

Prospectiva del Programa de Ahorro Sistemático Integral en Mexicali, Baja California, México

José A. Suástequi Macías¹, Carlos Pérez Tello¹, H. Enrique Campbell¹, Hernán D. Magaña Almaguer²

¹ Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California,

² Instituto Tecnológico de Mexicali, México

Resumen

El propósito de este trabajo es brindar información actualizada que permita elaborar una prospectiva del programa impulsado por el gobierno federal mexicano bajo el nombre de Programa de Ahorro Sistemático Integral (ASI) para el ahorro y uso eficiente de energía en el sector vivienda de Mexicali, Baja California. El presente estudio se realiza utilizando datos históricos del programa desde 1990 a la fecha e históricos de consumo de usuarios del servicio eléctrico.

Se analiza la evolución del programa; el efecto del consumo eléctrico en el sector doméstico durante su gestión, su impacto en la emisión de gases de efecto invernadero y se analizan comparativamente las modalidades del programa para determinar su trascendencia y proyección hacia el año 2017 disregando información y evaluando indicadores energéticos.

Con base en los hallazgos de este estudio se plantean conclusiones y recomendaciones.

Abstract

The scope of this work is to provide updated information that helps to make a foresight of an energy efficiency program promoted by the Mexican Federal Government developed for household use in Mexicali, Baja California, named Programa de Ahorro Sistemático Integral (ASI). This study analyzes historical data from 1990 to present date.

The evolution of the program is analyzed from historical information available and evaluates energy indicators. The effects on electricity consumption on the household sector during the development of the program are calculated. The impact over emission of greenhouse gases (GHG) and a comparative analysis of the different subprograms is made to determine its importance and projection towards 2017. Based on the results obtained, conclusions and recommendations are stated.

Palabras clave:

uso eficiente de energía, consumo eléctrico, gases de efecto invernadero, indicadores energéticos

Introducción

El uso eficiente de la energía es un tema que ha cobrado relevancia para enfoques económicos, políticos, ecológicos y sociales desde hace más de 20 años, es por ello que los gobiernos alrededor del mundo han generado políticas orientadas a la creación de programas que apoyen el logro de dicho fin. Muchos países incluido México, han utilizado paquetes de estímulos fiscales para invertirlos en programas destinados al uso eficiente de energía en el sector vivienda de las ciudades que presentan un consumo eléctrico muy elevado, ya que dicho sector representa el 25.82% del consumo total de electricidad en el país (CFE, 2012).

Particularmente en la ciudad de Mexicali, B. C. que cuenta con temperaturas que alcanzan los 50°C en el verano, el consumo promedio mensual anual es de 390 kWh/hab, lo cual resulta ser más del doble del promedio nacional que es de tan sólo 154 kWh/hab (Campbell R. H., Pérez T. C., Palacios B. R., Montero A. G. y Benítez Z. J., 2006). Lo anterior ha

Keywords:

efficient use of energy, energy consumption, greenhouse gas, energy indicators

ocasionado una fuerte demanda social, por lo que en 1990 se creó por parte del gobierno federal, el fideicomiso No. 728 Fideicomiso para el Aislamiento Térmico de la Vivienda (FIPATERM) como un fondo retornable de financiamiento para el aislamiento térmico de los techos de las viviendas de la ciudad.

En 1990 a través del FIPATERM se contemplaba como meta el aislamiento de 25 mil viviendas, las cuales se aislaron en un periodo de tres años. El programa siguió funcionando sin cambios significativos hasta enero de 1997, cuando se firmó un convenio para la modificación del fideicomiso (Gómez R. A., 2005). En el convenio se agregaron tres nuevos subprogramas para el ahorro de energía; la sustitución de equipos de aire acondicionado, la sustitución de focos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas y el sellado de puertas, este último descontinuado poco tiempo después.

Para poseer un título de registro de marca, en noviembre de 2003 se presentó ante el Instituto Mexicano de la Propiedad

Industrial el logotipo del Programa de Ahorro Sistemático Integral (ASI), el cual finalmente se aprobó en febrero de 2004 y es así como se le conoce a la fecha. Los subprogramas que actualmente operan, cuentan con financiamiento de 36 a 48 meses a una tasa de interés de 12% sobre saldos insoluto y con techo financiero diferente para cada subprograma (Gómez R. A., 2005).

De 2007 a 2010 se incrementaron de manera muy significativa las acciones realizadas de cada uno de los subprogramas del programa ASI, lo cual mostró la buena respuesta de los usuarios del servicio eléctrico mexicalense hacia los programas de ahorro y uso eficiente de energía (véanse tabla 1).

Tabla 1. Histórico de acciones del programa ASI

Año	Viviendas Aisladas	Refrigeradores Sustituidos	Unidades Tipo Central	Unidades Tipo Ventana o Mini Split
2007	2747	25	12	20
2008	2442	264	159	1002
2009	2649	1247	143	5562
2010	3714	2622	279	13255

Historial de acciones de aislamiento térmico, refrigeradores, aire acondicionado central y aire acondicionado de tipo ventana o minisplit realizadas por parte del programa ASI en Mexicali, B. C. (Programa ASI, 2010).

Desarrollo

Con el fin de realizar un estudio que evalúe el impacto de cada subprograma del programa ASI en cuanto al ahorro y uso eficiente de energía en los hogares mexicalenses, la metodología empleada se expone en los siguientes puntos:

- Se obtuvo información acerca de la red eléctrica de Baja California.
- Se recabó información de 100 viviendas mexicalenses para determinar sus dimensiones, materiales constructivos, orientación, hábitos de uso eléctrico, cantidad y tipo de electrodomésticos e historial de consumo eléctrico.
- Mediante el simulador de cargas térmicas proporcionado por el instituto de ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) se simuló cada una de

las viviendas para reproducir el comportamiento energético real en su estado actual e identificar las posibles acciones de ahorro y uso eficiente de energía.

- Se generaron diferentes escenarios y sus porcentajes de ahorro en el consumo eléctrico para cada uno de los subprogramas del programa ASI.
- Se proyectó el desempeño por parte del programa ASI en cuanto acciones realizadas hasta el año 2017.
- Se determinaron los beneficios en cuanto ahorro de energía y su respectivo impacto en los costos de producción energética.
- Se cuantificaron los gases de efecto invernadero (GEI) evitados por cada subprograma para los próximos años.

Dada la distribución de los valores se utilizó un ajuste por regresión lineal de la tendencia esperada de acciones realizadas a través del tiempo hasta el año 2017 para cada uno de los subprogramas del programa ASI. Donde x es el año evaluado, y P es la cantidad de acciones para ese año. Se indica también el grado de correlación R^2 de cada una de las ecuaciones de ajuste (véase tabla 2).

Dicha proyección se usó como referencia para la obtención del costo de producción de energía eléctrica que se espera evitar en los próximos años, así como los GEI que se dejarán de emitir a la atmósfera en el mismo período.

Tabla 2. Ecuaciones de ajuste para la proyección de acciones de ahorro energético

Subprograma	Correlación
Casas Aisladas	$P1=(330.7)*(x)-663737.7$ $R^2=0.96$
Unidades Centrales Sustituidas	$P2=(78.5)*(x)-157519$ $R^2=0.86$
Unidades de Ventana o mini-split Sustituidas	$P3=(4426.5)*(x)-8885667$ $R^2=0.90$
Refrigeradores Sustituidos	$P4=(867.4)*(x)-1741108$ $R^2=0.93$

Se validó el simulador de cargas térmicas mediante un comparativo de las simulaciones de consumo eléctrico hechas a las 100 viviendas encuestadas contra el consumo eléctrico

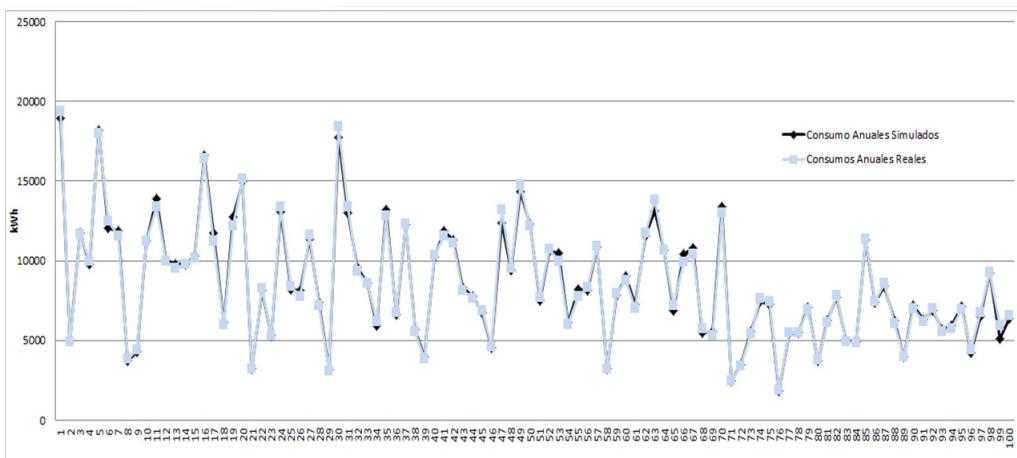


Figura 1. Comparativo anual de los consumos eléctricos simulados contra los registrados en el recibo eléctrico de las viviendas encuestadas.

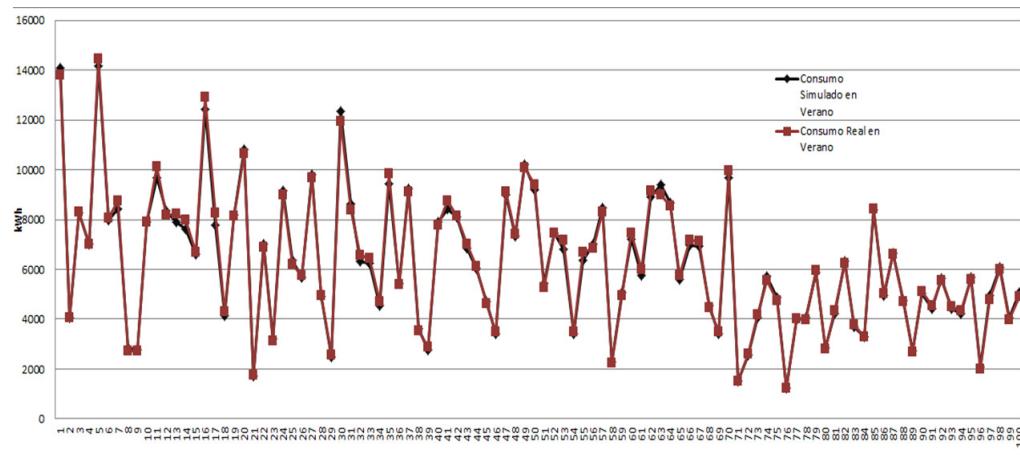


Figura 2. Comparativo para los meses de verano de los consumos eléctricos simulados contra los registrados en el recibo eléctrico de las viviendas encuestadas.

reportado por la compañía eléctrica en períodos anuales y durante los meses de verano (mayo a octubre), lo anterior se observa en las figuras 1 y 2.

Una vez validado el simulador de cargas térmicas, se utilizó para reproducir el comportamiento eléctrico de los escenarios que corresponden al aplicar los subprogramas del programa ASI. Se promedió un consumo eléctrico acumulado anual para la ciudad de Mexicali, B. C. de 8550 kWh/vivienda con una desviación estándar en el resultado de 3% respecto a los históricos de consumo reportados por la compañía eléctrica. Basados en lo anterior, se obtuvo que el consumo eléctrico mensual que se da en la ciudad es de 712.5 kWh/vivienda.

Con los resultados mencionados anteriormente, se pudo obtener los porcentajes de ahorro en el consumo eléctrico que se esperan para cada subprograma vigente del programa ASI con respecto a las viviendas encuestadas en un escenario en donde no se aplica acciones de ahorro y uso eficiente de energía.

Dicha evaluación se dio para períodos anuales y durante los meses de verano. Los resultados se observan en la figura 3.

En cuanto a la prospectiva de acciones del programa ASI, se comprobó que para el aislamiento térmico existe una correlación muy cercana a 1, lo que indica una relación muy fuerte entre el pasar de los años y las acciones de aislamiento de viviendas, resultando evidente pocas acciones de aislamiento a una tasa de crecimiento muy pequeña. Para las unidades de aire acondicionado sustituidas la correlación tuvo resultados mixtos 0.86 y 0.90 para unidades centrales y de ventana o mini split respectivamente, por esa razón existe un poco de incertidumbre en la cantidad de acciones esperadas en cuanto sustitución de unidades centrales y caso contrario, la sustitución de aire acondicionado de tipo ventana o mini split se espera una tasa de crecimiento elevada con una certidumbre aceptable. Para la sustitución de refrigeradores existió una gran relación de las unidades sustituidas con respecto al paso de los años, ya que el coeficiente de correlación fue de 0.93 y

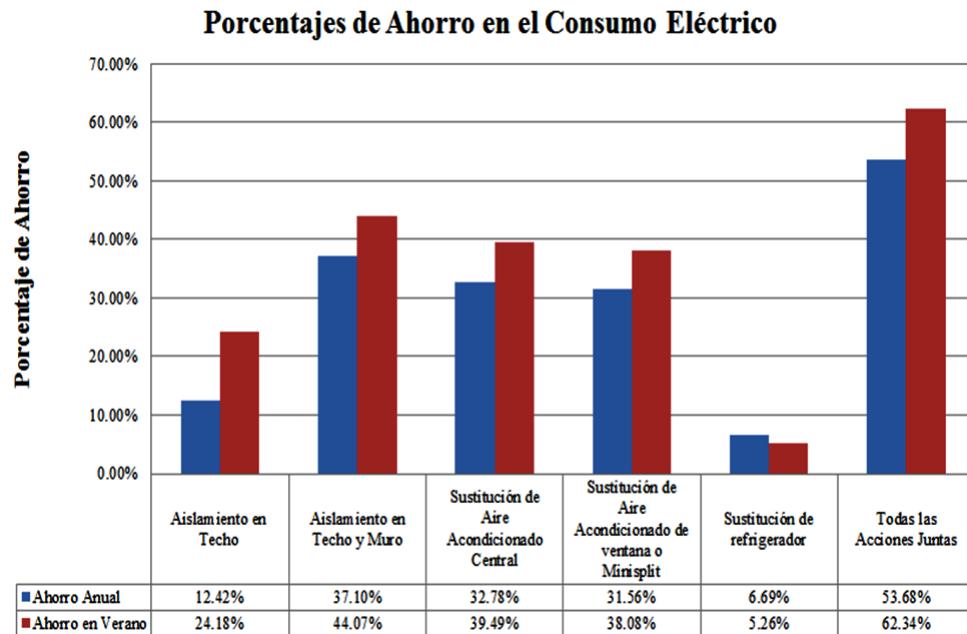


Figura 3. Porcentajes de ahorro de energía eléctrica para cada subprograma del programa ASI.

Proyección de Acciones por Subprograma

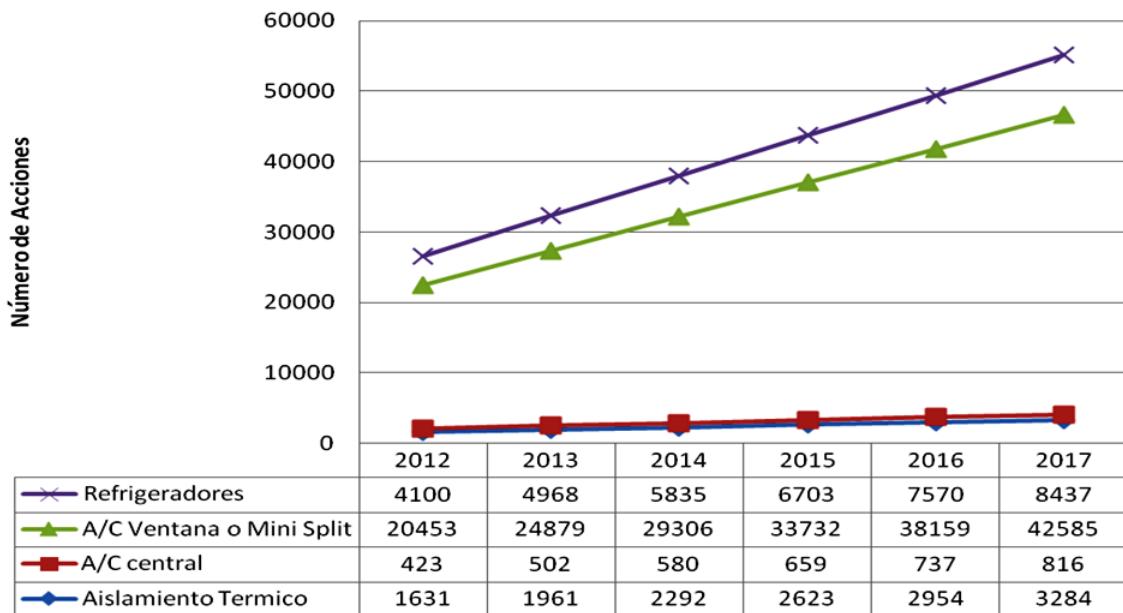


Figura 4. Proyección de acciones realizadas por el programa ASI hasta el año 2017.

su tasa de crecimiento resulta elevada por lo que se espera una gran cantidad de acciones para el año 2017 (véase figura 4).

Por otra parte, mediante los escenarios de simulación se pudo identificar el promedio de ahorro mensual anualizado de consumo eléctrico que se da al aplicar cada subprograma del programa ASI (véase tabla 3).

Tabla 3. Ahorro energético promedio por subprograma.

Subprograma	Ahorro por Acción (kWh/mes)
Aislamiento en Techo	88.49
Aire Acondicionado Central	233.56
Aire Acondicionado Tipo Ventana o Minisplit	224.87
Refrigerador	47.67

Se aplicó un análisis comparativo de cada subprograma acerca de su ahorro de energía eléctrica para demostrar cuál genera mayor impacto en la reducción de consumo eléctrico, GEI evitado e inversión para generación eléctrica evitada. Se calcularon los MWh/año de energía eléctrica que se espera ahorrar por el total de acciones realizadas del programa ASI en los próximos años a través de cada uno de sus subprogramas vigentes, tomando en cuenta la cantidad de kWh ahorradas por acción de cada uno de ellos (véanse tabla 4).

A partir de la tabla 5, se calculó el ahorro económico que se espera obtener por subprograma en cuanto a costo de generación eléctrica. Se tomó como referencia a la red eléctrica de Baja California en donde el costo de generación es de 0.90 pesos/kWh (CFE, 2011) (véase tabla 5).

Tabla 4. Prospectiva de Ahorro de Energía

Prospectiva de Ahorro de Energía Eléctrica por Subprograma (Mwh/año)				
Año	Aislamiento Térmico	A/C Central	A/C Ventana o Mini split	Refrigeradores
2012	1,732	1,186	55,189	2,345
2013	2,083	1,406	67,133	2,842
2014	2,434	1,626	79,077	3,338
2015	2,785	1,846	91,022	3,834
2016	3,136	2,066	102,966	4,330
2017	3,488	2,286	114,911	4,826
Total	15,658	10,413	510,297	21,515

Tabla 5. Prospectiva de Ahorro Económico

Ahorro de Económico por Subprograma (Pesos/año)				
Año	Aislamiento Térmico	A/C Central	A/C Ventana	Refrigeradores
2012	1,564,170.81	1,070,872.65	49,850,773.92	2,118,560.41
2013	1,881,378.93	1,269,604.33	60,639,892.64	2,566,721.39
2014	2,198,587.05	1,468,336.02	71,429,011.37	3,014,882.37
2015	2,515,795.18	1,667,067.70	82,218,130.10	3,463,043.36
2016	2,833,003.30	1,865,799.39	93,007,248.82	3,911,204.34
2017	3,150,211.42	2,064,531.07	103,796,367.55	4,359,365.33
Total	14,143,146.68	9,406,211.16	460,941,424.41	19,433,777.20

La tabla 5 muestra claramente que el subprograma de sustitución de aire acondicionado de ventana o mini split de 2012 a 2017 logrará un ahorro económico en cuanto a generación eléctrica de 460 millones de pesos; más de 20 veces el ahorro económico en generación eléctrica logrado por cualquier otro subprograma.

Conociendo el ahorro de energía por acción de cada subprograma y la cantidad de acciones esperadas para el programa ASI hasta el 2017, se determinaron los GEI evitados (véase tabla 6). Para su efecto, se utilizaron los factores de emisión de la red eléctrica de Baja California propuestos por Campbell R. H., Samaniego R. M., Montero A.G. y Lambert A. A. (2010) y un listado de centrales generadoras de la red eléctrica de Baja California, en donde la capacidad de generación efectiva para dicha red es de 2266 MW de la cual 14% corresponde a plantas de generación de tipo termoeléctrico, 28% de tipo geotérmico, 14% de turbo gas y 43% de ciclo combinado (CFE, 2011).

Tabla 6. Factores de emisión de la red eléctrica de Baja California

Tipo de GEI	Factor de Emisión (kg/MWh)
CO ₂	155.46
SO ₂	0.58
NO _x	0.27

Las tablas anteriores sirvieron de base para calcular una prospectiva hasta el 2017 de algunos tipos GEI evitados por subprograma del programa ASI para la red eléctrica de Baja California (véase figura 4 y 6).

De las figuras 5 y 6 se pudieron identificar que la sustitución de aire acondicionado de tipo ventana o mini split es el subprograma que más evitara emisiones de GEI (CO₂ y NO_x) hasta el año 2017. Dicha prospectiva se hace con una gran certidumbre en los datos pues la correlación en la cual se basó la proyección fue de las más elevadas.

Conclusiones y Recomendaciones.

En este estudio se llegaron a las siguientes conclusiones.

1. En todos los subprogramas existe una tendencia positiva en cuanto a las acciones realizadas a través del tiempo, por lo que el gobierno ha acertado en la elección y mantenimiento de los mismos

2. Con la sustitución de aire acondicionado en la vivienda se pueden obtener más del 30% de ahorro en el consumo eléctrico anual, lo cual lo coloca como el subprograma más viable debido a los bajos costos de inversión y a los altos beneficios económicos y ambientales.
3. La sustitución de aire acondicionado tipo ventana o mini split es el subprograma que más potencial tiene para el ahorro de energía, debido al número de acciones de sustitución que se proyectan realizar por parte del programa ASI.
4. Al aplicar los dos subprogramas con mayor impacto por acción (aislamiento térmico y sustitución de aire acondicionado central), se obtiene un ahorro superior al de 50% en el consumo eléctrico de la vivienda.
5. Con base en el análisis del ahorro de energía eléctrica total se puede concluir que de 2012 a 2017 los ahorros económicos acumulados por el programa ASI serán superiores a los 50 millones de dólares. Dicho ahorro es comparable a la inversión que se requiere para la construcción de una planta 125 Mw de ciclo combinado, por lo que con el programa ASI la Comisión Federal de Electricidad ha evitado grandes inversiones en cuanto a generación y distribución eléctrica.

Para futuras investigaciones para este tema se recomienda.

1. La proyección realizada para el subprograma de sustitución de refrigeradores está limitada por los pocos datos históricos disponibles. Por lo tanto, es necesario considerar ese aspecto en los estudios futuros.
2. Para utilizar los resultados de este trabajo para evaluar la viabilidad del programa ASI, se deben considerar también la inversión y ahorro económicos que se generaron por programas que se descontinuaron. Así como, la inversión y ahorro que podrían generar los subprogramas que se tenga previsto crear.

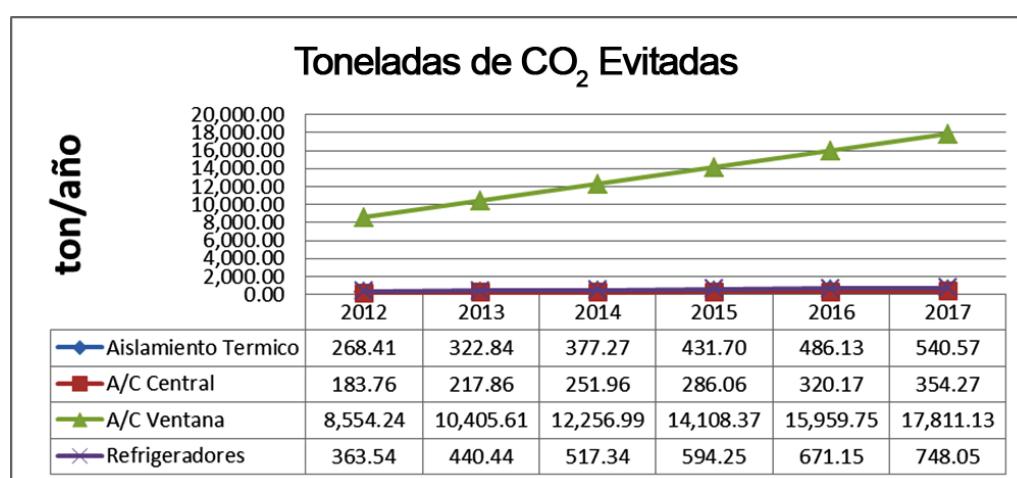


Figura 5. Prospectiva de las emisiones de CO₂ evitadas hasta el año 2017.

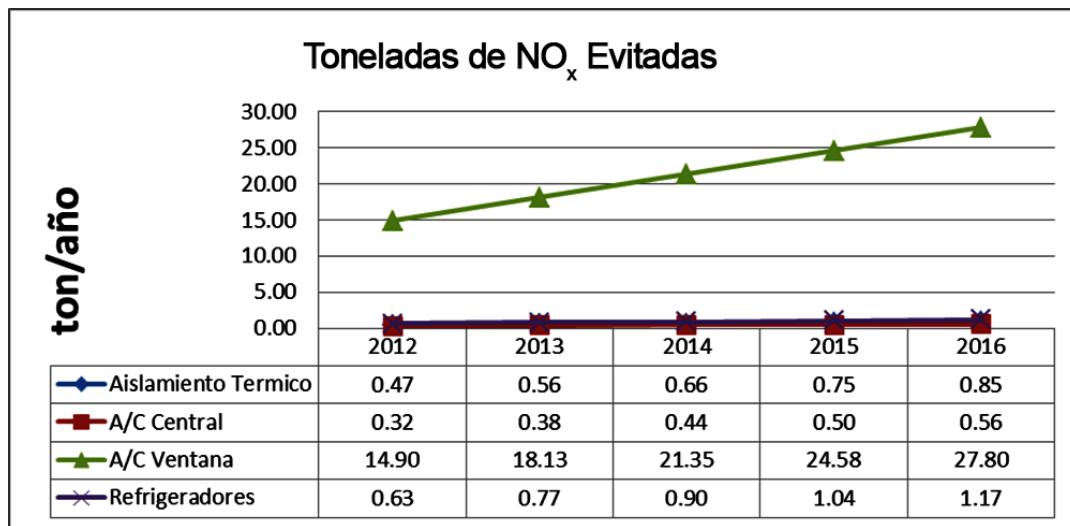


Figura 6. Prospectiva de las emisiones de NOx evitadas hasta el año 2017.

Agradecimientos

Se agradece sinceramente a todas las personas que apoyaron en el desarrollo de esta investigación, los sujetos de estudio que desinteresadamente aportaron sus datos y a los coautores que mediante sus contribuciones fue posible que se llevara a buen término el presente estudio.

Referencias

- [1] Campbell R. H., Pérez T. C., Palacios B. R., Montero A. G., Benítez Z. J. Adaptación de Metodologías en Prospectivas del Sector Eléctrico a Nivel Regional. Caso: Baja California, México. Biblioteca Virtual de las Ciencias en Cuba, 2006.
- [2] Campbell R. H., Samaniego R. M., Montero A.G., Lambert A. A. Emisión de Gases a la Atmósfera por la Generación de Electricidad, Memorias del XXXI Encuentro Nacional de la AMIDIQ, 2010.
- [3] Comisión Federal de Electricidad (CFE). Costo de Generación por Tecnología, 2011, pp. 1-2.
- [4] Comisión Federal de Electricidad (CFE). Listado de Centrales Generadoras, Unidad de Control de Gestión, 2011.
- [5] Comisión Federal de Electricidad (CFE). Ventas Directas al Pùblico, Por Sector, 2012.
- [6] Gómez R. A. Resultados de la Aplicación del Programa ASI, 2005, pp.19-27.
- [7] Programa de Ahorro Sistemático Integral (ASI).Historial de Acciones realizadas por subprograma, 2010.