

Hogares mexicanos con panel solar

*Erwin Medina Josefa**

Resumen: En el presente documento se desarrolló la metodología econométrica teórica tradicional (Gujarati, 2010: 3), atendiendo los supuestos que deben cumplirse para un modelo estándar de regresión lineal simple¹ (Gujarati, 2010: 61, 85), que para el caso corresponde a la creación de un modelo que permite, ya en su fase de interpretación, conocer la relevancia de las variables explicativas en la implementación de paneles solares en los hogares mexicanos. Las observaciones para el ejercicio estadístico corresponden a los 32 estados del país.

Palabras clave: energías renovables, energías limpias, política energética, panel solar, transición energética.

Mexican homes with solar panel

Abstract: In this paper was developed the traditional theoretical econometric methodology (Gujarati, 2010: 3), taking into account the assumptions that must be fulfilled for a standard simple linear regression model (Gujarati, 2010: 61, 85) that corresponds to the creation of a model that already allows, in its interpretation phase, to know the relevance of the explanatory variables in the implementation of solar panels in Mexican homes. The observations for the statistical exercise correspond to the 32 states of the country.

Keywords: renewable energy, clean energies, energy policy, solar panel, energy transition.

* Colegio del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, México. Correo electrónico: medina.erwin@gmail.com

¹ El software estadístico utilizado es EViews, al cual se referirá como “el software”.

Panorama general del sector eléctrico en México y tópicos

A raíz de la aprobación completa, en 2014, de la llamada Reforma Energética en México, se ha puesto en marcha una de las transformaciones en el sector, quizá más importante desde el gobierno de Lázaro Cárdenas, que no sólo refiere a los hidrocarburos, sino también a las fuentes renovables de energía, ampliando el concepto a energías limpias (que incluye la energía nuclear). Inclusive, desde 2012, la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento a la Transición Energética (LAERFTE) planteó provechosos incentivos y ambientes para detonar el potencial económico a través de inversión extranjera, produciendo más energía eficientemente, y lo más importante, proveniente de fuentes renovables.

En el año 2015 la Ley de Transición Energética (LTE) entra en vigor y comienza así una nueva etapa con rumbo más definido con prospectivas 2015-2029 realizadas por la Secretaría de Energía (Sener),² entre otros informes, que contribuyen al fortalecimiento del sector en general y que no sólo es materia de hidrocarburos, sino fuente de energía limpia.

Dentro de las fuentes de energía limpia se encuentran las generadas por aprovechamiento solar y eólico, etiquetadas con el mayor potencial de implementación en México, o al menos, en términos de “transición energética”, las que en próximos años recibirán la mayor inversión para infraestructura que permita la generación, almacenamiento y transmisión de la energía, y así transitar de forma gradual de medios tradicionales de generación a medios modernos (más “amigables” con el ambiente).

El panorama se trata de transitar tecnológicamente, pero también de lograr eficiencia energética.³ El concepto *eficiencia energética* hace referencia a las “buenas prácticas” implementadas —por ejemplo, a través de políticas públicas— para el aprovechamiento de la energía,

² Reporte “Prospectiva de energías renovables 2015-2029” de la Sener.

³ En temas de energía, “la nueva tecnología” propicia la eficiencia energética diferenciando: (-) *la generación*, cuando “la nueva tecnología” aprovecha mejor su materia prima (flujos de agua, rayos solares, etc.) para generar energía eléctrica, y (-) *el consumo*, cuando “la nueva tecnología” aprovecha mejor la energía eléctrica para funcionar (p.e. electrodomésticos).

independientemente del origen de la misma, sólo que sea bien utilizada. En este tenor, los organismos de cooperación internacional que siguen el tema energético esperarían una transición energética global hacia las modernas tecnologías de generación de energía limpia, *ergo*, políticas acertadas de eficiencia energética. En México, el FIDE (Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica) fue el primer organismo (año 1990) de origen privado en constituirse al amparo de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), inicialmente para el fomento de “buenas prácticas” para el uso y ahorro de energía de particulares. Más recientemente, la CONUEE (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía) es otro organismo que, dependiente de la Sener, trabaja también para el fomento al buen uso y ahorro de la energía eléctrica; cuenta con programas sectoriales que cubren a la APF (Administración Pública Federal), estados y municipios, así como con programas transversales como la supervisión de los avances en materia de NOMS (normas oficiales mexicanas) del sector, entre otros. La eficiencia energética como término técnico conceptual coadyuva a la construcción de indicadores como Pobreza Energética (en consumo) y al fomento de nuevas prácticas tecnológicas como la Generación Distribuida (en generación).

La ONU, a través de sus diferentes organismos abocados a los trabajos de energía, considera lo siguiente: (-) para el año 2050 se tiene proyectado que la población urbana se duplicará, lo anterior en el marco del Habitat III,⁴ (-) para el 2030 los países firmantes del COP21⁵ deberán reducir sus emisiones de CO₂ en por lo menos un 25%. El reto es claro, a la par del crecimiento poblacional se requerirá de mayor energía, pero al mismo tiempo se requerirá que ésta sea menos contaminante, es decir, energía limpia, tangencialmente al tema del petróleo, cercano al fin de su ciclo extractivo, “agotamiento de los recursos fósiles convencionales” (Honty & Gudynas, 2014).

Se estima que la demanda de energía crezca a razón de 1.8% anual, hasta el año 2030, lo que supone un crecimiento del 55% sobre las necesidades energéticas globales que se tienen en la actualidad; y en el

⁴ Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible, evento llevado a cabo en Quito, Ecuador, los días 17 al 20 de octubre de 2016.

⁵ Convención de Cambio Climático en París, celebrado el 12 de diciembre de 2015. También llamado “Acuerdo París”.

caso de las energías renovables, éstas incrementarán de 7% en 2012, al 20% en 2020 (Roldán, 2012).

En competitividad global en materia de electricidad, México ocupa la posición 57, en cuanto al suministro de energía eléctrica ocupa el lugar 73, y en cuanto a obtención de electricidad ocupa el lugar 72, de 150 países.⁶

Desarrollo del planteamiento

Planteamiento de la teoría o de la hipótesis

A raíz de los conceptos Pobreza Energética (PE) y Generación Distribuida (GD), en el marco de la eficiencia energética, se hace el planteamiento del modelo econométrico para la variable explicada Hogares con Panel Solar.

Antes, conviene explicar brevemente los conceptos PE y GD.

- (PE) Pobreza Energética es una innovadora línea de investigación que parte de dos enfoques: el de subsistencia (o biológico), de Seebohm Rowntree, y el consensual, de Jonathan Healy (una adecuación al modelo de privación relativa del sociólogo Peter Townsend; ambas propuestas teóricas abordadas por García y Graizbord (2016: 289) en el artículo “Caracterización espacial de la pobreza energética en México a nivel subnacional”. Éste concluye “que [al año 2012] 36.7% de los hogares mexicanos viven en pobreza energética, encontrando que los bienes económicos ‘confort térmico’, ‘refrigerador eficiente’ y ‘estufa de gas o eléctrica’ son los que presentan mayores niveles de privación”; lo anterior como resultado de la aplicación del método “satisfacción de necesidades absolutas de energía” (del propio investigador Rigoberto García) para el cálculo del “índice pobreza energética en el hogar”. Brenda Boardman (1991: 34, citada por García & Graizbord, 2016: 291) menciona que “la pobreza energética se debe principalmente a los bajos ingresos y al

⁶ Tabla 1.3.5 del documento PRODESEN 2016-2030 de la Sener, p. 185.

uso de equipos ineficientes”, es decir, la autora da relevancia al concepto de Eficiencia Energética en los electrodomésticos básicos del hogar.

Es un hecho que, en el caso de los electrodomésticos, a mayor antigüedad mayor consumo de energía, o bien, menor ahorro de la misma y, por consiguiente, una factura de pago por servicios más alta. En el caso de las empresas y la industria —generalizando—, la maquinaria y equipo a mayor antigüedad mayor consumo de energía, o bien, como se diría en el argot industrial, menos eficiencia; por consecuencia, pago de factura por servicios más alta (la tecnología obsoleta aumenta los costos de operación al paso del tiempo).

- (GD) La Sener considera Generación Distribuida a la generación de energía eléctrica a pequeña escala (0.5 MW), cercana a la carga (lugar de consumo), mediante el empleo de tecnologías eficientes. La GD representó un cambio de paradigma en los países donde inicialmente se implementó. En México, recién entrado el año 2017, la Sener, así como la Comisión Reguladora de Energía (CRE), han impulsado fuertemente este mecanismo, no sólo de uso eficiente de energía, sino de ahorro. Ha obligado también al replanteamiento de proyectos a llevar estas tecnologías eficientes generadoras de electricidad a lugares habitados, donde por alguna circunstancia el servicio de la CFE no es suministrado, relacionado esto último al tema de pobreza energética.

El 31 de mayo de 2017 la Sener y el FIDE publicaron la primera Convocatoria⁷ del Fondo de Servicio Universal Eléctrico (FSUE), cuyo objetivo es “beneficiar con energía fotovoltaica a 898 localidades rurales o urbanas marginadas de México que aún no cuentan con electrificación y a donde no es técnica ni económicamente factible extender la red de distribución de la CFE [...] mediante la modalidad de Sistemas Aislados [...]”.⁸

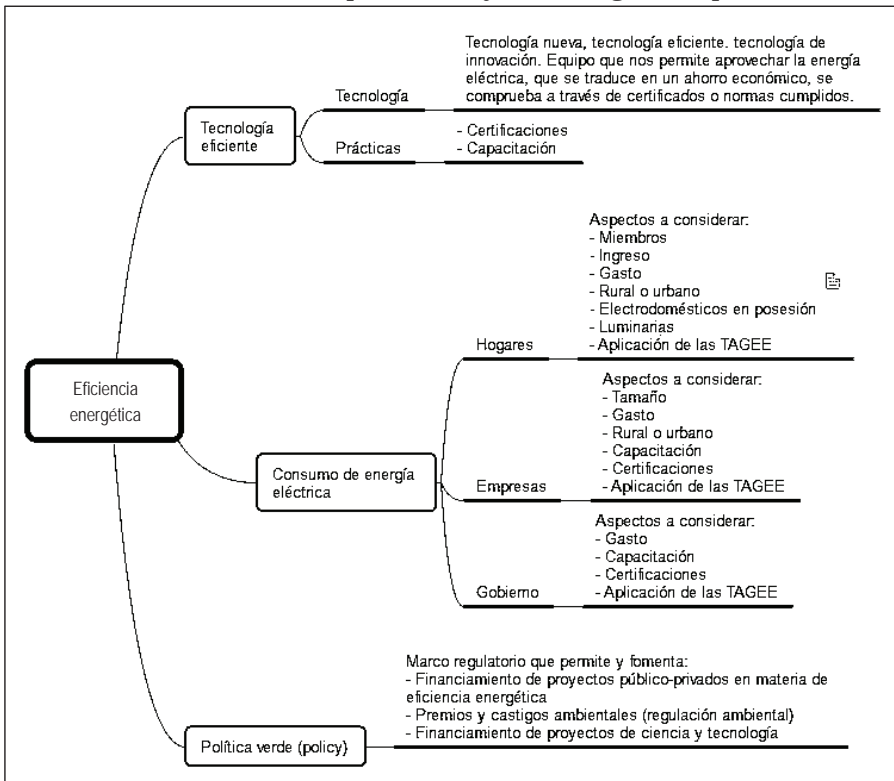
⁷ <http://fsueconvocatoriaaislados.fide.org.mx/>

⁸ <http://www.obrasweb.mx/soluciones/2017/05/23/llevaran-sistemas-fotovoltaicos-a-comunidades-marginadas-en-mexico>

Así, explicados PE y GD, retomamos el planteamiento del modelo econométrico, insistiendo en que partimos del marco conceptual de eficiencia energética (visión institucional de promoción de una cultura de ahorro y eficiencia energética en México) delineado por organismos como el FIDE, CFE, CRE, Sener y la CONUEE.

La eficiencia energética, en el contexto de las “buenas prácticas” y de la energía limpia, corresponde mínimo a tres elementos: (1) tecnología nueva o tecnología que cumpla con los estándares más actuales de uso y ahorro de energía, (2) consumo que las personas hacen de la energía eléctrica, y (3) marco regulatorio que fomente las “buenas prácticas” o bien, la introducción de nuevas tecnologías. La descripción ampliada se expresa en la Figura 1. La estructura queda entonces:

Figura 1. Eficiencia energética desde el contexto de las “buenas prácticas” y las energías limpias



Fuente: Elaboración propia.

- Tecnología eficiente (TE).
- Consumo de energía eléctrica (CEE).
- Política verde (PV).⁹

Inicialmente, se consideraron 20 variables que fueron tomadas de cuatro fuentes (INEGI, INERE,¹⁰ IMCO y ETHOS, ver el detalle en la Figura 2). De las 20 variables (con 32 observaciones cada una) se buscaron sus correlaciones y se fueron discriminando respecto al criterio de su significancia (<0.05), siendo de utilidad, para el planteamiento inicial de este epígrafe, sólo cinco de las 20 variables; así:

- X_1 : Hogares con energía eléctrica pública.
- X_2 : Hogares con energía eléctrica a través de planta particular.
- X_3 : Generación de energía eléctrica solar.
- X_4 : Ambiente propicio,¹¹ como variable dicotómica.
- Y: Hogares con panel solar.

La variable Y es explicada por X_1 , X_2 , X_3 y X_4 proporcionalmente.

Sin embargo, a las pruebas de homoscedasticidad, heteroscedasticidad y multicolinealidad ejecutadas, el modelo tuvo que ser replanteado a:

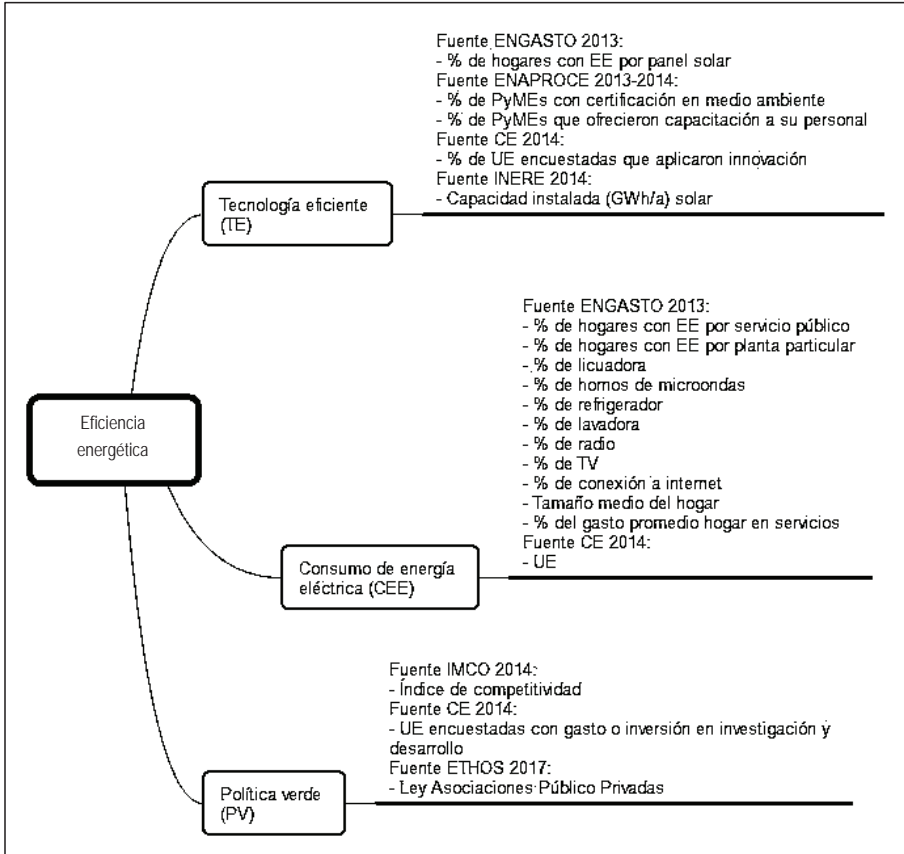
- X_1 : Hogares con energía eléctrica pública (observaciones expresadas en porcentaje).
- X_2 : Generación de energía eléctrica solar (observaciones expresadas en gwh/a).
- Y: Hogares con panel solar (observaciones expresadas en porcentaje).

⁹ El concepto de PV, para efectos del presente documento, hace referencia a la articulación de políticas públicas que se hayan emprendido —por parte de los estados— para ser más (1) atractivo para inversión, así como la (2) incentivación al gasto en investigación y desarrollo, en ambos casos no exclusivo al sector energético.

¹⁰ Inventario Nacional de Energías Renovables.

¹¹ Contexto de importancia (en materia de energía limpia y posición geográfica) y potencial para desarrollo de proyectos de eficiencia energética (garantizado esto por una fortalecida, bien estructurada y probada legislación local en materia de Asociaciones Público Privadas de acuerdo con el estudio de Ethos).

Figura 2. Eficiencia energética y sus componentes



Fuente: Elaboración propia.

La variable Y es explicada por X_1 y X_2 proporcionalmente.

La selección de las variables finales evitó recurrir a otras opciones como variables dicotómicas, así como el uso de correctivos, tratando de mantener un modelo puro desde su construcción (ver pruebas finales de heteroscedasticidad y multicolinealidad en el Anexo 1).

Hipótesis: El incremento de hogares con paneles solares es favorecido por un menor número de hogares con acceso a energía eléctrica pública, y por un incremento en la generación de energía eléctrica solar.

Asociado a lo anterior (aunque no es objeto del presente documento medirlo), la implementación de paneles solares en los hogares mexicanos tendría que contribuir de forma positiva a los indicadores de eficiencia energética existentes en México y, por ende, de forma gradual en el tiempo, modificar también los resultados que se tengan de PE y GD (figuras 1 y 2).

Especificación del modelo matemático de hogares con panel solar

Del modelo matemático se expresa que los datos (observaciones) a utilizar para las variables comparten las siguientes características generales:

- Son estatales
- Son porcentajes (Y y X_1), son en gwh/a (X_2)
- Son de superávit
- Referentes al sector energético, categoría energías limpias
- Son transversales

Donde: $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$

Y: Hogares con panel solar.

X_1 : Hogares con energía eléctrica pública.

X_2 : Generación de energía eléctrica solar.

β : Parámetros.

Especificación del modelo econométrico o estadístico de la teoría

Donde: $_01 = \beta_0 + \beta_1_{05} + \beta_2_{25} + u$

$_01$: Hogares con panel solar.

$_05$: Hogares con energía eléctrica pública.

$_25$: Generación de energía eléctrica solar.

β : Parámetros.

u: Error.

Obtención de datos

Finalmente, de un conjunto de 20 variables, sólo se quedaron tres. En la Figura 2 se detalla la fuente.

Estimación de los parámetros del modelo econométrico

De acuerdo con el análisis de regresión lineal, arrojado por el software, la función hogares con panel solar es:

$$_01 = -0.194095404372 * _05 + 0.000142947356938 * _25 + 0.193300638714$$

De acuerdo con los datos de 2014, el promedio o media de hogares con energía eléctrica pública disminuyó alrededor de 0.194 por cada unidad de incremento de hogares con panel solar. Así como el promedio o media de generación de energía eléctrica solar aumentó alrededor de 0.00014 por cada unidad de incremento de hogares con panel solar (véanse gráficas 1 y 2).

Pruebas de hipótesis

El software para este modelo arroja un éxito de nuestros valores en un 45%, es decir, el modelo explica en ese porcentaje el “fenómeno social” planteado (véase Tabla 1).

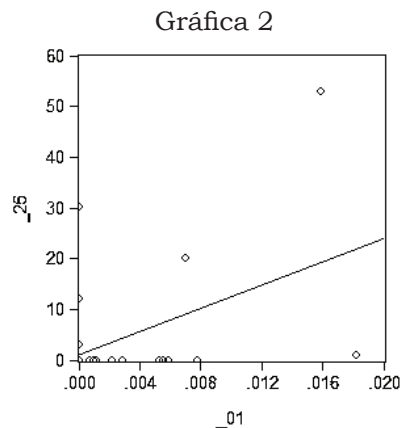
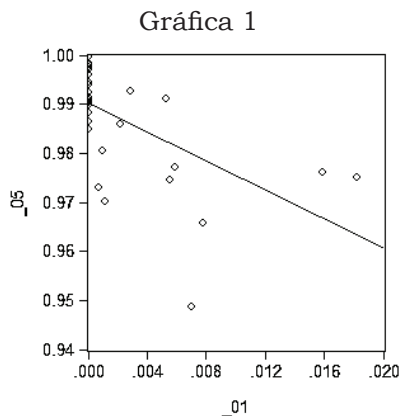


Tabla 1. Tabla de significancias y comprobaciones

Dependent Variable: _01				
Method: Least Squares				
Sample: 132				
Included observations: 32				
<i>Variable</i>	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-Statistic</i>	<i>Prob.</i>
_05	-0.1941	0.0555	-3.4979	0.0015
_25	0.0001	0.0001	2.4759	0.0194
C	0.1933	0.0548	3.5267	0.0014
R-squared	0.4500	Mean dependent var		0.0023
Adjusted R-squared	0.4120	S.D. dependent var		0.0045
F-statistic	11.8617	Durbin-Watson stat		2.1727
Prob(F-statistic)	0.0002			

Fuente *eviews*.

Según las variables de la Tabla 1:

- _05, relación negativa muy baja, dato no sesgado.
- _25, relación positiva muy baja, dato sesgado.¹²

Pronóstico o predicción

De acuerdo con el modelo de hogares con panel solar,

$$_01 = -0.194095404372 * _05 + 0.000142947356938 * _25 + 0.193300638714$$

Con un tabulado sencillo se obtiene una simulación de escenarios que permita mostrar gráficamente la preponderancia de las variables explicativas por sobre la explicada, y determinar algunas deducciones (véanse Tabla 2 y Gráfica 3).

De la corrida del modelo econométrico se ha querido sustraer el comportamiento de tres escenarios distintos, quizá los más representativos por estar apegados a la realidad en cuanto a su ocurrencia:

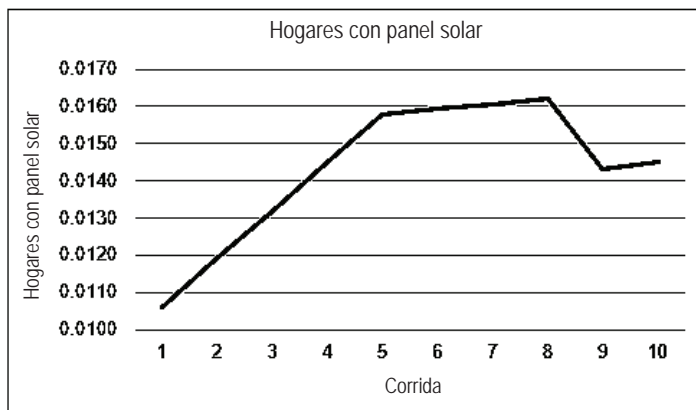
¹² De acuerdo con la regla de comprobación de sesgo (error estándar > coeficiente).

Tabla 2. Tabulado de escenarios

Escenario	Corrida (Año)	_05	_25	_01
		Hogares con EE pública (%)	Generación de EE solar (GWh/a)	Hogares con panel solar (%)
1. Crecimiento constante de las variables	1	0.9486	10	0.0106
	2	0.9493	20	0.0119
	3	0.9500	30	0.0132
	4	0.9507	40	0.0145
	5	0.9514	50	0.0158
2. Decrecimiento y estancamiento	6	0.9507	50	0.0159
	7	0.9500	50	0.0161
	8	0.9493	50	0.0162
3. Reactivación	9	0.9700	65	0.0143
	10	0.9800	80	0.0145

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 3. Comportamiento del modelo ante escenarios propuestos



Fuente: Elaboración propia.

- Escenario 1. Ante un panorama donde las variables _05 y _25 responden a un crecimiento constante, la variable _01 registra también un crecimiento constante, bastante pronunciado gráficamente.
- Escenario 2. Ante un panorama donde la variable _05 se vuelve ante un decrecimiento y _25 se estanca sin decrecer, la variable _01 registra un crecimiento constante, pero mucho menor al escenario 2.
- Escenario 3. Ante un panorama donde las variables _05 y _25 repuntan; dada una reactivación (en el caso de la primera variable en cobertura de energía a la población, y en la segunda, en aumento de energía eléctrica generada), se registra para la variable _01 una afectación en su crecimiento.

Consideraciones para el modelo en su ejecución (corrida):

- Crecimiento de la población mexicana que a 2050 se proyecta en 150,837,517 personas (de acuerdo con el Conapo).¹³
- En 2014, la generación de energía eléctrica solar fue de 28 gwh/a, con prospectiva a 2030 de 3,434 gwh/a (de acuerdo con la Sener).¹⁴

En un ejercicio de predicción hacia 2030 (véanse Tabla 3 y Gráfica 4), suponiendo que los hogares con energía eléctrica pública se mantengan, como en 2014, con 0.9868 de cobertura y que, de acuerdo con las prospectivas de la Sener, la generación de energía eléctrica solar llegue a los 3,434 gwh/a, tendríamos un escenario con bastante incentivo para casi alcanzar un 0.5 de hogares con panel solar.

¹³ <http://www.conapo.gob.mx/es/Conapo/Proyecciones>.

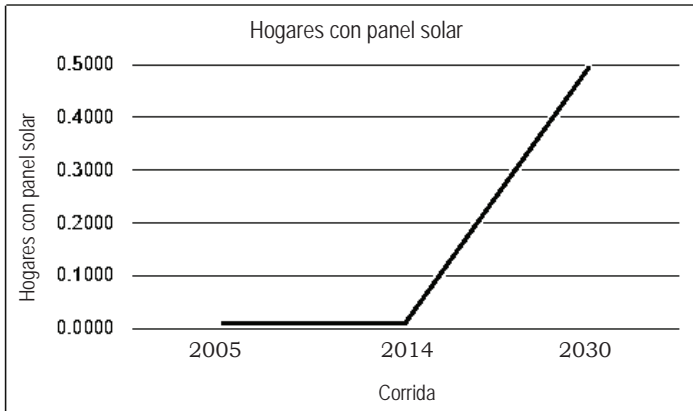
¹⁴ Página 66 del documento Prospectiva de Energías Renovables 2015-2029. Cabe aclarar que en el mismo documento, el gráfico 19 registra una generación de energía eléctrica solar de 103 gwh/a en 2014 (página 57), mientras que el INERE para el mismo periodo registra el dato de 119 gwh/a. Lo anterior se puede deber a que el año 2014 es considerado como base del registro de los nuevos datos, respecto a la generación de energías limpias, y se registren inconsistencias metodológicas.

Tabla 3. Predicción a 2030

	_05	_25	_01
<i>Corrida (Año)</i>	<i>Hogares con EE pública (%)</i>	<i>Generación de EE solar (gwh/a)</i>	<i>Hogares con panel solar (%)</i>
2005	0.9645	19	0.0088
2014	0.9868	53	0.0093
2030	0.9868	3434	0.4926

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 4. Predicción a 2030



Fuente: Elaboración propia.

De estos sencillos ejercicios podemos concluir en la aceptación de la hipótesis planteada para este trabajo; es decir, para que se registre un mayor porcentaje de hogares mexicanos con panel solar, parece ser necesario que se registre una disminución en el porcentaje de hogares con acceso a energía eléctrica pública, y se registre un crecimiento en la generación de energía eléctrica solar.

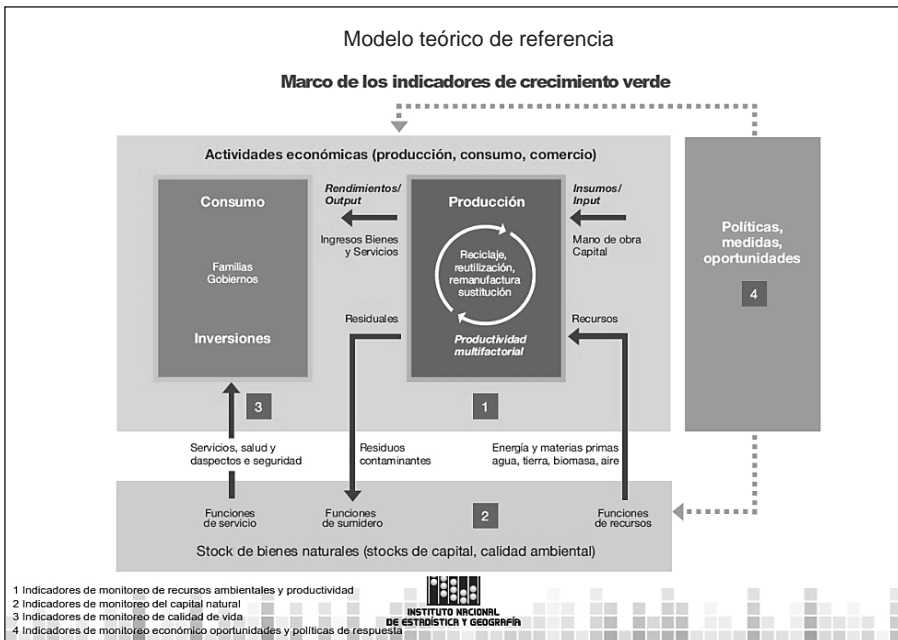
La ejecución del modelo econométrico corrobora la predominancia de la variable “Hogares con acceso a energía eléctrica pública”.

Utilización del modelo para fines de control o de políticas

De la sencillez del modelo econométrico desarrollado es posible abstraer interpretaciones que pueden partir del modelo económico circular planteado en términos de desarrollo y sustentabilidad (véase Figura 3), y que permite relacionarlo con toda la terminología planteada en el epígrafe de *Panorama general del sector eléctrico en México y tópicos*. Esto lo trataremos en el apartado de reflexiones finales.

De forma práctica, el modelo puede ser utilizado para control de políticas públicas en cualquiera de sus tres fases (planeación o diseño, implementación y diagnóstico), y de proyectos relacionados con el sector eléctrico en el ámbito de las energías limpias; al menos las variables empleadas en el modelo son lo que se podría inferir de inmediato. Sin embargo, creemos que la utilidad puede extenderse para evaluaciones, por ejemplo, de gasto en el hogar por servicios, medio

Figura 3. Modelo de medio ambiente y energía en el hogar



Fuente: CONUEE (2015).

ambiente y hogar, generación distribuida, pobreza energética y, desde luego, indicadores de eficiencia energética. No se descarta que, por los resultados inmediatos obtenidos de la simulación del modelo, pueda ser también del interés del sector privado.

Es precisamente en la implementación de programas sociales, como el derivado de la Primera Convocatoria del Fondo de Servicio Universal Eléctrico (FSUE), que resulta importante traer a la mesa temas de cobertura de energía eléctrica; porque ante el crecimiento de la población (dejando por un momento que en mayor proporción será población urbana), el gobierno, bajo lineamientos de seguridad energética en cuanto a generación, almacenamiento y distribución de energía, tiene que atender las necesidades y demandas. El modelo econométrico plantea claridad en cuanto a que:

- Es favorable mantener los actuales índices de usuarios de energía eléctrica a través de la red pública (_05).
- Cuando se trate de lugares inaccesibles o económicamente inviables de acceder con infraestructura, existe la alternativa (al parecer) económicamente más viable de fortalecer un concepto no nuevo en México, pero sí renovado, que sería hogares mexicanos con paneles solares (en la modalidad de sistemas aislados), en buena medida impulsado por el “boom” de las energías limpias en América Latina.
- Aun cuando no se trate de lugares inaccesibles, la Generación Distribuida (o sea modalidad de sistemas no aislados) es una opción para los hogares mexicanos de pagar menos por un servicio.
- Puede encontrarse una solución viable a la problemática de la pobreza energética y aumento de los indicadores de eficiencia energética.
- Finalmente, y respecto al incremento de energía eléctrica solar generada (_25), éste contribuye a que se repliquen modelos de generación de energías más sustentables (como el de nuestra variable explicada).

De forma complementaria y ejemplificando el uso de los modelos en temas de políticas públicas, la CONUEE, en 2016, publicó el docu-

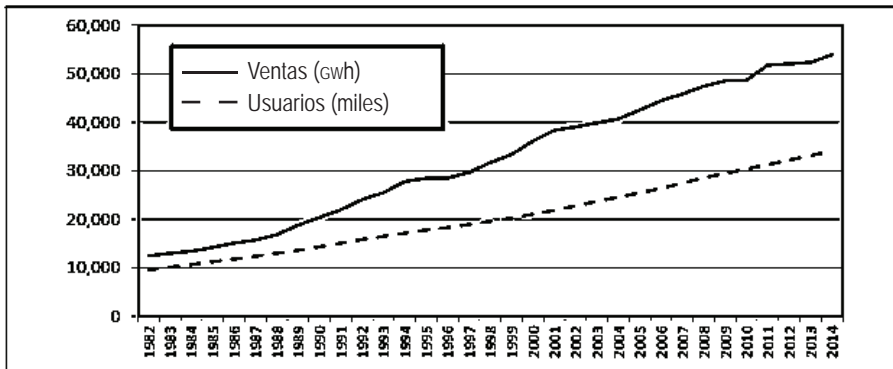
mento *Análisis de la evolución del consumo eléctrico del sector residencial entre 1982 y 2014 e impactos de ahorro de energía por políticas públicas*, en el cual concluye que “las NOM de eficiencia energética han contribuido al desfase, en el sector residencial, de las tasas de crecimiento del número de usuarios respecto al de su consumo (aún el aumento de equipamiento en los hogares)” (véase Gráfica 5).

Reflexiones finales

Retomando la propuesta de la Figura 1, Eficiencia Energética desde el contexto de las “buenas prácticas” y las energías limpias, a continuación se presentan algunos comentarios por constructo:

- Política Verde (PV). De acuerdo con el indicador de competitividad del IMCO (2014) y respecto a los estados generadores de energía eléctrica solar,¹⁵ los estados con mayor índice, al mismo tiempo, son las entidades que buscan desarrollar proyectos relacionados con innovación y desarrollo de tecnología (ya sea

Gráfica 5. Evolución del número de usuarios y del consumo de electricidad del sector residencial



Fuente: CONUEE (2016).

¹⁵ Índice de Competitividad (IMCO, 2014): Nuevo León (4), Sonora (8), Jalisco (9), Yucatán (11), Tabasco (25).

el gobierno directamente o las unidades económicas como iniciativa privada), no sólo porque quizás hay más recursos por repartir, sino por el compromiso de mantener un crecimiento económico, así como por el aprendizaje positivo y los buenos resultados obtenidos. En materia de energía eléctrica se observa que existe una relación directa entre la generación de ésta y el desarrollo (Ramos & Montenegro, 2012: 197), y con el incremento favorable de los índices de desarrollo humano (Cozulj, 2009: 13).

- Tecnología Eficiente (TE). Habría que ahondar más al respecto de si las empresas y los hogares, al tener más conocimiento de las novedosas alternativas tecnológicas para la generación de energía eléctrica, deciden gastar más energía. Un tema a discutir es que en la vida de consumo de la sociedad capitalista, las personas no ahorran energía porque lo quieren hacer (ya no digamos que lleven un rigor metodológico diario de conteo de watts consumidos), sino que el ahorro en todo caso se debe a “la nueva tecnología” (el desarrollo tecnológico que permite la sofisticación en los microcircuitos, que son los que finalmente hacen el trabajo del “ahorro”). En 2008, el consumo de energía eléctrica en México fue de 52.81% industria, 20.36% residencial y 9.09% comercial y servicios públicos (Ramos & Montenegro, 2012: 204).
- Consumo de Energía Eléctrica (CEE). Amén de las energías limpias y eficiencia energética, surgen concepciones como los “sociotechnical systems” (Sorrell, 2015), que contribuyen a las explicaciones de las relaciones que se pensarían de alta derivación como “más energía, más desarrollo”, o “eficiencia energética y menor demanda de energía”, poniendo sobre la mesa un análisis alternativo a la tradicional concepción de las teorías económicas clásicas (como el representado en la Figura 3). En el mismo tenor se halla Benjamin K. Sovacool (2015) y su propuesta multidisciplinaria de considerar al ser humano por sobre las consideraciones técnicas.

Para los próximos años será interesante monitorear la forma en que las personas y las empresas convergen su funcionamiento como

sociedad hacia las nuevas tecnologías, es decir, hogares y empresas completamente energizados por fuentes —por ejemplo— fotovoltaicas y eólicas, así como hogares con electrodomésticos de última generación en ahorro y eficiencia energética. Así, al mismo tiempo, registrar la disminución en el uso de las fuentes tradicionales de generación de electricidad.

Para el monitoreo que se menciona, es necesario que se comience a recabar datos directos sobre el rubro o el sector de las energías renovables y limpias, de hogares, de empresas y de la industria, en generación, uso y almacenamiento. Las 20 variables detalladas en la Figura 2 corresponden a un mundo muy ínfimo de datos que actualmente existen, en el que bien se pueden aplicar técnicas de desagregación, pero no es lo que se esperaría como lo más conveniente. En los años 2016 y 2017 es cuando más información de la industria energética se generó como producto de las diversas transformaciones resultado de la ya materializada reforma energética, no sólo en su rubro de hidrocarburos (rondas), sino también en su rubro de las energías limpias (subastas). Aunado a esto, se aprecia, por ejemplo, que herramientas como el INERE y el SIE (Sistema de Información Energética) se encuentran en constante actualización.

Como políticas públicas, es imperante el fortalecimiento de las figuras legales que permitan la participación del Estado y del capital privado en investigación; desarrollo de tecnología y desarrollo de proyectos energéticos que permitan cumplir con la máxima de la seguridad energética y con los compromisos ambientales internacionales que México ha pactado. En este sentido es valiosa la aportación de la economía ambiental frente al reto de “mercado y equidad” planteado por autores como Azqueta (2007: 91) que promueven modelos como el de la Figura 3. La visión global de las políticas establece que se debe trabajar en los próximos 30 años con las llamadas políticas para la transición energética: (1) políticas sobre la oferta de la energía, (2) políticas sobre la demanda energética, (3) políticas del sector agropecuario, y (4) políticas internacionales (Honty & Gudynas, 2014). Sin embargo, el tema de eficiencia energética debiera ser una oportunidad para contribuir al ataque frontal de la pobreza en los países de la región de ALYC, partiendo de la adecuada planeación, instrumentación y evaluación (reconocien-

do claramente entre zonas urbanas y rurales (Kozulj, 2009: 6, 14, 15) de políticas públicas respecto de la pobreza energética.

Se habla de participación del Estado y capital privado (Kozulj, 2009: 21), puesto que el modelo imperante es el del libre mercado, siendo, por ejemplo, el modelo de las APP (Asociaciones Público Privadas) (ETHOS, 2017) el que se ha replicado en México en amplios sectores de la industria y la economía, incluso en el ámbito municipal en fechas más recientes; históricamente en el sector eléctrico de México siempre ha tenido un papel importante la inversión extranjera.

La eficiencia energética para empresas y hogares no es cuestión de decreto, es un cambio gradual en los hábitos y consumo de las personas. Investigaciones sociológicas del consumo energético ponen de manifiesto que las acciones que los individuos ponen en marcha, con base en el uso de la energía, están influenciadas por convenciones meramente culturales (García & Graizbord, 2016: 299), que van más allá de las necesidades vitales. Autores como Foladori ponen de manifiesto que “la relación de la especie humana con su entorno, y consigo misma, es siempre una relación [...] mediada por cosas producidas” (Foladori, 2001: 216). En este sentido, en el tema de eficiencia energética, no sólo se trata de generar electricidad, sino de cómo se utiliza, y en el camino tener una alta comprensión de qué se absorbe como externalidades. Finalmente, se puede decir que la transición energética requiere de una amplia gama de políticas públicas —a la medida del sector—, de uso e implementación de mejor tecnología, pero también de un consumo razonado.

Referencias bibliográficas

- Azqueta, Diego *et al.* (2007), *Introducción a la economía ambiental*, España. McGraw-Hill.
- Foladori, Guillermo (2001), *Controversias de la sustentabilidad*, México, Miguel Ángel Porrúa.
- García Ochoa, Rigoberto *et al.* (2016), “Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional”, *Economía, sociedad y territorio*, vol. xvi, núm. 51, mayo-agosto, pp. 289-337.

- Gujarati, Damodar N. (2010), *Econometría*, México, McGraw-Hill.
- Honty, Gerardo *et al.* (2014), *Cambio climático y transiciones al buen vivir, alternativas al desarrollo para un clima seguro*, Perú, CLAES-RedGE.
- Kozulj, Roberto (2009), *Contribución de los servicios energéticos a los ODM y a la mitigación de la pobreza en ALYC (Síntesis ejecutiva)*, Chile, CEPAL.
- Ramos Gutiérrez, Leonardo de Jesús *et al.* (2012), “La generación de energía eléctrica en México”. *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. III, núm. 4, octubre-diciembre, pp. 197-211.
- Roldán Vilorio, José *et al.* (2012), *Energías renovables, lo que hay que saber*, España, Ediciones Paraninfo.
- Sorrell, Steve (2015), “Reducing energy demand, a review of issues, challenges and approaches”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, núm. 47, pp. 74-82.
- Sovacool, Benjamin K. (2015), “El lado humano del problema energético”, *Investigación y Ciencia*, núm. 461, febrero, pp. 11-13.

Fuentes de información

- INEGI, Censo Económico 2014.
- INEGI, ENAPROCE 2013-2014.
- INEGI, ENGASTO 2013.
- INERE, Generación de energía eléctrica solar por estado 2014.

Documentos consultados

- CONUEE (2015), *Las estadísticas de medio ambiente y el estudio de la energía en el hogar*, México.
- CONUEE (2016), *Análisis de la evolución del consumo eléctrico del sector residencial entre 1982 y 2014 e impactos de ahorro de energía por políticas públicas*, México.
- ETHOS (2017), *Hacia un México sostenible: asociaciones público-privadas en eficiencia energética*, México.

- IMCO (2014), Índice de Competitividad Estatal 2014, México.
- LAERFTE (2012), Ley de aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética, México, Senado de la República.
- LIE (2014), Ley de la Industria Eléctrica, México.
- LTE (2015), Ley de la Transición Eléctrica, México.
- PETE (2016), Programa Especial de la Transición Energética, México, Sener.
- PRODESEN (2016), Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2016-2030, México, Sener.
- REN21, Energías renovables 2016, reporte de la situación mundial.
- Sener (2015), Prospectivas de Energías Renovables 2015-2029, México.
- Sener (2017), Bases del concurso público nacional CPN/FSUE/FIDE/02/2017, México.

Anexos

Anexo 1. Tablas de heteroscedasticidad, multicolinealidad, correlaciones y gráficos

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	0.762685	Prob. F(5,26)	0.5849
Obs*R-squared	4.093016	Prob. Chi-Square(5)	0.5361
Scaled explained SS	16.26555	Prob. Chi-Square(5)	0.0061

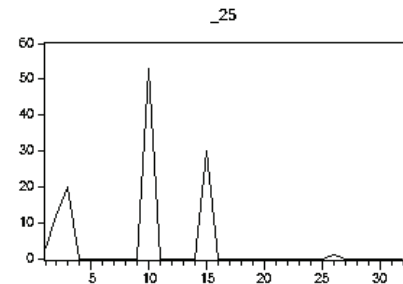
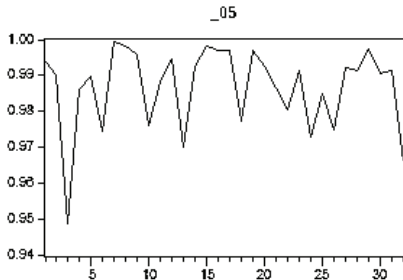
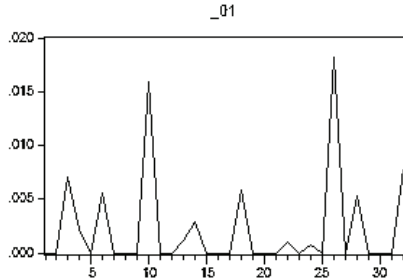
Test Equation:
 Dependent Variable: RESID^2
 Method: Least Squares
 Date: 06/02/17 Time: 21:11
 Sample: 1 32
 Included observations: 32

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.037204	0.061152	-0.608389	0.5482
_05	0.078931	0.124357	0.618627	0.5415
_05^2	-0.039739	0.063218	-0.628597	0.5351
_05*_25	5.16E-06	7.75E-05	0.066674	0.9474
_25	-3.59E-06	7.81E-05	-0.045982	0.9637
_25^2	-2.95E-08	6.59E-08	-0.448438	0.6576

R-squared	0.127907	Mean dependent var	1.09E-05
Adjusted R-squared	-0.039803	S.D. dependent var	3.45E-05
S.E. of regression	3.52E-05	Akaike info criterion	-17.50625
Sum squared resid	3.21E-08	Schwarz criterion	-17.23143
Log likelihood	286.1000	Hannan-Quinn criter.	-17.41515
F-statistic	0.762685	Durbin-Watson stat	2.099886
Prob(F-statistic)	0.584916		

0.9451454794958051	
	Value
DETMOC	0.945145

Correlation			
	_01	_05	_25
_01	1.000000	-0.577657	0.466796
_05	-0.577657	1.000000	-0.234210
_25	0.466796	-0.234210	1.000000



Fuente: EViews.

Anexo 2. Universo de variables

Cve_SPSS		1	2	3	4	
		1	2	3	4	5
x1		ENGASTO 2013	ENAPROCE 2013-2014		CE 2014	INERE 2014
Entidad		% de hogares con EE por panel solar	% de PyMEs con certificación en medio ambiente *1	% de PyMEs que ofrecieron capacitación a su personal	% de UE encuestadas que aplicaron innovación	Generación de energía eléctrica solar (gwh/a)
1	AGS	0.0000	0.1934	0.0665	0.1522	3
2	BC	0.0000	0.2158	0.0679	0.1830	12
3	BCS	0.0070	0.1661	0.0560	0.1360	20
4	CAMP	0.0022	0.1510	0.0743	0.0748	0
5	CHIS	0.0000	0.8083	0.0789	0.0666	0
6	CHIH	0.0056	0.1531	0.0596	0.1525	0
7	COAH	0.0000	0.1843	0.0806	0.1799	0
8	COL	0.0000	0.1508	0.1130	0.1139	0
9	CDMX	0.0000	0.1619	0.0809	0.1389	0
10	DGO	0.0159	0.1770	0.0718	0.1305	53
11	GTO	0.0000	0.1950	0.0500	0.1671	0
12	GRO	0.0000	0.1728	0.1023	0.1012	0
13	HGO	0.0012	0.1621	0.0717	0.1642	0
14	JAL	0.0029	0.1922	0.0571	0.1479	0
15	MEX	0.0000	0.2042	0.414	0.1509	30
16	MICH	0.0000	0.1569	0.758	0.1280	0
17	MOR	0.0000	0.1172	0.1093	0.1548	0
18	NAY	0.0059	0.0729	0.0825	0.1064	0
19	NL	0.0000	0.1626	0.0596	0.1588	0
20	OAX	0.0000	0.1596	0.0964	0.529	0
21	PUE	0.0000	0.1637	0.1064	0.1226	0
22	QRO	0.0010	0.1490	0.0736	0.1711	0
23	QROO	0.0000	0.1681	0.0695	0.1191	0
24	SLP	0.0007	0.1710	0.0594	0.1290	0
25	SIN	0.0000	0.1544	0.0599	0.1450	0
26	SON	0.0182	0.1496	0.0568	0.1607	1
27	TAB	0.0000	0.1662	0.0993	0.1138	0

HOGARES MEXICANOS CON PANEL SOLAR

28	TAMPS	0.0053	0.1545	0.0365	0.1709	0
29	TLAX	0.0000	0.1728	0.0576	0.1441	0
30	VER	0.0000	0.1538	0.0997	0.1466	0
31	YUC	0.0000	0.1357	0.0978	0.0858	0
32	ZAC	0.0078	0.1334	0.0809	0.1248	0

Fuente: EViews.

Coe_SPSS	5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Entidad	% de hogares con EE por servicio publico																							
	% de hogares con EE por planta particular																							
x2	ENGASTO 2013																							
	ENGASTO 2013																							
	% de lavadora																							
	% de radio																							
	% de TV																							
	% de conexión a internet																							
	Tamaño medio del hogar																							
	% del gasto promedio hogar en servicios																							
	UE																							
1	AGS	0.9938	0.0000	0.8938	0.5098	0.9044	0.8025	0.8091	0.9686	0.2531	4.0	0.1762	47.449											
2	BC	0.9903	0.0000	0.8388	0.6382	0.9280	0.7855	0.7244	0.9712	0.4362	3.6	0.2129	95.882											
3	BCS	0.9487	0.0334	0.7876	0.5488	0.8905	0.6969	0.6374	0.9436	0.4610	3.3	0.2416	28.114											
4	CAM	0.9860	0.0018	0.7659	0.3639	0.8189	0.7511	0.6048	0.9141	0.2852	3.8	0.1983	32.628											
5	CHS	0.9897	0.0000	0.6014	0.1611	0.5335	0.3229	0.6036	0.7554	0.0823	4.3	0.1895	155.280											
6	CHI	0.9746	0.0000	0.8498	0.6833	0.9332	0.8090	0.7506	0.9506	0.2998	3.4	0.2269	97.044											
7	COAH	0.9995	0.0000	0.8644	0.6501	0.9623	0.8388	0.7416	0.9761	0.4110	3.7	0.1784	83.639											
8	COL	0.9982	0.0000	0.8904	0.4557	0.9266	0.7355	0.7249	0.9559	0.3691	3.7	0.1570	29.273											
9	CDMX	0.9959	0.0022	0.9131	0.6164	0.8962	0.7299	0.8131	0.9783	0.4942	3.6	0.2534	415.461											
10	DGO	0.9762	0.0008	0.8637	0.5237	0.9029	0.6966	0.7300	0.9593	0.2115	4.0	0.1529	50.452											
11	GTO	0.9883	0.0005	0.8690	0.4689	0.8595	0.7077	0.7210	0.9594	0.2577	4.2	0.1597	222.969											
12	GRO	0.9945	0.0000	0.7753	0.1916	0.7918	0.4041	0.5366	0.8782	0.1388	3.9	0.1733	135.564											
13	HGO	0.9700	0.0000	0.8129	0.3385	0.7038	0.4421	0.6887	0.8526	0.2113	4.0	0.1850	98.567											
14	JAL	0.9925	0.0000	0.9137	0.5592	0.9236	0.7847	0.7384	0.9727	0.3462	4.0	0.2016	313.013											
15	MEX	0.9981	0.0016	0.9356	0.4568	0.8189	0.6421	0.7639	0.9732	0.2722	4.1	0.1870	534.838											
16	MICH	0.9970	0.0000	0.8588	0.3736	0.8072	0.6277	0.6536	0.9439	0.1839	3.9	0.1789	195.355											
17	MOR	0.9970	0.0006	0.8986	0.3570	0.8615	0.5611	0.7113	0.9460	0.2885	3.9	0.1977	84.651											
18	NAY	0.9771	0.0007	0.8709	0.4518	0.8907	0.7226	0.6102	0.9468	0.2603	3.6	0.1668	46.958											
19	NL	0.9970	0.0000	0.8693	0.6469	0.9564	0.8539	0.7545	0.9825	0.4344	3.8	0.2226	135.482											
20	OAX	0.9924	0.0000	0.8300	0.2433	0.7254	0.4679	0.6501	0.8577	0.1457	3.8	0.1804	177.954											
21	PUE	0.9865	0.0007	0.8404	0.3040	0.6407	0.5072	0.6875	0.9198	0.2162	4.0	0.1926	251.318											
22	QRO	0.9805	0.0005	0.8758	0.4260	0.8696	0.6191	0.7531	0.9475	0.2746	3.9	0.2136	69.022											
23	QROO	0.9913	0.0009	0.7805	0.4270	0.8696	0.7555	0.6416	0.9303	0.3740	3.6	0.2008	45.488											
24	SLP	0.9729	0.0006	0.8026	0.4286	0.8063	0.6600	0.7330	0.8913	0.2498	3.9	0.1749	88.154											
25	SIN	0.9850	0.0035	0.7311	0.4627	0.9254	0.7097	0.5803	0.9567	0.2619	3.9	0.1804	93.242											
26	SON	0.9750	0.0005	0.7480	0.5737	0.8598	0.6644	0.6716	0.9327	0.3698	3.2	0.2218	90.642											
27	TAB	0.9923	0.0000	0.8431	0.3493	0.8787	0.7426	0.5613	0.9257	0.1668	3.9	0.1832	59.973											
28	TMAPS	0.9912	0.0000	0.8114	0.5341	0.9317	0.7480	0.6689	0.9602	0.3709	3.6	0.2027	104.334											
29	TLAX	0.9975	0.0000	0.9081	0.2190	0.6749	0.4478	0.7783	0.9581	0.1487	4.2	0.1552	58.245											
30	VER	0.9907	0.0014	0.8542	0.3822	0.7793	0.6310	0.7021	0.9078	0.2177	3.8	0.1874	239.392											
31	YUC	0.9914	0.0035	0.7254	0.3923	0.8179	0.7315	0.7150	0.9456	0.3632	3.7	0.1680	98.478											
32	ZAC	0.9658	0.0020	0.8488	0.4635	0.8671	0.7473	0.7997	0.9439	0.1760	3.8	0.1843	51.864											

Fuente: EViews.

HOGARES MEXICANOS CON PANEL SOLAR

Cve_SPSS		17	18	
		1	2	3
	<i>X3</i>	<i>IMCO 2014</i>	<i>CE 2014</i>	<i>ETHOS 2017</i>
	Entidad	IC	UE encuestadas con gasto o inversión en investigación y desarrollo	APP
1	AGS	53.3250	442	0
2	BC	46.6588	1,047	0
3	BCS	55.6588	276	0
4	CAMP	46.6446	349	0
5	CHIS	33.6737	1,438	0
6	CHIH	43.3910	1,135	0
7	COAH	48.0363	964	0
8	COL	49.7676	276	0
9	CDMX	62.5989	4,541	0
10	DGO	38.3495	431	0
11	GTO	45.5523	1,646	0
12	GRO	29.6926	433	0
13	HGO	41.1010	426	0
14	JAL	48.2010	2,370	1
15	MEX	43.9634	2,992	0
16	MICH	38	823	0
17	MOR	42.9752	483	0
18	NAY	41.7453	201	0
19	NL	52.4582	2,726	1
20	OAX	33.1206	417	0
21	PUE	43.2606	1,012	0
22	QRO	51.1584	797	0
23	QROO	50.3587	829	0
24	SLP	43.7292	668	0
25	SIN	46.6337	677	0
26	SON	49.5921	779	1
27	TAB	39.8687	925	1
28	TAMPS	43.6694	1,017	0
29	TLAX	35.6897	159	0
30	VER	39.1374	1,668	0
31	YUC	47.8445	819	0
32	ZAC	41.7998	240	0

Cve_SPSS	19	20	21	22	23	24	25	26
	1	2	3	4	5	6	7	8
Extras			CE 2014	CE 2014	ETHOS 2017	CE 2014	INERE 2014	PEMEX 2014
Entidad	Vivienda propia	Proporción de hogares con 3 servicios fijos contratados	Densidad poblacional	Proporción poblacional con nivel educativo superior a bachillerato	APP	Aportación al PIB nacional	Generación de energía eléctrica solar (GWh/a)	Petróleo crudo (Mbd)
1	AGS	0.5738	231	0.2988	0	163.67	3	0.00
2	BC	0.5463	49	0.3283	0	383.15	12	0.00
3	BCS	0.5266	10	0.3552	0	97.99	20	0.00
4	CAM	0.7808	16	0.2952	0	610.92	0	0.00
5	CHIS	0.7697	72	0.1870	0	234.97	0	46.67
6	CHIH	0.6228	15	0.2893	0	384.10	0	0.00
7	COAH	0.5983	20	0.3091	0	453.74	0	43.14
8	COL	0.5473	130	0.3220	0	79.81	0	0.00
9	CDMX	0.5018	5,915	0.4700	0	2,255.60	0	0.00
10	DGO	0.6506	14	0.2602	0	158.86	53	0.00
11	GTO	0.6510	191	0.2241	0	556.45	0	0.00
12	GRO	0.7300	56	0.2247	0	196.76	0	0.00
13	HGO	0.7253	139	0.2525	0	215.66	0	0.00
14	JAL	0.5056	101	0.2869	1	849.80	0	0.00
15	MEX	0.5978	760	0.3146	0	1,206.55	30	0.00
16	MICH	0.6836	79	0.2151	0	317.96	0	0.00
17	MOR	0.7088	396	0.3035	0	157.25	0	0.00
18	NAY	0.6482	44	0.2921	0	87.78	0	0.00
19	NL	0.6153	80	0.3479	1	999.94	0	387.24
20	OAX	0.7522	43	0.1952	0	208.85	0	0.00
21	PUE	0.6390	181	0.2502	0	424.71	0	17.80
22	QRO	0.7048	173	0.3036	0	292.10	0	0.00
23	QROO	0.5078	36	0.3228	0	214.31	0	0.00
24	SLP	0.6525	45	0.2600	0	257.91	0	0.29
25	SIN	0.7139	52	0.3435	0	276.88	0	0.00
26	SON	0.5281	16	0.3394	1	394.62	1	0.00
27	TAB	0.7521	97	0.3026	1	435.28	0	376.34
28	TMAPS	0.5821	44	0.3091	0	413.83	0	16.55
29	TLAX	0.7319	322	0.2780	0	73.19	0	0.00
30	VER	0.6972	112	0.2589	0	676.26	0	111.04
31	YUC	0.6589	54	0.2823	1	195.70	0	0.00
32	ZAC	0.7231	21	0.2213	0	126.43	0	0.00