

Metodología de evaluación del Cambio de Horario de Verano (CHV) en México: 10 años de aplicación



Martín Roberto Maqueda Zamora y Hugo Pérez Rebolledo

Resumen

El Horario de Verano está fuertemente ligado al uso racional de los recursos naturales, ya que es una medida que contribuye al cuidado de los recursos energéticos del país y la mejora del medio ambiente. Esta medida consiste en adelantar el reloj una hora en los meses que se tiene mayor insolación en el país y al hacerlo, se reduce la demanda de energía eléctrica, se tiene un ahorro en el consumo de la misma y como resultado se reduce el consumo de combustibles fósiles que se necesitan para generar la energía eléctrica y también se dejan de emitir contaminantes al medio ambiente. Cabe resaltar que el desarrollo sustentable y el medio ambiente dependen del uso eficiente de la energía.

Con la aplicación del Horario de Verano, todo el país participa en el cuidado de los recursos energéticos que se derivan de su aplicación y genera en la población una cultura del cuidado de la energía y el medio ambiente. Este programa se aplica a nivel mundial, incluyendo a los países industrializados.

En este trabajo se presenta la metodología implementada por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), para realizar los cálculos de ahorro en consumo de energía eléctrica y la cuantificación de la demanda evitada, así como los principales resultados obtenidos en 10 años de aplicación de la medida en México.

Desde 1993, el IIE ha trabajado apoyando al Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) en la implantación, puesta en marcha y evaluación del programa de horario de verano para México, y ya antes de 1996, había realizado proyecciones de ahorro de energía y reducción de demanda, mismos que acompañaron el decreto publicado el 4 de enero de 1996, por el cual se establecen horarios estacionales en los Estados Unidos Mexicanos.

Introducción

México se incorporó al Sistema de Husos Horarios en 1922, con base en el meridiano de Greenwich (GMT). La mayor parte del país se rigió por el horario correspondiente al meridiano 105° y los estados del sureste del país adoptaron el meridiano 90°.

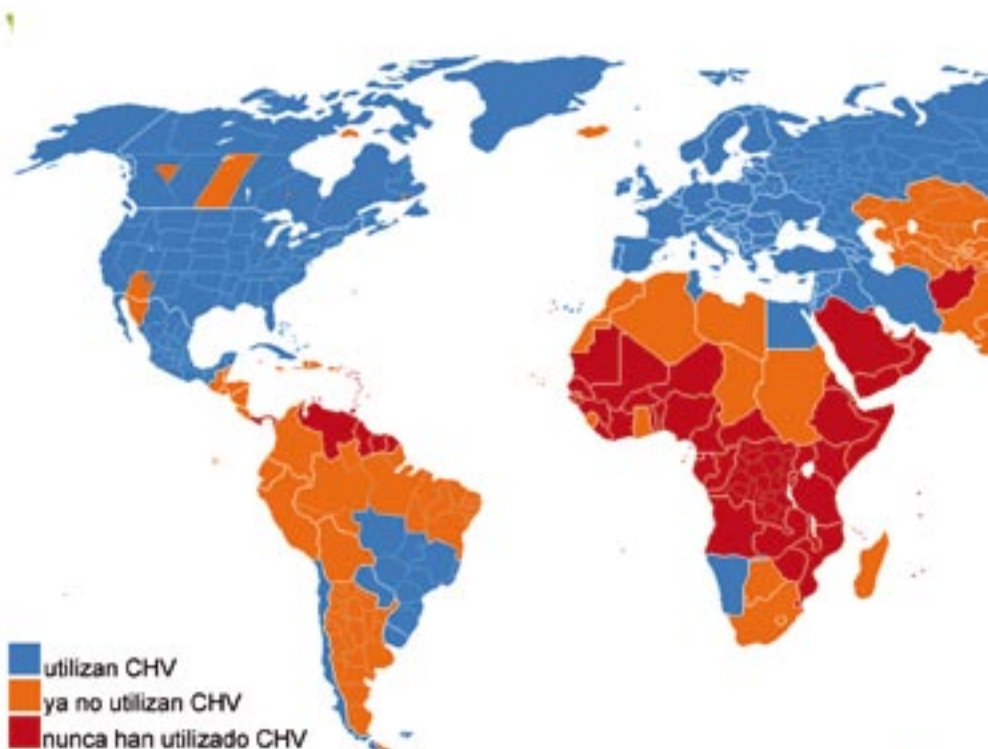
Actualmente, la mayor parte del país utiliza el uso horario de 90° (tiempo del centro), los estados de Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit utilizan el huso horario 105° (tiempo de la montaña) y por último, Baja California Norte utiliza el huso horario 120° (tiempo del pacífico) (Fig. 1).

Desde 1993, el IIE ha trabajado apoyando al Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) en la implantación, puesta en marcha y evaluación del programa de horario de verano para México y ya antes de 1996, el Instituto había realizado proyecciones de ahorro de energía y reducción de demanda, mismos que acompañaron el decreto publicado el 4 de enero de 1996, por el cual se establecen horarios estacionales en los Estados Unidos Mexicanos. Por esta razón, a partir del primer domingo de abril de 1996 entró en vigor este programa como una medida de ahorro de energía eléctrica, enfocado básicamente a optimizar el aprovechamiento de la luz natural y al desplazamiento de la demanda en la hora pico, durante los meses donde hay mayor incidencia solar en nuestro hemisferio.

Figura 1. Husos horarios de México.



Figura 2. Países que aplican CHV.



Actualmente, 75 países aplican el Horario de Verano, tanto en el Hemisferio Norte como en los Trópicos y el Hemisferio Sur. Entre las naciones tropicales que se han sumado a esta medida se encuentran Australia, Brasil, Cuba, Haití y Paraguay (Fig. 2).

Metodología de evaluación para la obtención del ahorro en consumo, debido a la implementación del Cambio de Horario de Verano (CHV)

Los estudios para evaluar el impacto global que se tendría por la implementación del Horario de Verano en México, se comenzaron a realizar en 1993, por lo que un grupo de trabajo técnico interdisciplinario, formado por personal de las subdirecciones de Distribución, Programación y Técnica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), del Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE), de Luz y Fuerza del Centro (LyFC), del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) y del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), se dieron a la tarea de establecer una metodología de análisis acorde con la situación nacional de ese entonces.

Como una primera etapa, se analizaron mediciones proporcionadas por el CENACE para 12 ciudades del país; además se analizaron las mediciones puntuales a 560 usuarios domésticos, 26 usuarios comerciales y 14 usuarios industriales. Adicionalmente se recopiló información de consumos nacionales horarios del CENACE. Toda esta información fue proporcionada como datos de mediciones de demanda horaria cada 15 minutos, 96 datos por día por cada usuario o ciudad, durante 365 días del año, durante dos años.

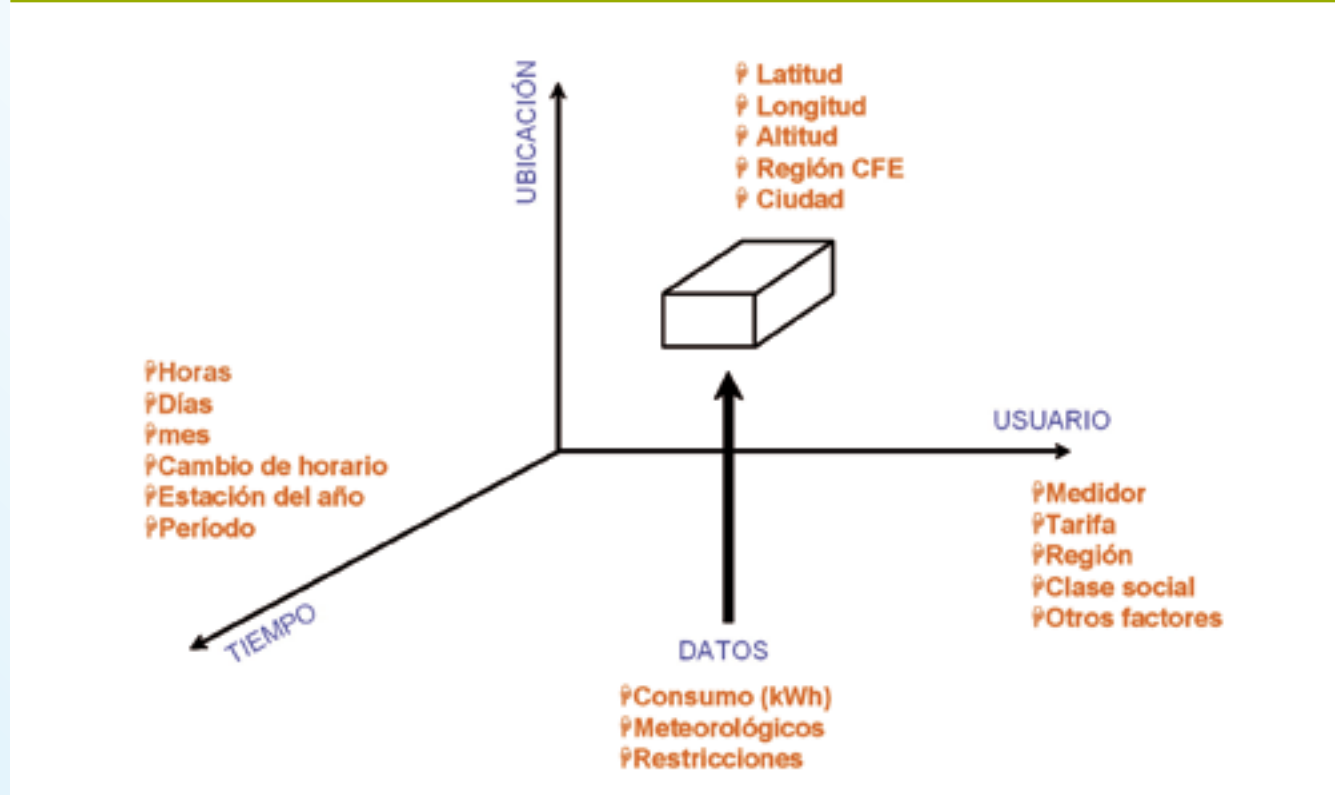
Como se muestra en la Fig. 3, se tuvieron que analizar todos los datos desde diferentes perspectivas. El consumo de cada usuario fue analizado puntualmente, clasificándose por su forma de consumo, región, ámbito social, etc.

Del análisis de curvas de consumo promedio diario, se determinó que existen otros factores que influyen en éste, aparte del CHV, por lo que se analizaron datos sobre temperaturas en cada una de las ciudades del país, datos de horas de iluminación, datos de entrada y salida del sol, además de datos gruesos de hábitos de uso como son vacaciones, días festivos, fines de semana, etc.



También se observó que la demanda variaba considerablemente, conforme se incrementaba la temperatura. Las curvas de consumo del norte del país tenían en comparación con las curvas del centro, una elevación de su consumo en diversos horarios, por lo que se determinó hacer un ajuste a las mediciones originales, para las curvas que presentaban este comportamiento, con el propósito de diluir el efecto por elevación de temperatura. Esto fue posible sacando la diferencial de consumo promedio en el horario de 10:00 am a 5:00 pm. y restándoselo a todas las 24 horas de la curva. Dicho ajuste ha permitido puntualizar el ahorro por CHV en el horario vespertino.

Figura 3. Estrategia de análisis.



Con la observación de los datos de las curvas de consumo, se determinó que existía una variación en el consumo energético por CHV en tres intervalos definidos de tiempo: por la mañana, de las 5:00 a las 8:00 horas se observó un incremento; en la tarde, de las 17:01 a las 21:00 horas existía un decremento de consumo y demanda, y por la noche, de las 21:01 a las 24:00 horas existía, en algunas ocasiones, un ligero aumento.

Los efectos por la implementación del CHV se apreciaron nítidamente en las transiciones de marzo a abril y de octubre a noviembre, por lo que el ahorro en consumo y demanda de la primera transición (que es cuando existe una disminución de consumo y demanda) se tomó como indicador del ahorro total para los meses comprendidos entre las transiciones, calculando los índices de crecimiento de los ahorros con respecto a la primera transición.

Así, esta metodología considera que el ahorro de energía por la aplicación del CHV se determinará con el ahorro de la primera transición, calculada con los datos proporcionados por el CENACE, más el cálculo de ahorros de los meses entre las transiciones (mayo, junio, julio, agosto, septiembre), más el cálculo de los ahorros de la segunda transición, obtenido de los datos proporcionados por el CENACE.

Adicionalmente, se observó que sólo se le podía reducir el volumen a la información de análisis proporcionada por las áreas de control del CENACE, ya que el resultado es muy similar al análisis original. Para ello se determinó que había que segregar los consumos de los grandes usuarios con tarifas horarias, para observar con mayor claridad el efecto de otros factores, como el alumbrado público en las horas pico.

Como resultado de este análisis primario, se estableció la siguiente metodología para el cálculo de los ahorros en consumo, por la aplicación del CHV, utilizando menores datos de análisis y sustentando nuestro análisis en el estudio original.

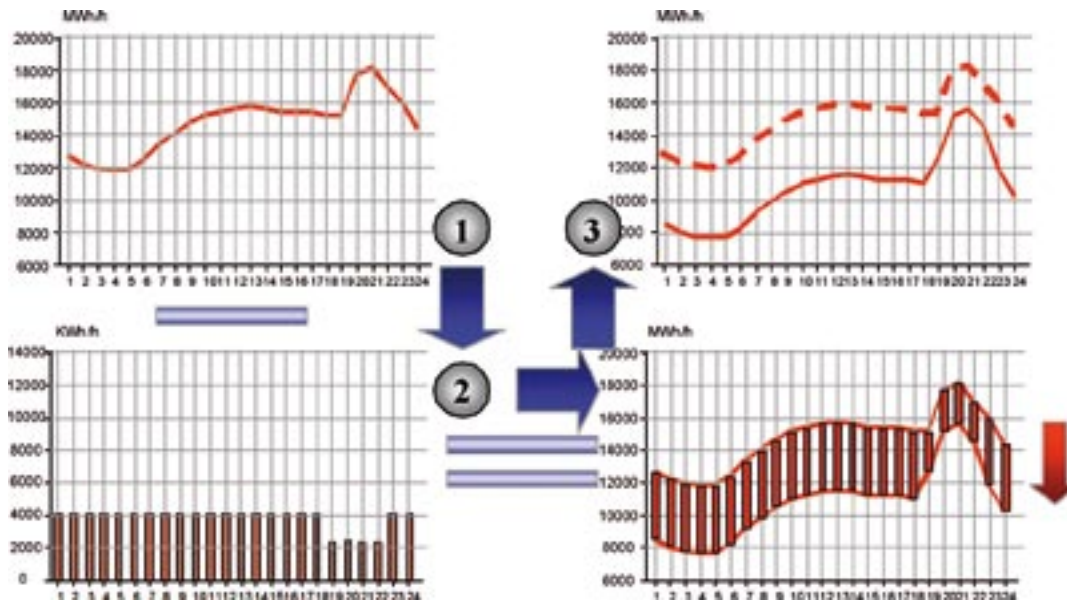
Consideraciones

- Se utiliza como información fuente las demandas horarias por áreas de control del sistema eléctrico y demandas máximas de tarifa horaria por divisiones que proporciona el CENACE.
- El análisis de esta información se realiza en los intervalos en que se muestra una variación en el consumo de energía, de las 5:00 a las 8:00 horas (intervalo matutino, 3 horas), de las 17:01 a las 21:00 horas (intervalo vespertino, 4 horas) y de las 21:01 a las 24:00 horas (intervalo nocturno, 3 horas).

Pasos para el análisis para evaluación de CHV:

- 1. Obtención de la curva de demanda promedio.** Se obtiene la curva de demanda diaria promedio mensual del mes de referencia (marzo, noviembre) y del mes de transición (abril, octubre), promediando los valores de demanda horaria de los días laborables del mes, excluyendo de este promedio los días de fin de semana y festivos (Ramos et al, 1996), ya que presentan un comportamiento diferente a los días laborables.
- 2. Ajuste diferencial mensual.** Para aislar el impacto del consumo debido a la climatización en el análisis de CHV, se hace un "ajuste" en las curvas a lo largo del día. Dicho ajuste consiste en reducir la curva promedio del mes de mayor calor (mes de transición), hasta que quede de la misma magnitud de demandas horarias que la curva promedio del mes de menor calor (mes de referencia). Esto se logra restándole a los consumos de las 24 horas de la curva del mes de transición, un consumo promedio de las diferencias entre las 10 de la mañana y las 5 de la tarde, de la curva promedio del mes de referencia y la curva promedio del mes de transición, es decir, abril menos marzo.
- 3. Ajuste por tarifa horaria.** A la información del CENACE, la cual corresponde a las plantas generadoras del país y que incluye los sectores industrial, comercial, de servicios, agrícola y doméstico, se le restan los datos de usuarios del sector industrial (coordinación comercial CFE y LyFC), que corresponden a la tarifa horaria en alta tensión. Como resultado se elimina el impacto de los usuarios industriales, quedando los sectores comercial, mediana industria, de servicios, agrícola y domésticos dentro del análisis (Fig. 4).

Figura 4. Ajuste por tarifa horaria.



4. **Evaluación de ahorro del consumo en las transiciones.** Una vez hechos los ajustes siguiendo los puntos anteriores, el ahorro por el CHV se logra obteniendo las diferencias de consumos en tres horarios: matutino (5:00 a 8:00 horas), vespertino (17:00 a 21:00 horas) y nocturno (de 21:00 a 24:00 horas), entre ambas curvas representativas o típicas, es decir, la del mes de marzo vs la del mes de abril y la del mes de octubre vs la del mes de noviembre. El ahorro de la transición es el valor que se obtenga, multiplicando la suma algebraica de los ahorros matutino (5:00 a 8:00 horas), vespertino (17:00 a 21:00 horas) y nocturno (de 21:00 a 24:00 horas), por 30 días.
5. **Proyección del ahorro anual.** Para obtener el ahorro anual debido al CHV, se utilizan los índices mostrados en la tabla 1. Estos índices se obtuvieron en el análisis del CHV realizado a los usuarios domésticos y se obtuvo un factor de incremento de ahorro para los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre. Esta proyección indicó que el incremento variaba de mes a mes, según los índices indicados en la tabla 1, la cual toma como referencia el ahorro en la transición marzo-abril. Respecto al ajuste del mes de octubre, éste es uno, pues corresponde al valor que se obtiene en la transición octubre-noviembre.

Tabla 1. Factores de ajuste mensual.

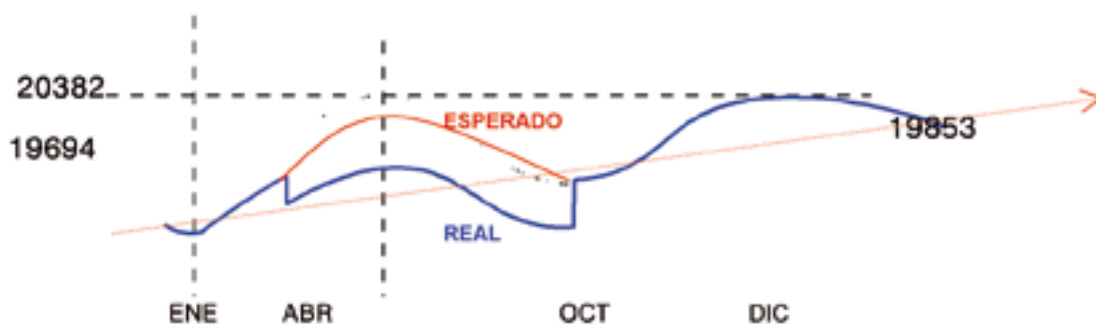
Mes	Factor de incremento de ahorro
Abril	1.00
Mayo	1.17
Junio	1.55
Julio	1.79
Agosto	1.79
Septiembre	1.25
Octubre	Valor calculado de la 2ª transición

6. El ahorro anual es resultado de aplicar el factor incremento de ahorro para los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre sobre el ahorro de la primera transición, más el ahorro calculado para la segunda transición, obteniendo finalmente un ahorro de consumo anualizado por los 7 meses de duración del CHV.

Metodología para la obtención la demanda evitada debido a la implementación del CHV

Para el cálculo de reducción en demanda, se determinó que existen dos picos de demanda máxima durante el año: el pico de verano y el de invierno (Fig. 5). Por lo general, el pico de invierno es más grande que el de verano y cuando el CHV entra en acción, existe una disminución de la demanda, por lo que el pico de verano se abate en la primera transición y se recupera en la segunda.

Figura 5. Comportamiento real y esperado de picos de demanda máxima en el año.



Demanda máxima	Fecha	MW	MW
Horario de verano	23 de mayo	19,694	19,694
Reducción al inicio	marzo-abril	823	
Aumento al término	oct-nov	688	
Estimación sin CHV	23 de mayo	20,517	20,382
Horario de invierno	17 de diciembre	19,853	19,853
Reducción		664	529

En el estudio original, la reducción en el pico de demanda fue resultado de la entrada del CHV, por lo que el pico de verano se proyectó como si no hubiera CHV y se determinó la diferencial de consumo con respecto al pico de invierno, por lo que al efecto no contabilizado (que es la diferencial), se le resta a la disminución del pico de verano.

Consideraciones

Se utiliza como información fuente, las demandas máximas de tarifa horaria por divisiones que proporciona el CENACE.

Metodología

La reducción de la demanda debida al CHV, se calcula por una de las dos estrategias de análisis siguientes:

- a) Primera estrategia de análisis.** Si el pico de demanda máxima es en invierno, entonces:
- i) se deben de restar la demanda máxima de invierno, menos la demanda máxima de verano.
 - ii) el resultado se le resta a los valores obtenidos en las transiciones de marzo-abril y octubre-noviembre.

Al menor de estos valores de demanda se le llama **resultado conservador** y es el que se reporta para fines de divulgación (éste se ha usado para evaluar los años 1996, 1997, 1999 y 2001).

- b) Segunda estrategia de análisis.** Si el pico de demanda máxima es en verano, entonces:
- iii) Se calculan los valores de reducción de demanda de las transiciones de marzo-abril y octubre-noviembre y se considera que la demanda evitada por el CHV es igual al valor que se obtiene en las transiciones.

Como resultado de esto se obtienen dos valores de reducción de la demanda. Al menor de estos valores se le llama **resultado conservador** y es el que se reporta para fines de divulgación (en 1998, 2000, 2002, 2003, 2004 y 2005 sucedió que el pico de invierno fue inferior al pico del verano, aun con cambio de horario).

Resultados obtenidos

Aplicando la metodología establecida con anterioridad para obtención de ahorros energéticos, por la implantación del CHV, se tienen los siguientes resultados globales:

Tabla 2. Ahorros de energía debido a la implantación del CHV.

Concepto	Unidad	Resultados	
		2006	1996 a 2006
Ahorro en consumo de energía eléctrica	millones de kWh	1,131	12,264
Combustible fósil ahorrado	millones BEP	2.754	27.501
Emisiones evitadas de Bióxido de Carbono	miles de toneladas	1,427	17,418
Abatimiento de la demanda (Promedio anual)	MW	931	796
Inversiones diferidas	millones de pesos	10,474	8,077

Es bien sabido que cerca del 72% de la energía eléctrica que se consume en el país, se genera mediante la quema de combustibles fósiles en plantas termoeléctricas. A través de la aplicación del Horario de Verano se reduce la utilización de combustibles fósiles y por lo tanto la emisión de contaminantes a la atmósfera en las zonas donde se ubican las centrales. Durante 2006, la aplicación del Horario de Verano evitó emitir a la atmósfera 1,427 toneladas de bióxido de carbono y se tuvo una reducción en el consumo de combustible para la generación de energía eléctrica, de 2,754 millones de barriles de petróleo.

El Horario de Verano contribuye a disminuir el consumo de energía eléctrica en alrededor de 1,115 millones de kilowatts hora anuales, que equivalen al consumo total anual de estados como Nayarit o Campeche. La reducción en el consumo de energía eléctrica que se ha acumulado durante los primeros once años de aplicación del Horario de Verano (1996-2006) que son 12,264 GWh, equivale a más de la tercera parte de la electricidad consumida por los 26,348 millones de hogares del país durante un año. Dicho en otras palabras: La demanda evitada de 931 MW estimada en 2006, equivale a 1.24 veces las instalaciones de la hidroeléctrica de "El Cajón" (750 MW). Con la reducción de demanda de energía eléctrica durante las horas pico, se difirió la inversión de 10,474 millones de pesos durante el 2006, esto se traduce en un beneficio económico para el país.

Tabla 3. Reducción de contaminantes emitidos al ambiente, gracias a la aplicación del horario de verano.

Miles de toneladas menos de contaminantes	2006
Óxidos de nitrógeno	3.962
Óxidos de azufre	18.909
Monóxido de carbono	0.471
Partículas	1.157
Bióxido de carbono	1.427
Hidrocarburos	0.019

Estos datos son avalados conjuntamente por la Secretaría de Energía (SENER), el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) y el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE).

Beneficios de la aplicación de CHV

Para el mundo actual es de vital importancia la utilización de los recursos energéticos de forma eficiente, ya que ayudarán a no deteriorar más el medio ambiente, por lo que la población debe participar en el desarrollo y uso de tecnologías eficientes, que nos permitan preservar los recursos naturales y el medio ambiente.

Se sabe que cerca del 72% de la energía eléctrica que se consume en el país se genera mediante la quema de combustibles fósiles en plantas termoeléctricas. A través de la aplicación del Horario de Verano, se reduce la utilización de combustibles fósiles y por tanto la emisión de contaminantes a la atmósfera en las zonas donde se ubican las centrales.

La aplicación del Horario de Verano permite un mejor aprovechamiento de la luz natural, permitiéndonos tener una hora más de ésta por las tardes de primavera y verano, pudiendo realizar diferentes actividades, disminuyendo las situaciones de riesgo asociadas con la oscuridad.

El ahorro de energía eléctrica equivale al 0.64% del consumo anual de electricidad en el país y al 2.54% del consumo anual del sector doméstico, que equivalen al consumo total anual de estados como Nayarit o Campeche.

Esta reducción en el consumo de energía eléctrica y abatimiento de la demanda, se refleja en la reducción en el consumo de combustibles asociados a la generación de energía eléctrica y la reducción en la emisión de contaminantes en las zonas de generación de energía.

Referencias

G. Ramos et al, *Análisis del Cambio de Horario de Verano en la República Mexicana en el año de 1996: Definición de la estrategia de análisis*, Instituto de Investigaciones Eléctricas, 1996.

G. Ramos et al, *Análisis del Cambio de Horario de Verano en la República Mexicana en el año de 1996: Análisis intermedio del ahorro en usuarios domésticos debido al Cambio de Horario de Verano en el período marzo-junio de 1996, y pronóstico de ahorro para 1996*, Instituto de Investigaciones Eléctricas, 1996.

Coordinación comercial de CFE y de LyFC.

En Internet: CFE, www.cfe.gob.mx

En internet: FIDE, www.fide.org.mx

En internet: CONAE, www.conae.gob.mx



MARTÍN ROBERTO MAQUEDA ZAMORA [maqueda@iie.org.mx]

Ingeniero en Electrónica con especialidad en Sistemas Digitales y Computadoras, por la Universidad Autónoma Metropolitana en 1990. Desde 1991 labora en el Instituto de Investigaciones Eléctricas y desde 1993 se desempeña en el Área de Uso de Energía Eléctrica. Tiene experiencia en Advance Metering Infrastructure (AMI) y Automated Meter Reading (AMR), así como análisis y evaluaciones del comportamiento de las curvas de carga de usos finales, en el sector residencial. Ha participado en el desarrollo de programas de evaluación en el sector energético en Mexicali, así como en el "Programa de Normalización, Certificación y Etiquetado de Electrodomésticos" en Colombia y en el "Programa de evaluación de ahorro de energía por sustitución de equipos de aire acondicionado", en la ciudad de Mérida entre otros. Ha participado en proyectos de iluminación para PEMEX y ha publicado varios artículos relacionados con los trabajos de evaluación de programas de eficiencia energética. De 1996 a 2000 participó en el proyecto de evaluación del consumo y la demanda de la implementación del programa de Cambio de Horario de Verano (CHV).

HUGO PÉREZ REBOLLEDO [hpr@iie.org.mx]

Ingeniero Mecánico Electricista por la Unidad Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana. Obtuvo los grados de Maestría y Doctorado en la Universidad de Uppsala, Suecia, en las especialidades de Ingeniería Eléctrica en Alto Voltaje y Compatibilidad Electromagnética.

En 1981 se integró al Instituto de Investigaciones Eléctricas, participando en diferentes proyectos de investigación, de aplicaciones tecnológicas y asesorías especializadas en sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica, coordinación de aislamiento, redes de tierra y calidad de la energía. Ha publicado cerca de 30 artículos dentro de estas áreas y ha asesorado en el desarrollo de tesis a estudiantes de licenciatura y maestría. Ha impartido cursos en diferentes foros y ha participado como coordinador del Comité de Estudios 36 de "Compatibilidad Electromagnética" de la CIGRE en México, así como miembro observador en el Comité Internacional (período 2000-2002). Es miembro de la IEEE. Fue miembro del SNI hasta 1998 y a partir de 1999 es responsable del Área de Uso de Energía Eléctrica de la División de Sistemas Eléctricos.