoltaica es, cuando menos, parecido al de las energías convencionales, su impacto ecológico resulta ser menor que estas últimas y, pese a ello, su participación en el consumo total nacional resulta ser tan bajo. Esto nos lleva a preguntar: ¿cuáles son los factores que limitan la adopción de la energía solar fotovoltaica?, ¿acaso no es una tecnología confiable, o es peligrosa o resulta muy cara de producir?

Varios autores señalan las barreras que existen para la difusión y adopción de la energía FV (Karakaya & Sriwannawit, 2015), algunos los enfocan al ámbito de las políticas (Karakaya, Hidalgo, & Nuur, 2020), otros al aspecto tecnológico (Yang, Enjeti, Blaabjerg y Wang, 2013), algunos al rubro ecológico (Constantino, Freitas, Fidelis y

Pereira, 2018), o al enfoque social (Kamenopoulos & Tsoutsos, 2015), pero muy pocos han investigado desde el punto de vista de los usuarios.

Finalmente, ¿quién puede determinar con mayor exactitud los aspectos que les parecen más relevantes para definir una decisión de compra? Son los usuarios, adoptadores de la energía FV los que definen los factores que les resultan más apropiados.

Al respecto Sanzo, del Río, Iglesias y Vázquez (2003), formularon una metodología para medir la actitud de los usuarios para la adquisición de un producto, establecieron una relación entre la actitud general del consumidor, la calidad percibida por el usuario, la satisfacción que se experimenta al consumirla y la intención de compra. En este trabajo se utilizó dicha metodología, con la finalidad de detectar los factores que favorecen la adquisición de los sistemas fotovoltaicos en la agricultura. Para determinar los factores de cada uno de los atributos de la actitud, calidad y satisfacción fue utilizada una búsqueda por la web of science y alimentada por difusores y distribuidores de la energía FV.

Los sujetos de estudios tomados en cuenta fueron los productores agrícolas usuarios de la energía fotovoltaica en el municipio de Texcoco, considerando a los factores intrínsecos y extrínsecos de la energía fotovoltaica como objetos de estudio.

1.2. Objetivos, preguntas e hipótesis de investigación

1.2.1. Objetivos de la investigación

i. Objetivo general

Analizar los factores de la actitud, la calidad y la satisfacción que perciben los usuarios de la energía fotovoltaica aplicada en la agricultura, que influyen en la decisión de compra.

ii. Objetivos particulares

Comparar la relación existente entre actitud general hacia el consumo de la energía fotovoltaica y la calidad percibida de su funcionamiento.

Identificar la relación que existe entre la calidad que se percibe de la energía fotovoltaica en la satisfacción de los consumidores.

Medir la influencia de la satisfacción de los consumidores de la energía fotovoltaica en la intención de la adquisición de esa tecnología.

1.2.2. Preguntas de investigación

¿Qué factores de la actitud, calidad y satisfacción afectan el proceso de toma de decisiones sobre la adquisición de la energía fotovoltaica?

¿Qué relación existe entre actitud general hacia el consumo de la energía fotovoltaica y la calidad percibida de su funcionamiento?

¿Qué relación existe entre la calidad que se percibe de la energía fotovoltaica en la satisfacción de los consumidores?

¿Cómo influye la satisfacción de los consumidores de la energía fotovoltaica en la intención de la adquisición de esa tecnología?

1.2.3. Hipótesis de investigación

H1: Las variables extrínsecas e intrínsecas de la actitud, calidad y satisfacción influyen directamente en la decisión de adoptar la energía solar fotovoltaica.

H2: La calidad percibida de la energía fotovoltaica aumenta al ser más positiva la actitud general del consumidor hacia ésta.

H3: La satisfacción que experimenta un consumidor con el uso de la energía fotovoltaica aumenta a medida que la calidad que percibe de la misma sea mayor.

H4: La intención de adquisición de la energía solar fotovoltaica será mayor a medida que la satisfacción del consumidor de esa tecnología se incremente.

1.3. Estructura de la tesis

La tesis se compone de siete capítulos que abordan el contenido de la investigación. En el primer capítulo se presenta la introducción del tema, contempla el planteamiento del problema, las preguntas de investigación, objetivos e hipótesis. En el segundo se aborda el marco teórico, con los principales conceptos y teorías utilizadas en el desarrollo de este trabajo: efecto fotovoltaico, energía fotovoltaica, adopción de una tecnología, actitud, calidad y satisfacción como factores para la decisión de compra. En el tercero se presenta el marco de referencia, se toca el tema de la participación de la energía fotovoltaica en la agricultura mexicana, el estado del arte en los aspectos de actitud, calidad y satisfacción como elementos de decisión de compra. En el capítulo cuarto se dan a conocer los materiales necesarios y el método llevado a cabo para el cumplimiento de los objetivos de la investigación. En el quinto se muestran los resultados de la investigación, obtenidos durante la fase de campo. En el sexto se analizan los resultados con herramientas de estadística inferencial, específicamente, análisis correlacional, clúster jerárquico y canónico discriminante. En el capítulo séptimo se exponen las conclusiones de este trabajo de investigación y, finalmente, se menciona la bibliografía consultada (Figura 1).

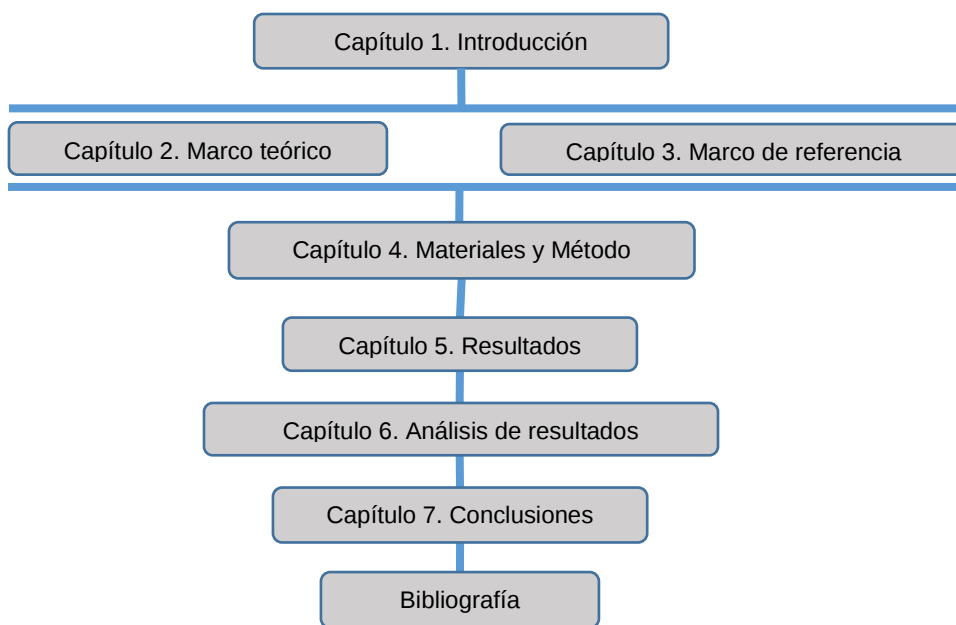


Figura 1. Estructura de la tesis

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Energías convencionales y renovables

De acuerdo con García, Corredor, Calderón y Gómez (2013), cuando se habla de fuentes convencionales con frecuencia se asocia a recursos no renovables. Esto es verdad para los combustibles fósiles y el uranio empleado en la energía nuclear: son recursos naturales que tomaron miles de años en formarse y que son finitos, por ello no pueden regenerarse en un periodo de tiempo racional respecto a la tasa de uso que de ellos hace la humanidad.

La generación hidroeléctrica es considerada con una fuente convencional, dado su desarrollo de más de 100 años y su participación como fuente de generación eléctrica en el mundo. Sin embargo, dado que el agua es un recurso renovable, no hay un consenso sobre si la generación eléctrica a partir de agua es renovable o no. No obstante, hay que considerar que el agua es un recurso vital para la vida humana, por lo que el crecimiento de la población y la necesidad de abastecimiento de agua potable ocasionó una alta demanda por un recurso limitado y adicionalmente con disponibilidad desigual en el planeta. Por ello, cuando se trata el tema de generación eléctrica a partir del agua se hace mucho énfasis en la capacidad de las instalaciones, al considerar que las grandes centrales hidroeléctricas son generadoras de mayores impactos en el medio ambiente.

Como menciona García et al. (2013), las fuentes renovables son aquellas fuentes primarias inagotables o con capacidad de regeneración en un periodo de tiempo inferior al de su uso. En general, todas las fuentes provenientes directa o indirectamente del sol son consideradas renovables. Adicionalmente, se clasifican como fuentes renovables el calor proveniente de la tierra y las mareas ocasionadas por la atracción gravitacional entre la Tierra y la Luna.

Algunos de los principales inconvenientes de la explotación a gran escala de las energías renovables o en cantidades suficientes para desplazar energías convencionales radican en que su disponibilidad está sujeta a la geografía: recursos

como el viento, el agua o el sol tienen altos potenciales de explotación en sitios específicos. Existe además una gran variabilidad en el recurso, esto es particularmente cierto para la energía eólica, solar e hidráulica sin embalse, cuya capacidad de generación está asociada directamente a la disponibilidad del recurso y puede presentar grandes variaciones de una hora a otra, o entre el día y la noche. Otra barrera, es la dificultad o imposibilidad en el transporte. A diferencia de los combustibles fósiles estos recursos deben ser utilizados y transformados en electricidad en el punto donde existen, y sólo así pueden ser transportados.

Por estas razones, en los actuales sistemas de generación eléctrica, con grandes plantas de generación asociadas a sistemas centralizados con picos de consumo muy altos, no es fácil lograr una alta participación de energía renovable, lo que se suma al hecho de que algunas de las tecnologías renovables siguen teniendo costos de inversión altos y que muchos de los sistemas eléctricos funcionan en mercados competitivos. Esta penetración será mucho más lenta, sobre todo si no se toman en cuenta, cada vez más, las externalidades para la determinación real de los costos, ya que es precisamente en este aspecto donde las energías renovables pueden tener una ventaja competitiva frente a los combustibles fósiles (Mohtasham, 2015).

2.2. Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica (EFV), también llamada energía fotovoltaica o fotoeléctrica, consiste en la conversión directa de la radiación del sol en electricidad. Esta conversión se realiza a través de la célula solar, unidad básica en la que se produce el efecto fotovoltaico (González, Jiménez, y Lagunas, 2003).

La energía solar es el recurso renovable más abundante de nuestro planeta. A pesar de esta abundancia, solo el 0,04% de la energía básica utilizada por los humanos proviene directamente de fuentes solares porque el uso de un panel fotovoltaico (PV) cuesta más que la quema de combustibles fósiles (Mohtasham, 2015).

Una de las principales características de los generadores fotovoltaicos que los diferencia de otras fuentes de energía renovable es que únicamente producen

electricidad cuando reciben la luz del sol (irradiancia solar), y además la cantidad de energía que generan es directamente proporcional a la irradiancia solar que incide sobre su superficie (Merino, 2012).

2.2.1. Sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos (SFV) son plantas generadoras de energía eléctrica por medio de la radiación proveniente de los rayos del sol. Consisten en la integración de varios componentes, cada uno de ellos cumpliendo con una o más funciones específicas, a fin de que éste pueda suplir la demanda de energía eléctrica impuesta por el tipo de carga, usando como combustible la energía solar (García et al., 2013).

2.2.2. Paneles fotovoltaicos

Al grupo de células fotoeléctricas o celdas fotovoltaicas se le conoce como panel fotovoltaico. Los paneles fotovoltaicos consisten en una red de células conectadas como circuito en serie para aumentar la tensión de salida hasta el valor deseado (usualmente se utilizan 12V a 36V) a la vez que se conectan varias redes como circuito paralelo para aumentar la corriente eléctrica que es capaz de proporcionar el dispositivo (García et al., 2013).

La eficiencia de conversión media obtenida por las células disponibles comercialmente (producidas a partir de silicio monocristalino o policristalino) está alrededor del 16%. La vida útil media a máximo rendimiento se sitúa en torno a los 25 años, período a partir del cual la potencia entregada disminuye. El tipo de corriente eléctrica que proporcionan es corriente continua, por lo que si se requiere corriente alterna o aumentar su tensión, se tendrá que añadir un inversor o un convertidor de potencia (Mohtasham, 2015)

2.2.3. Sistema aislado de la red

Una instalación solar fotovoltaica aislada es un sistema de generación de corriente sin conexión a la red eléctrica que proporciona al propietario energía procedente de la luz del sol. Normalmente, requiere el almacenamiento de la energía fotovoltaica generada

en acumuladores solares o baterías y permite utilizarla durante las 24 horas del día. Un sistema fotovoltaico completo, con gran capacidad de acumulación, puede garantizar un suministro fiable de hasta tres días con ausencia de sol (Fernández, 2008).

En un sistema aislado realizado en corriente alterna se utiliza un inversor fotovoltaico convencional para inyectar corriente a la red eléctrica. Este sistema fotovoltaico normalmente está compuesto por paneles solares, regulador de carga, acumuladores solares, inversor fotovoltaico, etc.

Estas instalaciones fotovoltaicas aisladas son ideales en regiones donde la conexión a la red eléctrica no es posible, o no está prevista debido a los altos costes de desarrollo de la construcción de los sistemas eléctricos de la línea, especialmente en las zonas rurales remotas.

Las aplicaciones más comunes para este tipo de sistemas fotovoltaicos son:

- a. Electrificación de viviendas y edificios
- b. Alumbrado público
- c. Aplicaciones agropecuarias
- d. Bombeo y tratamiento de agua
- e. Señalización de carreteras u obras
- f. Sistemas de medición o telecontrol aislado

2.2.4. Sistema interconectado a la red

Un Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red (SFCR) es un sistema cuya función es producir energía eléctrica en condiciones adecuadas para poder ser inyectada en la red convencional. La energía producida por este sistema será consumida parcial o totalmente en las cercanías, y la energía sobrante será inyectada en la red para su distribución a otros puntos de consumo (Perpiñan, 2012).

Un sistema conectado a red se compone fundamentalmente de los módulos fotovoltaicos que integran al generador fotovoltaico, el inversor que convierte la

corriente continua de los paneles a alterna y la inyectada en la red y, por último, el contador de energía inyectada a la red (Energía solar fotovoltaica, 2002).

Los sistemas conectados a la red, normalmente no tiene sistema de acumulación, ya que la energía producida durante las horas de insolación es canalizada a la red eléctrica; al contrario, durante las horas de insolación escasa o nula, la carga viene alimentada por la red (Fernández, 2008).

Las instalaciones conectadas a red representan hasta el 89% de la potencia instalada en el mundo y constituyen, por tanto, el motor de desarrollo del sector y la vía de implantación en el sistema energético de los países desarrollados que verán así aumentar su seguridad energética y reducir el impacto ambiental (IRENA, 2017).

2.2.5. Sistema mixto

Un sistema fotovoltaico solar mixto o híbrido es una combinación de la tecnología de la energía solar y la Red Eléctrica para integrar de la mejor forma ambas fuentes de energía.

Si la energía producida a través de generadores fotovoltaicos es suficiente para el consumo de los hogares, el inversor utiliza la energía fotovoltaica y carga los excedentes a la batería. Del mismo modo, si el consumo es superior a la energía fotovoltaica, el inversor tomará la energía que le falta de la red pública (Energías Inteligentes, 2017).

De esta manera, la implementación de este sistema es viable, tanto funcional como económicamente. Al estar interconectado se está inyectando el excedente de energía producido, reduciendo el gasto mensual e incluso eliminando este cargo si se llega a superar el consumo eléctrico de las instalaciones, además se tiene un sistema de respaldo ante cualquier fallo en la red eléctrica.

2.3. Adopción de la energía fotovoltaica

Diversos investigadores se han interesado desde hace mucho tiempo en los factores que gobiernan los patrones de difusión de las nuevas tecnologías. De esos

investigadores destaca Everett Rogers por su exploración en las características de la difusión de la tecnología y el papel de las políticas, los factores económicos y las interacciones sociales para influir en la difusión de productos nuevos.

A pesar del rápido desarrollo y madurez de la tecnología durante los últimos años, la adopción de SFV todavía enfrenta varias barreras. La amplia adopción de los SFV, ya sea como sustitutos de otros sistemas de generación de energía eléctrica, en áreas urbanas o para electrificación rural, es un proceso desafiante (Karakaya & Sriwannawit, 2015).

Las características de las innovaciones, según la percepción de los usuarios, ayudan a explicar su particular tasa de adopción. (Rogers, 1971) explica que se requiere de un esquema de clasificación estandarizado para describir los atributos percibidos de una innovación en términos universales, para ello propone cinco atributos. Se incluye el atributo accesibilidad para medir la percepción de la inversión económica.

Ventaja relativa. Es el grado de superioridad percibido en la innovación a promover respecto de la innovación que desplaza o sustituye. Puede medirse en términos económicos, prestigio social, conveniencia y satisfacción. Cuanto mayor sea la ventaja relativa percibida, tanto más rápida será su adopción.

Compatibilidad. Es el grado percibido de consistencia entre la innovación y el sistema de producción existente, las experiencias anteriores y las necesidades de los adoptantes potenciales.

Complejidad. Es el grado percibido de dificultad en la comprensión y el uso de una innovación. Cuando el aprendizaje adicional requerido del adoptante sea pequeño, las innovaciones nuevas podrán adoptarse más rápidamente.

Experimentabilidad. Es el grado en el cual puede ensayarse (o experimentarse) una innovación. Será más rápida la adquisición de innovaciones que puedan probarse por partes en comparación con las tecnologías nuevas indivisibles; una innovación experimentable representa menos riesgo para el productor que pretende adoptarla.

Observabilidad. Es el grado de visibilidad de los resultados de una innovación para los otros. Cuanto más fácil sea para los productores ver los resultados de una innovación, tanto mayor será la probabilidad de adoptarla.

Accesibilidad. Es la magnitud de inversión adicional requerida para su adquisición. Cuanto menor sea la inversión requerida, mayor será la adopción.

2.4. Factores que influyen en la adquisición

Diversos autores afirman que existen pautas en el mercado que influyen en el comportamiento de compra de productos y servicios (Moser, 2015; Hessami y Yousefi, 2013; Vazifehdoust, Taleghani, Esmaeilpour, Nazari y Khadang, 2013; Jeffrey y Hodge, 2007). El estudio de estos factores puede resultar de gran interés para los productores porque podrían adaptarse a las necesidades de los consumidores.

El análisis de las actitudes ganó mucho espacio en la psicología social. Aún en la actualidad es motivo de múltiples estudios de índole empírica y estudios teóricos. El mayor interés desatado es debido a que se considera que las actitudes, producto de un proceso de socialización, influyen o condicionan fuertemente las distintas respuestas a los diversos estímulos que un individuo recibe de personas, grupos, objetos o situaciones sociales (Ortega, 1986). Bajo este supuesto, si se conoce la actitud de una persona hacia determinados objetos, ésta podría controlarse, inferirse y, aún, modificarse.

Se ha aceptado entonces, que la actitud es la predisposición aprendida a responder de forma consistentemente favorable o desfavorable con respecto a un objeto determinado (Ajzen y Fishbein, 1980). Se divide a la actitud en tres componentes: cognitivo, afectivo y comportamental. El primero de ellos se refiere a las creencias, asociaciones o vínculos que la persona establece entre el objeto y varios atributos (Ajzen y Fishbein, 1980), el segundo consiste en sentimientos, estados de ánimo, emociones y actividad nerviosa que la persona experimenta en relación al objeto. Por último, el tercer componente consiste en las acciones que la persona desarrolla respecto al objeto (Eagly y Chaiken, 1993).

Con respecto a los tres componentes, se desarrolla un aprendizaje cognitivo cuando una persona adquiere información de forma directa o indirecta de un objeto, formándose una creencia al respecto. Las experiencias emocionales o afectivas suelen ser defendidas por varios autores como la principal base de preferencias de las personas. Finalmente, se han realizado estudios de las actitudes derivadas del comportamiento pasado (Sanzo, del Río, Iglesias y Vázquez, 2001). Al respecto, Westbrook (1987) realizó estudios de las respuestas efectivas basadas en el producto, consumo y procesos posteriores a la compra.

Sanzo et al. (2003) establecen la formación de la percepción de la calidad como un proceso de dos etapas. En la primera, los consumidores eligen los atributos de calidad del producto de un conjunto de características que posee un producto determinado. En la segunda, los consumidores integran sus valoraciones de esos atributos individuales en un juicio global de la calidad del producto. Para ello, establecen una dimensión dicotómica intrínseca-extrínseca como variables relativas a distintas situaciones de compra. Se entiende por calidad a *“la valoración global o multidimensional que realiza el consumidor del producto que le reportará unas expectativas, en base a ciertos atributos condicionantes en su elección, que diferirá de la evaluación realizada por otro consumidor considerando el momento situacional, el tipo de producto y el perfil socio-demográfico que le caracteriza”* (Sulé, 1998).

Las variables intrínsecas son aquellos atributos que no pueden ser cambiados o manipulados experimentalmente sin modificar al mismo tiempo las características propias del propio producto. Para la energía fotovoltaica se considerarán valores intrínsecos a la capacidad de generación, imagen, producción de energía, impacto ecológico y experiencia con el producto.

Las variables extrínsecas son aquellos atributos que se relacionan con el producto, pero no forman parte del producto físico, por ejemplo, marca, procedencia, leyes que la permiten y la fomentan, costos de producción, mantenimiento.

Sanzo et al. (2001) mencionan que es importante conocer los atributos de naturaleza central como los de naturaleza periférica de un producto para conocer su influencia en el comportamiento del consumidor. Los componentes centrales son intrínsecos al

producto e incrementan su utilidad por encima de su función básica, mientras que los periféricos o extrínsecos son la calidad o el compromiso medioambiental, entre otros.

En el proceso de adquisición de productos o servicios es importante considerar la utilidad o satisfacción que proporcionan al consumidor (Kotler y Keller, 2012). Por ello es fundamental conocer los beneficios o utilidades que el consumidor atribuye al producto. Se distinguen tres tipos de beneficios: funcionales, sensoriales y simbólicos. Los beneficios funcionales están relacionados con el grado en que el producto cumple satisfactoriamente su función básica, los beneficios sensoriales se refieren a la experimentación de sensaciones positivas, finalmente, los beneficios simbólicos tienen relación con la posibilidad de que la compra y consumo de un producto supongan para el individuo una forma de expresar sus valores y estilo de vida hacia las personas de su entorno social, al mismo tiempo que fortalece y enriquece la imagen que tiene de sí mismo.

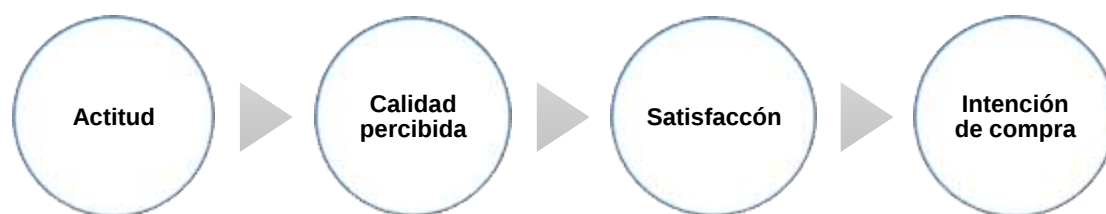


Figura 2. Factores que determinan la intención de compra de un producto

Fuente: Elaboración propia, con datos de Sanzo et al. (2003)

La actitud de un consumidor hacia algún tipo de producto puede determinar el nivel de satisfacción que éste alcanza en una situación específica de consumo de ese producto. Esto puede deberse a un doble efecto: primero, una relación directa de las actitudes con las percepciones de calidad que el consumidor tiene del producto; segundo, un efecto moderador de las actitudes en la relación casual percibida calidad-satisfacción.

CAPÍTULO 3. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Consumo de energía eléctrica en México

En México, la compañía suministradora de energía eléctrica es la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Según la CFE (2015) la capacidad de generación de energía eléctrica fue de 68,517 MW, tomando en cuenta la definición de García et al. (2013). La generación de las termoeléctricas, carboeléctricas y nucleares agrupa el 75% de la energía producida por fuentes denominadas convencionales. Por otro lado, la generada por fuentes renovables, como las hidroeléctricas, geotermoeléctricas, eoloeléctricas y fotoeléctricas, suma el 25% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Capacidad de generación de energía eléctrica en México en 2015 en MW

Tipo de producción	2015
Independientes	12,953
Termoeléctricas	34,907
Carboeléctricas	5,378
Nucleares	1,608
Hidroeléctricas	12,092
Geotermoeléctricas	874
Eoloeléctricas	699
Fotoeléctricas	6
Total	68,517

Fuente: CFE (2015)

3.2. Impacto ambiental por la generación de electricidad

Merino (2012) desarrolló un estudio para determinar el impacto ambiental que causan las diferentes formas de producción de electricidad, en el Cuadro 2 se puede notar que las fuentes convencionales (carbón, gas natural, geotérmica y nuclear) son las que más emisiones contaminantes causan, relacionadas directamente con el impacto

ambiental, mientras que las fuentes renovables (biomasa, eólica, hidráulica, fotovoltaica y solar térmica) son las que menos impacto ambiental implican. En especial, la EFV es la segunda menor contaminante, tan sólo detrás de la solar térmica.

Cuadro 2. Impacto ambiental de las diferentes formas de producción de electricidad. En toneladas por GWh producido

Fuente	CO2	NOX	SO2	Partículas sólidas en suspensión	CO	Hidrocar buros	Residuos nucleares	TOTAL
Carbón	1058.2	2.986	2.971	1.626	0.267	0.102	-	1066.152
Gas natural	824.0	0.251	0.336	1.176	TR*	TR	-	825.763
Geotérmica	56.8	TR	TR	TR	TR	TR	-	56.800
Nuclear	8.6	0.034	0.029	0.003	0.018	0.001	3.641	12.326
Biomasa	0	0.614	0.154	0.512	11.361	0.768	-	13.409
Eólica	7.4	TR	TR	TR	TR	TR	-	7.400
Hidráulica	6.6	TR	TR	TR	TR	TR	-	6.600
Fotovoltaica	5.9	0.008	0.023	0.017	0.003	0.002	-	5.953
Solar térmica	3.6	TR	TR	TR	TR	TR	-	3.600

TR - Trazas

Fuente: Merino (2012)

De acuerdo con Anil, Saygin, Miketa, Gielen, and Nicholas (2016), las emisiones mundiales anuales de CO2 relacionada con la generación de energía eléctrica fue de 30 y 35 gigatoneladas (Gt) durante 2010 y 2014, respectivamente. Dicha tendencia significa que para 2030 se generarán 42 Gt. Señalan que para disminuir las emisiones de CO2 a poco menos de la mitad se requiere la puesta en marcha de algún tipo de energía renovable combinada con equipos de mayor eficiencia.

3.3. Energía fotovoltaica en México

Según la Secretaría de Energía de México, las primeras instalaciones solares fotovoltaicas en México se utilizaron principalmente para electrificación rural, suministro de energía en el sector residencial, bombeo de agua e iluminación exterior

en los sectores comercial e industrial (SENER, 2015). El año 2013 se alcanzó el mayor crecimiento en la capacidad solar, hasta 82 MW, en gran parte debido al primer proyecto de energía solar a gran escala, Aura solar I de 39 MW (Mundo et al., 2014).

En México, la capacidad instalada de paneles fotovoltaicos tuvo una TMCA de 36.3%, pasando de 17.6 MW en 2006 a 388.6 MW en 2016 lo que representó 0.004% de la generación eléctrica nacional total (Domínguez y Geyer, 2017). La generación de energía eléctrica con energía solar creció a un ritmo de 27.1%, como se muestra en la Figura 3.

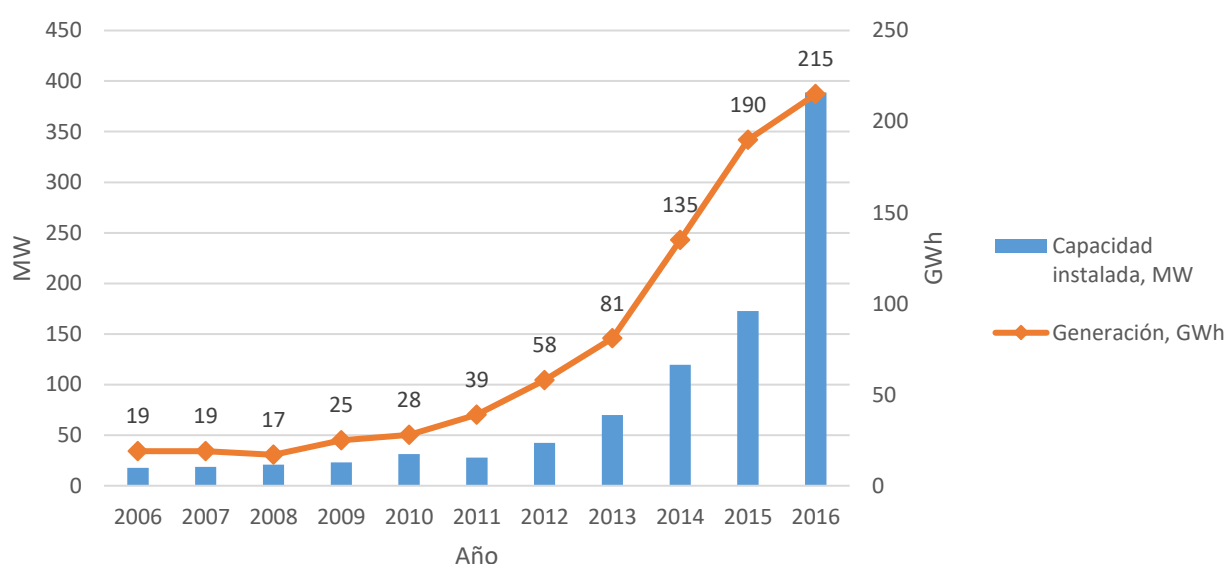


Figura 3. Capacidad instalada en energía fotovoltaica en México

Fuente: SENER (2017)

Con base en información de la Encuesta Intercensal 2015 había 31,9 millones de viviendas habitadas, de las cuales 6,9 millones se clasificaron como viviendas rurales (poblaciones menores de 2,500 habitantes) y 25 millones fueron viviendas en zona urbana. De la información de esta encuesta intercensal se sabe que solo el 0.005% de las viviendas en México cuentan con paneles fotovoltaicos (Rosas, Zenón y Morillón, 2019).

Se percibe un leve incremento de la utilización de la energía solar fotovoltaica en el ámbito agrícola (CFE, 2015), particularmente en los sistemas de baja y mediana

escala. La Figura 4 ,presenta el porcentaje por sector de la capacidad instalada de paneles fotovoltaicos en México en 2016. De manera empírica, se sabe que los sistemas fotovoltaicos en la agricultura se utilizan principalmente para energizar invernaderos, plantas lecheras, cercos pecuarios y, más recientemente, para bombeo agrícola con mucho éxito, aunque no se cuenta con un inventario.

Se tienen investigaciones para determinar el potencial de los sistemas FV en la agricultura de México (Cota, Foster, Ross, Montúfar y Paredes (2004); Steigelmann y Neyeloff (1981); Hanley et al. (2001)). En general se coincide en que en la agricultura mexicana existe un gran potencial para la difusión de la energía FV, pero hasta ahora no se ha explorado al interior de la tecnología para diagnosticar las barreras existentes que limitan su expansión.

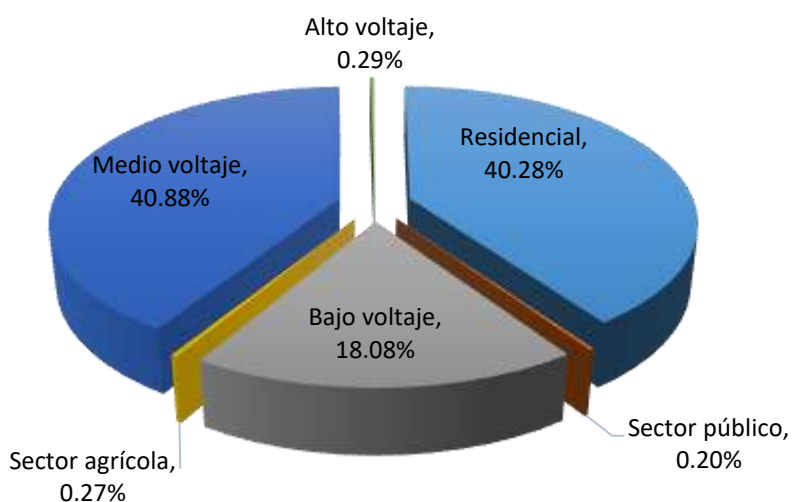


Figura 4. Porcentaje por sector de la capacidad instalada de paneles fotovoltaicos en México en 2016

Fuente: Rosas et al. (2019)

3.4. Factores de la actitud, calidad y satisfacción

Como consecuencia de las definiciones de Sanzo et al. (2003) con respecto a la actitud, calidad y satisfacción, se realizó una revisión bibliográfica para obtener el estado del arte en cada rubro.

3.4.1. Factores de la actitud en la energía fotovoltaica

Internacionalmente se percibe a México con un gran potencial solar fotovoltaico (Mundo et al., 2014), al ubicarse geográficamente entre los 14° y 33° de latitud septentrional, con una radiación diaria superior a 4.4 kWh/m² y en algunos sitios hasta 6 kWh/m², lo que hace que cuente con condiciones favorables para explotar la tecnología fotovoltaica (SENER, 2015)

Como señalan Copeland, Black y Garret (1941), el efecto fotovoltaico fue descubierto desde 1839, y se define como la producción o cambio de potencial entre dos electrodos separados por un electrolito u otra sustancia cuando los electrodos son iluminados asimétricamente. Por difícil que parezca, el desconocimiento de los sistemas fotovoltaicos podría ser una de las barreras más importantes, pues muchas personas no los conocen lo suficiente como para decidir si adoptar uno o no. Rebane y Barham (2011) indican que los habitantes rurales en Nicaragua poseen poca información de los sistemas FV, lo que sin duda es una limitante para su adopción. De acuerdo con (Müller y Rode, 2013), sólo uno por ciento de los posibles usuarios potenciales han adoptado la energía FV.

Karakaya y Sriwannawit (2015) sugieren que cada vez más las energías renovables en general y la fotovoltaica en particular, se han vuelto más competitivas en comparación con las convencionales.

A pesar de que hay publicaciones limitadas, Kamenopoulos y Tsoutsos (2015) aseguran que los peligros naturales, los provocados por el hombre y los peligros tecnológicos medidos durante la instalación, operación y mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos, no van más allá de los estadísticamente causados en la energía convencional.

Con base en lo señalado, se establecieron los siguientes ítems para medir la actitud de los usuarios:

1. La energía del sol se puede utilizar para generar electricidad
2. México tiene una excelente ubicación para utilizar la energía solar
3. He escuchado de la energía solar fotovoltaica

4. He utilizado la energía solar fotovoltaica
5. La energía solar fotovoltaica es amigable con el medio ambiente
6. La energía solar fotovoltaica es segura de utilizar
7. La energía solar fotovoltaica es una alternativa para sustituir a la energía eléctrica convencional
8. En México está permitido el uso de la energía solar fotovoltaica
9. En México se fomenta el uso de la energía solar fotovoltaica

3.4.2. Factores de la calidad que inciden en la adquisición de la energía fotovoltaica en la agricultura

Zahedi (2006) señala que la energía FV genera electricidad sin contaminación, pero Merino (2012) clasifica las principales tecnologías generadoras de electricidad por el impacto ambiental que provocan, y ubica a la solar fotovoltaica como la segunda menos contaminante, tan sólo después de la solar térmica. Abdul-Wahab, Charabi, Al-mahruqi y Osman (2019) defienden a la energía FV como la más importante y abundante en el mundo, capaz de hacer ahorrar una cantidad considerable de contaminantes, que eventualmente dañarán el medio ambiente.

De acuerdo con Racine (2011), el esquema de precios competitivos con la energía convencional puede favorecer que la fotovoltaica tenga mejores oportunidades de penetración en el mercado.

Sánchez, Vidal y Pastor (2018) establecieron una metodología para medir el impacto estético que causaban los sistemas FV, y concluyeron que en pequeña escala no causan ningún efecto, no así en plantas de gran escala, así mismo, en el estudio realizado por Merino (2012) señala que los sistemas FV no generan radiación.

Como lo aseguran Miranda (2016), Khalil, Rajab y Asheibi (2019), Valdés, Rodríguez, Miranda y Lillo (2020) la inversión inicial de un sistema FV es rentable, con un tiempo de recuperación pequeño, lo que coincide con los resultados obtenidos.

Después del análisis del impacto de las perturbaciones de un sistema fotovoltaico conectado a la red de 20 kW, Gallo, Landi y Luiso (2012) realizaron un estudio

preliminar sobre la construcción de un método para comprender y explorar mejor la naturaleza de los patrones de generación de electricidad de las plantas fotovoltaicas, concluyendo que la calidad de la electricidad generada por los sistemas FV, de acuerdo con el código de red (Villarreal y Molina, 2020), debe ser igual a la convencional.

Ravikumar, Sinha, Seager y Fraser (2016) señalan que el rápido crecimiento de los sistemas FV en el planeta pronto dará como resultado una base instalada masiva de módulos que se espera que lleguen al final de su vida útil después de veinte o treinta años de funcionamiento. Si bien es probable que las tecnologías de reciclaje existentes estén disponibles para el acero, el cobre, el aluminio y otros materiales básicos, estos aún no se han tenido en cuenta en los estudios que evalúan los impactos ambientales del reciclaje de los materiales para la energía FV. Adicionalmente, la falta de investigación que identifique estrategias para mejorar la recuperación de semiconductores y otros materiales del módulo, y desarrollar una infraestructura de reciclaje para minimizar la energía requerida para transportar estos materiales presentan una nueva área de problemas. Domínguez y Geyer (2017) establecen que para el 2045 México tendrá 1.2 millones de toneladas de residuos fotovoltaicos, de las cuales 691 mil toneladas serán módulos fotovoltaicos. Es importante entonces elaborar un plan de reciclaje de las cantidades futuras de residuos fotovoltaicos, porque el reciclaje tiene además grandes beneficios.

Bajo el contexto anterior, se formularon los siguientes ítems para medir la calidad:

1. La emisión de CO₂ de los sistemas fotovoltaicos en funcionamiento es baja o inexistente
2. La contaminación al medio ambiente durante el uso de los sistemas fotovoltaicos es baja o inexistente
3. La radiación generada al usar los paneles es baja o inexistente
4. El bajo costo de producción de la energía solar fotovoltaica fomenta su uso
5. El costo de la inversión inicial no es una limitante para su adquisición
6. No hay afectación a la imagen de su negocio o sistema de producción
7. El desperdicio de material, después de cubrir la vida útil del sistema, afecta al medio ambiente

8. La calidad de la electricidad generada por los paneles fotovoltaicos es igual a la convencional
9. La energía solar fotovoltaica es más barata que la convencional

3.4.3. Factores de la satisfacción que inciden en la adquisición de la energía fotovoltaica en la agricultura

De acuerdo con un estudio realizado por Komatsu, Kaneko, Pratim y Morinaga (2013), una mayor satisfacción del usuario puede contribuir a una expansión de la cobertura de los SFV a largo plazo.

Keirstead (2007) indica que la generación de electricidad se ha convertido recientemente en una notable adición a los debates de los sistemas FV, transformándose en un tema de estudio en el comportamiento de los usuarios. Después del uso de la energía FV los cambios sociales en el usuario se han manifestado en usuarios más activos, con mayor participación en políticas sociales, en el que la autogeneración de la electricidad es más importante que los aspectos ambientales (Sommerfeld, Buys, & Vine, 2017). Otro de los cambios posteriores al uso de los sistemas FV, es la predisposición de usuarios activos en recomendar su difusión (Sommerfeld et al., 2017).

Komatsu et al. (2013) indican que el ahorro de energía y otros beneficios de los que disfrutaban los hogares que disponen de SFV, proporcionan información valiosa para comprender mejor los beneficios de la electrificación rural exitosa basada en sistemas fotovoltaicos solares.

Además de proporcionar energía renovable, estas tecnologías podrían fomentar cambios en el consumo de energía de los hogares. Este efecto de "doble dividendo" que utilizó hogares fotovoltaicos en el Reino Unido, demuestra que la instalación de energía fotovoltaica alentó a los hogares a reducir su consumo total de electricidad en aproximadamente un 6%, y cambiar la demanda a los momentos de máxima generación (Keirstead, 2007).

Durante los últimos 20 años, el índice de rendimiento promedio estadístico de una nueva instalación fotovoltaica ha mejorado notablemente. Entre otras causas, esta mejora se debe a una clasificación más precisa del módulo, un mejor diseño e instalación, y componentes más confiables junto con tiempos de reparación más cortos (Woyte et al., 2016). A ello debemos añadir que se generaron mecanismos de innovación en materiales, equipos, instrumentos, capacitación, etc. que permiten disminuir costos y ampliar las coberturas de la nueva tecnología.

Con base en el análisis de estas investigaciones, se desarrollaron los ítems para medir la satisfacción de los usuarios:

1. Prefiero usar la energía solar fotovoltaica que la energía eléctrica convencional que ofrece CFE
2. Estoy satisfecho con el uso de la energía solar fotovoltaica
3. Estoy feliz con la persona que me vendió el sistema que me provee de energía solar fotovoltaica
4. Estoy convencido de recomendar a otras personas el uso de la energía solar fotovoltaica
5. Desde que instalé el sistema fotovoltaico he ahorrado en el costo por energía eléctrica
6. Estoy feliz de contribuir con la disminución del deterioro ambiental
7. Me siento importante al colaborar con la generación de electricidad de mi país

La formación de los ítems para medir la actitud, como el conocimiento adquirido por los usuarios con respecto a la energía FV, la actitud como la valoración de los atributos que tiene la EFV y la satisfacción como la percepción de los beneficios que se pueden obtener durante el uso de los SFV, permitió establecer el instrumento de recolección de información para trabajo de campo.

CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODO

4.1. Instrumento de colecta de información

Para medir la actitud, calidad y satisfacción del usuario ante el uso de la energía solar fotovoltaica, se diseñó una encuesta semiestructurada dividida en cinco secciones. La primera sección se utilizó para identificar a la persona entrevistada, con la siguiente información.

1. Nombre
2. Edad
3. Género
4. Escolaridad
5. Estado Civil
6. Tipo de sistema fotovoltaico que usa
7. Tamaño del sistema fotovoltaico que usa

La segunda sección se empleó para medir la actitud que tienen los entrevistados con respecto a la energía solar fotovoltaica. Se utilizaron las siguientes nueve afirmaciones y se les pidió a los entrevistados que su respuesta la emitieran en una escala Likert de cinco puntos, donde 1 significó estar totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo.

1. La energía del sol se puede utilizar para generar electricidad
2. México tiene una excelente ubicación para utilizar la energía solar
3. He escuchado de la energía solar fotovoltaica
4. He utilizado la energía solar fotovoltaica
5. La energía solar fotovoltaica es amigable con el medio ambiente
6. La energía solar fotovoltaica es segura de utilizar
7. La energía solar fotovoltaica es una alternativa para sustituir a la energía eléctrica convencional

8. En México está permitido el uso de la energía solar fotovoltaica
9. En México se fomenta el uso de la energía solar fotovoltaica

La tercera sección se utilizó para medir la calidad de la energía fotovoltaica percibida por el entrevistado. Se les pidió manifestar su punto de vista ante los siguientes nueve enunciados en una escala Likert de cinco puntos, donde 1 significó estar totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo.

1. La emisión de CO₂ de los sistemas fotovoltaicos en funcionamiento es baja o inexistente
2. La contaminación al medio ambiente durante el uso de los sistemas fotovoltaicos es baja o inexistente
3. La radiación generada al usar los paneles es baja o inexistente
4. El bajo costo de producción de la energía solar fotovoltaica fomenta su uso
5. El costo de la inversión inicial no es una limitante para su adquisición
6. No hay afectación a la imagen de su negocio o sistema de producción
7. El desperdicio de material, después de cubrir la vida útil del sistema, afecta al medio ambiente
8. La calidad de la electricidad generada por los paneles fotovoltaicos es igual a la convencional
9. La energía solar fotovoltaica es más barata que la convencional

En la cuarta sección se midió la satisfacción de los usuarios con el uso y consumo de la energía solar fotovoltaica. Se utilizaron siete preguntas en las que se pidió al entrevistado que contestaran en una escala Likert de cinco puntos, donde 1 manifestó estar totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo.

1. Prefiero usar la energía solar fotovoltaica que la energía eléctrica convencional que ofrece CFE
2. Estoy satisfecho con el uso de la energía solar fotovoltaica
3. Estoy feliz con la persona que me vendió el sistema que me provee de energía solar fotovoltaica
4. Estoy convencido de recomendar a otras personas el uso de la energía solar fotovoltaica
5. Desde que instalé el sistema fotovoltaico he ahorrado en el costo por energía eléctrica
6. Estoy feliz de contribuir con la disminución del deterioro ambiental
7. Me siento importante al colaborar con la generación de electricidad de mi país

La quinta sección contempló tres preguntas abiertas, realizadas para conocer el punto de vista autónomo de los usuarios, sin estar ligado a algún formato. Las preguntas realizadas fueron:

1. ¿Podría describir el impacto social que ha representado el uso de su sistema solar fotovoltaico?
2. Indique los principales obstáculos a los que se topó para instalar su sistema fotovoltaico
3. Adicional a las respuestas vertidas, ¿tiene algún comentario que ayude a complementar su experiencia con la energía solar fotovoltaica?

4.2. Delimitación espacial y temporal

La investigación se llevó a cabo en el municipio de Texcoco, Estado de México, ubicado en la región centro de la República Mexicana (Figura 5), durante los meses de noviembre a diciembre de 2019.

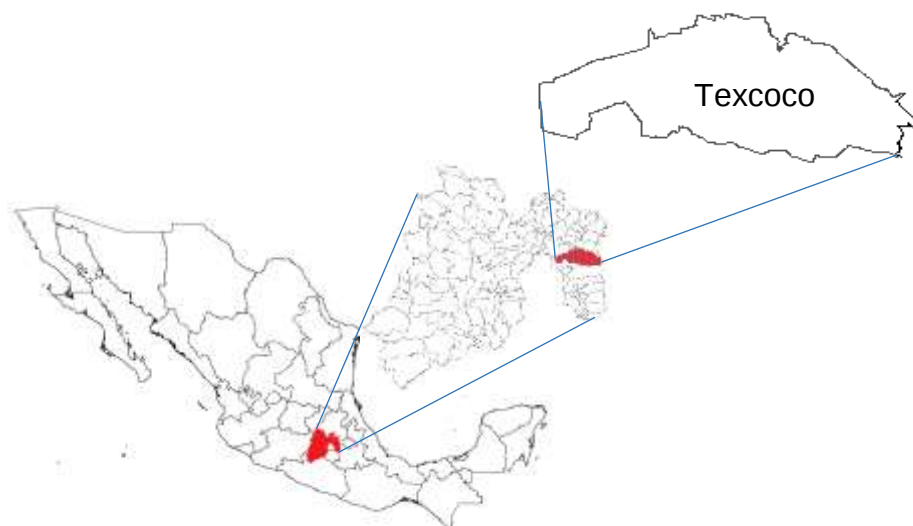


Figura 5. Ubicación del Municipio de Texcoco, Estado de México

Fuente: Elaboración propia

4.3. Sujetos de estudio

Para obtener el padrón de proveedores de servicios se consultó la página de la Asociación Nacional de Energía Solar, de la Asociación Mexicana de Energía Solar y por consultas en internet, obteniéndose un total de 8 proveedores en el Municipio de Texcoco. Posteriormente se les consultó para determinar el padrón de usuarios que habían adoptado sistemas de generación fotovoltaica, determinándose un total de 43 usuarios en el ámbito agrícola.

4.4. Muestreo

Se empleó un censo para entrevistar al 100% de los usuarios de energía fotovoltaica aplicada a la agricultura en el municipio de Texcoco, Estado de México, aunque sólo se pudo localizar a 39 usuarios.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

5.1. Caracterización de la energía fotovoltaica

Para evaluar los atributos de la energía solar fotovoltaica se realizó un foro de expertos en el tema, se consideró como experto a distribuidores o instaladores de la energía FV, personas con mucha experiencia en el tema. Se les expuso los criterios propuestos por Rogers (1971) y se añadió el criterio “oportunidad para la promoción” para indicar, desde el punto de vista de cada experto, las oportunidades que la energía solar fotovoltaica tiene para promocionarse en el país. Los valores que podrían proporcionar a la evaluación variaban en 3, en la que se consideraba al atributo con la calificación más alta, el 2 considerado como medio, el 1 bajo y el cero significa que el atributo no existe o es nula su presencia.

Después de consultar con instaladores y distribuidores de la energía solar fotovoltaica, se obtuvieron los resultados mencionados en el

Cuadro 3.

Cuadro 3. Evaluación de los atributos de la energía solar fotovoltaica

Criterio	*Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5	Exp. 6	Exp. 7	Exp. 8	Exp. 9	Promedio	Ideal
Ventaja relativa	3	2	3	3	3	3	2	2	3	2.7	3
Accesibilidad	2	3	2	3	1	2	1	2	2	2.0	1
Compatibilidad	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2.9	3
Complejidad	1	2	1	1	2	2	2	1	2	1.6	1
Experimentabilidad	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.0	3
Observabilidad	3	2	3	2	3	3	2	3	3	2.7	3
Oportunidad para la promoción	2	2	3	3	3	3	2	3	3	2.7	3

*Experto, se recurrió a distribuidores e instaladores de energía solar fotovoltaica

Fuente: elaboración propia con datos extraídos del foro de expertos

Con respecto a la ventaja relativa, los expertos coincidieron en señalar que es muy alta, basados en las ventajas que tiene la energía fotovoltaica en los aspectos económicos, ecológicos y técnicos, sobre las energías convencionales. Sólo algunos

de ellos mencionaron que en el aspecto social la energía fotovoltaica aún tiene una desventaja sobre las energías convencionales, pues existe una laguna legal que reduce esta ventaja. Ello lo podemos considerar como parte de que, en los procesos de innovación, la substitución de un paradigma tecnológico por otro, evidencia dificultades y adversidades promovidas por el que se podría considerar paradigma dominante.

La accesibilidad a la energía solar fotovoltaica depende del tamaño requerido. En sistemas fotovoltaicos grandes, la inversión es relativamente alta, pero con un plazo de recuperación muy corto. En cambio, en sistemas pequeños la inversión es también pequeña pero su período de recuperación es alto.

El grado percibido de dificultad en la compresión y aplicación de los sistemas fotovoltaicos, la mayoría de los expertos coincide en que no es muy complejo. Sin embargo, algunos expertos estuvieron de acuerdo en que, si bien no es muy complejo comprenderlo, para su aplicación como en toda innovación se requiere cierto grado de capacitación, sin la cual su funcionamiento estará encaminado al fracaso.

Los expertos coincidieron en que la experimentalidad de la energía fotovoltaica se encuentra en la escala más alta, pues se pueden realizar ensayos con un excelente índice de repetibilidad.

Los resultados de la energía solar fotovoltaica pueden observarse con mucha facilidad, pues basta con que el productor pueda constatar que las energías convencionales pueden ser sustituidas, aunque algunos expertos señalaron que para poder observar estos resultados se requiere equipo especializado al que no cualquier persona puede tener acceso, lo cual marca una diferencia en la capacidad de observación desde el punto de vista del productor contra el del experto.

5.2. Medición de la actitud, calidad y satisfacción

5.2.1. Descripción de la muestra

Se obtuvo un buen resultado de la aplicación de un cuestionario personal estructurado a una muestra de 39 productores agrícolas, usuarios de la energía solar fotovoltaica.

Aproximadamente, la mitad (49%) de los individuos entrevistados estuvo en el rango de edad de 26 a 35 años, más de tres cuartas partes (77%) eran hombres y más de tres cuartas partes (77%) tuvieron estudios de licenciatura. En cuanto al uso de los sistemas fotovoltaicos, más de la mitad (56%) usaba sistemas aislados, una tercera parte tenía sistemas interconectados y el 10% restante manifestó usar sistemas mixtos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Características de personas entrevistadas

Características	Descripción de la muestra	Total	Porcentaje
Edad	Entre 15 y 25 años	7	18%
	Entre 26 y 35 años	19	49%
	Entre 36 y 45 años	7	18%
	Entre 46 y 55 años	3	8%
	Mas de 56 años	3	8%
Género	Hombre	30	77%
	Mujer	9	23%
Escolaridad	Primaria	0	0%
	Secundaria	1	3%
	Preparatoria	4	10%
	Licenciatura	30	77%
	Posgrado	4	10%
Tipo de sistema utilizado	Aislado	22	56%
	Interconectado	13	33%
	Mixto	4	10%
Tamaño del sistema	De 0.1 a 1 kWh	16	41%
	De 1.1 a 4 kWh	14	36%
	Mayor de 4.1 kWh	9	23%

Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Actitud de los usuarios de la energía fotovoltaica

La actitud de los usuarios, en promedio, fue de 4.6, más tendiente a estar completamente de acuerdo con la escala Likert propuesta. En el

Cuadro 5, se muestran las preguntas aplicadas con el promedio individual, añadiendo la desviación estándar para tener una mejor idea de la dispersión de las respuestas.

Vale la pena resaltar al ítem Act09, en México se fomenta el uso de la energía SF, que tuvo un promedio más bajo que todas las demás (3.6 con desviación estándar de 1.05), pues para la mayoría de los individuos no está claro si existen políticas nacionales o locales de fomento a ésta.

En cambio, el ítem Act01, la energía del sol se puede utilizar para generar electricidad, obtuvo como promedio 5, sin desviación estándar, lo que indica que todos los individuos contestaron con el valor de 5 en esta pregunta. Este ítem no se considerará en análisis estadísticos posteriores, pues al no haber variaciones no se puede comparar con ningún otro.

Cuadro 5. Medición de la actitud de los usuarios de la energía fotovoltaica

Clave	Pregunta	Promedio (desviación estándar)
Act01	La energía del sol se puede utilizar para generar electricidad	5.0 ± (0.00)
Act02	México tiene una ubicación para utilizar la energía solar	4.9 ± (0.22)
Act03	He escuchado de la energía solar fotovoltaica	4.9 ± (0.16)
Act04	He utilizado la energía solar fotovoltaica	4.4 ± (1.08)
Act05	La energía solar fotovoltaica es amigable con el medio ambiente	4.9 ± (0.33)
Act06	La energía solar fotovoltaica es segura de utilizar	4.7 ± (0.55)
Act07	La energía solar fotovoltaica es una alternativa para sustituir a la energía eléctrica convencional	4.6 ± (0.84)
Act08	En México está permitido el uso de la energía solar fotovoltaica	4.7 ± (0.65)
Act09	En México se fomenta el uso de la energía solar fotovoltaica	3.6 ± (1.05)
Promedio		4.6 ± (0.25)

Fuente: elaboración propia con datos de la fase de campo

5.2.3. Calidad percibida por los usuarios de la energía fotovoltaica

La calidad percibida por los usuarios tuvo un promedio de 3.9, en la escala Likert de 1 a 5. En el Cuadro 6, se muestra el promedio de cada una de las respuestas, incluyendo la desviación estándar.

Podrá notarse que el ítem Cal07, el desperdicio de material después de cubrir la vida útil del sistema afecta el medio ambiente, es el que tuvo el menor promedio, pues para los usuarios no están claras las estrategias que se tomarán para reciclar el material de los equipos.

El ítem Cal05, el costo de la inversión inicial no es una limitante para su adquisición, resultó con el segundo menor promedio, lo que indica que para los usuarios no queda claro que la inversión inicial no sea tan baja.

El ítem Cal04, el bajo costo de producción de la energía solar fotovoltaica fomenta su uso, tuvo el tercer menor promedio. Los usuarios no pudieron estar totalmente de acuerdo en que el fomento de la EF se pueda dar a través de dar a conocer sus bajos costos de producción.

Cuadro 6. Medición de la calidad percibida por los usuarios de la energía fotovoltaica

Clave	Pregunta	Promedio (desviación estándar)
Cal01	La emisión de CO ₂ de los sistemas fotovoltaicos en funcionamiento es baja o inexistente	3.9 ± (1.33)
Cal02	La contaminación al medio ambiente durante el uso de los sistemas fotovoltaicos es baja o inexistente	4.1 ± (1.12)
Cal03	La radiación generada al usar los paneles es baja o inexistente	4.2 ± (1.08)
Cal04	El bajo costo de producción de la energía solar fotovoltaica fomenta su uso	3.7 ± (1.18)
Cal05	El costo de la inversión inicial no es una limitante para su adquisición	3.2 ± (1.14)
Cal06	No hay afectación a la imagen de su negocio o sistema de producción	4.1 ± (0.91)
Cal07	El desperdicio de material, después de cubrir la vida útil del sistema, afecta el medio ambiente	3.1 ± (1.09)
Cal08	La calidad de la electricidad generada por los paneles fotovoltaicos es igual a la convencional	4.3 ± (0.89)
Cal09	La energía solar fotovoltaica es más barata que la convencional	4.6 ± (0.59)
Promedio		3.9 ± (0.59)

Fuente: elaboración propia con datos de la fase de campo

5.2.4. Satisfacción percibida por los usuarios de la energía fotovoltaica

La satisfacción percibida por los usuarios tuvo un promedio de 4.7 en escala Likert de 1 a 5. De acuerdo con la escala indicada, el promedio fue más cercano al máximo indicado, completamente de acuerdo en la medición de las preguntas. En el Cuadro 7, se muestra el promedio de las respuestas, incluyendo la desviación estándar. Puede notarse que casi todas las respuestas tienen una desviación estándar pequeña, lo que indica que no hubo tanta variación en la valoración.

Cuadro 7. Medición de la satisfacción percibida por los usuarios de la energía fotovoltaica

Clave	Pregunta	Promedio (desviación estándar)
Sat01	Prefiero usar la energía solar fotovoltaica que la energía eléctrica convencional que ofrece CFE	4.7 ± (0.63)
Sat02	Estoy satisfecho con el uso de la energía solar fotovoltaica	4.8 ± (0.48)
Sat03	Estoy feliz con la persona que me vendió el sistema que me provee de energía solar fotovoltaica	4.4 ± (0.81)
Sat04	Estoy convencido de recomendar a otras personas el uso de la energía solar fotovoltaica	4.8 ± (0.53)
Sat05	Desde que instalé el sistema fotovoltaico he ahorrado en el costo por energía eléctrica	4.6 ± (0.67)
Sat06	Estoy feliz de contribuir con la disminución del deterioro ambiental	4.8 ± (0.55)
Sat07	Me siento importante al colaborar con la generación de electricidad de mi país	4.5 ± (0.81)
Promedio		4.7 ± (0.49)

Fuente: elaboración propia con datos de la fase de campo

5.2.5. Adquisición de la energía fotovoltaica

La decisión de adquisición de la EF estuvo medida por un solo ítem, y obtuvo como promedio 4.7, con una desviación estándar de 0.62, lo que indica que los usuarios estarían completamente de acuerdo en volver a adquirir la EFV.

5.2.6. Preguntas abiertas

Con respecto a la pregunta **¿Podría describir el impacto social que ha representado el uso de su sistema solar fotovoltaico?**, se tuvo el siguiente resultado.

Las opiniones que vertieron las personas encuestadas con respecto del impacto social percibido durante el uso del sistema solar fotovoltaico, se generó la nube de palabras mostrada en la Figura 6. Se tiene la percepción que los mayores beneficiados son las “personas”, quienes han compartido los beneficios de los “sistemas” fotovoltaicos con sus “vecinos”, haciéndoles ver que es un tipo de “energía” con un desempeño “bueno” para el “ambiente”, que su “uso” genera “ahorro” y “empleo”, además de que gradualmente va alcanzando mayor “aceptación”.



Figura 6. Nube de palabras respecto al impacto social percibido

Fuente: elaboración propia

Cuando se les pidió que **indicaran los principales obstáculos a los que se topó para instalar su sistema fotovoltaico**, el 75% respondió que el principal obstáculo fue de índole económica, mientras que el 21% indicó que los principales problemas fueron técnicos y sólo un 4% estableció que el principal obstáculo fue de tipo legal, como se muestra en la Figura 7.

CAPITULO 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. Actitud, calidad y satisfacción del usuario comparada por variables categóricas

De forma general, la actitud de los usuarios, la calidad percibida del producto y la satisfacción de los usuarios se esquematiza en la Figura 9. Se observa que la apreciación de la actitud, en azul, se encuentra entre 4.3 y 5, y recordar que la escala de Likert estableció al 5 como que el usuario estaba totalmente de acuerdo en los atributos de la energía fotovoltaica, lo que se puede explicar por los altos conocimientos que los usuarios tienen de la tecnología que están utilizando.

Con respecto a la calidad percibida del producto, en naranja, ésta se conformó desde 3 hasta 5, donde 5 se consideró como que el usuario estaba totalmente de acuerdo con la calidad. La calificación de la calidad tuvo más variación en dependencia de la exigencia que cada usuario tuvo con respecto a la prestación de servicios que recibió de la EFV.

Finalmente, la satisfacción del usuario, en gris, fue calificada muy cercana a 5, manifestando estar muy satisfechos con el uso de la tecnología.

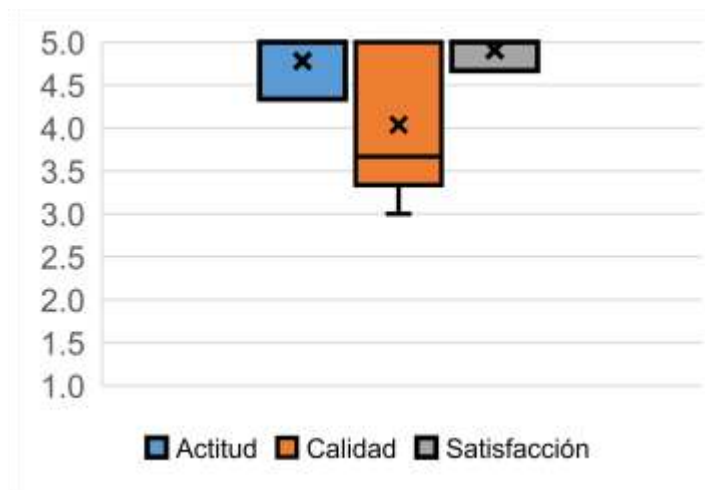


Figura 9. Actitud, calidad y satisfacción del usuario

Fuente: elaboración propia

6.1.1. Actitud, calidad y satisfacción del usuario por edad

Al graficar los tres grupos por edades, puede notarse que de forma general tienen un comportamiento positivo y creciente a medida que la edad de los individuos es mayor. En la Figura 10 se observa una tendencia más o menos constante, sin pendiente, en la actitud de los usuarios, con un pequeño descenso en el rango de edad de 46 a 55 años. La percepción de la calidad se incrementa directamente proporcional a la edad del individuo, con una leve baja en el rango de edad de 46 a 55 años. Finalmente, la satisfacción también está asociada a la edad del usuario, aunque tuvo un máximo en el rango de edad de 36 a 45 años (Cuadro 8).

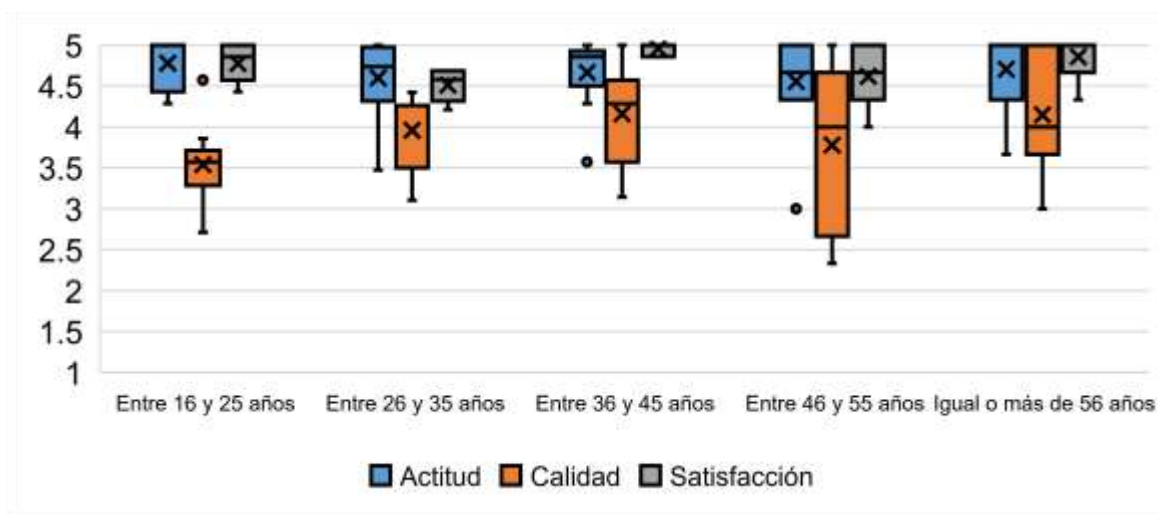


Figura 10. Actitud, calidad y satisfacción del usuario por edad

Fuente: elaboración propia

Cuadro 8. Medias de actitud, calidad y satisfacción, por edad

Variable		Actitud	Calidad	Satisfacción
Edad	De 16 a 25 años	4.78 (± 0.21)	3.54 (± 0.64)	4.78 (± 0.35)
	De 26 a 35 años	4.60 (± 0.28)	3.96 (± 0.53)	4.51 (± 0.63)
	De 36 a 45 años	4.67 (± 0.17)	4.16 (± 0.68)	4.96 (± 0.11)
	De 46 a 55 años	4.56 (± 0.22)	3.78 (± 0.29)	4.62 (± 0.16)
	Mayor de 56 años	4.70 (± 0.34)	4.15 (± 0.90)	4.86 (± 0.25)

Fuente: elaboración propia

6.1.2. Actitud, calidad y satisfacción por género

En la Figura 11 se observa un comportamiento ascendente positivo en la percepción de la calidad. En promedio, la actitud es mayor en los hombres que en las mujeres, en éstas hubo una mayor dispersión con respecto al conocimiento que tienen de la tecnología.

Con respecto a la calidad, los hombres tuvieron mayor dispersión en la apreciación de los atributos de la EFV, las mujeres apreciaron una mayor calidad. En promedio, las mujeres se perciben más satisfechas con el uso de la tecnología, a pesar de que los hombres se mostraron menos satisfechos, también demostraron una mayor concentración en sus opiniones. En el Cuadro 9 se muestra la comparación de las medias por género.

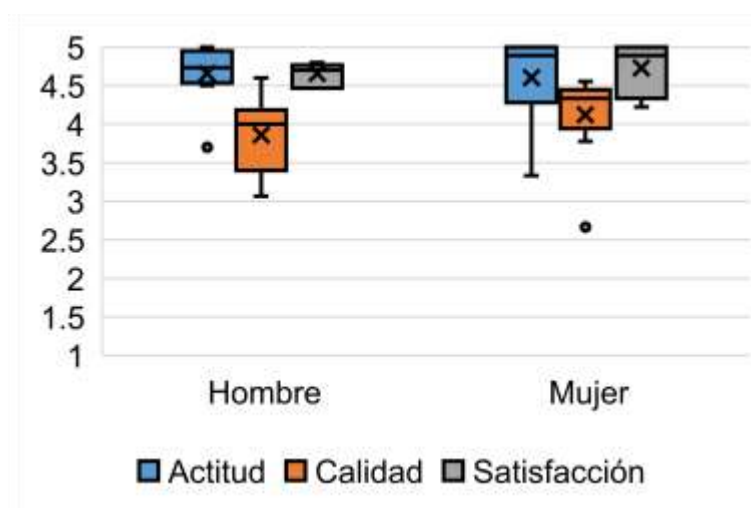


Figura 11. Actitud, calidad y satisfacción del usuario por género

Fuente: elaboración propia

Cuadro 9. Medias de actitud, calidad y satisfacción, por género

Variable		Actitud	Calidad	Satisfacción
Género	Hombre	4.66 (± 0.27)	3.86 (± 0.60)	4.66 (± 0.56)
	Mujer	4.61 (± 0.20)	4.12 (± 0.58)	4.73 (± 0.24)

Fuente: elaboración propia

6.1.3. Actitud, calidad y satisfacción por escolaridad

Al comparar los tres atributos por nivel escolar (Figura 12), se nota un incremento en la actitud en tanto mayor nivel de estudios tuvo el individuo, lo que es fácil de explicar porque la actitud está ligada al cúmulo de predisposiciones aprendidas de la EFV.

La calidad percibida presentó un comportamiento inverso al nivel de estudios, pues en tanto mayor escolaridad manifestó el individuo, la exigencia en la calidad fue mayor y la percepción menor. Sin embargo, la satisfacción presentó una tendencia levemente positiva y creciente al aumentar el nivel de estudios. En el Cuadro 10 se muestra la comparación de las medias por escolaridad.

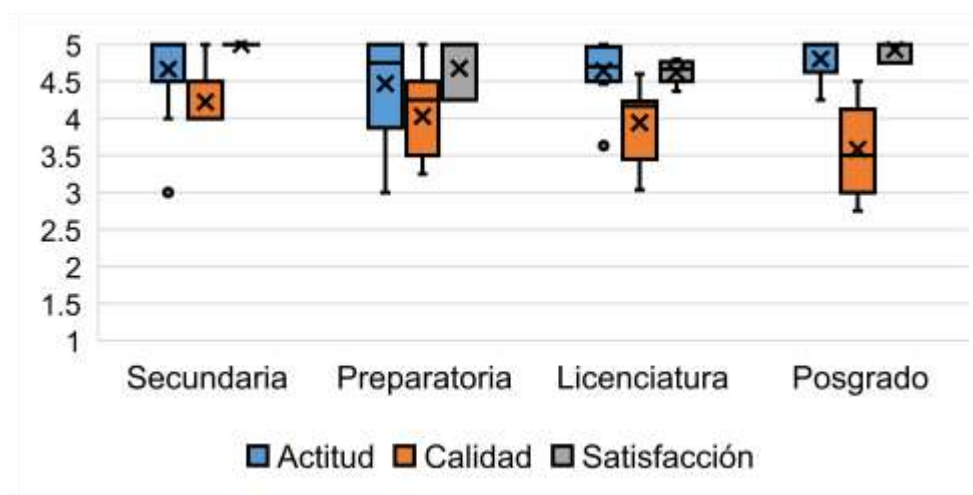


Figura 12. Actitud, calidad y satisfacción del usuario por escolaridad

Fuente: elaboración propia

Cuadro 10. Medias de actitud, calidad y satisfacción, por escolaridad

Variable		Actitud	Calidad	Satisfacción
Escolaridad	Preparatoria	4.47 (± 0.11)	4.03 (± 0.90)	4.68 (± 0.24)
	Licenciatura	4.65 (± 0.27)	3.94 (± 0.58)	4.63 (± 0.55)
	Posgrado	4.81 (± 0.06)	3.58 (± 0.54)	4.93 (± 0.14)

Fuente: elaboración propia

6.1.4. Actitud, calidad y satisfacción por tipo de sistema

La actitud presentada por los usuarios fue homogénea en los tres tipos de sistemas fotovoltaicos, indicando que para la adquisición de cualquier sistema se requiere más o menos del mismo nivel de conocimiento (Figura 13).

En los sistemas interconectados la calidad percibida fue mayor que en los aislados y mixtos. La satisfacción manifestada por los usuarios fue constante en los tres tipos de sistemas. En el Cuadro 11 se muestra la comparación de las medias por tipo de sistema.

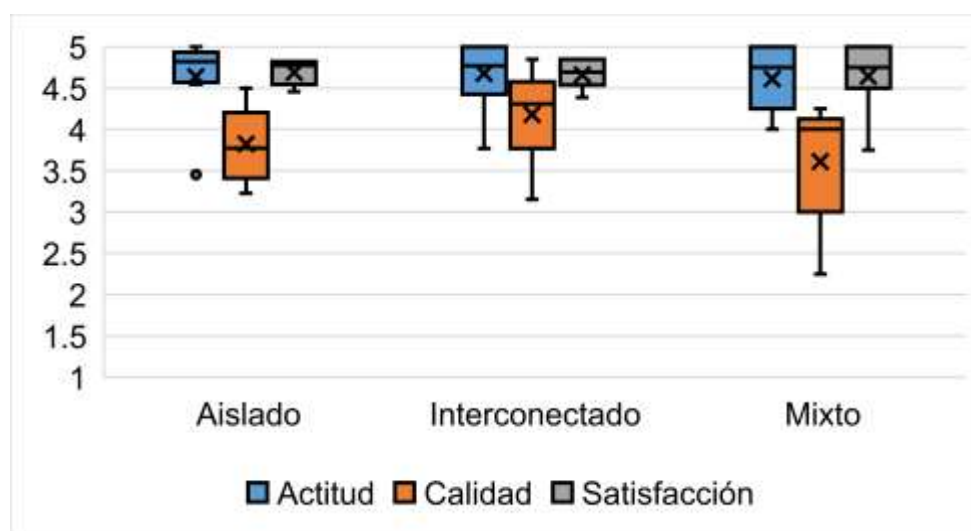


Figura 13. Actitud, calidad y satisfacción del usuario por tipo de sistema

Fuente: elaboración propia

Cuadro 11. Medias de actitud, calidad y satisfacción, por tipo de sistema

Variable		Actitud	Calidad	Satisfacción
Tipo de sistema	Aislado	4.64 (± 0.29)	3.82 (± 0.64)	4.69 (± 0.47)
	Interconectado	4.68 (± 0.22)	4.18 (± 0.53)	4.66 (± 0.60)
	Mixto	4.61 (± 0.14)	3.61 (± 0.26)	4.64 (± 0.38)

Fuente: elaboración propia

6.1.5. Actitud, calidad y satisfacción por tamaño del sistema

Al analizar los tres atributos por tamaño del sistema se observa una relación directamente proporcional, es decir, entre más grande es el sistema fotovoltaico, mayor es la actitud, la percepción de la calidad del producto y la satisfacción (Figura 14). En el Cuadro 12 se muestra la comparación de las medias por tamaño de sistema.

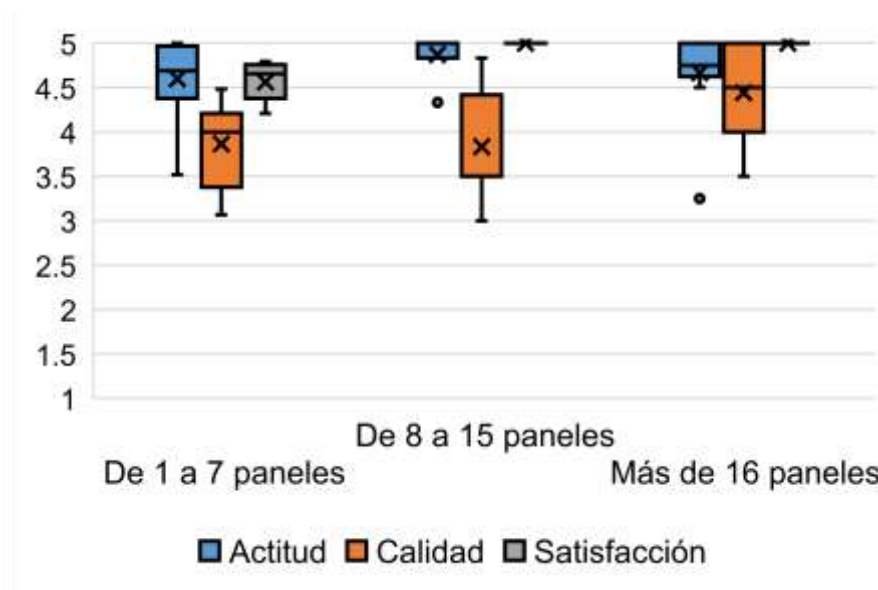


Figura 14. Actitud, calidad y satisfacción del usuario por tamaño del sistema

Fuente: elaboración propia

Cuadro 12. Medias de actitud, calidad y satisfacción, por tamaño del sistema

Variable		Actitud	Calidad	Satisfacción
Tamaño de sistema	De 0.25 a 1.75 kWh	4.60 (± 0.26)	3.87 (± 0.53)	4.56 (± 0.54)
	De 2 a 3.75 kWh	4.87 (± 0.15)	3.83 (± 0.79)	5.00 (± 0.00)
	Mayor a 4 kWh	4.67 (± 0.20)	4.44 (± 0.67)	5.0 (± 0.00)

Fuente: elaboración propia

6.2. Recategorización de respuestas

Hasta ahora se han analizado los valores de las respuestas en escala de 1 a 5, donde 1 es una respuesta que manifiesta estar totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo. En la Figura 15 se muestran los promedios registrados de las respuestas para cada ítem. Como podrá notarse, las respuestas se encuentran comprendidas entre los valores 3 a 5. Para magnificar estas mediciones y poder realizar con eficacia el análisis estadístico, se recategorizaron en respuestas dicotómicas, los valores 3 y 4 tendrán el valor de 0, y los valores de 5 tendrán el valor de 1, los nuevos valores se muestran en el Cuadro 13. Con los nuevos valores dicotómicos se podrán realizar análisis de correlación, análisis cluster jerárquico y análisis canónico discriminante.

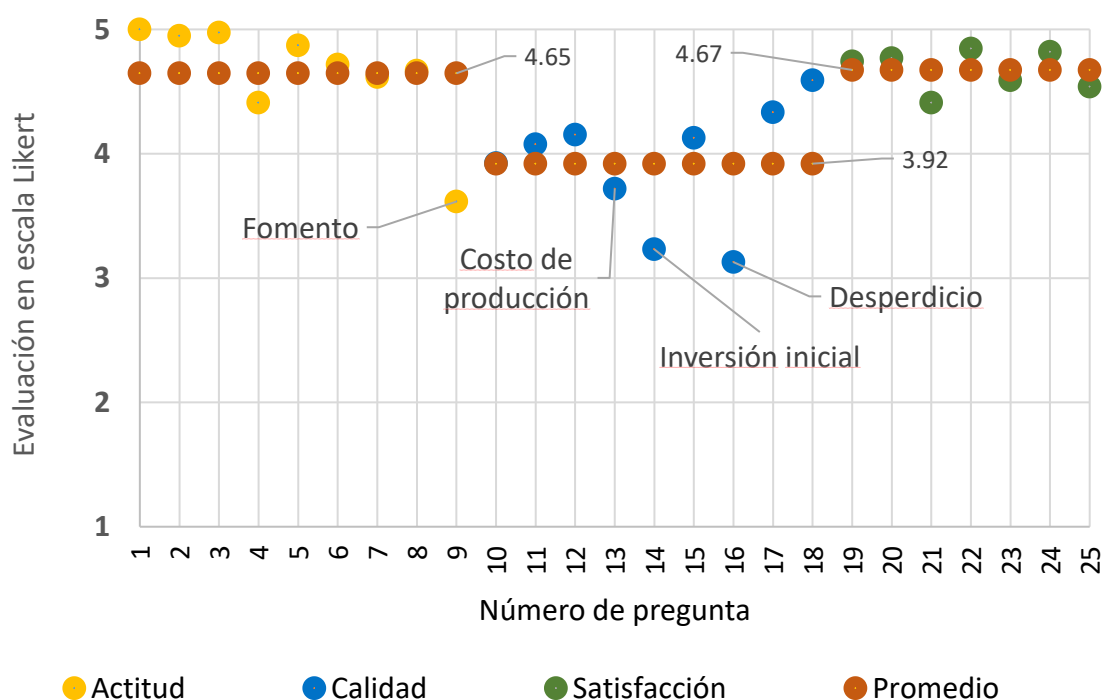


Figura 15. Promedios de respuestas de la actitud, calidad y satisfacción

Fuente: elaboración propia

Cuadro 13. Recategorización en respuestas dicotómicas por ítem e individuo

Individuo	Act01	Act02	Act03	Act04	Act05	Act06	Act07	Act08	Act09	Cal01	Cal02	Cal03	Cal04	Cal05	Cal06	Cal07	Cal08	Cal09	Sat01	Sat02	Sat03	Sat04	Sat05	Sat06	Sat07
Ind 1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ind 2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ind 3	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0
Ind 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Ind 5	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Ind 6	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Ind 7	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
Ind 8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ind 9	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1
Ind 10	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Ind 11	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Ind 12	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1
Ind 13	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Ind 14	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Ind 15	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ind 16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ind 17	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Ind 18	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1
Ind 19	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
Ind 20	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
Ind 21	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ind 22	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ind 23	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0
Ind 24	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ind 25	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ind 26	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0
Ind 27	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1
Ind 28	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0
Ind 29	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ind 30	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1
Ind 31	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1
Ind 32	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Ind 33	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
Ind 34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ind 35	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1
Ind 36	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ind 37	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
Ind 38	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ind 39	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0

Fuente: elaboración propia

6.3. Correlación entre la actitud del usuario y la calidad percibida

La correlación es una herramienta de la estadística inferencial que mide el nivel de asociación entre dos variables, comúnmente una variable dependiente y otra independiente y asume valores que van desde el valor de uno positivo (+1) cuando existe una correlación positiva perfecta, hasta el valor de uno negativo (-1), cuando hay correlación negativa perfecta. Obtiene valor de cero (0) cuando no existe asociación entre las variables (Santoyo, Suvedi y Ramírez, 2002).

Las relaciones entre variables pueden ser lineales o no lineales. Las correlaciones positivas indican una relación directamente proporcional, cuando una variable crece, la otra también lo hace. En una correlación negativa la relación es inversamente proporcional, cuando una variable crece, la otra disminuye (Santoyo et al., 2002).

Es importante señalar que la correlación indica un nivel de asociación, pero no establecen causalidad.

En un análisis estadístico por computadora se debe tomar en cuenta el nivel de asociación dado por el coeficiente de correlación y también el nivel de significancia, que va a estar dado por el p-value, éste debe ser menor a 0.05 (Martínez, Tuya, Martínez, Pérez y Cánovas, 2009).

Con los nuevos valores dicotómicos obtenidos en el Cuadro 13, se empleó un modelo de correlación, en este caso, de acuerdo con lo recomendado por Martínez et al. (2009) para variables binarias, se obtuvo la correlación Rho de Spearman.

Los coeficientes de correlación calculados entre los ítems de la actitud y los de la calidad, destacan cinco ítems de la actitud con asociación significativa sobre siete ítems de la calidad, según se muestra en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Correlación entre la actitud y la calidad

		Correlaciones								
		Cal01	Cal02	Cal03	l04	Cal05	Cal06	Cal07	Cal08	Cal09
Act01	Rho de Spearman Sig. (bilateral)	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a	. ^a
Act02	Rho de Spearman Sig. (bilateral)	-0.239 0.144	-0.227 0.165	0.006 0.971	-0.068 0.679	0.109 0.510	-0.018 0.914	-0.305 0.059	0.018 0.914	0.0684 0.679
Act03	Rho de Spearman Sig. (bilateral)	-0.166 0.311	-0.158 0.336	-0.158 0.336	-0.217 0.185	-.347* 0.031	-0.175 0.286	-.480** 0.002	-0.150 0.361	-0.121 0.462
Act04	Rho de Spearman Sig. (bilateral)	0.041 0.805	-0.155 0.346	-0.041 0.805	-0.006 0.971	-0.004 0.982	-0.106 0.523	0.212 0.195	0.106 0.523	.362* 0.023
Act05	Rho de Spearman Sig. (bilateral)	0.220 0.178	0.087 0.600	-0.067 0.686	-0.033 0.843	-0.020 0.901	-0.107 0.519	-0.123 0.455	-0.047 0.775	0.033 0.843
Act06	Rho de Spearman Sig. (bilateral)	0.290 0.073	.318* 0.048	0.197 0.230	0.156 0.343	-0.220 0.179	.385* 0.016	0.1852 0.259	0.225 0.168	-0.029 0.860
Act07	Rho de Spearman Sig. (bilateral)	0.169 0.305	.318* 0.048	.318* 0.048	0.156 0.343	-0.061 0.712	0.263 0.106	0.185 0.259	.470** 0.003	-0.156 0.343
Act08	Rho de Spearman Sig. (bilateral)	0.0468 0.777	0.0749 0.650	-0.047 0.777	-0.098 0.554	0.098 0.554	0.0188 0.910	-0.015 0.926	-0.019 0.910	-0.029 0.860
Act09	Rho de Spearman Sig. (bilateral)	-0.169 0.305	0.047 0.777	-0.075 0.650	0.098 0.554	-0.098 0.554	0.103 0.531	0.015 0.926	0.141 0.392	.410** 0.010

** . La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral).

a. No se puede calcular porque, como mínimo, una de las variables es constante.

Fuente: elaboración propia

Con base en las correlaciones calculadas, se establecieron tres tipos de ítems:

Tipo 1. Ítems sin trascendencia. Son los que no presentaron asociación con ningún otro. Para la actitud son los Act02, México tiene una ubicación excelente para utilizar la energía solar, Act05, la energía solar fotovoltaica es amigable con el medio ambiente, y Act08, en México está permitido el uso de la energía solar fotovoltaica. El que no hayan manifestado correlación con algún otro ítem no significa que no sean

importantes para esta investigación, simplemente, el comportamiento que tuvieron no mostró asociación con algún otro.

Tipo 2. Ítems con trascendencia. Son los que presentan correlación significativa, con un p-value mayor a 0.01. A saber:

El ítem Act03 mantuvo una asociación moderada negativa con los ítems Cal05 y Cal07, lo que indica que mientras el usuario más ha escuchado de la energía solar fotovoltaica, percibe que el costo de la inversión inicial es menor y que el desperdicio de material después de cubrir la vida útil del sistema tiene menor impacto al medio ambiente.

El ítem Act04 tuvo una correlación moderada positiva con el Cal09. Mientras el usuario más ha utilizado la energía solar fotovoltaica, observa que es más barata que la convencional.

El ítem Act06 presentó una asociación moderada positiva con el Cal02. En tanto el usuario descubre que la energía solar fotovoltaica es más segura de utilizar, también distingue que es menor la contaminación al medio ambiente con el uso de los sistemas fotovoltaicos.

El ítem Act06 mantuvo una correlación moderada positiva con el Cal06. Entre mayor es la percepción de que la energía solar fotovoltaica es más segura de utilizar, percibe que afecta en menor medida la imagen a su negocio.

El ítem Act07 mostró una asociación moderada positiva con los ítems Cal02, Cal03 y Cal08, lo que indica que mientras los usuarios aprecian que la energía solar fotovoltaica es una mejor alternativa para sustituir a la energía eléctrica convencional, perciben que es menor la contaminación al medio ambiente, que es menor la radiación generada y observan que la calidad de la electricidad generada por los sistemas fotovoltaicos es igual a la convencional.

El ítem Act09 mantuvo una asociación moderada positiva con el ítem Cal09, lo que significa que mientras el usuario aprecia que en México se fomenta el uso de la

energía solar fotovoltaica, la energía solar fotovoltaica es más barata que la convencional.

Tipo 3. Ítems no medibles. Este tipo de ítems no pudo ser medido por que no presentaron variación. Como se había mencionado con anterioridad el ítem Act01, la energía del sol se puede utilizar para generar electricidad, no tuvo variación en sus observaciones, por lo que no pudo ser analizado estadísticamente ni comparado con otros ítems.

6.4. Correlación entre la calidad percibida y la satisfacción del usuario

Se determinó el índice Rho de Spearman para los ítems de la calidad, comparados con los de la satisfacción, resultando seis ítems de la calidad con asociación significativa sobre seis ítems de la satisfacción, como se muestra en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Correlación entre la calidad y la satisfacción

		Correlaciones						
		Sat01	Sat02	Sat03	Sat04	Sat05	Sat06	Sat07
Cal01	Rho de Spearman	.322*	0.241	0.032	-0.104	-0.017	-0.009	.337*
	Sig. (bilateral)	0.045	0.139	0.845	0.530	0.918	0.958	0.036
Cal02	Rho de Spearman	0.079	0.267	0.073	0.104	0.017	0.178	.485**
	Sig. (bilateral)	0.633	0.100	0.659	0.530	0.918	0.279	0.002
Cal03	Rho de Spearman	0.213	.394*	0.178	0.296	0.017	0.178	.368*
	Sig. (bilateral)	0.194	0.013	0.277	0.067	0.918	0.279	0.021
Cal04	Rho de Spearman	0.071	0.248	0.262	0.015	0.151	-0.099	0.072
	Sig. (bilateral)	0.666	0.128	0.107	0.926	0.357	0.547	0.662
Cal05	Rho de Spearman	0.219	-0.093	-0.180	-.366*	-0.122	-0.282	-0.184
	Sig. (bilateral)	0.181	0.572	0.274	0.022	0.458	0.082	0.261
Cal06	Rho de Spearman	0.299	.343*	0.203	0.267	0.283	0.313	.426**
	Sig. (bilateral)	0.064	0.033	0.214	0.100	0.081	0.052	0.007
Cal07	Rho de Spearman	0.158	0.172	0.267	0.098	0.225	0.114	0.199
	Sig. (bilateral)	0.336	0.296	0.100	0.554	0.168	0.488	0.226

Cal08	Rho de Spearman	.371*	.421**	.325*	0.312	0.274	.365*	.399*
	Sig. (bilateral)	0.020	0.008	0.043	0.053	0.091	0.022	0.012
Cal09	Rho de Spearman	0.068	0.017	0.177	-0.216	0.312	-0.253	-0.195
	Sig. (bilateral)	0.681	0.918	0.280	0.187	0.053	0.120	0.235

** . La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral).

Fuente: elaboración propia

Se observaron dos tipos de ítems:

Tipo 1. Ítems sin trascendencia. Cal04, el bajo costo de producción de la energía solar fotovoltaica fomenta su uso, Cal07, el desperdicio de material, después de cubrir la vida útil del sistema, afecta al medio ambiente, y Cal09, la energía solar fotovoltaica es más barata que la convencional. El que no hayan mostrado tener correlación con otros ítems no significa que no sean necesarios en esta investigación.

Tipo 2. Ítems con trascendencia. Son los que presentan correlación significativa, con un p-value menor a 0.05. A continuación, se mencionan:

El ítem Cal01 mantuvo una asociación moderada positiva con los ítems Sat01 y Sat07, lo que indica que mientras el usuario percibe que la emisión de los sistemas fotovoltaicos es menor, en mayor medida prefieren utilizar la energía solar fotovoltaica que la eléctrica convencional que ofrece la CFE y se sienten más importantes de colaborar con la generación de electricidad del país.

El ítem Cal02 presentó una correlación moderada positiva con el ítem Sat07. En tanto el usuario observa que la contaminación al medio ambiente durante el uso de los sistemas fotovoltaicos es menor, se siente más importante de colaborar con la generación de electricidad del país.

El ítem Cal03 tuvo una asociación moderada positiva con los ítems Sat02 y Sat07. Mientras el usuario aprecia que la radiación generada al usar los paneles es menor,

en mayor medida está satisfecho con el uso de la energía solar fotovoltaica y se sienten más importantes de colaborar con la generación de electricidad del país.

El ítem Cal05 mantuvo una correlación moderada negativa con el ítem Sat04. En tanto el usuario percibe que el costo de la inversión inicial es alta, menos convencidos están de recomendar el uso de la energía solar fotovoltaica, lo que también podría asegurarse en el siguiente sentido, que mientras los usuarios perciben que el costo de la inversión es bajo, están más convencidos de recomendar su uso.

El ítem Cal06 presentó una asociación moderada positiva con los ítems Sat02 y Sat07. Mientras el usuario percibe que el uso de los paneles no afectó la imagen de su negocio, en mayor medida está satisfecho con el uso de la energía solar fotovoltaica y se sienten más importantes de colaborar con la generación de electricidad del país.

El ítem Cal08 mantuvo una correlación moderada positiva con los ítems Sat01, Sat02, Sat03, Sat06 y Sat07. Al percibir que la calidad de la electricidad generada por los paneles fotovoltaicos es igual a la convencional, los usuarios prefieren el uso de la energía solar fotovoltaica sobre la energía convencional, se sienten satisfechos con su uso, están felices con la persona que les vendió el sistema fotovoltaico, están felices de contribuir con la disminución del deterioro ambiental y se sienten importantes de colaborar con la generación de electricidad del país.

Los resultados de las correlaciones obtenidas pueden observarse gráficamente en la Figura 16. Para los fines de esta investigación son de mayor importancia los ítems que participan en todo el proceso hasta llegar a la adquisición. Sin embargo, el índice de correlación sólo implica asociación y permite observar la interrelación existente entre los factores de los atributos, pero de ninguna manera significa causalidad. Es decir, sería un error pensar en invertir en el ítem Act06 pensando en que de manera automática se van a incrementar los ítems Cal02 y Cal06.

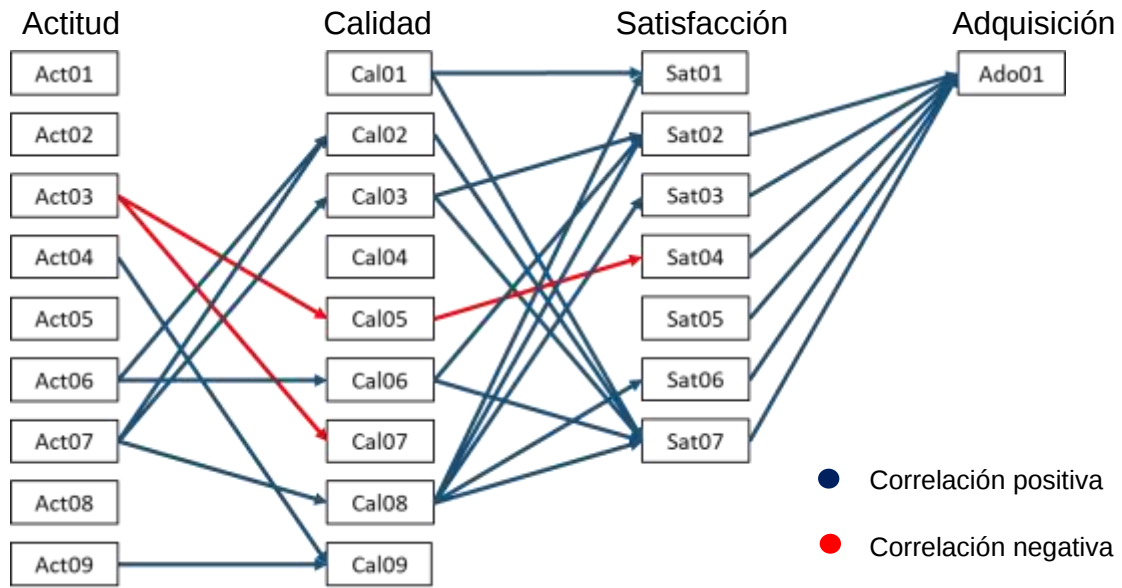


Figura 16. Correlación entre los ítems de la actitud, calidad, satisfacción y adquisición.

Fuente: elaboración propia con datos del índice de correlación

6.5. Análisis clúster jerárquico por indicadores

Un indicador es una herramienta que muestra indicios o señales de una situación, actividad o resultado. (CONEVAL, 2013).

El indicador propuesto es el $InAt_k$ que es una adaptación del Índice de adquisición de innovaciones propuesto por Muñoz, Aguilar, Rendón y Altamirano (2007). Se obtuvo un indicador por cada atributo (actitud, calidad o satisfacción). En el caso de esta investigación es la razón que resulta de dividir el número de ítems con respuesta de éxito (con valor de 1), sobre el número total de ítems, multiplicado por cien. En el Cuadro 16 se muestran los indicadores obtenidos por la actitud, calidad y satisfacción, calculados por medio de la Ecuación 1.

$$InAt_k = \frac{n_1}{n_k} \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

- $InAt_k$ - Indicador del atributo k
- n_1 - número de ítems con valor de 1 por atributo (actitud, calidad o satisfacción)
- n_k - número de ítems por atributo (actitud, calidad o satisfacción)

Cuadro 16. Indicadores de actitud, calidad y satisfacción por individuo entrevistado

Individuo	Indicador		
	Actitud	Calidad	Satisfacción
Ind 1	55.6	100.0	100.0
Ind 2	88.9	88.9	100.0
Ind 3	55.6	33.3	57.1
Ind 4	100.0	11.1	100.0
Ind 5	77.8	22.2	100.0
Ind 6	77.8	33.3	0.0
Ind 7	77.8	11.1	85.7
Ind 8	100.0	33.3	100.0
Ind 9	66.7	44.4	85.7
Ind 10	66.7	33.3	14.3
Ind 11	66.7	33.3	14.3
Ind 12	77.8	77.8	71.4
Ind 13	88.9	0.0	100.0
Ind 14	88.9	0.0	100.0
Ind 15	88.9	66.7	100.0
Ind 16	100.0	77.8	100.0
Ind 17	77.8	22.2	85.7
Ind 18	55.6	44.4	42.9
Ind 19	66.7	0.0	42.9
Ind 20	77.8	22.2	71.4
Ind 21	88.9	77.8	100.0
Ind 22	77.8	44.4	100.0
Ind 23	66.7	0.0	42.9
Ind 24	77.8	66.7	100.0
Ind 25	88.9	66.7	100.0
Ind 26	55.6	11.1	42.9
Ind 27	66.7	0.0	71.4
Ind 28	77.8	44.4	71.4

Ind 29	88.9	100.0	100.0
Ind 30	77.8	44.4	71.4
Ind 31	66.7	55.6	85.7
Ind 32	77.8	55.6	100.0
Ind 33	77.8	55.6	85.7
Ind 34	100.0	66.7	100.0
Ind 35	88.9	44.4	71.4
Ind 36	77.8	33.3	100.0
Ind 37	77.8	11.1	71.4
Ind 38	88.9	77.8	100.0
Ind 39	77.8	33.3	71.4

Fuente: elaboración propia

El análisis clúster tiene por objeto la búsqueda de grupos similares de individuos o de variables que se van agrupando en conglomerados, cuando los grupos tienen una forma arborescente, de tal forma que algunos grupos son englobados en grupos superiores, se les llama jerárquicos (Pérez, 2004).

Las distancias se utilizan para cuantificar el grado de disociación que existe entre dos variables. La distancia Euclidiana se obtiene de las diferencias existentes entre dos puntos. Para los fines de esta investigación, se utilizó la distancia euclidiana debido a que se necesitaba utilizar las diferencias entre las variables (Pérez, 2004).

El análisis clúster jerárquico se complementa con diferentes métodos aglomerativos. El utilizado en este caso es el método de Ward, dado que tiende a formar clusters esféricos o compactos, y del mismo tamaño. Requiere una distribución normal multivariante en las variables del estudio. Utiliza más información sobre el contenido de los grupos que otros métodos. Es, junto con el enlace promedio, el que ha demostrado mayor eficacia en estudios de simulación (Pérez, 2004).

Se empleó un análisis de agrupamiento jerárquico utilizando el método de Ward y distancias Euclidianas, que incluyó los indicadores de la actitud, calidad y satisfacción mencionados en el Cuadro 16, mediante esta herramienta se obtuvieron tres grupos estadísticamente diferenciados en el dendograma de la Figura 17.

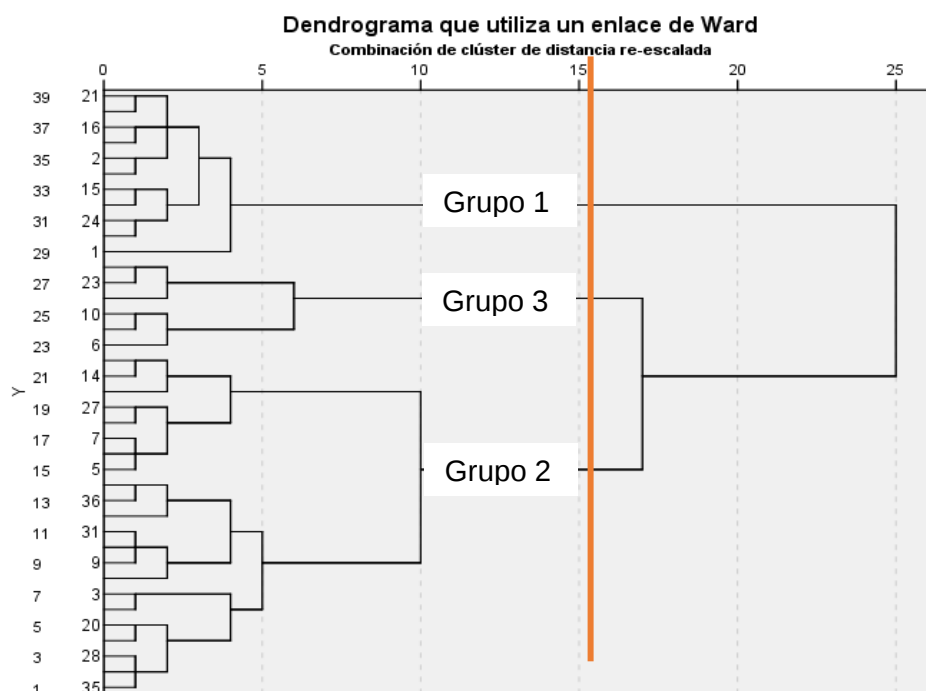


Figura 17. Dendrograma obtenido por el método de Ward y distancias Euclidianas

Fuente: tomado del programa computacional SPSS v.24

El grupo 1 fue formado por 11 individuos, con una media en la actitud de 85.87, calidad de 76.79 y satisfacción de 100; mientras que el grupo 2 estuvo constituido por 22 individuos, con una media en la actitud de 77.8, calidad de 31.29 y satisfacción de 81.80; por último, el grupo 3, compuesto por 6 individuos, con una media en la actitud de 66.7, calidad de 18.50 y satisfacción de 26.22 (Cuadro 17). Como se puede observar, el grupo 1 tiene los más altos valores en los atributos de la actitud, calidad y satisfacción, en contraposición, el grupo 3 tiene los más bajos valores. Al hacer el análisis de varianza, los tres grupos fueron significativamente diferentes.

Cuadro 17. Estadísticos descriptivos para cada grupo

Atributo	Grupo	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Actitud	1	11	85.87	12.25	55.60	100.00
	2	22	77.80	11.36	55.60	100.00
	3	6	66.70	7.02	55.60	77.80
	Total	39	78.37	12.46	55.60	100.00
Calidad	1	11	76.79	14.43	55.60	100.00

	2	22	31.29	20.47	0.00	77.80
	3	6	18.50	16.71	0.00	33.30
	Total	39	42.16	28.76	0.00	100.00
Satisfacción	1	11	100.00	0.00	100.00	100.00
	2	22	81.80	16.01	42.90	100.00
	3	6	26.22	19.01	0.00	42.90
	Total	39	78.38	27.58	0.00	100.00

Fuente: elaboración propia, con datos del SPSS v.24

Los tres agrupamientos resultantes por el método de Ward fueron corroborados mediante un análisis discriminante canónico que utiliza como variables clasificadoras precisamente a los tres grupos. La discriminación es una técnica multivariada relacionada con separar las observaciones y con la asignación de nuevos objetos a grupos previamente definidos, como los formados previamente (Johnson & Wichern, 2007). El análisis discriminante es más bien de naturaleza exploratoria. Como procedimiento de separación, a menudo se emplea una sola vez para investigar las diferencias observadas cuando las relaciones causales no son bien entendidas (Palmer et al., 2004; Lorbes, Garcia, Milla y Diaz, 2015). A través de este análisis se identificó la actitud, calidad y satisfacción que tuvo mayor relevancia en la definición de estos grupos.

Se determinaron dos funciones discriminantes canónicas (FCD1 y FCD2) que describieron el 100% acumulado de la variabilidad conjunta de los 37 caracteres secundarios para definir los grupos; la primera representó el 93.2% y la segunda el 6.8%, como puede observarse en el Cuadro 18. A

Cuadro 18. Análisis de las Funciones Canónicas Discriminantes por indicadores

Función	% de varianza	Lamda de Wilks	Significancia
1	93.2	0.093	0.000
2	6.8	0.685	0.001

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con Pérez (2004), el valor Lamda de Wilks compara las varianzas, en el caso particular, puede continuarse con el análisis puesto que el p-value es menor a 0.05.

La estructura canónica total representada en las correlaciones lineales entre las funciones discriminantes generadas con las agrupaciones de Actitud, Calidad y Satisfacción se muestra en el Cuadro 19. Coeficientes de las FCD

Cuadro 19. Coeficientes de las FCD por indicadores

Ítem	Función	
	1	2
Actitud	0.005	0.032
Calidad	0.044	0.038
Satisfacción	0.067	-0.041
Constante	-7.541	-0.855

Fuente: elaboración propia

La Función Canónica Discriminante 1, al ser más representativa de la varianza, describirá con mayor eficiencia la sensibilidad de cada atributo. Como se puede ver en el Cuadro 19, la satisfacción es 13 veces más sensible que la actitud, y la calidad es ocho veces más sensible que la actitud. Esto significa que al invertir en los tres atributos la misma cantidad, los resultados se verán más potenciados en la satisfacción, después en la calidad y por último en la actitud.

Al graficar ambas funciones, tomando la FCD1 en el eje X y FCD2 en el eje Y, se pueden apreciar los tres grupos diferenciados (Figura 18). Puede notarse que en el eje X los grupos están claramente definidos y separados unos de otros, mientras que en el eje Y no se encuentran tan bien definidos.

Ya se mencionó que el grupo 1 está formado por individuos con mayor actitud, calidad y satisfacción. La aplicación de este método es encontrar las estrategias que lleven a los individuos de los grupos 2 y 3 al grupo 1.

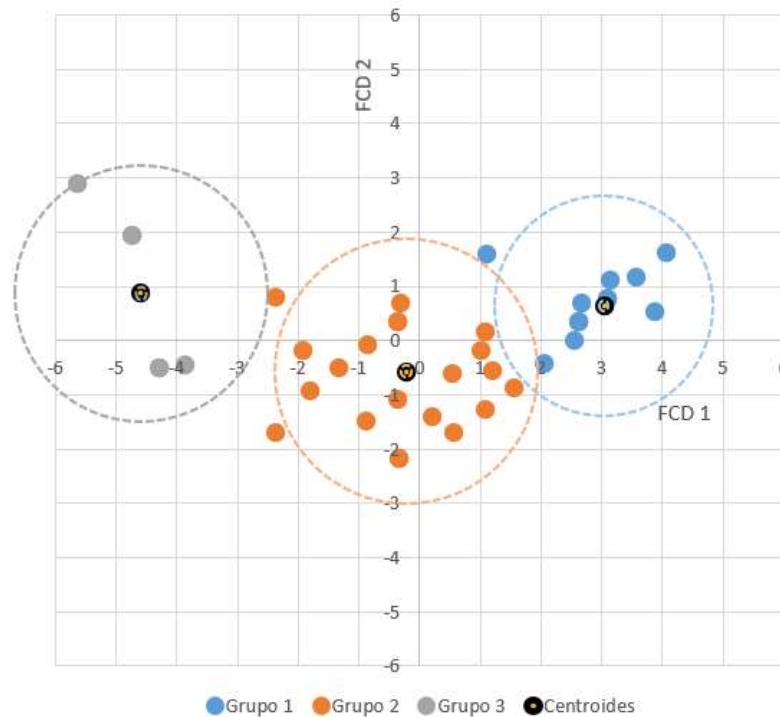


Figura 18. Formación de los tres grupos discriminantes

Fuente: elaboración propia

Para el grupo 2 se tendrían que implementar medidas que permitan incrementar la calidad percibida de un nivel bajo al más alto, e incrementar la satisfacción de un nivel intermedio al alto. Mientras que para el grupo 3 se necesitarían establecer acciones que lleven todos los atributos de la actitud, calidad y satisfacción del nivel más bajo al más alto.

Para determinar las acciones a realizar, se utiliza el mismo método, pero incluyendo todos los ítems.

6.6. Análisis clúster jerárquico por ítems

En este análisis se utilizaron los tres grupos formados en el análisis clúster jerárquico por indicadores, con las mismas características, pero ahora considerando todos los

ítems de todos los atributos. Mediante la comprobación por el análisis canónico discriminante, se generaron dos FCD, la primera describe en 68.3% a la varianza, mientras la segunda la describe en 31.7%, ambas funciones fueron significativas, con un p-value menor a 0.05 (Cuadro 20).

Cuadro 20. Análisis de las Funciones Canónicas Discriminantes por ítems

Función	% de varianza	Lamda de Wilks	Significancia
1	68.3	0.004	0.000
2	31.7	0.091	0.000

Mediante la aplicación de las FCD obtenidas, se obtuvieron los coeficientes de cada ítem para analizar su sensibilidad dentro del proceso de adquisición (Cuadro 21).

Cuadro 21. Coeficientes de las FCD por ítems

Ítem	Función	
	1	2
Act02	-0.009	2.967
Act03	2.395	-2.438
Act04	1.594	2.154
Act05	-0.622	2.697
Act06	0.035	-2.470
Act07	1.929	-1.499
Act08	-1.269	0.461
Act09	-0.559	1.027
Cal01	-1.621	1.291
Cal02	2.633	6.118
Cal03	0.727	-2.601
Cal04	-0.233	0.595
Cal05	0.598	-0.188
Cal06	0.998	0.444
Cal07	0.358	2.104
Cal08	0.406	1.137
Cal09	1.218	-0.776
Sat01	0.311	2.979
Sat02	3.536	-5.630
Sat03	0.031	3.071
Sat04	2.523	6.792
Sat05	1.315	0.955

Sat06	-1.561	-2.827
Sat07	2.857	-5.024
(Constante)	-12.836	-5.540

La FCD1 describe aproximadamente en dos terceras partes (2/3) a la varianza, en tanto que la FCD2 en una tercera parte (1/3), ambas tienen un peso importante en la descripción de la misma, por lo que se tomarán en cuenta las dos.

Al graficar ambas funciones, tomando la FCD1 en el eje X y FCD2 en el eje Y, se aprecian los tres grupos diferenciados (Figura 19). Puede notarse que, tanto en el eje X como en el eje Y, los grupos están claramente definidos y separados unos de otros.

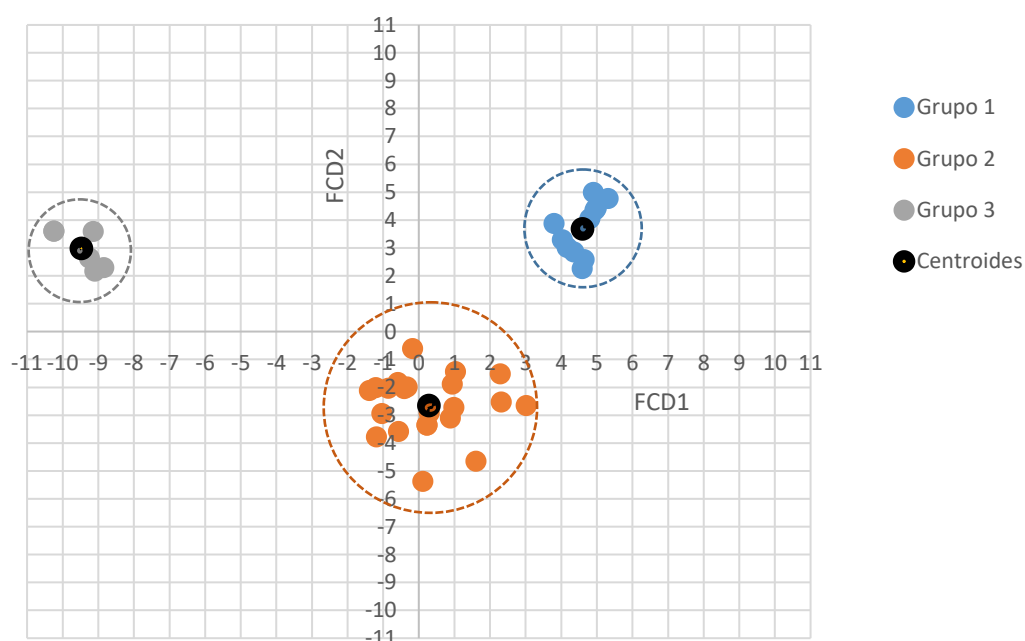


Figura 19. Formación de los tres grupos discriminantes por ítems

Fuente: elaboración propia

Como se mencionó anteriormente, la aplicación del análisis canónico discriminante es el desarrollo de estrategias que permitan trasladar a los individuos del grupo 2 y 3 al 1, pues es este último el grupo con los mejores atributos, dispuestos a volver a adquirir la energía solar fotovoltaica.

Al Cuadro 21 se le añadió el nombre del ítem y se ordenó de mayor a menor para poder visualizar los ítems más discriminantes (Cuadro 22).

Cuadro 22. Ítems ordenados por grado de discriminación

Nombre del ítem	Ítem	Función	
		1	2
La energía del sol se puede utilizar para generar electricidad	Sat02	3.536	-5.630
Estoy satisfecho con el uso de la energía solar fotovoltaica	Sat07	2.857	-5.024
Me siento importante al colaborar con la generación de electricidad de mi país	Cal02	2.633	6.118
La contaminación al medio ambiente durante el uso de los sistemas fotovoltaicos es baja o inexistente	Sat04	2.523	6.792
Estoy convencido de recomendar a otras personas el uso de la energía solar fotovoltaica	Act03	2.395	-2.438
He escuchado de la energía solar fotovoltaica	Act07	1.929	-1.499
La energía solar fotovoltaica es una alternativa para sustituir a la energía eléctrica convencional	Act04	1.594	2.154
He utilizado la energía solar fotovoltaica	Sat05	1.315	0.955
Desde que instalé el sistema fotovoltaico he ahorrado en el costo por energía eléctrica	Cal09	1.218	-0.776
La energía solar fotovoltaica es más barata que la convencional	Cal06	0.998	0.444
No hay afectación a la imagen de su negocio o sistema de producción	Cal03	0.727	-2.601
La radiación generada al usar los paneles es baja o inexistente	Cal05	0.598	-0.188
El costo de la inversión inicial no es una limitante para su adquisición	Cal08	0.406	1.137
La calidad de la electricidad generada por los paneles fotovoltaicos es igual a la convencional	Cal07	0.358	2.104
El desperdicio de material, después de cubrir la vida útil del sistema, afecta el medio ambiente	Sat01	0.311	2.979
Prefiero usar la energía solar fotovoltaica que la energía eléctrica convencional que ofrece CFE	Act06	0.035	-2.470
La energía solar fotovoltaica es segura de utilizar	Sat03	0.031	3.071
Estoy feliz con la persona que me vendió el sistema que me provee de energía solar fotovoltaica	Act02	-0.009	2.967
México tiene una ubicación para utilizar la energía solar	Cal04	-0.233	0.595
El bajo costo de producción de la energía solar fotovoltaica fomenta su uso	Act09	-0.559	1.027
En México se fomenta el uso de la energía solar fotovoltaica	Act05	-0.622	2.697
La energía solar fotovoltaica es amigable con el medio ambiente	Act08	-1.269	0.461
En México está permitido el uso de la energía solar fotovoltaica	Sat06	-1.561	-2.827
Estoy feliz de contribuir con la disminución del deterioro ambiental	Cal01	-1.621	1.291
La emisión de CO2 de los sistemas fotovoltaicos en funcionamiento es baja o inexistente			

Fuente: elaboración propia, con datos del análisis canónico discriminante

Si se señalan los ítems con coeficiente mayor a 0, en el diagrama de correlaciones (Figura 166), se podrán visualizar aquellos con mayor importancia discriminativa. En la Figura 20 se muestran con color azul claro los ítems con coeficiente de la FCD1 mayor a cero y con color azul fuerte a los ítems con ambos coeficientes (FCD1 y FCD2) mayor a cero. Podrá notarse que coinciden con los que habían demostrado tener un índice significativo de correlación, pero el análisis canónico discriminante ahora marca un orden de importancia.

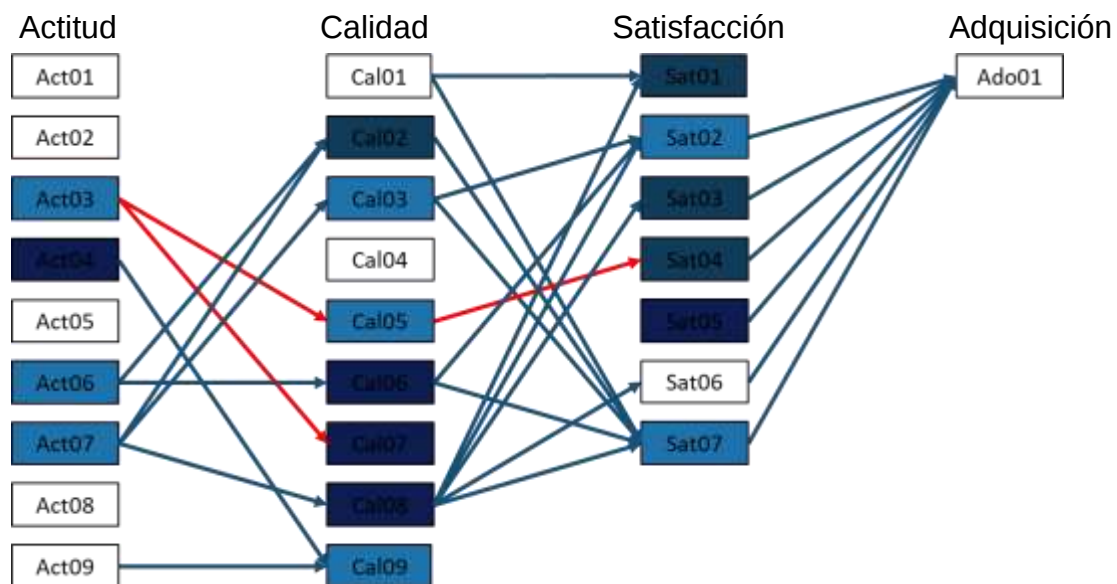


Figura 20. Ítems en orden de importancia discriminativa

Fuente: elaboración propia, con datos del análisis canónico discriminante

Con base en estos resultados, se puede afirmar que los ítems Act03, Act04, Act06 y Act07 de la actitud, definen a los Cal02, Cal03, Cal05, Cal06, Cal07, Cal08 y Cal09 de la Calidad, que éstos determinan a los Sat01, Sat02, Sat03, Sat04, Sat05 y Sat07 de la satisfacción y que, finalmente, éstos establecen la decisión de adoptar. Aunque existen prioridades, si se deseara fomentar a la energía fotovoltaica, en orden de importancia tendría que tomar en cuenta los siguientes ítems:

1. Estoy satisfecho con el uso de la energía solar fotovoltaica.
2. Me siento importante al colaborar con la generación de electricidad de mi país.

3. La contaminación al medio ambiente durante el uso de los sistemas fotovoltaicos es baja o inexistente.
4. Estoy convencido de recomendar a otras personas el uso de la energía solar fotovoltaica.
5. He escuchado de la energía solar fotovoltaica.
6. La energía solar fotovoltaica es una alternativa para sustituir a la energía eléctrica convencional.
7. He utilizado la energía solar fotovoltaica.
8. Desde que instalé el sistema fotovoltaico he ahorrado en el costo por energía eléctrica.
9. La energía solar fotovoltaica es más barata que la convencional.
10. No hay afectación a la imagen de su negocio o sistema de producción.
11. La radiación generada al usar los paneles es baja o inexistente.
12. El costo de la inversión inicial no es una limitante para su adquisición.
13. La calidad de la electricidad generada por los paneles fotovoltaicos es igual a la convencional.
14. El desperdicio de material, después de cubrir la vida útil del sistema, afecta el medio ambiente.
15. Prefiero usar la energía solar fotovoltaica que la energía eléctrica convencional que ofrece CFE.
16. La energía solar fotovoltaica es segura de utilizar.
17. Estoy feliz con la persona que me vendió el sistema que me provee de energía solar fotovoltaica.

Los aspectos más importantes de la actitud, que son los que los usuarios manifestaron haber aprendido, de acuerdo con los análisis estadísticos realizado, son el haber escuchado y utilizado la EFV, lo que no es difícil de explicar, pues los individuos entrevistados eran usuarios de esos sistemas, además de que manifestaron que la EFV es segura de utilizar y, por lo tanto, una alternativa para sustituir a la energía convencional.

Los factores más importantes que los usuarios consideraron en la calidad son: que durante el uso de los sistemas FV, la contaminación al medio ambiente y la radiación son bajas o inexistentes, que el costo de la inversión inicial no es una limitante para su adquisición, que no hay afectación a la imagen del negocio por la instalación de los sistemas, que hay que atender el problema del desperdicio de material después de su vida útil, que la calidad de la electricidad generada por los paneles es igual a la convencional y que la EFV es más barata que la convencional.

Finalmente, los elementos más importantes que consideraron los usuarios para sentirse más satisfechos, son: que prefieren utilizar la EFV en lugar que la convencional, pues se sienten satisfechos con su uso, que se sienten felices con los proveedores de los sistemas, por lo que están convencidos de recomendar a otras personas los sistemas FV, que han ahorrado desde que instalaron sus sistemas y que se sienten importantes al colaborar con la generación de electricidad del país. El análisis estadístico permitió determinar que la adquisición de la EFV se puede realizar si se cumplen los factores anteriores.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

La solar fotovoltaica es una de las principales energías limpias utilizadas en México, puesto que es de las que menos contamina y de menor costo de producción. El país se encuentra en una excelente ubicación para explotarla. Después de realizar el foro de expertos para caracterizar a la EFV, coincidieron en establecer que tiene muy alta ventaja relativa, es decir, con mucha facilidad puede reemplazar a la energía convencional; posee excelente compatibilidad, pues, en caso de instalar un sistema FV, la instalación eléctrica anterior podría funcionar; mantiene muy baja complejidad para que cualquier persona sin experiencia la pueda utilizar; contiene alta experimentabilidad y observabilidad, lo que le permite hacer pruebas experimentales con los mismos resultados. El rubro donde se notó un foco de oportunidad es con respecto a la accesibilidad, se dejó claro que a pesar de que se percibe una inversión inicial alta para su adquisición, ésta podría recuperarse a muy corto plazo.

Al hacer un análisis de la actitud, calidad y satisfacción por las variables categóricas se notó que la actitud es sensible al nivel de escolaridad y al tamaño del sistema FV,

en tanto mayor grado escolar y tamaño del sistema, se observó una mayor actitud. La calidad reaccionó al nivel escolar, al tipo y tamaño de sistema; mientras el entrevistado tenía un mayor nivel de estudios la calidad se percibía menor, en contraparte, mientras más grande era el sistema, la calidad percibida fue mayor; la calidad fue percibida en mayor grado en los sistemas interconectados y en menor grado en los sistemas mixtos. Con respecto a la satisfacción, sólo fue sensible con el tamaño del sistema, mientras más grande era el sistema, la satisfacción fue también más grande.

Se comprobó que existe asociación entre algunos factores intrínsecos y extrínsecos que influyen en la adquisición de la EFV. El análisis de correlación permitió visualizar la asociación entre factores de la actitud con los de la Calidad, a éstos con los de la satisfacción y, a estos últimos con la adquisición de la EFV.

El análisis canónico discriminante pudo comprobar, a través de tres grupos realizados utilizando el análisis clúster jerárquico, que los factores ubicados en el análisis de correlación representan una acción con diferentes niveles de sensibilidad.

Como estrategia para fomentar la EFV, se propone promover el grado de satisfacción al hacer uso de la EFV, hacer saber que los usuarios se sienten importantes al colaborar con la generación de la electricidad del país, informar que no hay contaminación al medio ambiente por el uso de los sistemas FV, hacer partícipes de que los usuarios están convencidos de recomendar a otras personas la EFV, continuar educando a la población acerca de los beneficios del uso de la EFV y de que es una alternativa para sustituir a la energía convencional, dar a conocer el ahorro por energía eléctrica al usar los sistemas FV dado que es más barata que la convencional, informar que la instalación de los sistemas FV no afectan la imagen del negocio, comunicar que la EFV no genera ningún tipo de radiación, hacer extensivo que la inversión inicial no es una limitante para su adquisición, dar a conocer que la calidad de la energía generada por los sistemas FV es igual a la convencional, atender el problema del desperdicio del material después del cubrir la vida útil de los sistemas FV, informar que los usuarios de la EFV la prefieren en lugar de la energía convencional, dar a conocer que la EFV es segura de utilizar y finalmente, informar que los usuarios se sienten satisfechos con el proveedor del sistema FV.

Bibliografía

- Abdul-Wahab, S., Charabi, Y., Al-mahruqi, A. M., & Osman, I. (2019). Selection of the best solar photovoltaic (PV) for Oman. *Solar Energy*, 188, 1156–1168. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.07.018>
- Adjen, I., & Fishbein, M. (1980). *Understanding and predicting social behavior* (2a ed.). Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Anil, M., Saygin, D., Miketa, A., Gielen, D., & Nicholas, W. (2016). The True Cost of Fossil Fuels : Saving on the Externalities of Air. *IRENA*, 1–12.
- Bastida Tapia, A. (2017). Evolución y Situación Actual de la Agricultura Protegida en México. In *Sexto Congreso Internacional de investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas* (p. 287). Texcoco, Estado de México: Universidad Autónoma Chapingo.
- CFE. (2015). *Informe anual 2015*. Comisión Federal de Electricidad. México. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- CONEVAL. (2013). *Manual para el diseño y la construcción de indicadores* (Primera). México, D.F.: CONEVAL.
- Constantino, G., Freitas, M., Fidelis, N., & Pereira, M. G. (2018). Adoption of Photovoltaic Systems Along a Sure Path: A Life-Cycle Assessment (LCA) Study Applied to the Analysis of GHG Emission Impacts. *Energies*, 11(2806), 1–28. <https://doi.org/10.3390/en11102806>
- Copeland, W., Black, O. D., & Garret, A. B. (1941). The photovoltaic effect. *Chemical Reviews*, 31(1), 177–226. <https://doi.org/10.1021/cr60098a004>
- Cota Espiricueta, A. D., Foster, R. E., Ross, M. P., Montúfar Avilez, O., & Paredes Rubio, A. R. (2004). Ten-year reliability assessment of photovoltaic water pumping systems in Mexico. *American Solar Energy Society*, 1(August), 6.
- Domínguez, A., & Geyer, R. (2017). Resources , Conservation & Recycling Photovoltaic waste assessment in Mexico. *Resources, Conservation & Recycling*,

127(February), 29–41. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.013>

Eagly, A. H., & Chaiken, S. (1993). *The Psychology of Attitudes*. Orlando, Florida: Harcourt Brace Jovanovich College Publishers.

Galetovic, A., & Muñoz, C. (2011). Carbón versus viento. Los costos de generar electricidad incluyendo las externalidades ambientales. *El Trimestre Económico*, LXXVIII(4), 753–779.

Gallo, D., Landi, C., & Luiso, M. (2012). AC and DC power quality of photovoltaic systems. In *Actas de la Conferencia Internacional de Tecnología de Instrumentación y Medición de IEEE 2012* (pp. 576–581). Graz, Austria. <https://doi.org/10.1109/I2MTC.2012.6229309>

García, H., Corredor, A., Calderón, L., & Gómez, M. (2013). Análisis costo beneficio de energías renovables no convencionales en Colombia. *Centro de Investigación Económica y Social*, 2(5), 204–222. <https://doi.org/10.1108/JCM-10-2014-1179>

González G., R., Jiménez G., H., & Lagunas M., J. (2003). *Sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica. Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad* (Vol. 1).

Hanley, C., Ross, M., Montufar, O., Rovero, C., Foster, R., & Ellis, A. (2001). Introducing photovoltaics to new markets through government development programs: the FIRCO example in Mexico. *Photovoltaic Systems Symposium*, (May 2014), 1–9.

Hessami, H. Z., & Yousefi, P. (2013). Investigation of major factors influencing green purchasing behavior: Interactive approach. *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, 2(4), 584–596.

IRENA. (2015). Renewable Power Generation Costs in 2014 : An Overview. *Irena*, (January), 92. https://doi.org/10.1007/SpringerReference_7300

IRENA. (2017). Renewable Energy Statistics 2016. *International Renewable Energy Agency*, 1(1), 348. Retrieved from www.irena.org/Publications

- IRENA. (2018). Power Generation Costs in 2017. *Renewable Power Generation Costs in 2017*.
- Jeffrey, S. A., & Hodge, R. (2007). Factors influencing impulse buying during an online purchase. *Electron Commerce*, 7(2007), 367–379. <https://doi.org/10.1007/s10660-007-9011-8>
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2007). *Applied multivariate statistical analysis*. (P. P. Hall, Ed.) (Sixth). New Jersey, EEUU.
- Kamenopoulos, S. N., & Tsoutsos, T. (2015). Assessment of the safe operation and maintenance of photovoltaic systems. *Energy*, 93, 1633–1638. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.10.037>
- Karakaya, E., Hidalgo, A., & Nuur, C. (2020). Motivators for adoption of photovoltaic systems at grid parity: A case study from Southern Germany. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43(2015), 1090–1098. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.077>
- Karakaya, E., & Sriwannawit, P. (2015). Barriers to the adoption of photovoltaic systems : The state of the art. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 60–66. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.058>
- Keirstead, J. (2007). Behavioural responses to photovoltaic systems in the UK domestic sector. *Energy Policy*, 35(8), 4128–4141. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.02.019>
- Khalil, A., Rajab, Z., & Asheibi, A. (2019). *The Economic Feasibility of Photovoltaic Systems for Electricity Production in Libya*. University of Benghazi.
- Komatsu, S., Kaneko, S., Pratim, P., & Morinaga, A. (2013). Determinants of user satisfaction with solar home systems in rural Bangladesh. *Energy*, 61, 52–58. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.04.022>
- Kotler, P., & Keller, K. L. (2012). *Dirección de marketing*. (Pearson Educación, Ed.) (Decimocuar). México, D.F.

- Lorbes Medina, J., Garcia-Orellana, Y., Milla Pino, M., & Diaz, L. (2015). Análisis discriminante canónico con técnicas gráficas multivariadas aplicado a un diseño con dos factores. *Investigación En Ingeniería*, 11(2), 38–47.
- Martínez Ortega, R. M., Tuya Pendás, L. C., Martínez Ortega, M., Pérez Abreu, A., & Cánovas, A. M. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, VIII(2), 1–19.
- Merino, L. (2012). Energías renovables. *Energías Renovables*, 1(1), 20.
- Miranda Escobar, M. A. (2016). *Diseño de sistema de generación fotovoltaica para viviendas conectadas a la red de distribución, en el contexto de la ley no. 20.571*. Universidad de Chile.
- Mohtasham, J. (2015). Renewable Energies. *Energy Procedia*, 74(2015), 1289–1297. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.774>
- Moser, A. K. (2015). Thinking green, buying green? Drivers of pro-environmental purchasing behavior. *Journal of Consumer Marketing*, 32(3), 167–175. <https://doi.org/10.1108/JCM-10-2014-1179>
- Müller, S., & Rode, J. (2013). La adopción de sistemas fotovoltaicos en Wiesbaden, Alemania. *Economics of Innovation and New Technology*, 22(5), 519–535. <https://doi.org/10.1080/10438599.2013.804333>
- Mundo Hernández, J., de Celis Alonso, B., Hernández Álvarez, J., & de Celis Carrillo, B. (2014). An overview of solar photovoltaic energy in Mexico and Germany. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 639–649. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.029>
- Muñoz Rodríguez, M., Aguilar Ávila, J., Rendón Medel, R., & Altamirano Cárdenas, J. R. (2007). *Análisis de la dinámica de innovación en cadenas agroalimentarias*. (U. A. C.- CIESTAAM, Ed.) (Primera). Texcoco, Estado de México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Ortega, P. (1986). La investigación en la formación de actitudes: Problemas metodológicos y conceptuales. *Anales de Pedagogía*, 1(4), 187–201.

- Palmer, M., Linde, M., & Pons, G. X. (2004). Correlational patterns between invertebrate species composition and the presence of an invasive plant. *Acta Oecologica*, 26(3), 219–226.
- Pérez López, C. (2004). *Técnicas de Análisis Multivariante de Datos*. (P. Educación, Ed.). Madrid.
- Posso, F. (2012). Energía y ambiente: pasado, presente y futuro. *Revistas Científicas de América Latina y El Caribe, España y Portugal*, 12(3), 54–75.
- Racine Thiam, D. (2011). An energy pricing scheme for the diffusion of decentralized renewable technology investment in developing countries. *Energy Policy*, 39(1), 4284–4297. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.04.046>
- Ravikumar, D., Sinha, P., Seager, T. P., & Fraser, M. P. (2016). An anticipatory approach to quantify energetics of recycling CdTe photovoltaic systems. *Progress in Photovoltaics*, 24(November 2015), 735–746. <https://doi.org/10.1002/pip>
- Rebane, K. L., & Barham, B. L. (2011). Knowledge and adoption of solar home systems in rural Nicaragua. *Energy Policy*, 39(6), 3064–3075. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.02.005>
- Rogers, E. M. (1971). *Diffusion of innovations*. (T. american C. Library, Ed.) (2nd ed.). New York.
- Rosas Flores, J. A., Zenón Olvera, E., & Morillón Gálvez, D. (2019). Potential energy saving in urban and rural households of Mexico with solar photovoltaic systems using geographical information system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 116(May), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109412>
- SAGARPA. (2016). *Eficiencia Energética en el Sector Agropecuario*. México, D.F.
- Sánchez-pantoja, N., Vidal, R., & Pastor, M. C. (2018). Aesthetic impact of solar energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 98(September), 227–238. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.09.021>
- Santoyo, H., Suvedi, M., & Ramírez, P. (2002). *Manual para la evaluación de*

- programas de desarrollo rural*. (Mundiprensa, Ed.) (Segunda). Texcoco, Edo. de México: Mundiprensa.
- Sanzo, M. J., del Río, A. B., Iglesias, V., & Vázquez, R. (2003). Attitude and satisfaction in a traditional food product. *British Food Journal*, 105(11), 771–790. <https://doi.org/10.1108/00070700310511807>
- Sanzo Pérez, M. J., del Río Lanza, A. B., Iglesias Argüelles, V., & Vázquez Casielles, R. (2001). El efecto de la actitud y de la calidad percibida sobre la intención de compra de un producto agroalimentario tradicional. In *XI Congreso Nacional de ACEDE* (Vol. 1, pp. 1–24).
- SENER. (2015). Prospectiva de Energías Renovables. *Diario Oficial de La Federación*, 1, 156. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- SENER. (2016). Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles Mas Limpios. *Secretaría de Energía*.
- SENER. (2017). *Prospectiva de energías renovables 2017-2031*. Secretaría de Energía (Vol. 2017). México.
- Sommerfeld, J., Buys, L., & Vine, D. (2017). Residential consumers' experiences in the adoption and use of solar PV. *Energy Policy*, 105(May 2016), 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.02.021>
- Steigelmann, W., & Neyeloff, S. (1981). *Market assessment of photovoltaic power systems for agricultural applications in Mexico*. Cleveland, Ohio.
- Sulé Alonso, M. A. (1998). *Calidad percibida: Aplicación de los modelos de ecuaciones estructurales al ámbito agroalimentario*. Universidad de Salamanca.
- Valdés-González, G. D., Rodríguez-Ponce, E. R., Miranda-Visa, C., & Lillo-sotomayor, J. (2020). Viability study of photovoltaic systems as distributed sources of energy in the city of Arica , Chile. *Información Tecnológica*, 31(3), 249–256.
- Vazifehdoust, H., Taleghani, M., Esmaeilpour, F., Nazari, K., & Khadang, M. (2013). Purchasing green to become greener: Factors influence consumers' green

- purchasing behavior. *Management Science Letters*, 3(2013), 2489–2500.
<https://doi.org/10.5267/j.msl.2013.08.013>
- Villarroel-Gutiérrez, H. A., & Molina, M. G. (2020). Analysis of Dynamic Voltage Support Schemes for PV Generators Implemented in Latin America. *IEEE Latin America Transactions*, 18(4), 641–651.
- Westbrook, R. A. (1987). Product / Consumption-Based Affective Responses and Postpurchase Processes. *Journal of Marketing Research*, 24(3), 258–270.
- Woyte, A., Richter, M., Moser, D., Mau, S., Reich, N., & Ulrike, J. (2016). Monitoring of photovoltaic systems: good practices and systematic analysis. In PVSEC (Ed.), *Proc. 28th European Photovoltaic Solar Energy Conference* (pp. 3686–3694). Paris, France.
- Yang, Y., Enjeti, P., Blaabjerg, F., & Wang, H. (2013). Suggested grid code modifications to ensure wide-scale adoption of photovoltaic energy in distributed power generation systems. In *IEEE Industry Applications Society Annual Meeting* (pp. 1–8). Lake Buena Vista, FL: IEEE.
<https://doi.org/10.1109/IAS.2013.6682485>.
- Zahedi, A. (2006). Solar photovoltaic energy; latest developments in the building integrated and hybrid PV systems. *Renewable Energy*, 31, 711–718.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.08.007>