# Evolución del Consumo de Energía Eléctrica y de Emisiones de $CO_2$eq. en la Ciudad de Santa Fe. Medidas de Mitigación.

**Dianela GONZALEZ, Facundo LUCERO**

*Secretaria de Ciencia y Tecnología, Facultad Regional Santa Fe, UTN*

*E-mail de autores: gonzalezdianelag@gmail.com, lucerofacundo.59@gmail.com.*

Este trabajo ha sido realizado bajo la dirección del Mg. Jose Stella y la Dra. Ana Rosa Tymoschuk, en el marco del proyecto "*Modelización del balance energético sustentable para la ciudad de Santa Fe*".

## Resumen

Tener un conocimiento del uso de la energía eléctrica y de las consecuencias que este mismo produce, posibilita ejecutar medidas de acción orientadas a un uso racional y eficiente de la electricidad.

Visualizando esta meta se propone un análisis del consumo final de electricidad en diversos sectores de la Ciudad de Santa Fe en el periodo 2008-2016, haciendo posible la identificación de tendencias y brindando herramientas para la implementación de políticas acordes a un desarrollo sostenible y sustentable. A su vez, se proponen una serie de medidas de mitigación por sector en el que prevalece la implementación de nuevas tecnologías con el fin de un mejor uso de la energía eléctrica.

***Palabras Claves***: Energía Eléctrica; Emisiones; Mitigación; Ciudad de Santa Fe.

## 1. *Introducción.*

La energía puede considerarse como el motor de crecimiento de una nación, ya que es un requerimiento para el desarrollo económico y social, siendo esencial para asegurar un adecuado nivel de calidad de vida. Bajo este concepto, el crecimiento económico está altamente ligado a la demanda de energía, dependiente del comportamiento demográfico y de las tendencias esperadas de productividad de cada economía.

Según proyecciones realizadas por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), se estima que hacia 2050 la población mundial pase de 7 mil millones de personas a más de 9 mil millones con una economía mundial cuatro veces mayor a la actual, provocando una creciente demanda deenergía y de recursos naturales.[OCDE, 2012]

A partir del informe publicado por el foro económico mundial, se puede afirmar el aumento del consumo energético de la última década se debe mayormente a al comportamiento de los países emergente, cuyo desarrollo se funda sobre todo en la energía. [Global EnergyArchitecture Performance IndexReport, 2017]

A nivel mundial el panorama energético se vio afectado debido a la mayor oferta de petróleo como consecuencia de la residencia de los recursos no convencionales en EEUU y el incremento de la producción de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), provocando la caída del precio del crudo y un consecuente aumento en el consumo de sus derivados. [BP StatisticalReview of WorldEnergy, 2016]

En Argentina la falta de inversión, la caídas en la producción y en la reservas de gas natural y petróleo, conjuntamente con el aumento de la demanda estimulada por los subsidios, describen una crisis estructural del sector energético.

Los países que han podido mejorar su situación energética en la última década han aplicado tres principios, el primero es establecer una estrategia a largo plazo, el segundo es activar una transición energética entre fuente de energía no renovable y las renovables y el tercer principio es realizar inversiones en áreas estratégicas. [Global EnergyArchitecture Performance IndexReport, 2017]

Con una potencia instalada correspondiente para el año 2015 de37.592,9 MV, Argentina es el tercer país de Latinoamérica con capacidad instalada para producir energía. Dicha potencia nominal se distribuye entre generación por energía hidráulica, térmica y de ciclo combinado, seguidas por la nuclear y la eólica. [Asuntos del Sur, 2017]

Todos los estados parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el CambioClimático (CMNUCC) presentan las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC, su sigla en inglés) en donde se contemplan las acciones que el respectivo estado llevara a cabo para intensificar sus esfuerzos contra el cambio climático, ya sea para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (acciones de mitigación) o para adaptarse a los impactos producidos por ese fenómeno (acciones de adaptación). Las contribuciones son establecidas por los países en función de sus circunstancias nacionales y respectivas capacidades.

La Revisión de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Argentina 2016 define que la Argentina no excederá la emisión neta de 483 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO2eq) en el año 2030, como puede verse en la **Figura 1,** cumplir esta meta implica reducir un 18% las emisiones proyectadas llevando a cabo un plan de mitigación. Sin embargo la nación persigue un objetivo mucho más ambicioso que es llegar a 2030 con una emisión neta de 369 tCO2eq, que representa una reducción del 30% de las emisiones proyectadas.

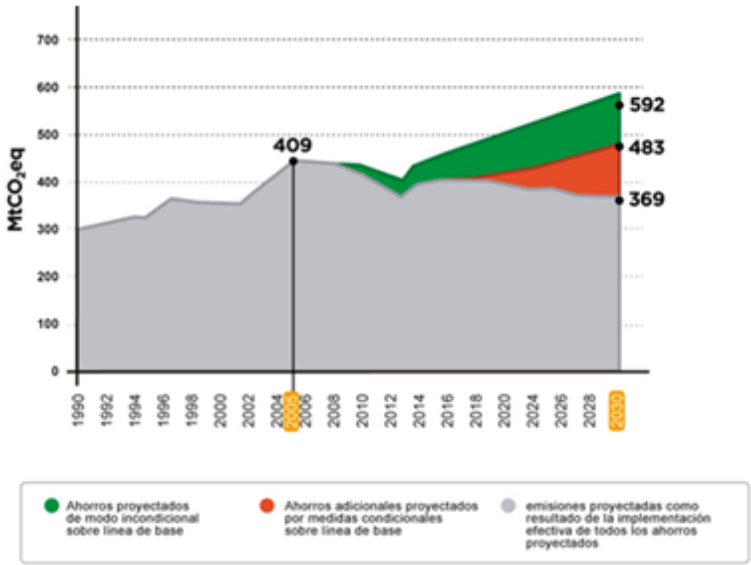


**Figura 1.** Proyecciones de la emisión neta a 2030. Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación Argentina.

A nivel local y a partir de investigaciones realizadas previamente se identifica que dentro del sector energético, la energía eléctrica realiza una mayor contribución de emisiones de Co2eq. como puede verse en la **Figura 2**[Gonzalez et. al,2016], es así que con la intención de poder proponer medidas de mitigación, que contribuyan al compromiso asumido como nación, se propone realizar una evaluación de la evolución del consumo de energía eléctrica en la Ciudad de Santa Fe en el periodo 2008-2016.

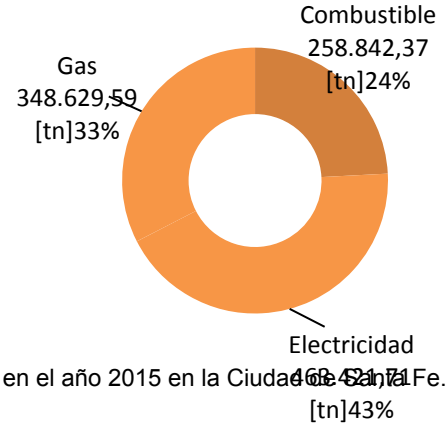


**Figura 2.** Toneladas de $Co_2$eq. en el año 2015 en la Ciudad de Santa Fe. Fuente: Elaboración propia.

## 2. *Metodología*

Antes de desplegar un plan estratégico para mitigar la emisiones de CO2eq. y reducir consumo, es preciso tener un conocimiento en profundidad del comportamiento del consumo de la Ciudad de Santa Fe. Se considera adecuado analizar el consumo de energía eléctrica para el periodo 2008-2016, para lo cual se propone evaluar los siguientes criterios.

- Representación del consumo eléctrico, en relación a las demás fuentes de energía consumidas en la Ciudad de Santa Fe, año 2016.
  Para ello se determina la distribución del uso final de energía en el año 2016 en la Ciudad de Santa Fe, aplicando para ello la adaptación de la metodología del Balance Energético Nacional (BEN), definida en investigaciones previas. [Gonzalez et. al, 2015].
- Evolución del consumo eléctrico total anual en el periodo de análisis.
  Se determina la evolución del consumo total y luego se hace una discriminación entre pequeñas y grandes demandas.
  Es preciso aclarar que la Empresa Provincial de la Energía (EPE) denomina como grandes demandas a aquellos usuarios que consumen más de 20 KW en promedio de 15 minutos consecutivos, mientras que las pequeñas demandas son aquellas que poseen un consumo menor a 20 kW en promedio de 15 minutos consecutivos.
- Evolución de las emisiones anuales de CO2eq. en el periodo de análisis.
  Las emisiones son estimadas año a años a partir de los datos de consumo, empleando el correspondiente factor de conversión brindado por el Ministerio de Energía y Minería de la Nación. Debe aclarase que dicho factor varia año a año, dado que depende de la composición de la matriz de generación.
  Se determina la evolución de las emisiones totales y se luego se hace un desglose entre las emisiones correspondientes a pequeñas y grande demanda de energía eléctrica.
- Evolución del consumo eléctrico total anual, discriminado por tipo de cliente, en el periodo de análisis.
  Se determina la evolución del consumo total en gigawaat-hora [Gwh] para la serie estudiada y luego se determina el aporte de cada tipo de cliente al total consumido para el año 2008 y 2016, con el objetivo de identificar variaciones en la forma de consumo.
- Evolución del consumo eléctrico per cápita para el periodo 2010-2016.
  El consumo por habitante es un indicador que permite identificar el grado de desarrollo industrial y el nivel de vida de los habitantes. Sin embargo, también es una medida de la presión que ejerce la población sobre el medio ambiente.
  Para determina este indicar se debe realizar la razón entre los kilowatt-hora [kWh] totales consumido durante el periodo de un año y el número de habitante de la Ciudad de Santa Fe en el respectivo año.

El número de habitante se obtiene de la información brindada por el Instituto Provincial de Estadísticas y Censo (IPEC) en la página oficial del gobierno de la Provincia de Santa Fe, dicha información son datos proyectados a partir del censo poblacional del año 2010.

- Consumo unitario de electricidad por cliente.
  El consumo unitario por cliente, discriminado por tipo de cliente, permite identificar a aquellos sectores que presentan elevados consumo totales, respecto del resto de los clientes.
  Para determina esta variable se debe realizar la razón entre los kilowatt-hora [kWh] totales consumidos durante el periodo de un año por cada tipo de cliente y el número total de clientes de la respectiva categoría.
- Propuestas de mitigación.
  Se proponen posibles medidas que permitan reducir los consumos y las consecuentes emisiones de $CO_2$eq.a nivel local, para cada categoría de consumo analizada.
- Proyección de emisiones
  Se proponen posibles medidas que permitan reducir los consumos y las consecuentes emisiones de $CO_2$eq. a nivel local, para cada categoría de consumo analizada.
  Para destacar el impacto de las medidas propuestas se considera un ahorro del 30% en el consumo residencial y una proyección lineal a 10 años. Para esto se realiza una interpolación lineal con los datos disponible hacia el 2026.

El análisis propuesto se realiza a partir de la información disponible en la base de datos del grupo de investigación, se poseen el consumo eléctrico final en kilowatt-hora de la Ciudad de Santa Fe, discriminado por tipo de cliente para la serie 2008-2016. Dicha información es provista por la Empresa Provincial de la Energía (EPE).

## 3. *Resultados y Discusión.*

- Representación del consumo eléctrico, en relación a las demás fuentes de energía.

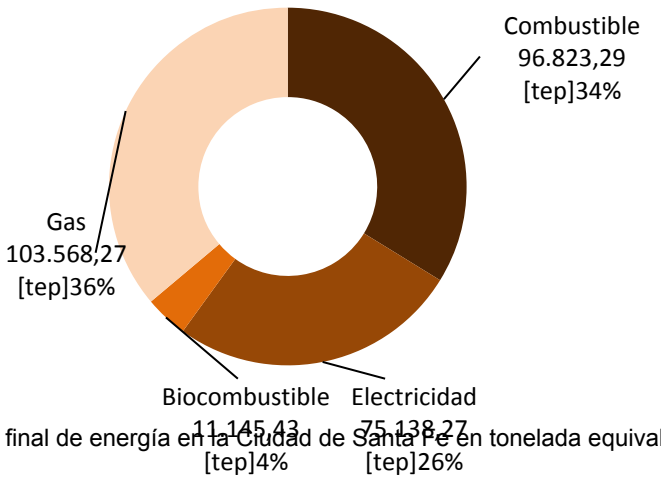


**Figura 3.** Distribución del uso final de energía en la Ciudad de Santa Fe en tonelada equivalente de petróleo. Año 2016.

En la **Figura 3** se observa la participación del consumo eléctrico en la distribución de uso final para el año 2016, cuyo valor fue de 75.138,27 [tep], representando un 26% de los energéticos consumidos.

A su vez se observa que el consumo se conforma mayoritariamente por el uso de gas y combustibles, lo que denota una dependencia de derivados del petróleo.

- Evolución del consumo eléctrico total anual en el periodo de análisis.

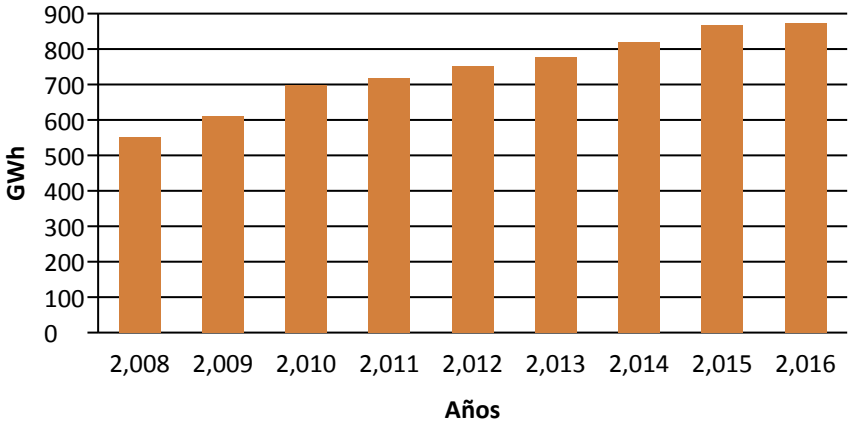


**Figura 4.**Evolución del Consumo Eléctrico de la Ciudad de Santa Fe, periodo 2008-2016.

**Figura 5.** Evolución del Consumo Eléctrico discriminado en pequeñas y grandes demandas de la Ciudad de Santa Fe, periodo 2008-2016.

Analizando la **Figura 4** y **Figura 5**, puede observarse que el incremento del consumo eléctrico de la ciudad es tendencialmente constante, existiendo una diferencia de 321.334.351 [KWh] entre los extremos del período de análisis. Se hace visible el aporte de las pequeñas demandas quienes acusan mayor variación en el consumo, conformadas principalmente por usuarios residenciales, comerciales e industriales.

- Evolución de las emisiones anuales de CO2eq. en el periodo de análisis.

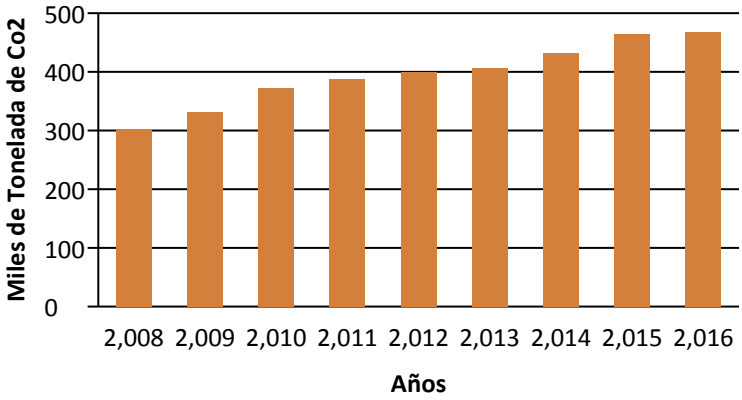


**Figura 6.** Evolución de las emisiones anules de CO2 eq. debidas al consumo eléctrico, periodo 2008-2016.

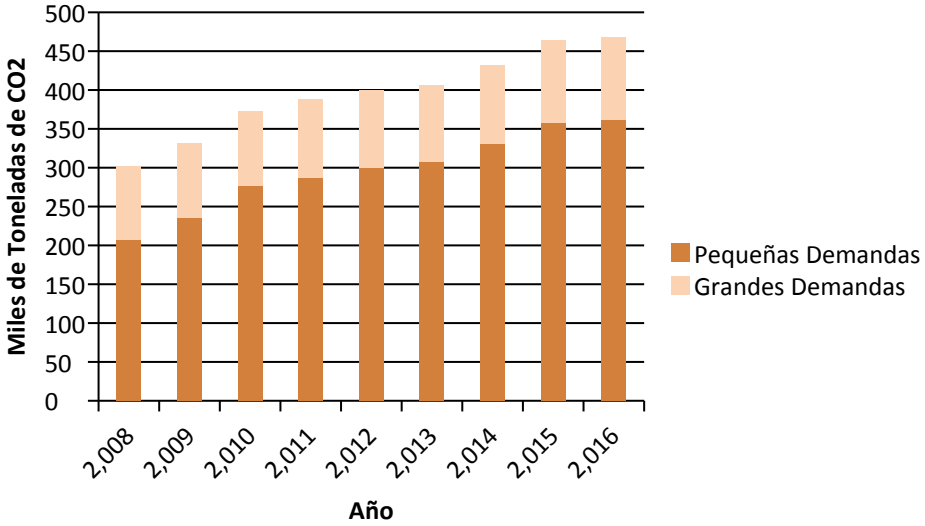


**Figura 7.** Evolución de las emisiones anules de CO2 eq. debidas al consumo eléctrico, discriminadas entre grandes y pequeñas demandas, periodo 2008-2016.

En correspondencia con el aumento del consumo, puede observarse en las **Figura 6** y **Figura 7** el tendiente aumento de las emisiones producto del consumo eléctrico, cuyo valor alcanza las 467.052,14 toneladas equivalente de CO2, en el año 2016. El 77,4% de estas emisiones son producidas por pequeñas demandas. Desde el 2008 al 2016 las emisiones han aumenta un 1500%, al igual que los kilowatt-hora consumidos.

- Evolución del consumo eléctrico total anual, discriminado por tipo de cliente, en el periodo de análisis.

**Figura 8.**Evolución de Consumo Eléctrico por tipo de cliente, período 2008-2016.

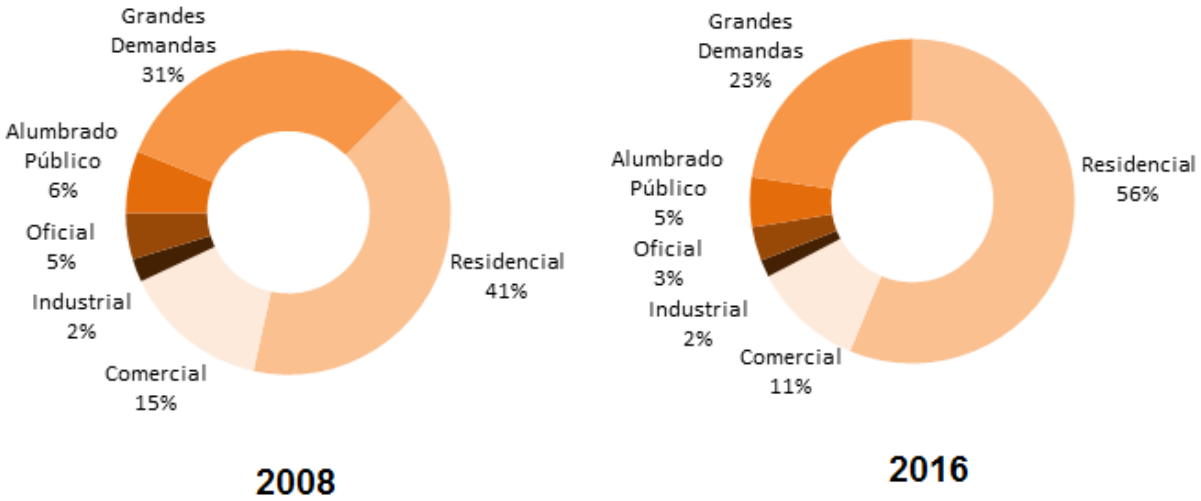


**Figura 9.** Distribución de Consumo Eléctrico por tipo de cliente, año 2008 y 2016.

A partir de las **Figura 8** y **Figura 9** se puede afirmar que la mayor demanda de energía eléctrica es debida a al sector residencial, ya que presenta consumo anual muy superior al resto de los sectores.

De la **Figura 9**, en la que se muestra en forma comparativa la distribución del consumo eléctrico en los extremos temporales analizados, se puede decir que la estructura de consumo presenta una variación en lo que refiere al sector residencial y de grandes demandas. Se presenta un aumento del consumo relativo en el sector residencial que pasa de representar el 41% del consumo en 2008 al 56% en 2016, representando una variación del 15%. Además de ser el sector con que mayor consumo es el que mayor incremento presenta en el periodo de análisis, mientras la mayoría de las categorías muestran un incremento que ronda el 100%, el sector residencial vio incrementado su consumo en un 2000%.Esto puede explicarse con el aumento del consumo de productos de lista blanca en el periodo analizado, complementado con la reducción tarifaria debida a subsidios aplicados en el sector.

- Evolución del consumo eléctrico per cápita para el periodo 2010-2016.

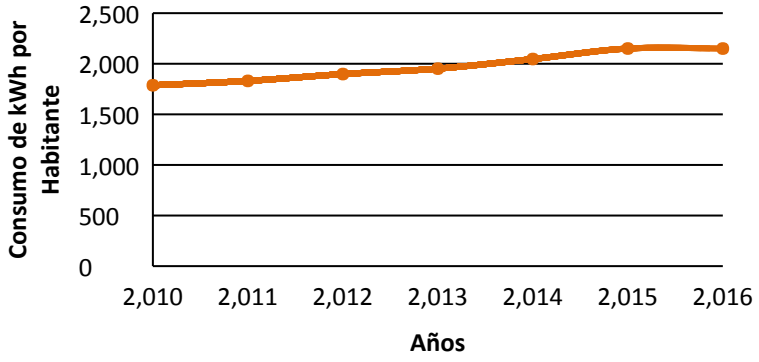


**Figura 10.**Variación del consumo per cápita, período 2010-2016

De la determinación del indicador para el periodo de análisis, se puede identificar la necesidad de implementar políticas energéticas que aborde el incremento exponencial del consumo. Como se indica en la **Figura 10**, el consumo per cápita presenta un aumento, esto se debe a que el incremento del consumo no es acompañado con el crecimiento de la población, es decir que los incrementos en los consumo no son solo atribuibles al crecimiento demográfico.

- Consumo unitario de electricidad por cliente.

**Figura 11.** Consumo unitario por cliente, período 2008-2016.

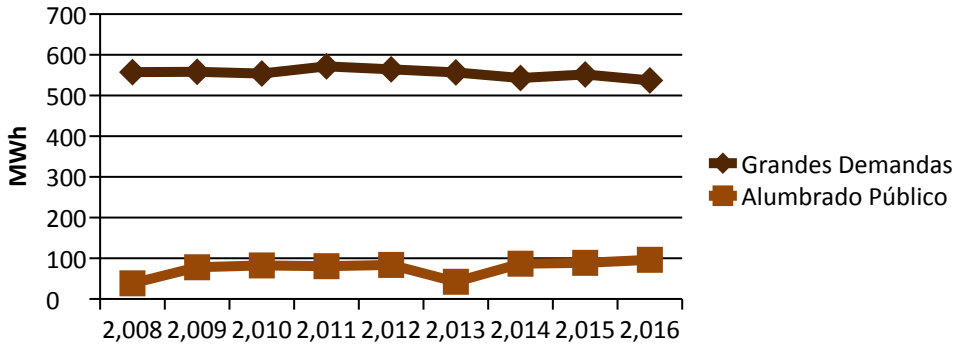


**Figura 12.** Consumo unitario por cliente, período 2008-2016.

Del análisis hasta aquí realizado se identificó que el sector residencial es el que mayor consumo representa, sin embargo al efectuar un análisis de consumo unitario se pone en manifiesto otro tipo de interpretación. De las **Figura 11** y **Figura 12** puede observarse que el consumo promedio por usuario residencial es de

3.825,12 [kWh/usuario] en el año 2016, siendo el sector que menor consumo por usuario presenta.

Cabe destacar que aproximadamente el 0.20 % de los usuarios de la ciudad forman parte de lo que se denominan grandes clientes, este sector representa el 23% de la electricidad consumida en el periodo 2016, cuyo consumo por usuario es de, lo cual es sumamente importante, si se lo compara con el consumo por usuario residencial 537.049,58 [kWh/usuario],se puede decir que este es extremamente elevado si es comparado con los valores de consumo por usurario del sector residencial 2909,61 KWh/usuario. Situación similar se presenta en la categoría alumbrado público.

- Propuestas de mitigación.

En función de los resultados hasta aquí analizados, se encuentra necesario la implantación de medidas que reviertan el panorama del consumo de energía eléctrica en la Ciudad de Santa Fe, para ello se proponen medidas de mitigación a efectuar por sector con el fin de reducir las emisiones de $CO_2$eq. y hacer un uso eficiente de la energía eléctrica.

**Tabla 1.** Acciones de eficiencia energética y motivación al cambio climático.

| | |
|---|---|
| Residencial | Iluminación por tecnología LED<br>Refrigeración eficiente<br>Calefacción solar<br>Electrodomésticos eficientes<br>Acontecimiento y habitad eficiente:<br>Envolvente edilicia |
| Comercial | Iluminación eficiente<br>Acontecimiento envolvente |
| Industrial y<br>Grandes Clientes | Iluminación eficiente<br>Fuerza motriz eficiente<br>Generación solar |
| Alumbrado Público | Iluminación por tecnología LED<br>Control de luminarias eficiente |

- Proyección de emisiones

Considerando una reducción del 30% del consumo de energía eléctrica producto de las medidas propuestas, efectuamos una comparación de la evolución de las emisiones de $CO_2$ en el sector residencial, se obtiene una emisión neta que apenas excede los 300.000 t$CO_2$eq.

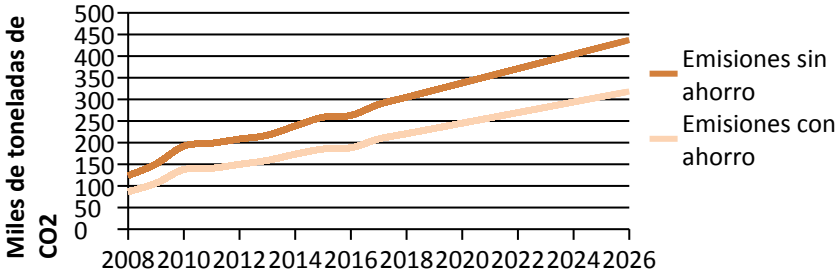


**Figura 13.** Comparación de emisiones residenciales, período 2008-2016.

## 4. *Conclusiones*

A partir de la metodología empleada y de los resultados obtenidos en función de ella, se pueden realizar las siguientes conclusiones acerca de panorama del consumo eléctrico de los últimos años en la Ciudad de Santa Fe:

- El consumo de engería eléctrica representa el 26% de la energía total consumida en el año 2016.
- Incremento del 1500% en el consumo energético y en la emisiones de CO2eq. producto de este, en el periodo 2008-20016.
- El sector residencial es el sector que mayor consumo presenta, con un incremento en el mismo del 200% en el periodo de análisis
- La tasa de crecimiento del consumo es levemente mayor al tasa de crecimiento poblacional.
- Se observa una desproporción en el consumo unitario por tipo de cliente.
- El comportamiento de los consumidores en los últimos años, evidencia la necesidad de implementar medidas de mitigación a nivel local.
- Se lograron establecer posible acciones de eficiencia energética que permitirían reducir emisiones y hacer un uso más racional de la energía eléctrica.
- Se pudo establecer la posible contribución a revertir el cambio climático, en el caso que se lleve a cabo un plan estratégico para mitigar las emisiones en un periodo de 10 años.

## 5. *Reconocimientos*

Se agradece la colaboración de la Empresa Provincial de Energía (EPE) por el aporte de los datos necesarios para el desarrollo de este trabajo.

## 6. *Bibliografía.*

- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2012). Perspectivas Ambientales de la OCDE hacia 2050: Consecuencias de la Inacción. http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/oecdenvironmentaloutlookto2050theconsequencesofinaction.htm
- World Economic Forum. Global Energy Architecture Performance Index Report 2017. (2017). https://www.weforum.org/reports/global-energy-architecture-performance-index-report-2017
- BP Statistical Review of World Energy. (2017) http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html
- Asuntos del Sur (ADS). Situación Energética en Argentina. (2017). http://www.asuntosdelsur.org/noticias/panorama-energetico-en-argentina
- Gonzalez, Dianela, Romero Sebastián. (2016). Análisis del Comportamiento Energético de la Ciudad de Santa Fe. Jornadas de Jóvenes Investigadores 2016.
- Gonzalez, Dianela, Romero, Sebastián. (2015).Estudio preliminar del Balance Energético de la Ciudad Santa Fe. Jornada de Jóvenes Investigadores 2015.