

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ECONÓMICA Y
CIENCIAS SOCIALES



CÁLCULO DE BENEFICIOS DE LA CAMPAÑA NACIONAL
DE AHORRO DE ENERGÍA DEL MINISTERIO DE ENERGÍA
Y MINAS. PERÍODO 1995 - 2000

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ECONOMISTA

POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS

ELABORADO POR:

GUIDO PÉREZ CAMPOS

LIMA – PERÚ

2002

A mis amados padres y hermano:
Felipe, Saturnina y Edgar.

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de este documento no habría sido posible sin la valiosa ayuda de amigos y colegas como: Rudy Laguna, Luis Simabuko y el Ing. Julio César Romani, Jefe del Programa de Ahorro de Energía del Ministerio de Energía y Minas.

TABLA DE CONTENIDO

<i>Capítulo I: Introducción</i>	4
<i>Capítulo II: Los Programas de Eficiencia Energética</i>	7
1. Programas de Eficiencia Energética	7
A. ¿Cómo actúan los Programas de Eficiencia Energética?.....	8
1. Mejora en la Utilización de la Infraestructura.....	8
2. Mejora de la Eficiencia Energética en el Uso Final.....	8
B. Instrumentos de los programas de eficiencia energética	9
3. Difusión de Información	10
4. Subsidios.....	10
5. Contratos.....	10
6. Programas basados en incentivos tarifarios.....	11
C. Segmentos de consumidores a los cuales se aplican programas de eficiencia energética.....	12
<i>Capítulo III: Programa de Eficiencia Energética en el Perú - Campaña Nacional de Ahorro de Energía del Ministerio de Energía y Minas</i>	14
1. Antecedentes	14
2. Descripción de la Campaña.....	15
A. En el Sector Residencial	15

B.	Sector Industrial y de servicios	19
C.	Sector comercial.....	20
D.	Otras actividades de la Campaña	21
3.	Inversión en la Campaña	21
Capítulo IV: Cuantificación de los beneficios derivados de la Campaña Nacional de Ahorro de Energía.....		
23		
1.	A través de una evaluación econométrica.....	24
A.	¿Cómo se comportaba el consumo de energía antes de la Campaña de Ahorro de Energía?.....	25
1.	Demanda de Energía de los Usuarios industriales.....	26
2.	Usuarios residenciales.....	32
3.	Usuarios Comerciales y Otros.....	36
B.	¿Cómo se comportaba la máxima demanda antes de la Campaña?	40
C.	Influencia de la Campaña en el comportamiento el consumo de energía en el período 1995-2000	44
1.	Usuarios Industriales.....	45
2.	Usuarios Residenciales.....	48
3.	Usuarios Comerciales y otros.....	51
D.	Influencia de la Campaña en la Máxima Demanda.....	52
E.	Cálculo de los beneficios.....	54
1.	Reducción en el Consumo de Energía.....	54
2.	Reducción en la Demanda de Potencia	56
F.	Conclusiones al método econométrico de cálculo de beneficios	58
2.	A través de las medidas de mayor impacto en la reducción del consumo de electricidad	59
A.	Reemplazo de los focos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas	59
1.	Supuestos del Cálculo	61
2.	Cálculo de la reducción del consumo de energía.....	63
3.	Cálculo de la reducción de demanda de potencia en el Sistema Eléctrico.....	64

B.	Mejora en los hábitos de consumo de energía de la población	65
1.	Supuestos del cálculo.....	65
2.	Cálculo de la reducción en el consumo de energía.....	69
3.	Cálculo de la reducción en la demanda de potencia en el Sistema Eléctrico	70
C.	Consolidando los beneficios	71
1.	Reducción en el consumo de energía.....	71
2.	Reducción en la demanda de potencia.....	72
3.	Beneficios ambientales.....	73
D.	Conclusiones a la Metodología de cálculo de beneficios “por medidas”	74
<i>Capítulo V: Conclusiones</i>		75
<i>Capítulo VI: Recomendaciones</i>		77
<i>Capítulo VII: Bibliografía</i>		78

RELACIÓN DE APENDICES

Apéndice 1: Información estadística utilizada en el desarrollo de los modelos.

Apéndice 2: Reportes de los modelos desarrollados en la metodología econométrica de cálculo de beneficios de la Campaña de Ahorro de Energía.

Apéndice 3: Información adicional a los modelos presentados en este informe.

Capítulo I: INTRODUCCIÓN

A fines de 1994 el Sistema Interconectado Centro Norte - SICN, el principal sistema eléctrico del país, contaba con un escaso margen de reserva para abastecer la demanda de los usuarios, ya que el Fenómeno del Niño había retrasado la temporada de lluvias en la sierra central y amenazaba el normal abastecimiento de agua para las centrales hidroeléctricas. Por otro lado, las proyecciones meteorológicas hacían prever similares condiciones para 1995; lo que sumado a la creciente actividad económica interna y el cada vez mayor número de hogares electrificados, configuraban un escenario de potencial déficit energético para el período 1995-1996.

Ante esta coyuntura, el Ministerio de Energía y Minas inició el desarrollo de acciones con el objetivo de controlar el crecimiento de la máxima demanda del SICN, orientando a los usuarios a ahorrar energía eléctrica, especialmente durante las horas punta y a utilizar equipos eficientemente energéticos.

A través del Proyecto para Ahorro de Energía se implementó la Campaña Nacional de Ahorro de Energía, una campaña de información y sensibilización dirigida a los tres sectores de consumo de electricidad más importantes: el sector residencial, el sector industrial y de servicios y el sector comercial, lográndose controlar el crecimiento de la máxima demanda y evitándose la necesidad de efectuar racionamientos que hubieran afectado el normal desenvolvimiento de la economía y generado malestar en la sociedad.

Años más tarde, la apertura del mercado eléctrico a la inversión privada y los compromisos de inversión asociados con los procesos de privatización de gran parte de la infraestructura eléctrica del Estado posibilitaron a la oferta eléctrica superar con holgura la demanda.

El presente estudio se propone evaluar y cuantificar el impacto de las acciones de promoción del ahorro de energía del período 1995 – 2000 sobre el consumo de energía eléctrica y la máxima demanda del sistema. En un primer análisis econométrico se determina si existe una diferencia sustancial entre la demanda efectivamente observada y la que hipotéticamente se hubiese apreciado de no haberse llevado adelante la Campaña. En otras palabras, se compara el comportamiento de la demanda de energía “con campaña vs. sin campaña”.

De este primer análisis econométrico, se encontró que durante el período de la Campaña hubo una reducción significativa en el consumo de energía de los usuarios residenciales así como en la demanda de potencia del sistema en su conjunto.

Este resultado se analiza más en detalle en un segundo cálculo, donde se propone que los dos factores que determinaron estas reducciones en el sector residencial fueron: (1) el mayor uso de equipos eficientemente energéticos, específicamente las “lámparas fluorescentes compactas” o focos ahorradores y (2) la mejor actitud de la población hacia el ahorro de energía, vale decir, la introducción de buenos “hábitos de consumo de energía”.

La importancia de este Informe radica en la necesidad de consolidar el cálculo de los beneficios que el desarrollo de la Campaña Nacional de Ahorro de Energía habrían significado para el país, desde una óptica académica e independiente, con supuestos claros y una metodología fácilmente verificable.

La experiencia dentro del Proyecto para Ahorro de Energía y dentro del sector energético, así como la relativa facilidad para obtener información y aportes de los actores directamente involucrados en el desarrollo de la Campaña, pesaron para decidir por analizar este caso de la realidad actual nacional y mundial.

La información recogida para el desarrollo de este Informe es de dominio público y para su verificación, se incluye una bibliografía al final del documento. En lo relacionado al marco teórico de los Programas de Eficiencia Energética, la fuente es el portal en Internet de la "Demand Side Management – International Energy Agency", así como diversos documentos publicados por el Departamento de Energía de los Estados Unidos, recogidos también de su portal en Internet.

La información correspondiente a las actividades del Proyecto para Ahorro de Energía ha sido extraída de sus Informes de Actividades y de diversos análisis de medición de resultados, elaborados por esta Institución a lo largo de la Campaña.

Las ventas de lámparas fluorescentes compactas se determinaron a través de los reportes de ventas de los principales distribuidores de estos productos en el país, que luego fueron contrastados con los reportes de importación de ADUANAS. La evolución de las actitudes de la población hacia el ahorro de energía, fue seguida a través de las encuestas de opinión a nivel nacional, que se realizaron regularmente durante la Campaña por encargo del PAE.

Cabe mencionar que para el análisis econométrico del consumo de energía y la demanda de potencia, se tomo como base el enfoque planteado en el documento "Evaluación de la Campaña de Ahorro de Energía 1995-1998", del Eco. Luis Simabuko; de donde también se extrajo parte de la información estadística para la actualización de los modelos.

Capítulo II: LOS PROGRAMAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

1. PROGRAMAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Se denominan *Programas de Eficiencia Energética – PEE* – a los programas dirigidos a reducir el consumo de energía por parte de los usuarios finales, típicamente sin afectar la calidad del servicio proveído. Aunque generalmente estos programas se han dirigido a reducir el consumo de electricidad, también se pueden desarrollar PEE para reducir el consumo de combustibles.

Los PEE están orientados a reducir el consumo de electricidad como tal, sin considerar el momento en que esta reducción ocurra. En este sentido, se diferencian de los *Programas de Administración de la Demanda – PAD*,¹ ya que estos últimos están dirigidos a reducir el consumo de energía específicamente en las horas punta. Al tener un criterio más general, los PEE agrupan a los PAD².

En el Perú, la *Campaña de Ahorro de Energía* desarrollada por el *Proyecto para Ahorro de Energía del Ministerio de Energía y Minas* tuvo como objetivo la reducción del consumo de energía en general y, en ese sentido, puede enmarcarse dentro de los *Programas de Eficiencia Energética* que vienen desarrollándose a nivel mundial.

¹ También conocidos como *Demand Side Management Programs* o DSM

² EIA-DOE 1997

A. ¿CÓMO ACTÚAN LOS PROGRAMAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA?

Todos los programas de Eficiencia Energética consiguen sus beneficios económicos a través de dos caminos: (1) mejorando la utilización de la infraestructura eléctrica ya establecida al reducir la carga máxima del sistema eléctrico en relación con el uso total, es decir "aplanando" la curva de carga del sistema ó (2) mejorando la eficiencia en el uso final de la energía³.

1. MEJORA EN LA UTILIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA

La mejora en la utilización de la infraestructura representa un importante beneficio para el sistema eléctrico, en la medida que los costos de proveer el servicio eléctrico están explicados entre un 60 y 90% por costos fijos, derivados de la inversión en construcción y el mantenimiento de la infraestructura de generación, transmisión y distribución; con un peso relativamente pequeño de los costos derivados de la producción de la electricidad misma.

Dado que las inversiones en infraestructura fija necesarias son determinadas por la demanda máxima, los programas de eficiencia energética que reducen el pico de la demanda en relación con el uso total de la infraestructura, dejan disponible más electricidad para ser aprovechada con la misma inversión en infraestructura, reduciendo el costo de proveer electricidad por kilovatio hora. La eficiencia en la utilización de la Infraestructura Eléctrica se mide a través del Factor de Carga.

2. MEJORA DE LA EFICIENCIA EN EL USO FINAL DE LA ENERGÍA

Los beneficios relacionados con la mejora de la eficiencia energética en el uso final se basan en el argumento de que los usuarios finales quieren y necesitan iluminar,

³ DSM-IEA 1998. También en la definición de los objetivos que pretenden los Programas de Eficiencia Energética se ha tomado como base el documento citado incorporando elementos de la experiencia peruana.

accionar los motores o calentar las habitaciones y no la electricidad por sí misma. En ese sentido, equipos de iluminación más eficientes, motores más eficientes o mejores aislamientos pueden proporcionar el mismo beneficio final reduciendo el uso de energía y consecuentemente el costo económico de iluminar, accionar los motores o calentar las habitaciones; aún sin reducir el costo de la electricidad en sí misma.

Desde un enfoque dinámico, los Programas de Eficiencia Energética, al informar y concienciar a los usuarios, deberían modificar con el tiempo sus patrones de consumo y moderar sus necesidades de energía, en la medida que esto sea económicamente conveniente. Si este es el caso, se tendría un ahorro adicional al simple reemplazo de los equipos existentes por equipos más eficientes (reducción de potencia eléctrica) por que también se reduciría el tiempo de uso del equipo. Recordemos que la energía consumida (expresada en Wh) esta determinada por el producto de la potencia del equipo consumidor (expresada en W) y el tiempo de uso en horas (h).

B. INSTRUMENTOS DE LOS PROGRAMAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Los Programas de Eficiencia Energética influyen en los patrones de consumo de energía de los usuarios finales, principalmente a través de cuatro instrumentos:⁴

- Difusión de Información
- Subsidios
- Contratos
- Programas basados en incentivos tarifarios

⁴ DSM-IEA 1998. En la definición de los Instrumentos se ha tomado como base el documento citado, al que se han incorporado elementos de la experiencia peruana.

1. DIFUSIÓN DE INFORMACIÓN

Los PEE brindan información a los usuarios a través de diferentes medios, dándoles razones para reducir su consumo de energía, como una alternativa económicamente conveniente. Para ello utilizan todos los canales de difusión disponibles: la radio, la televisión, la prensa, etc. La capacitación directa en técnicas de ahorro de energía a los usuarios de mayor consumo (como los industriales o comerciales), es otra de las herramientas de información empleadas.

Un ejemplo de la utilización de información como medio de promoción, serían los avisos en televisión motivando al sector residencial y comercial a sustituir sus lámparas incandescentes convencionales por focos ahorradores o fluorescentes. El desarrollo de programas de Eficiencia Energética - modelo, en sectores de consumo importante como el industrial, también se engloban dentro de los instrumentos de información; ya que con su difusión, se busca motivar a los consumidores a desarrollar también programas de eficiencia energética en sus instalaciones, presentándoles experiencias exitosas de empresas que lograron ahorros en procesos similares.

2. SUBSIDIOS

Los subsidios a la instalación de equipamiento eficiente también pueden acelerar la introducción de estas tecnologías. Este instrumento típicamente toma la forma de menores tasas de interés en los créditos para adquisición de equipos eficientes o menores tarifas de electricidad para las empresas que opten por instalar este tipo de equipos.

3. CONTRATOS

Los Contratos de Eficiencia Energética se caracterizan por estar enfocados hacia el resultado, en términos de ahorros energéticos, mas que al método usado para

conseguirlos. En contraste con los PEE normales, la empresa proveedora del servicio eléctrico paga por ahorros específicos logrados por el usuario. Estos contratos frecuentemente involucran un tercer actor llamado Empresa de Servicios Energéticos (Energy Service Company - ESCO), el cual instala los equipos eficientes con su dinero (reemplazando la tecnología anterior) y recibe el pago en base a la reducción de la demanda que se logre.

Los contratos son poco frecuentes, probablemente por que son más complicados de administrar que los subsidios o los programas basados en incentivos tarifarios, que alcanzan impactos similares.

4. PROGRAMAS BASADOS EN INCENTIVOS TARIFARIOS

Los Programas basados en incentivos tarifarios caen dentro de dos categorías básicas: (1) incentivos por la instalación de equipamiento eficiente y (2) incentivos por trasladar carga a horas de menor consumo.

La reducción de la tarifa eléctrica para los usuarios que invierten en el traslado de su carga, funciona de manera similar a los subsidios. La empresa de electricidad ofrece tarifas reducidas a los consumidores que instalan equipos eficientes.

La reducción de la tarifa en horas de menor demanda del sistema eléctrico, incentiva a las empresas a trasladar sus cargas, desde las "horas punta" hacia estas horas de menor consumo u "horas valle". El precio de la electricidad en las "horas punta" puede llegar a ser hasta dos o tres veces mayor que en las "horas valle"⁵.

⁵ En 1996 el precio básico de la energía en horas punta (US\$ 0,0548/KWh) fue 2.15 veces superior que el precio básico de la energía fuera de punta (US\$ 0,0255/KWh). Comisión de Tarifas Eléctricas - CTE 1996.

C. SEGMENTOS DE CONSUMIDORES A LOS CUALES SE APLICAN PROGRAMAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Existen tres categorías de usuarios finales a los cuales se pueden dirigir los PEE: usuarios residenciales, usuarios comerciales y usuarios industriales⁶.

Normalmente los PEE son diseñados específicamente para uno de estos tres sectores en particular, debido a las diferencias significativas que existen entre ellos: (1) el número de usuarios finales, (2) el monto de energía usada por usuario, (3) los tipos de uso de energía y (4) el nivel de sofisticación en la administración de la energía.

Por ejemplo: un programa de Eficiencia Energética que incluye una auditoría energética realizada por un especialista, una propuesta técnica de inversión y un programa de financiamiento, podría ser aplicado exitosamente en el sector industrial pero no en el sector residencial. Similarmente, un programa de subsidios que ofrezca un 50% de descuento sobre compras de hasta tres "focos ahorradores", podría tener un significativo impacto en el sector residencial pero un impacto mínimo en el sector comercial o industrial.

TABLA I: DIFERENCIAS MÁS IMPORTANTES ENTRE LOS TIPOS DE USUARIOS

Diferencias mas importantes	Residencial	Comercial	Industrial
Número de usuarios	millones de usuarios	Miles de usuarios	Cientos de usuarios
Consumo por usuario	Pequeño consumo	Pequeño consumo	Gran consumo
Tipos de uso de energía	Unos pocos usos comunes	Iluminación, calentamiento y aire acondicionado, principalmente	Procesos industriales
Conocimiento acerca del uso de la energía	Muy pequeño conocimiento	Algún conocimiento	Administración profesional de la energía

Fuente: DSM-IEA (1998). The global Demand Side Management Map, a tool for DSM strategy and planning

⁶ DSM-IEA 1998

El sector público podría agregarse como una cuarta categoría de usuarios sobre la que se puede desarrollar programas de eficiencia energética. Este sector reúne un numeroso grupo de edificios e instalaciones civiles y militares que en conjunto representan un gasto importante en facturaciones de electricidad y abastecimiento de combustibles para el Estado.

Por su magnitud, parte de estas instalaciones se comportan como clientes industriales (hospitales, ministerios, bases militares), mientras que otra parte se comporta como clientes comerciales (centros educativos, edificios de oficinas, instalaciones de salud).

Para darnos una idea de la magnitud del sector público como consumidor de energía en nuestro país, sólo por concepto de electricidad, durante 1999 los edificios del Estado ubicados en Lima Metropolitana consumieron 172 GWh con una facturación total de 60,4 millones de nuevos soles.⁷

⁷ MEM – PAE 2001

Capítulo III: PROGRAMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL PERÚ - CAMPAÑA NACIONAL DE AHORRO DE ENERGÍA DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS

Antes evaluar los resultados de la Campaña de Ahorro de Energía desarrollada por el Proyecto para Ahorro de Energía desde 1994, es imprescindible conocer cuales fueron las acciones que la Campaña llevó adelante, los sectores a los cuales estas estuvieron dirigidas, los resultados obtenidos y la inversión que representó para el Estado, para luego contrastarla con los beneficios que resultaron de la Campaña. Este es el objetivo de la presente sección, redactada sobre la base de información extraída de los Informes del Proyecto para Ahorro de Energía⁸.

1. ANTECEDENTES

A fines de 1994 el Sistema Interconectado Centro Norte - SICN, principal sistema eléctrico del país, contaba con un escaso margen de reserva para abastecer plenamente la demanda de los usuarios, ya que el Fenómeno del Niño había retrasado la temporada de lluvias en la sierra central y amenazaba el normal abastecimiento de agua para las centrales hidroeléctricas. Por otro lado, las

⁸ Las actividades desarrolladas por el Proyecto para Ahorro de Energía dentro de la Campaña Nacional de Ahorro de Energía, se reportaron periódica y directamente al Vice-Ministro de Energía a través de Informes de Actividades. Los documentos originados por esta fuente, referenciados a lo largo del presente informe, tienen por lo tanto un carácter oficial.

proyecciones meteorológicas hacían prever similares condiciones para 1995; lo cual sumado a la creciente actividad económica interna y el cada vez mayor número de hogares electrificados, configuraban un escenario de potencial déficit energético para el período 1995-1996.

Ante esta coyuntura y con el objetivo de controlar este crecimiento en la máxima demanda del SICN, el Ministerio de Energía y Minas implementó a través del Proyecto para Ahorro de Energía un Programa de Eficiencia Energética a nivel nacional, que consistió básicamente en acciones de información y sensibilización dirigidas a motivar a los consumidores a ahorrar energía y usar equipos eficientemente energéticos para evitar los racionamientos de energía que hubieran afectado el normal desenvolvimiento de la economía y generado malestar en la sociedad.

2. DESCRIPCIÓN DE LA CAMPAÑA

La Campaña Nacional de Ahorro de Energía cubrió los tres sectores consumidores de energía más importantes: el sector residencial, el industrial y el comercial. Se desarrolló además una campaña específica para promover el ahorro de energía en los edificios del Estado, otra campaña para promover el uso de equipos de energías renovables y finalmente un programa para impulsar el proceso de normalización de eficiencia energética de electrodomésticos y equipos industriales pero, como sus resultados no son materia de este informe, estas actividades no serán comentadas.

A. EN EL SECTOR RESIDENCIAL

Para el Sector Residencial el PAE diseñó una estrategia que comprendía cuatro campañas paralelas y complementarias: la campaña publicitaria, la campaña educativa, la campaña demostrativa y la campaña informativa.

a. Campaña publicitaria

Entre 1995 y 1996 el PAE desarrolló una campaña publicitaria muy intensa a través de medios de comunicación masivos como la radio, la TV y la prensa; con una inversión de US\$ 4,32 millones. Para dar una idea de la magnitud de la Campaña podemos mencionar que, según cifras de Transparencia, durante la Campaña Electoral por la Primera Vuelta de las Elecciones 2001 las agrupaciones políticas: Perú Posible, Unidad Nacional y el Partido Aprista, gastaron 4,6 millones de dólares en publicidad a través de medios masivos.

A través de la Campaña Publicitaria se promovió que la población adquiriera buenos hábitos de consumo de energía, brindándole recomendaciones para ahorrar energía en sus hogares y presentándole la alternativa de utilizar equipos eficientemente energéticos como los focos ahorradores.

Luego entre 1997 y 1998, una segunda etapa de la Campaña apuntó a que la población mantenga los hábitos adquiridos en la primera etapa, a través de una campaña que se denominó “de mantenimiento”. Finalmente, a partir de 1999 se introdujo el concepto “Uso Racional de Energía”, que significa reducir el consumo de energía sin sacrificar la comodidad de los usuarios.

Dentro de esta Campaña, durante el período 1995–2000, el Proyecto emitió 16,684 avisos en televisión, 58,518 avisos en radio y 687 avisos en medios escritos, con una inversión total de 5,33 millones de dólares, al tipo de cambio del período corriente.

b. Campaña Educativa

A diferencia de la Campaña Publicitaria, la Campaña Educativa apuntó a un objetivo de más largo alcance el cual fue de: “Formar una generación de ciudadanos que tenga buenos hábitos de consumo de energía y que a la vez conozca y use equipos eficientemente energéticos”.

Para posibilitar el logro de este objetivo, el Proyecto se acogió a los acuerdos del Convenio de Cooperación firmado entre los Ministerios de Energía y Minas y de Educación en marzo de 1994, a través del cual ambos sectores se comprometieron a introducir el tema "Ahorro de Energía" en la formación de los estudiantes de educación inicial y primaria.

Dada la gran dimensión de su grupo objetivo (todos los escolares de todos los centros educativos del país), la campaña educativa se sustentó en un mecanismo denominado "efecto multiplicador", por el cual sólo se capacitó a un docente por cada colegio, quien tenía el encargo de hacer lo propio con todos los demás docentes de su centro educativo, de acuerdo a Directivas oficiales emitidas por el Ministerio de Educación. De esta manera se multiplicaba el alcance del programa.

Entre el año 1995 y el 2000, la Campaña Educativa capacitó directamente a 5,647 directores y 19,538 docentes de un total de 10,526 centros educativos, que representan el 29% del total de centros educativos de inicial y primaria a nivel nacional, calculándose un impacto de alrededor de tres millones de escolares. Sólo en el año 2000 se capacitaron a 1,975 directores y 5,148 docentes de 3,169 centros educativos, impactándose a más de un millón de alumnos en todo el país.

c. Campaña Demostrativa

También dentro de las actividades orientadas a promover el ahorro de energía en el sector residencial, se implementó una Campaña Demostrativa con el objetivo de que la población compruebe por si misma la importancia y la factibilidad de ahorrar energía en sus hogares, con la ayuda de módulos interactivos (como el foco gigante o el tablero comparativo), que se ubicaron diariamente en lugares de gran concentración del público y eran presentados por señoritas demostradoras especialmente capacitadas para asesorar y absolver consultas.

Hasta 1997, el ámbito de acción de la campaña demostrativa se limitó a la ciudad de Lima, pero a raíz de la emergencia surgida en el sur del país por la inundación de la Central Hidroeléctrica de Machu Picchu⁹, la campaña se extendió hacia los departamentos de Cuzco, Arequipa, Puno, Tacna, Moquegua y Madre de Dios.

Luego, a partir de 1999 se construyeron más módulos demostrativos que se enviaron a los departamentos restantes, con lo cual la campaña adquirió una dimensión nacional. Al concluir el año 2000 existían a nivel nacional 21 Focos Gigantes en 18 departamentos del país y 34 tableros comparativos ubicados en 20 departamentos.

Durante el período 1995-2000, el Proyecto desarrolló 2,678 demostraciones, impactando a 2,2 millones de personas.

d. Campaña Informativa

Finalmente, también en el ámbito del sector residencial, el Proyecto desarrolló una Campaña Informativa ampliando la información que brindó a los consumidores a través de las otras campañas; dentro de la cual se desarrollaron tres actividades: (1) la impresión de material informativo (2) la instalación de una central telefónica de asesoría en ahorro de energía y (3) la publicación de un portal en la Internet.

Entre el año 1994 y el 2000, se imprimieron 5,1 millones de piezas publicitarias e informativas de 240 diseños dirigidos a diferentes segmentos de consumidores, las cuales se distribuyeron en todas las actividades del Proyecto a nivel nacional. A través de la Central Telefónica de Orientación en Ahorro de Energía se asesoraron a 440 mil hogares, brindándoles consejos para ahorrar energía usando adecuadamente sus electrodomésticos y enseñándoles a calcular su facturación mensual de electricidad en base de la cantidad de artefactos que tenían y el tiempo en que estos eran usados.

⁹ Febrero de 1998.

B. SECTOR INDUSTRIAL Y DE SERVICIOS

El sector industrial y de servicios es otro de los sectores en los que el Proyecto desarrolló actividades con el fin de reducir el consumo de energía y la demanda en las horas punta, en vista de su magnitud como consumidor de energía y sus posibilidades de lograr ahorros. Para este sector, se planteó el objetivo de conformar un mercado de eficiencia energética sostenido en base a sus propias fuerzas de oferta y demanda. La demanda estaría constituida por industrias y consumidores intensivos, con potencial de ahorro suficiente para llevar adelante programas de eficiencia energética, mientras que la oferta estaría compuesta por las consultoras y profesionales especialistas en eficiencia energética, así como por los proveedores de equipos de tecnología eficiente.

Dentro de la estrategia para dinamizar esta DEMANDA y hacerle conocer las ventajas económicas de desarrollar programas de eficiencia energética, se desarrollaron 50 Cursos de Ahorro de Energía capacitando a 2,932 jefes de mantenimiento, ingenieros y técnicos de industrias. Se publicaron cuatro números de la revista "Eficiencia Energética y Energías Renovables" con un tiraje de 3000 ejemplares cada uno, dirigidos a los directivos de industrias, dándoles a conocer los programas que se venían realizando exitosamente en el país. Asimismo, se desarrollaron y distribuyeron cuatro aplicaciones informáticas especializadas en eficiencia energética.

También orientados hacia este segmento, se desarrollaron estudios de determinación de índices de eficiencia energética (energía utilizada por unidad de producto) en los sectores de minería, textil y plásticos, dentro de la mediana y gran industria y en los sectores de metal mecánica, textil-confecciones, calzado-zapatería y carpintería-mueblería, en el segmento de pequeñas industrias, los cuales fueron difundidos y puestos a disposición de todas las industrias relacionadas con estos sectores.

Por el lado de la Oferta, se desarrollaron cuatro Cursos de Post-Grado en Eficiencia Energética, formando 164 consultores con capacidad de llevar adelante proyectos de eficiencia energética en plantas industriales y comercios.

Si bien en un inicio las actividades del Proyecto se orientaron a promover la eficiencia energética desde el punto de vista del consumo eléctrico, a partir de 1999 se desarrollaron actividades de promoción del ahorro de combustible en industrias que utilizan vapor en sus procesos. En este sentido, se desarrollaron dos Cursos de Ahorro de Energía en Calderos, con los cuales se capacitaron a 183 ingenieros y técnicos de 140 plantas industriales y consultoras especializadas en mantenimiento de calderos.

C. SECTOR COMERCIAL

Como una actividad específicamente orientada al sector comercial, entre 1995 y 1996 el PAE efectuó 5,270 visitas de asesoría directas a comercios de Lima (especialmente restaurantes, bodegas, supermercados, panaderías y otros similares). Estas visitas se efectuaron a través de promotores energéticos capacitados para informar a los propietarios de estos negocios, sobre el beneficio económico de utilizar adecuadamente sus equipos. Ellos también recibieron asesoría para desplazar su consumo desde las horas punta hacia el resto del día y para cambiar la tarifa de su suministro eléctrico hacia la más conveniente de acuerdo a sus necesidades.

Estas primeras visitas de asesoría fueron seguidas por visitas de verificación, a través de las cuales se conoció que luego de recibir la asesoría del PAE, 65% de los comercios asesorados había logrado reducir su consumo de electricidad, 37% lo había mantenido en un nivel similar y un 4% había incrementado su consumo¹⁰.

¹⁰ La evolución del consumo de electricidad luego de la Visita de Asesoría, se verificó a través de los recibos de electricidad.

D. OTRAS ACTIVIDADES DE LA CAMPAÑA

Además de las actividades mencionadas, la Campaña también desarrolló actividades de promoción de ahorro de energía en Instituciones Públicas,¹¹ actividades de promoción de ahorro de combustible dirigidas a los conductores de servicio de transporte público y un programa de promoción de energías renovables a nivel nacional pero, como sus resultados no son materia de este informe, estas actividades no serán comentadas.

En resumen, podemos decir que la Campaña Nacional de Ahorro de Energía llevada adelante por el Proyecto para Ahorro de Energía del Ministerio de Energía y Minas en el período 1994 - 2000, cubrió todo el abanico de sectores consumidores de energía, básicamente a través de las herramientas informativas para mejorar la utilización de la infraestructura eléctrica y mejorar la eficiencia energética en el uso final de energía.

3. INVERSIÓN EN LA CAMPAÑA

La Campaña Nacional de Ahorro de Energía representó una inversión directa 4,8 millones de dólares proveniente de los recursos del Ministerio de Energía y Minas. Además se utilizaron contablemente 4,4 millones de dólares para pagar servicios de publicidad por este monto contra saldos de deuda tributaria que los diferentes medios de comunicación tenían con el Estado,¹² haciendo un total de 9,2 millones de dólares durante los seis años y dos meses de actividades del Proyecto.

¹¹ Solamente en la Provincia de Lima, durante 1999 el conjunto de edificios de instituciones del Estado consumió 172 GWh de electricidad con una facturación de 60,4 millones de nuevos soles. MEM – PAE 2001.

¹² Estos fondos contables fueron aplicados en diversos medios de comunicación al amparo de los Decretos Supremos N° 048-94-PCM de junio de 1994 y el Decreto Supremo N° 074-94-PCM de septiembre de 1994.

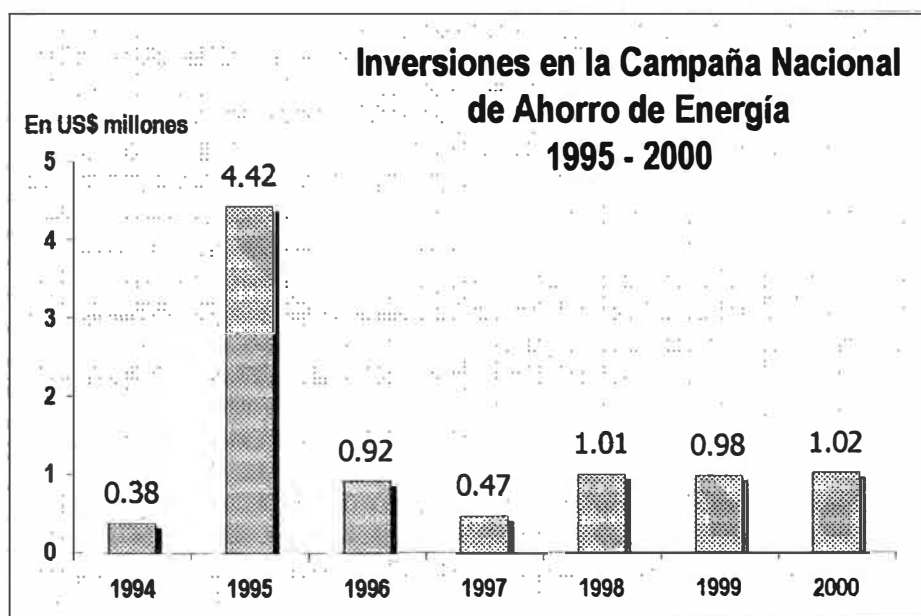


Gráfico 1

Cabe mencionar que, reafirmando la importancia de las políticas de eficiencia energética como medios para mejorar la competitividad del país y preservar los recursos energéticos; en septiembre del año 2000, el Congreso de la República promulgó la Ley N° 27345, Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía, en la que además de declarar “de interés nacional” la promoción del Uso Eficiente de la Energía, asignó al Ministerio de Energía y Minas la misión de planificar y desarrollar actividades en este sentido, incluso en coordinación con otros sectores.

Capítulo IV: CUANTIFICACIÓN DE LOS BENEFICIOS DERIVADOS DE LA CAMPAÑA NACIONAL DE AHORRO DE ENERGÍA

Como se explicó en la parte introductoria, el objetivo de este Informe es aproximar el beneficio que significó para el país el desarrollo de la Campaña Nacional de Ahorro de Energía en el período 1995 – 2000, cuyo alcance hemos descrito en el capítulo anterior. Para efectuar este cálculo seguiremos dos metodologías:

La primera metodología parte de un análisis econométrico que compara la evolución de la demanda de energía y potencia eléctrica de la ciudad de Lima Metropolitana¹³ observada en el período 1995 – 2000, con un escenario hipotético que habría ocurrido “si no se hubiera realizado la campaña”. Para lograr esta comparación se construyeron modelos que describen adecuadamente estas demandas de energía y potencia, en base a su comportamiento en los 25 años previos a la Campaña.

La segunda metodología calcula el beneficio agregando las reducciones de consumo de energía que habrían logrado las familias a nivel nacional por sustituir sus focos incandescentes por ahorradores y por haber adquirido buenos hábitos de consumo de energía en el uso de sus artefactos, durante el período de la Campaña. Afirmamos que estos cambios fueron inducidos directamente por la Campaña.

¹³ Aunque la Campaña de Ahorro de Energía tuvo un alcance nacional, sus actividades se centraron en la ciudad de Lima Metropolitana, no solo por que esta ciudad concentra el 44% de los clientes regulados (abastecidos por las

1. A TRAVÉS DE UNA EVALUACIÓN ECONOMETRICA

Esta primera metodología supone que es posible describir el comportamiento de la demanda de energía eléctrica o de cualquier otro bien o servicio a través de una relación matemática (Ecuación 1), compuesta por una variable endógena, Y ; una o más variables exógenas o explicativas, X_1 y X_2 , y sus respectivos parámetros, a_0 , a_1 y a_2

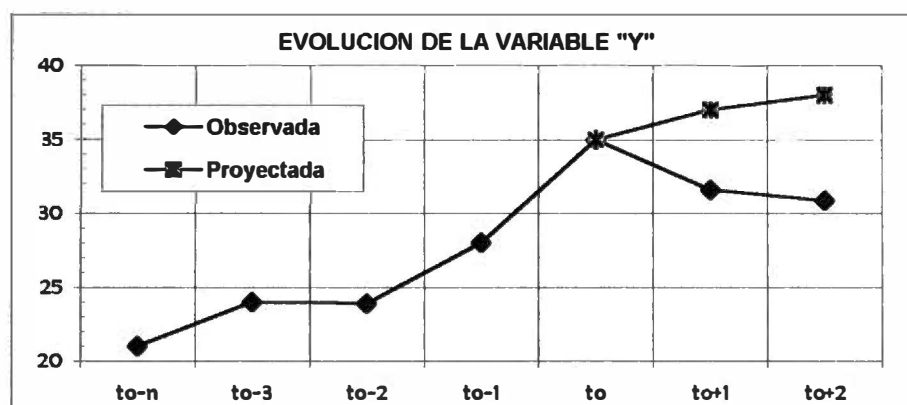
$$Y_t = a_0 + a_1 * X_{1t} + a_2 * X_{2t} \quad (1)$$

Si la ecuación es estimada adecuadamente, describirá con veracidad la evolución de la variable endógena no sólo para el periodo bajo el cual ha sido calculada, sino también para los periodos subsiguientes, siempre que no se observe un cambio significativo en el comportamiento de la variable Y .

Por ejemplo, si la ecuación (1) se estima apropiadamente con la información histórica del período $[t_0-n - t_0]$, sería una buena manera para proyectar el valor de la variable Y hasta el periodo t_0+2 , únicamente si se cumple el supuesto de que el comportamiento de la variable Y se mantiene conforme a lo observado en el periodo previo. En este caso específico, la hipótesis de trabajo es que a partir del periodo t_0+1 , la Campaña ha afectado significativamente el comportamiento de la demanda de electricidad, por lo que estaría observándose un consumo inferior a lo previsto.

En términos gráficos, esta hipótesis significa que la proyección de la variable Y , de acuerdo a la ecuación 1, se situaría por encima de los valores efectivamente observados en los períodos t_0+1 y t_0+2 ; es decir, la cantidad demandada de energía eléctrica que hipotéticamente se hubiese apreciado, de no haberse llevado adelante la Campaña de Ahorro, sería mayor al consumo realmente observado.

empresas distribuidoras de electricidad], sino por que este grupo de clientes consume el 69,7% de las ventas de electricidad a nivel nacional. CTE 2000. Por esta razón, este análisis se concentra en la Ciudad de Lima Metropolitana.



Para probar que esto es así, se debe demostrar estadísticamente que el comportamiento de la demanda de energía eléctrica *ex-ante* de la campaña de ahorro está por encima de la demanda *ex-post*

A. ¿CÓMO SE COMPORTABA EL CONSUMO DE ENERGÍA ANTES DE LA CAMPAÑA DE AHORRO DE ENERGÍA?

En esta sección estableceremos los modelos que explican el comportamiento de la demanda de energía eléctrica de los usuarios de Lima Metropolitana en el período previo al inicio de la Campaña¹⁴. Estos modelos, una vez proyectados hasta el año 2000, serán comparados con la estadística del consumo de energía observado, estableciéndose de esta manera si la Campaña impactó o no en el consumo de energía de los usuarios. De ser así, estableceremos también la magnitud del impacto.

Para facilitar el análisis, presentaremos un modelo para cada segmento de usuarios: (1) industriales, (2) residenciales y (3) comerciales. Se obviará el consumo de energía en alumbrado público ya que este no responde a las decisiones de los consumidores, sino que está determinado por el nivel de desarrollo urbano y la eficiencia energética de las lámparas utilizadas.

¹⁴ Se considerará el período 1970 – 1994.

Los modelos presentados en esta sección se calcularon con la ayuda de la aplicación informática "Econometric Views" Versión 3.0 y sus reportes para cada uno de los modelos se incluyen en el Apéndice 2.

En este punto cabe mencionar que, aún cuando los modelos planteados en el documento "Evaluación de la Campaña de Ahorro de Energía 1995-1998" fueron tomados como base, la utilización de estadísticas actualizadas (específicamente lo referido a la nueva estimación del PBI con año base 1994) hizo necesario replantear los modelos originales para poder explicar adecuadamente la demanda de energía eléctrica por sectores y la evolución de la máxima demanda de los usuarios de Lima Metropolitana. Para mayores detalles, puede revisarse el Apéndice 3.

Para la definición de los modelos se realizaron pruebas con diferentes variables explicativas en un proceso sucesivo de "ensayo-error", buscando que estas variables reflejen mejor el comportamiento de la variable explicada. Cada una de las variables seleccionadas superaron la prueba de significancia individual "t" de Student¹⁵ y los modelos alcanzaron un nivel de ajuste aceptable reflejado en el Coeficiente de determinación (R^2) y la prueba de ajuste global "F". Finalmente se verificó la ausencia de correlación serial de los errores a través del Índice Durbin-Watson.

1. DEMANDA DE ENERGÍA DE LOS USUARIOS INDUSTRIALES

De la teoría económica y la experiencia práctica sabemos que la demanda de todo bien depende principalmente de su precio, del ingreso de consumidor, del precio de los bienes sustitutos y de muchas otras variables que influyen pero en menor medida. En este sentido, formulamos la siguiente relación acerca del consumo de energía del sector industrial:

¹⁵ En todos los casos, las pruebas se realizaron a un nivel de significancia de 5%.

Consumo de energía
de los consumidores
industriales

f (PBI manufacturero, tarifa industrial, precio del
bien sustituto, otras variables)

a. Definición de las variables explicativas

EL PBI DEL SECTOR INDUSTRIAL

Se espera que el Producto del sector manufacturero tenga una relación positiva con su consumo de energía, ya que un mayor nivel de producción necesariamente va aparejado con una mayor utilización de los insumos como la energía eléctrica.

LA TARIFA DE ELECTRICIDAD

Para la electricidad y en general para todos los bienes, se esperaría encontrar una relación inversa entre la cantidad demandada y el precio (la tarifa para el caso de la electricidad)¹⁶. Si el consumidor industrial tiene que pagar más por cada kWh que consume, se sentirá más incentivado a ahorrar electricidad e incluso podría plantearse la posibilidad de buscar fuentes alternativas (como los combustibles, el gas o incluso, la auto generación), reduciendo así la cantidad demandada. Esto último no ocurre en el corto plazo; dependiendo de los procesos involucrados, las transiciones a otras fuentes de energía pueden tomar muchos meses e incluso años.

PRECIO DE LOS PRODUCTOS SUSTITUTOS

Si se incrementa el costo de las fuentes alternativas de energía, los usuarios se sentirían menos incentivados a migrar hacia otro energético y más bien continuarían utilizando energía eléctrica. Entonces se puede esperar una relación positiva entre el precio del bien sustituto y la demanda de electricidad.

¹⁶ Tarifa de electricidad en términos reales.

VENTAS DE ELECTRICIDAD EN EL PERÍODO ANTERIOR

Se puede esperar una relación cercana entre la demanda de energía actual y la demanda del período previo ya que esta variable responde también a factores de largo plazo como el nivel tecnológico de la industria (la cual tiene una eficiencia determinada) o las expectativas de crecimiento del país. El consumo de energía del período previo resume estas variables y por lo tanto se esperara encontrar una relación positiva.

b. Especificación del Modelo

Con estas variables formulamos el siguiente modelo inicial de la demanda de electricidad de los usuarios industriales en función del PBI manufacturero, la tarifa industrial en términos reales, el precio de los combustibles, el consumo de electricidad del sector industrial en el período anterior y el componente μ , que incluye a todas las variables que influyen en la demanda pero no fueron consideradas por que su influencia no fue tan relevante:

$$\begin{array}{l} \text{Demanda de energía} \\ \text{de los consumidores} \\ \text{industriales} \end{array} = a + b (\text{PBI Manufacturero}) + c (\text{tarifa industrial en} \\ \text{términos reales}) + d (\text{Precio de los productos sustitutos}) + \\ e (\text{Tarifa de electricidad del período anterior}) + \mu$$

A partir de este modelo inicial y utilizando la información estadística así como los criterios econométricos¹⁷, planteamos la siguiente representación, expresada en sus logaritmos¹⁸. Como sabemos, los coeficientes (b, c y d) representan las elasticidades¹⁹.

¹⁷ Para este y todos los cálculos econométricos realizados para este Informe se ha empleado el software "Econométric Views" Ver. 3.0

¹⁸ Si a todos los números la serie estadística de un fenómeno en particular ($X_{t_0}, X_{t_1}, X_{t_2}, X_{t_3}, \dots$) le extraemos el logaritmo natural y a los elementos de esta nueva serie ($\ln X_{t_0}, \ln X_{t_1}, \ln X_{t_2}, \ln X_{t_3}, \dots$) le aplicamos la primera diferencia; cada componente de la serie resultante es aproximadamente igual a la variación que sufrió el fenómeno en el período. [$(X_{t_1} - X_{t_0}) / X_{t_0} \approx (\ln X_{t_1} - \ln X_{t_0})$; $(X_{t_2} - X_{t_1}) / X_{t_1} \approx (\ln X_{t_2} - \ln X_{t_1})$, $(X_{t_3} - X_{t_2}) / X_{t_2} \approx (\ln X_{t_3} - \ln X_{t_2})$...]. Matemáticamente también se demuestra que se pueden usar los logaritmos en lugar de las diferencias de los logaritmos.

¹⁹ Como sabemos, la elasticidad es la relación entre el cambio porcentual en una variable, por ejemplo la cantidad demandada Q de un bien, frente a un cambio porcentual en otra, por ejemplo el Precio P . A esta elasticidad se denomina Elasticidad precio de la demanda = $\Delta\% Q / \Delta\% P$.

Regresión 1.a

Datos considerados: 1973-1994

$$\begin{aligned} \text{Ln(VINDUS)} &= -2.308 + 0.575 * \text{Ln(MANUF)} - 0.150 * \text{Ln(TINDUS1(-1))} \\ t & \quad (-2.90) \quad (5.78) \quad (-5.33) \\ & + 0.139 * \text{Ln(PREALCOMB(-1))} + 0.560 * \text{Ln(VINDUS(-1))} \\ t & \quad (5.92) \quad (11.18) \\ & + [\text{AR}(1) = -0.719, \text{AR}(2) = -0.580] \\ t & \quad (-2.84) \quad (-2.18) \end{aligned}$$

Donde,

VINDUS	Consumo de electricidad del sector industrial, excluido el consumo de la Refinería Cajamarquilla.
MANUF	PBI del sector manufacturero con año base 1994
TINDUS1(-1)	Tarifa industrial de electricidad para los consumidores industriales, excluyendo en el cálculo a la Refinería de Cajamarquilla. Rezagada en un período.
PREALCOMB(-1)	Promedio del precio de los combustibles industriales (R6 y D2), rezagado en un período
AR(n)	Corrección de autocorrelación de orden "n".

Se obtuvieron también los siguientes estadísticos que prueban la calidad del modelo:

R ² :	0.922	R ² a:	0.8903
Prueba F:	70.569	D-Watson:	2.11

NOTAS AL MODELO

Para el cálculo de este modelo se aisló el efecto del ingreso al sistema eléctrico de la Refinería de Cajamarquilla en 1981, ya que por su magnitud como consumidor de energía, habría distorsionado la evolución de las ventas de electricidad y el cálculo de la tarifa promedio para los usuarios industriales.

Cabe mencionar que en el año 2000, Cajamarquilla consumió 496 GWh, que equivalen al 21,8% del consumo industrial de Lima Metropolitana, convirtiéndose en el tercer consumidor de electricidad más importante a nivel nacional²⁰. Actualmente

²⁰ Southern Perú es el consumidor de energía eléctrica más importante a nivel nacional con 1410 GWh consumidos en el año 2000. El segundo consumidor es la fundición de la Oroya con 604 GWh consumidos en el mismo.

adquiere la electricidad a un costo de 11,0 ctm S./kWh²¹, 45% por debajo del precio medio para el resto de consumidores industriales de Lima (19,8 ctm N.Soles/kWh).

La correlación serial de 1º y 2º orden en los errores se corrigió a través de las variables AR(2) y AR(3), autoregresivos de 1º y 2º orden respectivamente.

RESULTADOS

Como se había previsto inicialmente, se encontró una relación positiva entre el consumo de energía y el PBI del sector manufacturero. El coeficiente 0,575 obtenido representa la elasticidad producto ($\epsilon_{Q,I}$) e indica que si el PBI del sector manufacturero se incrementa en un 10%, el consumo de energía de la industria se elevará en 5,75%.

Para los clientes industriales la electricidad se comporta como un bien normal y a la vez necesario, ya que su elasticidad ingreso de la demanda es positiva (bien normal), pero también menor que 1 (bien necesario). Lo cual indica que las variaciones en el Ingreso se reflejarán en la demanda de electricidad pero en una proporción menor.

También se encontró que el consumo de electricidad estaba inversamente relacionado con la tarifa industrial rezagada (TINDUS1(-1)), de acuerdo al coeficiente (-0.15) calculado para esta variable, que representa aproximadamente la elasticidad precio de la demanda ($\epsilon_{Q,P}$).

En general, para los usuarios industriales, la electricidad es un insumo difícil de prescindir, al menos en el corto plazo, y esto se refleja en la baja elasticidad precio de la demanda hallada. Ante incrementos en la tarifa de electricidad, los industriales sólo pueden reaccionar con reducciones marginales en la cantidad demandada. Si la tarifa de electricidad para este sector se incrementara en 10%, el consumo de energía sólo

²¹ Precio Medio del año 2000. GART-OSINERG 2001a.

descendería en 1,5% en el siguiente período, de mantenerse las demás variables constantes.

Se encontró también una relación positiva entre consumo de energía y el precio real de los combustibles industriales. Considerando que los combustibles son sustitutos de la electricidad para los consumidores industriales, se calculó que la elasticidad cruzada de la demanda era de 0.139. Es decir, si el precio de los combustibles se incrementa en un 10%, el consumo de energía industrial se debiera incrementar en 1,39% en el período siguiente, de mantenerse estables las demás variables.

Finalmente, se encontró que el consumo industrial del período previo influye de manera positiva en el consumo del período corriente.

La regresión presenta un coeficiente de determinación elevado, $R^2 = 0.922$, lo que indica que: el PBI manufacturero, la tarifa industrial del período anterior, los precios de los combustibles y el consumo de energía industrial del período previo, explican en conjunto el 92% de las variaciones de la demanda de energía eléctrica de los abonados del sector industrial. Los respectivos estadísticos no detectan problemas significativos de correlación serial de los residuos, heterocedasticidad ni no-normalidad en la distribución de los mismos, por lo tanto, la regresión 1.a es una buena aproximación de la demanda de energía de los usuarios industriales hasta antes del inicio de la Campaña de Ahorro de Energía.

2. USUARIOS RESIDENCIALES

De la misma forma, ahora explicamos el comportamiento del consumo de energía de los usuarios residenciales en el período previo al inicio de la Campaña de Ahorro de Energía y en ese sentido formulamos la siguiente relación:

$$\text{Consumo per cápita de energía de los usuarios residenciales} = f(\text{PBI per cápita, tarifa real de electricidad, el consumo promedio de electricidad del período anterior, otras variables})$$

a. Definición de las variables

EL PRODUCTO BRUTO INTERNO PER CÁPITA

Como en el caso anterior, se espera una relación positiva directa entre el consumo de energía de los usuarios residenciales y el ingreso de las personas (PBI per cápita), ya que un incremento en el ingreso con seguridad se reflejará en un mejor estándar de vida, manifestado entre otras cosas, en una mayor dotación de artefactos eléctricos en los hogares y en un uso más intenso de ellos.

LA TARIFA RESIDENCIAL EN TÉRMINOS REALES

Podemos esperar una relación negativa entre el consumo de energía residencial y la tarifa de electricidad en términos reales ya que un incremento en las tarifas incentivará a las familias a reducir su consumo de electricidad.

EL CONSUMO PROMEDIO DE ELECTRICIDAD DEL PERÍODO ANTERIOR (REZAGADO EN UN PERÍODO)

El consumo de energía de las familias en el período previo también tiene una importancia significativa en la determinación del consumo presente en la medida que algunos factores que determinan este consumo no varían con mucha facilidad, como los hábitos de consumo con que las personas usan la energía (buenos o malos) o la dotación de artefactos con que cuentan (con una eficiencia determinada). Podemos esperar encontrar entonces, una relación positiva con el consumo de energía actual.

b. Especificación del modelo

Con estas variables presentamos el siguiente modelo inicial del consumo de electricidad por abonado del sector residencial en función del PBI per cápita, la tarifa residencial en términos reales, el consumo de energía del período anterior y el componente μ , que incluye a todas aquellas variables que influyen en el comportamiento de la demanda de electricidad, pero que no han sido consideradas en el modelo por que su influencia no es tan relevante:

$$\begin{array}{l} \text{Consumo de energía} \\ \text{por abonado} \\ \text{residencial} \end{array} = a + b (\text{PBI per cápita}) + c (\text{Tarifa residencial en términos} \\ \text{reales en promedio móvil}) + d (\text{consumo de energía del} \\ \text{período anterior}) + \mu$$

A partir de esta ecuación y utilizando la información estadística así como los criterios econométricos, presentamos la siguiente representación matemática del modelo, expresada en términos de sus logaritmos.

Regresión 2.a

Datos considerados: 1972-94

$$\begin{array}{l} \text{Ln}(\text{RESAB}) = -2.461 + 0.567 * \text{Ln}(\text{PBIPERC94}) - 0.131 * \text{Ln}(\text{TRESREALPM}) + \\ t \quad \quad \quad (-2.91) \quad \quad \quad (5.26) \quad \quad \quad (-4.99) \\ \\ 0.661 * \text{Ln}(\text{RESABPM}) - 0.075 * \text{D92} \\ \quad \quad \quad (4.48) \quad \quad \quad (2.02) \end{array}$$

Donde:

RESAB	Consumo de energía residencial por abonado.
PBIPERC94	Producto Bruto Interno per capita (Año Base: 1994)
TRESREALPM	Tarifa residencial real en promedio móvil, con una ponderación igual para la tarifa del período anterior y para la tarifa del período corriente
RESABPM	Consumo promedio residencial en promedio móvil con una ponderación igual para el consumo del período anterior y para el consumo rezagado en dos períodos.
D92	Variable dummy. Período 1992: 1, 0: resto del período de análisis.

Además se obtuvieron los siguientes estadísticos que prueban la calidad del modelo:

R ² :	0.87	R ² a:	0.84
Prueba F:	40.43	D-Watson:	2.16

NOTAS AL MODELO

En el cálculo del modelo no se utilizó la tarifa residencial del período en términos reales, se optó por usar el promedio móvil de la variable con una ponderación igual para la tarifa real del período y para la tarifa real rezagada en un periodo.

Asimismo, el consumo promedio de electricidad por abonado del período anterior (la misma variable explicada) es un promedio móvil de la variable rezagada en un período y la variable rezagada en dos periodos, con el mismo factor de ponderación.

Se incorporó una variable ficticia D92 para aislar el impacto del racionamiento de electricidad ocurrido en 1992.

RESULTADOS

Como se había previsto inicialmente, se encontró una relación positiva entre el consumo de energía por abonado y el PBI per cápita. El coeficiente 0.567 hallado representa la elasticidad ingreso de la demanda ($\epsilon_{Q,I}$). Si el PBI per cápita se incrementa en un 10%, se espera que el consumo de energía por abonado se incremente en un 5,67%.

Al igual que en el sector industrial, la electricidad también se comporta en el sector residencial como un bien normal ($\epsilon_{Q,I}$ positiva) y necesario ($\epsilon_{Q,I} < 1$), desde el punto de vista de su elasticidad ingreso. Es decir que, variaciones en el ingreso del consumidor, se reflejarán en la demanda de electricidad pero en una proporción menor.

Se determinó también una relación inversa con la tarifa real (en promedio móvil). El coeficiente -0.13 hallado se aproxima a la elasticidad precio de la demanda y significa que ante un incremento de 10% en la tarifa de electricidad del sector residencial durante dos periodos, se podría esperar una reducción de 1,3% en la cantidad demandada de electricidad. Esta baja elasticidad hallada indica que la electricidad en el sector residencial tiene muy pocos sustitutos.

Se espera que esto se revierta con el tiempo, ya que recientemente se han introducido al mercado los calentadores de agua para aseo personal a GLP. Este es uno de los usos de la electricidad más importantes (17% del consumo de electricidad en Lima Metropolitana)²².

Se comprobó también la relación positiva entre el consumo per cápita de electricidad actual y la misma variable rezagada. De esto se desprende que un incremento del 10% en el consumo de electricidad en los dos períodos previos, repercutirá en el consumo del período actual incrementándolo en 6,61%, si se mantienen las demás variables estables.

Finalmente, se determinó que el racionamiento de energía eléctrica observado en 1992 redujo la demanda de energía en un 7,5%.

La regresión (2) presenta un coeficiente de determinación elevado ($R^2 = 0.86$), lo que indica que el PBI per cápita, la tarifa residencial en términos reales y el consumo de energía rezagado, explican en conjunto el 86% de las variaciones de la demanda de energía eléctrica de los usuarios residenciales, describiendo con muy buena aproximación su comportamiento en el período previo al inicio de la Campaña Nacional de Ahorro de Energía.

²² APOYO 2001.

3. USUARIOS COMERCIALES Y OTROS

De la misma forma, ahora explicaremos el comportamiento del consumo de energía de los usuarios comerciales en el período previo al inicio de la Campaña de Ahorro de Energía. En ese sentido planteamos la siguiente relación:

Consumo de electricidad
por abonado del sector
comercial

f (PBI comercial, tarifa real comercial, precio real
del D2 como fuente de energía alternativa, otras
variables)

a. Definición de las variables

EL PBI DEL SECTOR COMERCIAL

Se espera obtener una relación directa entre el ingreso del sector comercial y su demanda de energía eléctrica. Al igual que para el sector industrial, para el sector comercial la electricidad es un insumo directamente relacionado con el nivel de actividad económica.

LA TARIFA REAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL SECTOR COMERCIAL

Se esperaría una relación inversa entre el consumo de energía y la tarifa real del sector comercial. Si la tarifa de electricidad se incrementa, el usuario comercial se sentirá más incentivado a reducir su demanda.

EL PRECIO DE LA ENERGÍA ALTERNATIVA (COMBUSTIBLE DIESEL 2)

Si se incrementa el costo de las fuentes alternativas de energía, los usuarios se sentirán más atados a satisfacer sus necesidades de energía eléctrica con electricidad. Por lo tanto debe haber una relación positiva entre el precio del bien sustituto y la demanda de electricidad.

Un ejemplo de este caso es el sector hotelero, gran consumidor de energía para calentamiento de agua, cuya demanda puede ser abastecida, bien a través de

calentadores eléctricos o calderos alimentados con petróleo diesel. El sector de clínicas y hospitales se encuentran en similar condición.

b. Especificación del Modelo

Con estas variables planteamos el siguiente modelo inicial de la demanda de energía eléctrica de los usuarios comerciales en función del PBI comercial, la tarifa comercial en términos reales, el precio relativo del D2 y el componente μ , que incluye a todas las variables que influyen en el comportamiento de la demanda de electricidad pero que no están consideradas por que su influencia no es tan relevante:

Consumo de electricidad promedio por abonado comercial	$a + b$ (PBI Comercial) + c (Tarifa Comercial en términos reales) + d (Precio del Diesel 2) + μ
--	--

A partir de este modelo inicial y utilizando la información estadística así como los criterios econométricos, formulamos la siguiente representación matemática del modelo, la cual se ha expresado en las primeras diferencias de los logaritmos.

Regresión 3.a

Datos considerados: 1973-94

$$\begin{aligned}
 d(\ln VCOMERAB) &= -0.017 + 0.935 * d(\ln PBICOMERCPM) - 0.090 * d(\ln TCOMREAL) \\
 t & \quad \quad \quad (-1.72)^{23} \quad \quad \quad (6.04) \quad \quad \quad (-2.55) \\
 & + 0.096 * d(\ln (REALD2/TCOMREAL)) - 0.116 * D92 + 0.092 * D93 \\
 t & \quad \quad \quad (2.17) \quad \quad \quad (-2.87) \quad \quad \quad (2.36)
 \end{aligned}$$

Donde,

VCOMERAB	Consumo promedio de electricidad por abonado comercial
COMERCPM	PBI Comercial en promedio móvil, con una ponderación igual para el PBI comercial corriente y para el PBI comercial del período anterior.
TCOMREAL	Tarifa sector comercial en términos reales
(D2/TCOMREAL)	Precio relativo del Diesel 2 respecto a la tarifa comercial real
D92	Variable dummy. (1: período 1992; 0: resto del período de análisis)
D93	Variable dummy. (1: período 1993; 0: resto del período de análisis)

²³ Estadísticamente significativo al 10%

Se obtuvieron también los siguientes estadísticos que prueban la calidad del modelo:

R ² :	0.801	R ² a:	0.74
Prueba F:	17.14	D-Watson:	2.00

NOTAS AL MODELO

Para relacionar el consumo de energía con el ingreso del sector comercial se utilizó la variable PBI Comercial como un promedio móvil de esta variable en el período corriente y la variable rezagada en un período, ambas con igual ponderación.

Para conocer la incidencia de las variaciones del precio de los energéticos alternativos en la demanda de electricidad del sector comercial, se incorporó la variable explicativa precio relativo del diesel 2 respecto a la tarifa real de electricidad.

También se incorporaron al modelo las variables ficticias D92 y D93, para aislar el impacto sobre la demanda de energía, que tuvo el racionamiento energético de 1992 así como el posterior "rebote" estadístico del año siguiente 1993.

RESULTADOS

Como se había previsto, se encontró una relación positiva entre el consumo de energía por abonado comercial y el PBI comercial en promedio móvil. La elasticidad ingreso de la demanda hallada (0.935) indica que para el sector comercial la electricidad también se comporta como un bien normal-necesario ($0 < \epsilon_{Q,I} < 1$).

A diferencia de los sectores industrial y residencial anteriormente analizados, la relación de la demanda de energía con el nivel de actividad económica es mucho más estrecha. Así, si el PBI Comercial se incrementa en un 10%, el consumo de energía por abonado comercial se incrementaría en un 9,35%.

Se comprobó también una relación inversa con la tarifa comercial en términos reales. El coeficiente -0.09 hallado representa la elasticidad precio de la demanda y significa que un incremento del 10% en la tarifa real para el sector comercial reducirá en 0,9% la demanda de energía eléctrica. La baja elasticidad hallada, evidencia que los usuarios comerciales tienen poca flexibilidad para reducir su consumo de electricidad ante cambios en la tarifa.

Se encontró también una relación positiva entre el consumo de energía y el precio relativo del Diesel 2. El coeficiente calculado 0.096, representa la elasticidad cruzada de la demanda e indica que si el precio del Diesel 2 se incrementa en un 10% por encima de la tarifa real para los usuarios comerciales, la demanda de energía se incrementaría en 0,96%, lo mismo se esperaría si la tarifa real para los usuarios comerciales se reduce en 10% por debajo del precio real del Diesel 2.

De la regresión, se estimó también que el racionamiento de energía eléctrica de 1992 originó en el sector comercial una caída de la demanda de energía eléctrica de 11,6%, mientras que por efecto estadístico, el año siguiente la demanda de energía eléctrica se incrementó en un 9,2%.

La regresión 3.a presenta un coeficiente de determinación elevado ($R^2 = 0.80$), lo que indica que el PBI comercial, la tarifa comercial en términos reales y el precio relativo del diesel 2, en conjunto explican el 80% de las variaciones de la demanda de energía eléctrica de los abonados del sector comercial, describiendo con buena aproximación su comportamiento en el periodo previo al inicio de la Campaña.

B. ¿CÓMO SE COMPORTABA LA MÁXIMA DEMANDA ANTES DE LA CAMPAÑA?

Al igual que en la sección anterior, estableceremos un modelo que explique el comportamiento de la máxima demanda de los usuarios de Lima Metropolitana²⁴ en el período previo al inicio de la Campaña (hasta antes de 1994); el cual, una vez proyectado hasta el año 2000, será comparado con las estadísticas efectivamente observadas en este período (1995-2000), para establecer si la Campaña impactó o no en la demanda de potencia de los consumidores de Lima. De ser así, se determinará la magnitud del impacto. En este sentido, planteamos la siguiente relación:

$$\text{Máxima demanda} = f(\text{precio relativo de la energía en horas punta, ventas de energía en el sector industrial y comercial, máxima demanda del período anterior, otras variables adicionales})$$

a. Definición de las variables

PRECIO RELATIVO DE LA ENERGÍA EN HORAS PUNTA

Aunque los usuarios residenciales pagan la misma tarifa por la energía consumida en cualquier momento del día²⁵, los usuarios con mayor consumo tienen un esquema de tarifas mayores para la energía y potencia consumida durante las horas punta.

Con una tarifa mayor para las horas punta, los usuarios deberían interesarse en trasladar sus cargas hacia al resto del día, reduciendo así la máxima demanda del sistema en su conjunto. Habría por lo tanto una relación inversa entre la tarifa relativa en las horas punta (respecto a las tarifas para el resto del día) y la máxima demanda.

Cabe mencionar que la razón de esta diferencia tarifaria radica en la inversión adicional en plantas de generación²⁶ y sistemas de transmisión y distribución que las

²⁴ La máxima demanda se establece para todos los usuarios, no es posible diferenciar por segmento de consumidores.
²⁵ Esto no se refleja en la facturación de los usuarios residenciales, en cuyo caso la tarifa es única y ya incorpora el componente del mayor costo en que incurren las empresas para abastecer electricidad durante las horas punta. Los clientes residenciales (Tarifa BT5) son los que tienen una demanda máxima menor a los 20 KW.

empresas eléctricas han debido hacer para poder atender la mayor demanda que se presenta durante las horas punta, que hace que la energía y potencia en este período del día sean más caras de abastecer y por lo tanto estén penalizadas con un mayor precio. Este mayor precio actúa como una señal para los consumidores, orientándolos a trasladar sus cargas hacia el resto del día para beneficiarse de las menores tarifas.

MÁXIMA DEMANDA (REZAGADA EN UN PERÍODO)

Se espera una relación cercana entre la máxima demanda del período y la máxima demanda del período previo debido a que ésta variable también depende de factores de largo plazo como la actividad económica, el nivel de desarrollo tecnológico (mayor tecnología, menor consumo), el nivel de vida de la población, entre otros. La máxima demanda del período previo intenta resumir estas variables. Se espera encontrar entonces, una relación positiva.

VENTAS DE ENERGÍA

Se espera una relación directa entre las ventas de energía y la demanda de potencia. A una mayor demanda de energía, hay una mayor utilización de la infraestructura eléctrica²⁷. Con el fin de conseguir un mejor ajuste, se consideraron las ventas de energía a los sectores industrial y comercial.

b. Especificación del Modelo

Con estas variables planteamos el siguiente modelo inicial de la máxima demanda de los usuarios de Lima, en función del precio relativo de consumir energía en horas punta respecto a consumirla en el resto del día²⁶, la máxima demanda del período anterior, las ventas de energía al sector industrial y comercial y el componente μ , que

²⁶ Para abastecer esta demanda adicional, durante las horas punta entran en funcionamiento las centrales termoeléctricas (generalmente alimentadas con diesel), con costos operativos más altos que las hidroeléctricas.

²⁷ Si se mantiene el factor de carga constante.

incluye a todos aquellos factores que también influyen en la máxima demanda, pero que no fueron considerados por que su influencia no fue tan relevante.

$$\text{Máxima Demanda} = a + b (\text{consumo de energía del sector industrial y comercial}) + c (\text{tarifa en horas punta respecto a la tarifa promedio}) + d (\text{máxima demanda del período anterior}) + \mu$$

A partir de este modelo inicial y utilizando la información estadística, planteamos la siguiente representación matemática del modelo, la cual ha sido expresada en términos de los logaritmos de las variables.

Regresión 4.a

Datos considerados: 1972-94

$$\begin{aligned} \ln(\text{MXDA})_t &= -0.285 + 0.288 * \ln(\text{VENT-ENERGIA})_t \\ &\quad (-2.34) \qquad \qquad \qquad (3.24) \\ &+ 0.068 * \ln(\text{THP}(-2))_t + 0.695 * \ln(\text{MXDA}(-1))_{t-1} \\ &\quad \qquad \qquad (2.41) \qquad \qquad \qquad (12.08) \end{aligned}$$

Donde,

VENT_ENERGÍA Ventas de energía al sector industrial y comercial (promedio).
 THP(-2) Tarifa en horas punta / tarifa promedio, rezagada en dos períodos (a través de una variable proxy). La variable proxy se definió como: (Precio real D2 / tarifa real del sector comercial e industrial)²⁹
 MXDA(-1) Máxima Demanda rezagada en un período

Se obtuvieron también los siguientes estadísticos que prueban la calidad del modelo:

R ² :	0.99	R ² a:	0.99
Prueba F:	1083.01	D-Watson:	1.95

²⁸ Para la formulación del modelo se utilizará la relación entre el precio real de los combustibles respecto a la tarifa de electricidad como una variable proxy de la relación entre el precio de la energía en horas punta frente al promedio.

²⁹ El precio del Diesel es un componente principal en la determinación de las tarifas para las horas punta ya que en este período del día, la necesidad adicional de energía del sistema es suplida por este tipo de centrales cuyo costo de generación está directamente relacionado con el precio de este combustible.

RESULTADOS

Como se había previsto, se encontró una relación positiva entre la máxima demanda y las ventas de energía a los sectores industrial y comercial. El coeficiente calculado 0.288, indica que si las ventas de energía en estos sectores se incrementan en 10% se esperaría un incremento de la demanda de potencia en 2,8%.

Se encontró también una relación positiva entre la máxima demanda y la misma variable rezagada en un período. Del modelo se desprende que un incremento del 10% en la máxima demanda del período previo repercutirá en la demanda del período actual elevándola en un 7%, si se mantienen constantes las demás variables.

Analizando el coeficiente de la variable [THP(-2)] obtenido de la regresión (0,068), podemos afirmar que este coeficiente no está representando la elasticidad precio de la demanda del consumo de energía durante las horas punta, por que para la mayoría de usuarios, básicamente los de la tarifa BT5 que corresponden al sector residencial (91% del total de clientes de Lima Metropolitana), no hay ninguna señal económica positiva que los incentive a reducir su demanda de energía y potencia en el período de las horas punta.

En otras palabras, para este mayoritario grupo de clientes, no hay un costo adicional por demandar durante las horas punta, no hay por lo tanto una curva de demanda del tipo $[Q = f(P)]$ y no se podría hablar de una elasticidad precio de la demanda.

La regresión 4.a presenta un coeficiente de determinación elevado ($R^2 = 0.99$), lo que indica que la máxima demanda del período anterior, la relación entre la tarifa en HP respecto a la tarifa promedio y las ventas de energía al sector industrial y comercial, en conjunto explican el 99% de las variaciones de la máxima demanda de los usuarios de Lima Metropolitana, describiendo con muy buena aproximación su comportamiento antes del inicio de la Campaña.

C. INFLUENCIA DE LA CAMPAÑA EN EL COMPORTAMIENTO EL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL PERÍODO 1995-2000

Para determinar si efectivamente hubo influencia de la Campaña en la demanda de energía de los usuarios de Lima, siguiendo la metodología explicada, planteamos la hipótesis de que efectivamente hubo tal cambio e introducimos variables ficticias o *dummy*³⁰ a los modelos, ampliando el período de análisis hasta el año 2000.

Con estas nuevas variables se estiman nuevamente las ecuaciones y se evalúan las hipótesis de cambio, determinándose también el porcentaje de ahorro, a través de los coeficientes obtenidos en las variables correspondientes a cada período.

Para que la hipótesis del cambio estructural no sea rechazada, es decir, el ahorro no sea rechazado estadísticamente, el coeficiente asociado a la variable cualitativa debe ser negativo y estadísticamente significativo con un nivel de significancia del 5%.

El modelo general a estimar es el siguiente:

$$Q = A + \varepsilon_{Q,I} * I + \varepsilon_{Q,P} * P + \varepsilon_{Q,PS} * PS + \alpha_0 * D95 + \beta_0 * D96 + \delta_0 * D97 + \rho_0 * D98 + \lambda_0 * D99 + \phi_0 * D00 \quad (2)$$

Entonces podemos plantear las siguientes hipótesis de trabajo:

i) Si el ahorro de energía se ha observado por lo menos en un año del período 1995–2000, al menos uno de los coeficientes α_0 , β_0 , δ_0 , ρ_0 , λ_0 y ϕ_0 , debe ser negativo y estadísticamente significativo.

³⁰ Estas también son denominadas variables binarias, ya que sólo pueden tomar el valor de 1 ó 0 e indican la presencia o ausencia de una determinada cualidad en un periodo, respectivamente. En este caso introducimos las variables: D95, D96, D97, D98, D99 y D00, que toman el valor de "0" en todos los años del análisis, a excepción de 1995, 1996, 1997, 1998, 1999 y 2000, respectivamente, en que toman el valor de "1"

ii) Si el ahorro de energía eléctrica se ha producido en todos los años, los coeficientes α_0 , β_0 , δ_0 , ρ_0 , λ_0 y ϕ_0 deben ser todos negativos y estadísticamente significativos.

Las hipótesis de trabajo serán aceptadas o rechazadas a partir del análisis de ahorro de energía y potencia que efectuaremos a continuación:

1. USUARIOS INDUSTRIALES

El comportamiento de la demanda de energía eléctrica de los usuarios industriales no presenta un cambio estadísticamente significativo con relación a lo observado hasta el año 1994, es decir que no se encuentra evidencia de ahorro en los usuarios industriales en el período 1995-2000. Esta afirmación se sustenta en la no relevancia estadística de las variables D95, D96, D97, D98, D99 y D00 con un nivel de significancia del 5% e incluso con un nivel de significancia del 10%.

Aplicando el modelo desarrollado en la sección anterior, obtuvimos:

Regresión 1.b

Datos considerados: 1973-2000

$$\begin{aligned}
 \ln(VINDUS) = & -2.308 + 0.575 * \ln(MANUF) - 0.150 * \ln(TINDUS1(-1)) \\
 t & (-2.90) \quad (5.78) \quad (-5.33) \\
 & + 0.139 * \ln(PREALCOMB(-1)) + 0.560 * \ln(VINDUS(-1)) \\
 t & (5.92) \quad (11.18) \\
 & + [AR(1) = -0.719, AR(2) = -0.580] \\
 t & (-2.84) \quad (-2.18) \\
 & + 0.132 * D95 - 0.005 * D96 + 0.0002 * D97 \\
 t & (1.64) \quad (-0.06) \quad (0.00) \\
 & + 0.028 * D98 - 0.058 * D99 - 0.023 * D00 \\
 t & (0.28) \quad (-0.66) \quad (-0.27)
 \end{aligned}$$

Los siguientes estadísticos prueban la calidad del modelo:

R ² :	0.97	R ² a:	0.94
Prueba F:	55.40	D-Watson:	2.12

Los resultados obtenidos estarían obedeciendo principalmente a que el precio real de la energía eléctrica para este sector se ha mantenido en un nivel muy por debajo de los niveles observados históricamente e incluso han tenido una ligera tendencia decreciente. Sólo entre el año 1995 y el 2000, la tarifa real del sector industrial descendió en 8,4%³¹. Ver Gráfico 2.

Así también, durante el período 1995 - 2000, como consecuencia del acelerado crecimiento de los precios del petróleo, se observó que la electricidad se abarató en términos reales respecto a los combustibles industriales, disminuyendo aún más el incentivo de los industriales a ahorrar electricidad. Ver Gráfico 3.

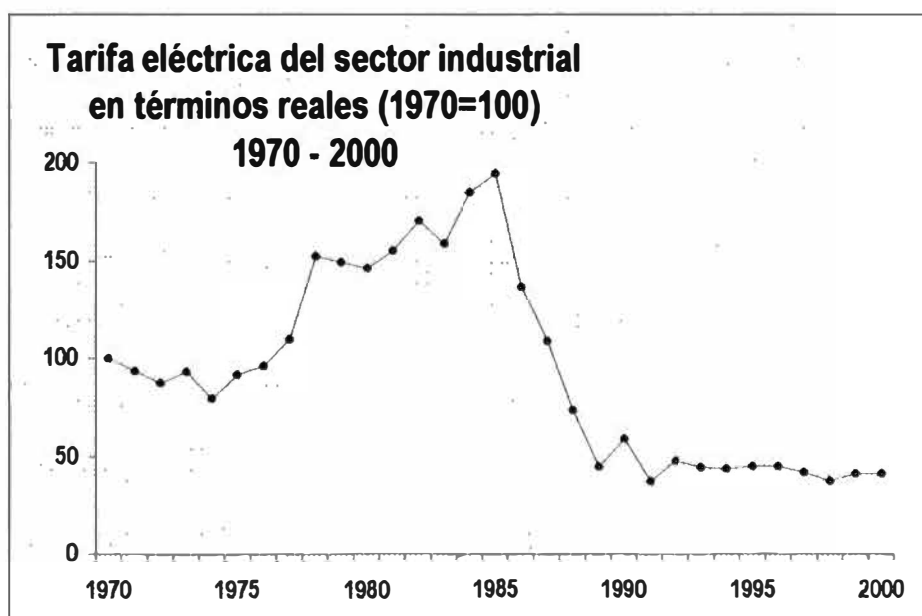


Gráfico 2

³¹ Tarifa calculada sin considerar la influencia de la demanda generada por la Refinería Cajamarquilla.

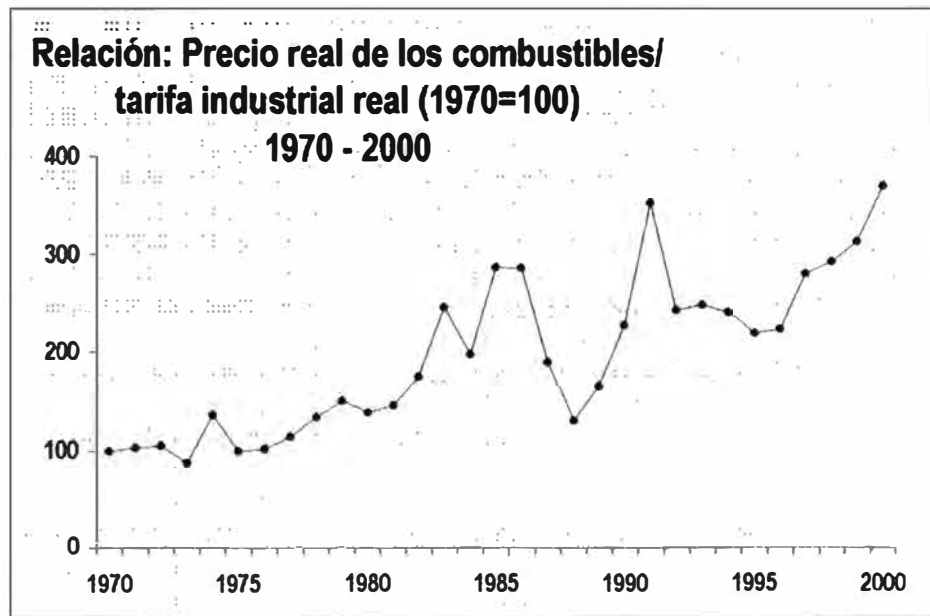


Gráfico 3

Concluimos entonces que a nivel agregado, la Campaña no tuvo efectos muy significativos en el consumo de electricidad del sector industrial, en parte por que este no fue uno de los sectores donde se concentraron los mayores esfuerzos. Sería recomendable analizar los ahorros conseguidos individualmente en las industrias donde se desarrollaron programas de ahorro de energía en los últimos seis años y donde la Campaña haya jugado algún rol en la decisión (participación del personal en alguno de los cursos, participación en las campañas de diagnósticos energéticos, haber recibido asesorías, etc.). En el mismo sentido, se debería ampliar el análisis al ahorro alcanzado por menores consumos de combustibles, área sobre la cual la Campaña también desarrolló actividades a partir de 1998.

2. USUARIOS RESIDENCIALES

A partir del análisis de la demanda de energía del sector residencial, si se encontró evidencia significativa de cambio en el patrón de consumo de los usuarios residenciales, específicamente en los tres primeros años de la Campaña (1995, 1996 y 1997), en los cuales se habría reducido el consumo por familia en 7,8%, 13,2% y 8,3%, respectivamente. Esto se sustenta en la relevancia estadística de las variables D95, D96 y D97, como se observa a continuación.

Aplicando el modelo desarrollado en la sección anterior, obtuvimos:

Regresión 2.b

Datos considerados: 1972-2000

$$\begin{aligned} \text{Ln}(\text{RESAB}) &= 2.461 + 0.567 * \text{Ln}(\text{PBIPERC94}) - 0.130 * \text{Ln}(\text{TRESREALPM}) \\ t & \quad (-2.91) \quad (5.26) \quad (-4.99) \\ & + 0.661 * \text{Ln}(\text{RESABPM}) - 0.074 * \text{D92} \\ t & \quad (4.48) \quad (-2.02) \\ & - 0.078 * \text{D95} - 0.132 * \text{D96} - 0.083 * \text{D97} \\ t & \quad (-2.31) \quad (-3.85) \quad (-2.23) \\ & + 0.008 * \text{D98} + 0.032 * \text{D99} - 0.037 * \text{D00} \\ t & \quad (0.21) \quad (-0.85) \quad (-1.05) \end{aligned}$$

Los siguientes estadísticos prueban la calidad del modelo:

R ² :	0.90	R ² a:	0.84
Prueba F:	18.99	D-Watson:	2.18

Aunque estos resultados son consistentes con la mayor intensidad de las actividades de la Campaña dirigidas al sector residencial, se podría haber esperado un resultado más parejo a lo largo de todo el período de análisis y no sólo en los primeros años.

La evolución de las tarifas reales para los consumidores residenciales explicaría este resultado. En el período 1995-1997, período en que se obtuvieron los mejores resultados, la tarifa residencial se encontraba en el nivel más elevado de la década luego de pasar por el proceso de "sinceramiento" que consistió en eliminar todo tipo de subsidio para ubicarlas en sus valores reales. El sinceramiento hizo que en el corto período de cuatro años (1991-1994) las tarifas se elevaran en 142% en términos reales. Situación diferente se observó en el período 1998-2000 donde la tarifa fue, en promedio, menor en 4,8% a la observada en el período 1995-1997. Ver Gráfico 4.

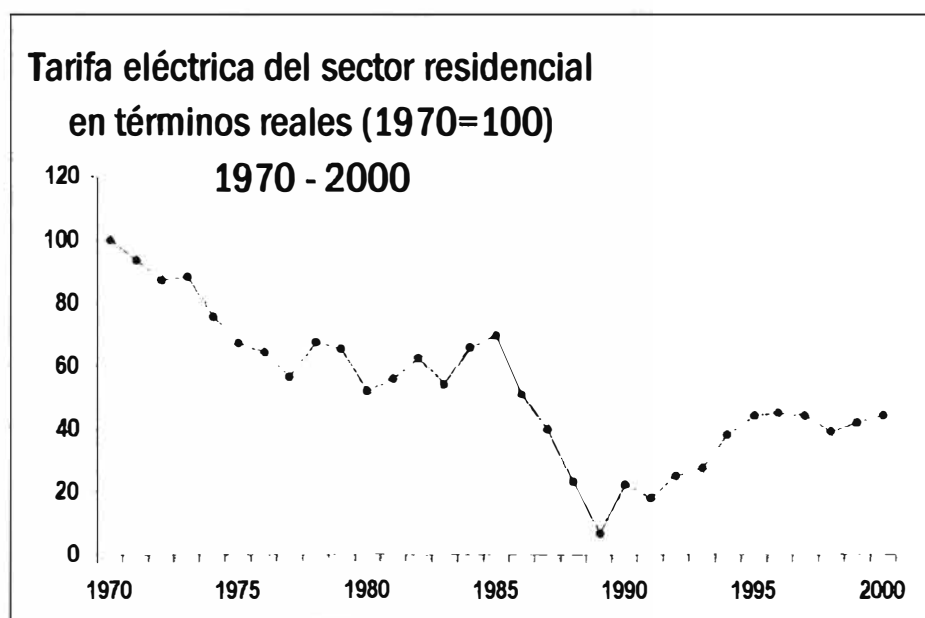
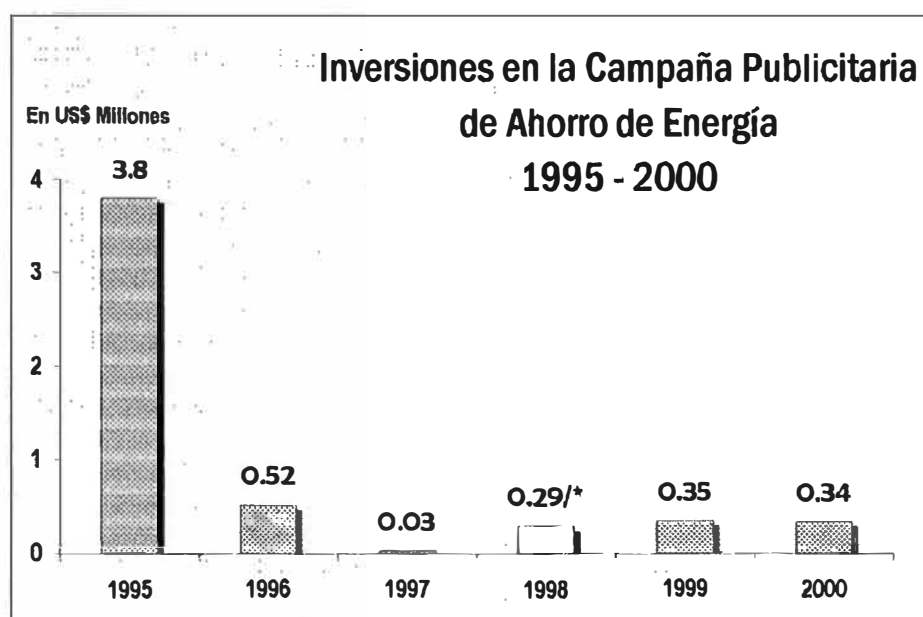


Gráfico 4

Otro de los factores que habría influido para este resultado es la intensidad de la Campaña en cuanto a difusión a través de medios masivos. La publicidad a través de TV, radio y prensa se ha convertido en una herramienta imprescindible cuando se trata de cambiar la actitud de las personas hacia un producto o servicio y en este sentido el "ahorro de energía" se comporta como un producto, con un precio que es la "incomodidad" que genera aplicar los consejos y con un beneficio que es el "diferencial a favor" que se percibe al final del mes en la facturación. Ver Gráfico 5.



Fuente: Programa de Ahorro de Energía. PAE 2001

Gráfico 5

Como se puede observar en el Gráfico 5, la inversión media anual en publicidad del período 1998-2000³² fue bastante inferior a la del período 1995-1997.

Los resultados obtenidos estarían mostrando que la Campaña fue una buena respuesta al incremento galopante de las tarifas de electricidad en el sector residencial hasta 1996, pero, una vez que las tarifas adoptaron una tendencia estable e incluso decreciente (1998-1999), no se pudo conseguir una muy buena respuesta de los consumidores, quienes seguramente a pesar de conocer los consejos de ahorro de energía,³³ no se habrían sentido incentivados a aplicarlos por que no habrían estado percibiendo un beneficio económico muy significativo dado el contexto de tarifas reales estables e incluso decrecientes. Ver Gráfico 4.

³² /* Durante 1998 la inversión en publicidad se orientó hacia los departamentos abastecidos por el Sistema Interconectado del Sur, como parte de una campaña de ahorro de energía de emergencia iniciada a raíz de la salida de operación de la Central Hidroeléctrica de Machu Picchu (Feb. 98). No hubo por lo tanto repercusión alguna en la población de Lima.

³³ Un análisis parcial de la receptividad de los consumidores frente a la orientación permanente que desarrolló el PAE en el tema "Ahorro de Energía" se presenta en el capítulo siguiente.

3. USUARIOS COMERCIALES Y OTROS

Según los resultados de la regresión 3.b, no se aprecia un cambio significativo en el comportamiento del consumo de electricidad de los usuarios comerciales, por lo que tampoco existen evidencias de ahorro apreciables en el consumo promedio por abonado comercial en el período 1995-2000. Las pruebas de hipótesis de las variables D95, D96, D97, D98, D99 y D00, con un nivel de significancia del 5%, sustentan esta afirmación.

Aplicando el modelo desarrollado en la sección anterior, obtuvimos:

Regresión 3.b

Datos considerados: 1973-2000

$$\begin{aligned}
 d(\text{LnVCOMERAB}) = & -0.017 + 0.935 * d(\text{LnPBICOMERCPM}) - 0.090 * d(\text{LnTCOMREAL}) \\
 t & \quad \quad \quad (-1.72)^{34} \quad \quad \quad (6.04) \quad \quad \quad (-2.55) \\
 & + 0.096 * d(\text{Ln(REALD2/TCOM)}) - 0.116 * D92 + 0.092 * D93 \\
 t & \quad \quad \quad (2.17) \quad \quad \quad (-2.87) \quad \quad \quad (2.36) \\
 & + 0.066 * D95 + 0.005 * D96 + 0.171 * D97 \\
 t & \quad \quad \quad (1.59) \quad \quad \quad (0.12) \quad \quad \quad (4.33) \\
 & + 0.112 * D98 + 0.056 * D99 + 0.005 * D00 \\
 t & \quad \quad \quad (2.89) \quad \quad \quad (1.42) \quad \quad \quad (0.12)
 \end{aligned}$$

Los siguientes estadísticos prueban la calidad del modelo:

R ² :	0.88	R ² a:	0.80
Prueba F:	12.51	D-Watson:	2.05

De los resultados de la regresión 3.b, no se encontró evidencia de ahorro en el consumo de energía por abonado en el segmento de consumidores comerciales, por el contrario este se elevó en un 17,1% y 11,2% en los años 1997 y 1998, respectivamente; de acuerdo a los coeficientes de las variable D97 y D98 hallados.

D. INFLUENCIA DE LA CAMPAÑA EN LA MÁXIMA DEMANDA

Del análisis de la evolución de la máxima demanda generada por los usuarios de Lima Metropolitana, si se encontró evidencia significativa de ahorro en el período 1995-2000. Se calcula que la máxima demanda habría sido menor de que la que se habría proyectado en 6.9%, 8,8%, 9,8%, 10,4% y 11,7% en los años 1995, 1996, 1997, 1999 y 2000, respectivamente.

Aplicando el modelo desarrollado en la sección anterior, obtuvimos:

Regresión 4.b

Datos considerados: 1972-2000

$$\begin{aligned} \ln(MXDA)_t = & -0.285 + 0.288 * \ln(VENT-ENERGIA) \\ & (-2.34) \quad (3.24) \\ & + 0.068 * \ln(THP(-2)) + 0.695 * \ln(MXDA(-1)) \\ & (2.41) \quad (12.08) \\ & - 0.069 * D95 - 0.088 * D96 - 0.098 * D97 \\ & (-2.06) \quad (-2.41) \quad (-2.39) \\ & - 0.069 * D98 - 0.104 * D99 + 0.117 * D00 \\ & (-1.57) \quad (-2.49) \quad (-2.65) \end{aligned}$$

Los siguientes estadísticos prueban la calidad del modelo:

R ² :	0.99	R ² a:	0.99
Prueba F:	247.50	D-Watson:	1.96

Estos resultados estarían reflejando la evolución positiva de las actitudes de los clientes residenciales hacia el ahorro de energía, pero principalmente su mayor disposición a adquirir focos ahorradores, como una alternativa para reducir su consumo de electricidad.

³⁴ Estadísticamente significativo al 10%.

Sólo entre 1995 y 1998, primer período donde se encontró evidencia de ahorro, se vendieron 1,05 millones de focos ahorradores según reportes de los principales distribuidores locales de este producto. Asimismo, entre 1995 y 1998, el porcentaje de encuestados que declaró que siempre “apagaba todas las luces innecesariamente encendidas durante las horas punta” se incrementó de 14% a 55%.

Este resultado refleja también el interés de los usuarios industriales y comerciales por administrar más técnicamente sus necesidades de energía a lo largo del día, así como por ubicarse en la opción tarifaria más conveniente (lo que no necesariamente implica interés por ahorrar energía). En este tema la Campaña realizó acciones concretas como el desarrollo de cursos y seminarios sobre tarifas eléctricas para ingenieros y jefes de mantenimiento de industrias, así como el diseño y distribución de la aplicación informática “Amigo Tarifario”³⁵, a partir de 1995.

Este interés de los industriales por optimizar sus gastos en electricidad, encontró respuesta en el conjunto cada vez mayor de empresas y consultores que actualmente ofrecen servicios de eficiencia energética, parte de los cuáles han sido formados en los Cursos de Postgrado realizados por el Proyecto para Ahorro de Energía.

Finalmente, la evidencia de ahorro que se encontró en los años 1999 y 2000 estaría reflejando la masificación del uso de focos ahorradores en los hogares del país, ya que en este período ingresaron al mercado, nuevos y más económicos modelos de marcas reconocidas³⁶ aunque con menor expectativa de duración (3000 horas vs. 6000 de los modelos convencionales). En este período se vendieron más de 800,000 unidades³⁷.

³⁵ El PAE desarrolló y distribuyó a 1146 principales industrias de Lima, la aplicación informática denominada “Amigo Tarifario”, específicamente diseñada para determinar la tarifa óptima a partir de los 12 últimos recibos de electricidad. MEM – PAE 2001a.

³⁶ A inicios del año 2000 el distribuidor local de Philips lanzó al mercado un modelo de 20W con una expectativa de duración de 3000 horas al precio de US\$ 4,99.

³⁷ MEM – PAE. 2001a

E. CÁLCULO DE LOS BENEFICIOS

Con la información obtenida en las secciones anteriores podemos cuantificar la reducción del consumo de energía que se logró por efecto de la Campaña como la diferencia entre el "consumo de energía proyectado", calculado sobre la base del comportamiento previo a la Campaña y el consumo observado en los años donde se encontró evidencia significativa de ahorro.

Luego estos resultados serán valuados a tarifas del período correspondiente para calcular el beneficio económico. La misma metodología se usará para cuantificar la reducción en la demanda de potencia y la determinación de su valor en unidades monetarias.

1. REDUCCIÓN EN EL CONSUMO DE ENERGÍA

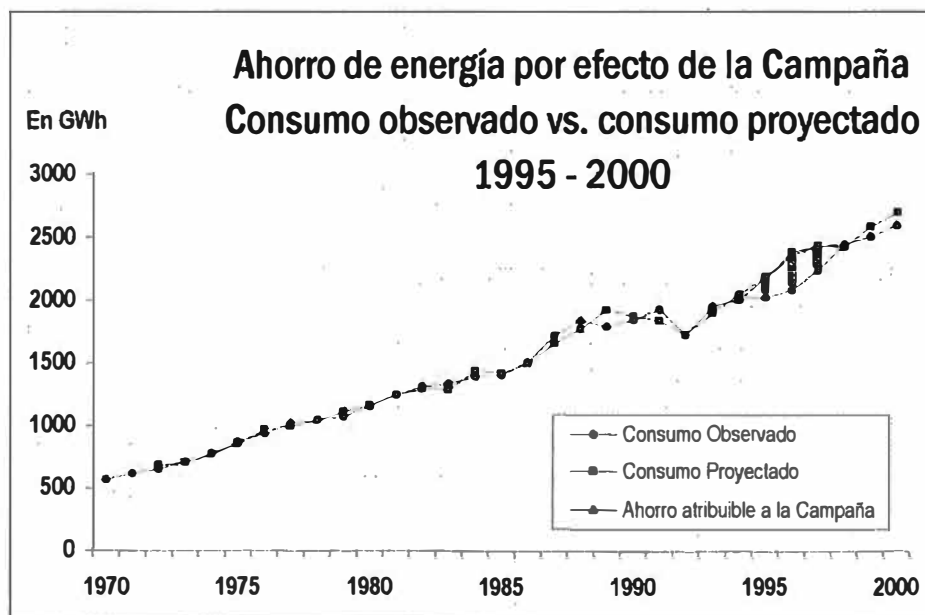
Del modelo calculado y la estadística del consumo de energía efectivamente observado en el sector residencial hasta el año 2000, calculamos las diferencias en los tres años donde se encontró relevancia estadística de ahorro.

Las reducciones en el consumo de energía alcanzadas en los años 1995, 1996 y 1997³⁸ se multiplican por los respectivos precios medios de la electricidad para los consumidores residenciales, obteniéndose el valor del ahorro en términos monetarios. Ver Tabla II y Gráfico 6.

³⁸ Periodos en los cuales se encontraron evidencias significativas de ahorro.

TABLA II: CÁLCULO DEL AHORRO ECONÓMICO POR REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA (MILLONES US\$)

Período	1995	1996	1997	TOTAL
REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA (GWh)				
Consumo proyectado	2188.4	2380.6	2436.8	
Consumo observado	2025	2086	2242	
Reducción respecto a la demanda de energía esperada	163.4	294.6	194.8	652.8
Ahorro atribuible a la Campaña (GWh)	157.2	275.6	186.8	619.6
Tarifa sector residencial (Ctvs\$/kWh) ³⁹ :	11.36	11.86	11.52	
CUANTIFICACIÓN DEL AHORRO				
A precios corrientes (Millones US\$)	17.85	32.69	21.52	72.1



Elaboración Propia

Sólo incluye el sector residencial por ser el único que mostró evidencia significativa de ahorro en el período de análisis.

Gráfico 6

³⁹ MEM – OTERG 2000. (Con información de la Comisión de Tarifas Eléctricas).

2. REDUCCIÓN EN LA DEMANDA DE POTENCIA

Del modelo calculado y la información estadística sobre la demanda de potencia efectivamente observada hasta el 2000, calculamos las reducciones observadas en los años 1995, 1996, 1997, 1999 y 2000⁴⁰, años en los que se encontró evidencia significativa de ahorro.

Las reducciones en la demanda se multiplican por los respectivos precios medios de la potencia de punta, obteniéndose el valor del ahorro en términos monetarios. Ver Tabla III y Gráfico 7.

TABLA III: CÁLCULO DEL AHORRO ECONÓMICO POR REDUCCIÓN EN LA DEMANDA DE POTENCIA

Período	1995	1996	1997	1999	2000	Promedio
REDUCCIÓN EN LA MÁXIMA DEMANDA (MW)						
Máxima demanda proyectada	1281.7	1308.1	1341.8	1460.3	1503.8	
Máxima demanda observada	1195.7	1198.6	1216.6	1316.8	1334.8	
Reducción respecto a la máxima demanda esperada	86.1	109.5	125.2	143.5	168.9	
Reducción atribuible a la Campaña (MW)	83.11	104.82	119.21	136.18	159.08	120.5
Precio de la Potencia de Punta (US\$ / KW-año)	71.04 ⁴¹	84.69 ⁴²	79.46 ⁴³	96.58 ⁴⁴	76.65 ⁴⁵	
CUANTIFICACIÓN DEL AHORRO						
A precios corrientes (Mill US\$)	5.9	8.9	9.5	13.2	12.2	49.6

⁴⁰ Periodos en los cuales se encontraron evidencias significativas de ahorro.

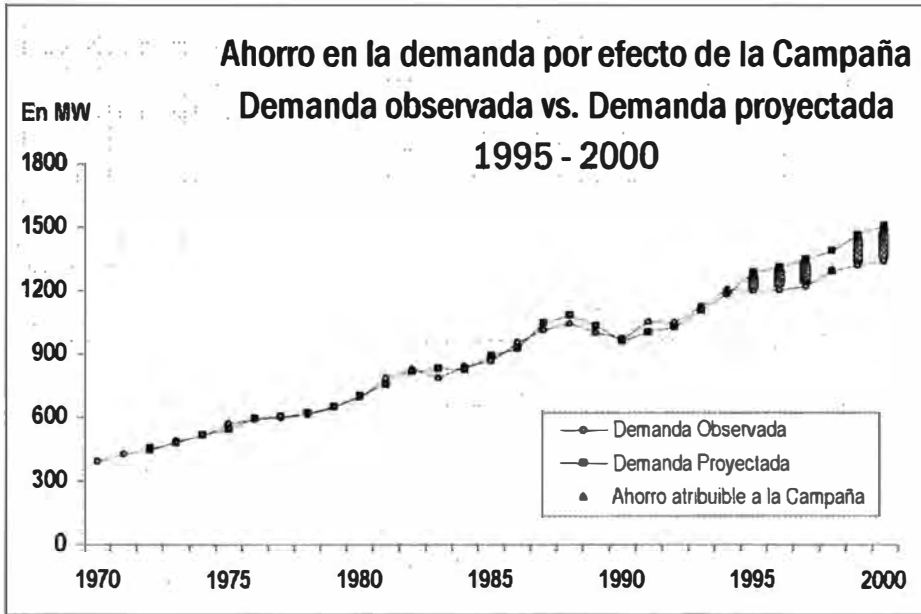
⁴¹ CTE, Comisión de Tarifas Eléctricas 1995

⁴² CTE, Comisión de Tarifas Eléctricas 1996

⁴³ CTE, Comisión de Tarifas Eléctricas 1997

⁴⁴ CTE, Comisión de Tarifas Eléctricas 1999

⁴⁵ CTE, Comisión de Tarifas Eléctricas 2000



Elaboración Propia

Gráfico 7

F. CONCLUSIONES AL MÉTODO ECONEMÉTRICO DE CÁLCULO DE BENEFICIOS

Se calcula que durante el período 1995–1997, la Campaña de Ahorro de Energía permitió reducir el consumo de energía del sector residencial en 620 GWh, que a tarifas corrientes representaron un ahorro económico de US\$ 72,1 millones para las familias.

La máxima demanda creció a un ritmo por debajo del previsto, habiéndose calculado esta reducción en 120 MW, en promedio para el período 1995-2000. En términos económicos esta reducción representó un ahorro económico de US\$ 49,6 millones.

Estos beneficios se sintetizan en siguiente la Tabla IV.

TABLA IV: RESUMEN DE BENEFICIOS CALCULADOS POR EL MÉTODO DE CÁLCULO ECONEMÉTRICO

	Unid.	1995	1996	1997	1998	1999	2000	TOTAL	Promedio del período
Ahorro de Energía	GWh	157.2	275.6	186.8				619.6	206.5
Ahorro en Potencia	MW	83.1	104.8	119.2		136.2	159.1		120.5
Beneficio Económico Total	Millones US\$	23.8	41.6	31.0	0.0	13.2	12.2	121.7	20.28

2. A TRAVÉS DE LAS MEDIDAS DE MAYOR IMPACTO EN LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD

El análisis presentado en esta sección está centrado en el sector residencial, sector en el cual se encontraron evidencias de ahorro en la demanda de energía y potencia en el análisis econométrico anterior.

En esta sección se propone que dos factores habrían determinado estas reducciones: (1) la introducción masiva de focos ahorradores reemplazando a los incandescentes y (2) la mejora en los hábitos de consumo de energía eléctrica en el sector residencial. Estos factores permitieron reducir el consumo de electricidad de las familias especialmente en el rubro de iluminación, segundo principal rubro de consumo de electricidad, luego de refrigeración⁴⁶, y la máxima demanda de potencia del sistema eléctrico.

La cuantificación de los beneficios que estas reducciones habrían significado para los consumidores residenciales (por menores facturaciones) y para el sistema eléctrico en su conjunto (al reducirse la demanda de potencia durante las horas punta), es materia de esta sección del Informe.

A. REEMPLAZO DE LOS FOCOS INCANDESCENTES POR LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS

Cuando se inició la Campaña en octubre de 1994, en nuestro país existía un mercado de lámparas fluorescentes compactas muy reducido. Según estimaciones del PAE, en base a los reportes de los principales distribuidores locales, las ventas en 1994 fueron de alrededor de 20,000 unidades⁴⁷.

⁴⁶ APOYO 1998

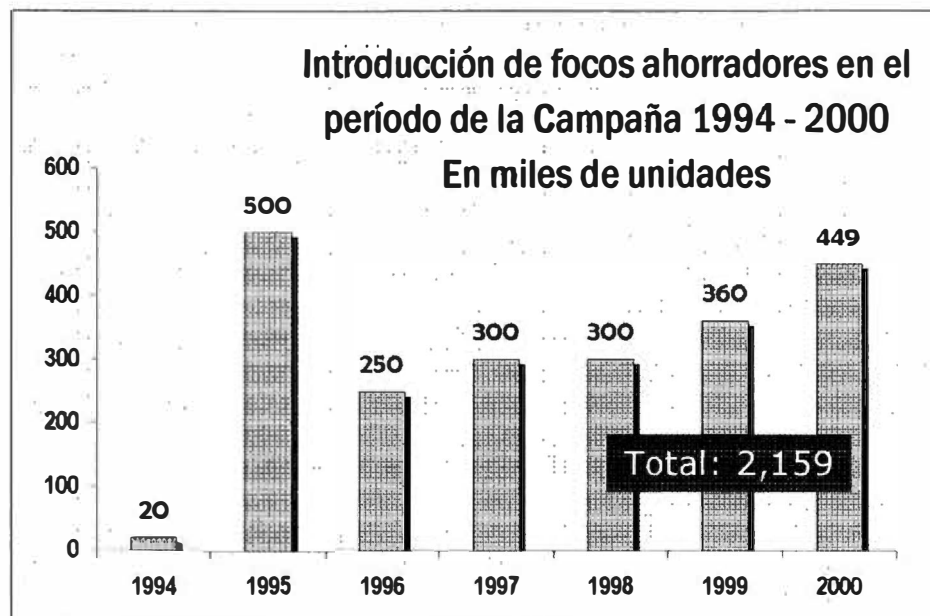
⁴⁷ MEM-PAE 2001a. Estas estimaciones y las correspondientes a los años subsiguientes se han corroborado con los reportes de ADUANAS referidos a las importaciones de estos productos.

Cabe mencionar que los FA, desde el punto de vista de la eficiencia energética, tienen la ventaja de producir el mismo flujo luminoso que un foco incandescente equivalente, consumiendo la quinta parte de energía. Así, un foco ahorrador de 23W produce el mismo flujo luminoso que el foco incandescente de 100 W.

Por ello, dentro de la estrategia diseñada para reducir en 100 MW la máxima demanda del SICN, el PAE se propuso introducir y masificar el uso de focos ahorradores, empleando todos los medios de la Campaña:

- Dentro de la Campaña Publicitaria, difundida a través de los medios de comunicación, gran parte de los avisos incentivaban a la población a usar focos ahorradores. (Ver Capítulo III, Sección (2A.a))
- Como parte de la Campaña Demostrativa se construyeron los “tableros comparativos” que fueron exhibidos en todo el país; demostrando a la población que usando focos ahorradores se podía reducir el consumo de electricidad en el hogar y por consiguiente las facturaciones. (Ver Capítulo III, Sección (2A.b))
- Finalmente, esta propuesta también se difundió a través de material informativo impreso especialmente dirigido al sector residencial y que se distribuyó a nivel nacional. (Ver Capítulo III, Sección (2A.c))

Debido principalmente a estas actividades, las ventas de focos ahorradores se incrementaron excepcionalmente desde 1995, manteniéndose en niveles similares hasta la actualidad sin mayor esfuerzo publicitario de los distribuidores; como se puede observar en el Gráfico 8, elaborado en base a sus reportes de ventas anuales.



Fuente: Programa de Ahorro de Energía. MEM-PAE (2001b)

Gráfico 8

Entre los años 1995 y 2000 se vendieron 2.16 millones de focos ahorradores y últimamente se observa una tendencia creciente. La determinación de los beneficios que la instalación de estas unidades ha significado para el país, es materia de esta sección:

1. SUPUESTOS DEL CÁLCULO

1. Todos los focos ahorradores tienen un período de vida útil efectivo de cuatro años, independientemente del régimen de uso al que son sometidos. Por ejemplo, los focos ahorradores vendidos en 1995 ya no funcionarán en el año 2000.
2. Los usuarios sustituyeron focos incandescentes por ahorradores en los lugares de mayor consumo, como se les aconsejó durante la Campaña.

3. Los focos ahorradores son utilizados todos los días del año durante dos horas y 45 minutos⁴⁸, las cuales siempre se enmarcan dentro de las horas punta. (supuesto simplificador).
4. Entonces, de acuerdo al supuesto anterior, hay un momento dentro del período de las horas punta en el que todos los focos ahorradores instalados están encendidos simultáneamente, empujando hacia arriba la curva de demanda del sistema y generando el máximo ahorro de potencia.
5. Todos los focos ahorradores instalados son de 23 W y sustituyeron a focos incandescentes de 100 W. Por lo tanto el ahorro neto por cada foco incandescente reemplazado sería de 77 W.
6. La introducción de los focos ahorradores en los hogares sigue una tendencia lineal. Por ejemplo, si hasta el cierre de 1996 se habían vendido 750,000 focos ahorradores y en el año 1997 se vendieron 300,000 unidades, el número de focos ahorradores que durante 1997 "ahorran energía" sería de 900,000 unidades. $(750,000 + 300,000)/2 = 900,000$).

⁴⁸ De acuerdo a la Encuesta de Hábitos de Consumo de Energía Eléctrica en Lima. Apoyo 2000.

2. CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA

En base a los supuestos anteriores, calculamos el número de focos ahorradores vendidos y el número de focos que "ahorraron" en cada año del período de análisis. Ver Tabla V.

TABLA V: NÚMERO DE FOCOS AHORRADORES VENDIDAS Y OPERANDO EN CADA PERÍODO

Año	Unidades Operando	Unidades Vendidas
1995	250,000	500,000
1996	625,000	250,000
1997	900,000	300,000
1998	1,200,000	300,000
1999	1,530,000	360,000
2000	1,434,500	449,000

Fuente: MEM-PAE (2001b)

De acuerdo al tiempo en que estos focos ahorradores habrían permanecido encendidos (Supuesto 3) y la reducción en la demandada de potencia que implicó su instalación en reemplazo de focos incandescentes (77W, de acuerdo al Supuesto 5); durante el período 1995–2000 el consumo de energía se habría reducido en 459 GWh.

TABLA VI: REDUCCIÓN EN EL CONSUMO DE ENERGÍA POR PERÍODO

Año	AHORRO DE ENERGÍA (En GWh)
1995	19.3
1996	48.3
1997	69.6
1998	92.7
1999	118.3
2000	110.9
Total del Período	459.1
Promedio del Período	76.2

Fuente: MEM-PAE (2001b)

3. CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DE DEMANDA DE POTENCIA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO

De acuerdo al Supuesto 5, la instalación de un foco ahorrador implica la reducción de la demanda de potencia eléctrica en 77 W. Dado que estas reducciones coinciden en algún momento dentro del período de las horas punta (Supuesto 4), la potencia ahorrada se calculará multiplicado la reducción de demanda unitaria por el número de focos ahorradores instalados. Estos valores, llevados a MW se muestran a continuación.

TABLA VII: REDUCCIÓN EN LA DEMANDA DE POTENCIA POR PERÍODO

Año	AHORRO EN POTENCIA (En MW)
1995	19.3
1996	48.1
1997	69.3
1998	92.4
1999	117.8
2000	110.5
Promedio del Período	76.2

Fuente: MEM-PAE (2001b)

Podemos concluir entonces que, con la introducción de 2,16 millones de focos ahorradores en el mercado nacional durante el período 1995 – 2000, se habría evitado el crecimiento adicional de la máxima demanda en 76,2 MW, en promedio durante el período de análisis.

B. MEJORA EN LOS HÁBITOS DE CONSUMO DE ENERGÍA DE LA POBLACIÓN

Una vez que se superó la etapa de emergencia de 1995 y 1996 y con un panorama diferente en el sistema eléctrico nacional, especialmente por que la capacidad del sistema ya superaba con holgura a la demanda, el Ministerio orientó la Campaña hacia objetivos de mayor alcance. Así, en el sector residencial, el Ministerio se propuso introducir una cultura de "Uso racional de energía" en la población, manteniendo en el tiempo los buenos hábitos que ya se habían adquirido en los primeros años de la Campaña y que permitieron superar el déficit energético en 1995 y 1996.

Esta fue la dirección que siguió la Campaña luego de 1996 y se manifestó por ejemplo en la introducción del tema "uso racional de la energía" en el programa curricular de educación inicial y primaria a través de un convenio con el Ministerio de Educación.

La respuesta de la población hacia este mensaje fue seguida de cerca por el Ministerio de Energía y Minas, a través de las encuestas de "Hábitos de Consumo de Energía", que se encargaron desarrollar a consultoras especializadas en estudios de mercado.

La determinación de los beneficios que este cambio en los "hábitos" ha significado para el país, en términos de reducción efectiva de consumo de energía y demanda de potencia, es materia de esta sección:

1. SUPUESTOS DEL CÁLCULO

El cálculo de las reducciones del consumo de energía y demanda de potencia por la "mejora de hábitos de consumo de energía" de la población, se sustenta en los resultados de las encuestas de hábitos de consumo que se aplicaron en Lima y en el interior del país durante la Campaña. Dado que por razones económicas sólo se efectuaron encuestas en las principales ciudades del interior, sus resultados se han extrapolado a la población del resto de las provincias.

Aunque la aplicación de todos los consejos de ahorro de energía, intensamente difundidos a través de la Campaña, redundó en reducciones directas del consumo de energía y por lo tanto de la facturación, el siguiente cálculo sólo se concentrará en los beneficios que habrían percibido las familias que durante la Campaña “apagaron los focos innecesariamente encendidos durante las horas punta”, uno de los consejos más frecuentemente repetidos durante la Campaña.

Para discernir si una familia había aplicado el consejo o no, se utilizó la siguiente pregunta como filtro:

“Con relación a la iluminación en su hogar, ¿Qué actitud toma usted durante las horas punta?”⁴⁹, la cual tenía cuatro posibles respuestas:

- a. Apago todos los focos innecesariamente encendidos
- b. Apago algunos de los focos innecesariamente encendidos
- c. No apago ninguno de los focos innecesariamente encendidos
- d. No sabe / No responde

Esta pregunta sólo fue aplicada a los encuestados que manifestaron conocer las “horas punta”, cuando se les preguntó respecto a este tema en una pregunta anterior.

Sobre la base de estos resultados se hizo un cálculo de beneficios, con los siguientes supuestos:

1. Todas las familias tienen encendidas “varias luminarias” durante las horas punta, algunas inclusive innecesariamente.

⁴⁹ En algunas encuestas no se formuló exactamente la misma pregunta, pero se consideró la que tenía igual sentido.

2. Los encuestados que afirmaron “apagar todos los focos innecesariamente encendidos” o “apagar algunos focos innecesariamente encendidos”, apagaron un foco de 50 W todos los días del año en las horas punta.
3. Los encuestados que anteriormente habían manifestado no conocer el concepto de “horas punta en el consumo de electricidad”, siempre dejan encendidos innecesariamente los focos en sus hogares (supuesto conservador).
4. Los focos que las familias apagaron por la introducción de este hábito, hubieran estado encendidos por un lapso de dos horas y 45 minutos⁵⁰. Entonces, hay un momento en el que todos estos focos hubieran estado encendidos a la vez empujando hacia arriba la curva de demanda del sistema.

Sobre la base de estos supuestos, el porcentaje de familias que “mejoraron sus hábitos de consumo de electricidad” en cada uno de los años del período de análisis en Lima y Provincias, se presenta en la Tabla VIII y la Tabla IX, respectivamente⁵¹.

⁵⁰ De acuerdo a los resultados de la Encuesta “Hábitos de Consumo de Energía Eléctrica en Lima – Diciembre 2000”. APOYO 2000.

⁵¹ Para calcular el porcentaje de usuarios que ha “mejorado sus hábitos de consumo de electricidad” se considera la proporción de los encuestados que conocían las “horas punta” y al mismo tiempo manifestaron que “apagaban las luces innecesariamente encendidas”.

TABLA VIII: DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE LA POBLACIÓN QUE NORMALMENTE: "APAGA LAS LUCES INNECESARIAMENTE ENCENDIDAS DURANTE LAS HORAS PUNTA" - LIMA

	1995 ⁵²	1996 ⁵³	1997 ⁵⁴	1998 ⁵⁵	1999 ⁵⁶	2000 ⁵⁷
A. Conocían de las Horas punta	63%	67%	67%	60%	60%	54%
B. Contestaron correctamente (% de A)	88%	87%	87%	72%	72%	62%
C. Actitudes durante las HP: apagan todos los focos innecesariamente encendidos (% de B*A)	14%	24%	24%	55%	55%	57%
D. Actitudes durante las HP: apaga algunos de los focos innecesariamente encendidos (% de B*A)	73%	67%	67%	33%	33%	32%
E. Se asume que sólo apaga un foco encendido innecesariamente: $A*B*(C+D)$	48%	53%	53%	38%	38%	30%

Fuente: MEM-PAE (2001b)

TABLA IX: DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE LA POBLACIÓN QUE NORMALMENTE: "APAGA LAS LUCES INNECESARIAMENTE ENCENDIDAS DURANTE LAS HORAS PUNTA" - PROVINCIAS

	1995 ⁵⁸	1996 ⁵⁹	1997 ⁶⁰	1998 ⁶¹	1999 ⁶²	2000 ⁶³
A. Conocían de las Horas punta	63%	63%	55%	90%	90%	65%
B. Contestaron correctamente (% de A)	75%	75%	83%	83%	83%	86%
C. Actitudes durante las HP: apagan todos los focos innecesariamente encendidos (% de B*A)	3%	3%	56%	71%	71%	72%
D. Actitudes durante las HP: apaga algunos de los focos innecesariamente encendidos (de B*A)	79%	79%	37%	25%	25%	16%
E. Se asume que sólo apaga un foco encendido innecesariamente: $A*B*(C+D)$	39%	39%	42%	72%	72%	49%

Fuente: MEM-PAE (2001b)

⁵² APOYO 1996

⁵³ APOYO 1997

⁵⁴ Ibid

⁵⁵ APOYO 1998

⁵⁶ Ibid

⁵⁷ APOYO 2000

⁵⁸ APOYO 1996a.

⁵⁹ APOYO Ibid.

⁶⁰ APOYO 1998b.

⁶¹ APOYO 1998a.

⁶² APOYO Ibid.

⁶³ APOYO 2000a.

Aplicando estos porcentajes al número de usuarios de Lima y provincias por período, encontramos que entre el año 1995 y el 2000 el número de familias que apagó todos o algunos de sus “focos innecesariamente encendidos” fue como se muestra en la Tabla X.

TABLA X: NÚMERO DE USUARIOS QUE “APAGA AL MENOS UN FOCO INNECESARIAMENTE ENCENDIDO” EN LIMA Y PROVINCIAS

	Lima		Provincias	
	Número de usuarios Totales	Número de usuarios que apagan al menos un foco	Número de usuarios totales	Número de usuarios que apagan al menos un foco
1995	1'064,052	513,222	1'243,085	481,633
1996	1'202,830	638,028	1'315,490	509,687
1997	1'254,811	665,601	1'446,661	614,173
1998	1'284,069	488,152	1'497,148	1'073,635
1999	1'326,357	504,228	1'622,349	1'163,419
2000	1'357,398	404,467	1'622,703	798,240

Fuente: MEM-PAE (2001b)

2. CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN EN EL CONSUMO DE ENERGÍA

Si de acuerdo al Supuesto 2, todos los usuarios del cuadro anterior apagaron un foco incandescente de 50 W que habría permanecido encendido por 2 horas y 45 minutos innecesariamente todos los días (supuesto 4), entonces la reducción del consumo de energía a nivel nacional en cada período, habría sido como se muestra en la Tabla XI.

TABLA XI: REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN LOS USUARIOS QUE “APAGAN LOS FOCOS INNECESARIAMENTE ENCENDIDOS” EN GWH

Año	LIMA	PROVINCIAS	TOTAL
1995	25.8	24.2	49.9
1996	32.0	25.6	57.6
1997	33.4	30.8	64.2
1998	24.5	53.9	78.4
1999	25.3	58.4	83.7
2000	20.3	40.1	60.4
Total	161.3	232.9	394.2
Promedio	26.9	38.8	65.7

Fuente: MEM-PAE (2001b)

3. CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN EN LA DEMANDA DE POTENCIA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO

De acuerdo al supuesto 3, apagar un foco incandescente durante las horas punta implica la reducción de la demanda del sistema en 50 W (ó 0.00005 MW). Considerando que estas reducciones coinciden durante las horas punta, la demanda de potencia ahorrada se hallaría multiplicando la reducción de demanda de potencia unitaria por el número de focos apagados. Estos valores, llevados a MW se muestran a continuación.

TABLA XII: REDUCCIÓN EN LA DEMANDA DE POTENCIA POR PERÍODO

Año	AHORRO EN POTENCIA (En MW)
1995	49.7
1996	57.4
1997	64.0
1998	78.1
1999	83.4
2000	60.1
Promedio del Período	65.5

Fuente: MEM-PAE (2001b)

C. CONSOLIDANDO LOS BENEFICIOS

Con la información obtenida en las secciones anteriores podemos cuantificar la reducción total en el consumo de energía resultante de la sustitución de 2,16 millones de focos incandescentes por ahorradores y la mejora de los hábitos de consumo de energía de la población. Luego estos resultados serán valuados a tarifas del período correspondiente. La misma metodología se usará para calcular la reducción en la demanda de potencia y su valor en unidades monetarias.

1. REDUCCIÓN EN EL CONSUMO DE ENERGÍA

A partir de esta metodología se determinó que durante el período 1995–2000, las familias del sector residencial que sustituyeron sus focos incandescentes por ahorradores en sus hogares y apagaron las luces innecesariamente encendidas durante las horas punta, redujeron su consumo de electricidad en 853 GWh.

Valuado al precio medio de la electricidad para el sector residencial para el período correspondiente (MEM–OTERG 2000), esta reducción significó para estas familias un ahorro económico de US\$ 89,5 millones. Ver Tabla XIII.

TABLA XIII: CÁLCULO DE LAS REDUCCIONES EN EL CONSUMO DE ENERGÍA (EN GWh)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Total	Promedio del período
REDUCCIÓN EN EL CONSUMO DE ENERGÍA								
Por la mejora de los hábitos de consumo de energía	49.9	57.6	64.2	78.4	83.7	60.4	394.2	
Por la sustitución de focos incandescentes por ahorradores	19.3	48.3	69.6	92.7	118.3	110.9	459.1	
Reducción total	69.3	105.9	133.8	171.1	201.9	171.2	853.3	142.2
AHORRO ECONÓMICO								
Tarifa sector residencial (Ctvs\$/kWh)	11.36	11.86	11.52	10.08	9.51	10.03		
A precios corrientes (Millones US\$)	7.9	12.6	15.4	17.2	19.2	17.2	89.5	14.9

2. REDUCCIÓN EN LA DEMANDA DE POTENCIA

A partir del cálculo anterior también determinamos que durante el período 1995 – 2000, la sustitución de 2.16 focos incandescentes por ahorradores y la introducción de buenos hábitos de consumo de energía en la población, benefició al sistema eléctrico al reducir la demanda durante las horas punta en 141 MW, en promedio.

Al precio corriente de la potencia de punta, determinado anualmente por la Comisión de Tarifas Eléctricas⁶⁴, esta reducción en la demanda de potencia en el sistema habría significado un ahorro económico de 70,4 millones de dólares para el sistema en el período de análisis, beneficiando a todos los consumidores.

TABLA XIV: CÁLCULO DE LAS REDUCCIONES EN LA DEMANDA DE POTENCIA DEL SISTEMA ELÉCTRICO COMO RESULTADO DE LA CAMPAÑA (EN MW)

Período	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Total	Promedio del período
REDUCCIÓN EN LA DEMANDA DE POTENCIA								
Por la mejora de los hábitos de consumo	49.7	57.4	64.0	78.1	83.4	60.1		65.5
Por la sustitución de focos incandescentes por ahorradores	19.3	48.1	69.3	92.4	117.8	110.5		76.2
Reducción total	69.0	105.5	133.3	170.5	201.2	170.6		141.7
AHORRO ECONÓMICO								
Precio medio de la potencia de punta (US\$/MW-año):	71.04 ⁶⁵	84.69 ⁶⁶	79.46 ⁶⁷	79.46 ⁶⁸	96.58 ⁶⁹	76.65 ⁷⁰		
A precios corrientes (Millones US\$)	4.901	8.936	10.59	13.55	19.43	13.06	70.47	11.7

⁶⁴ "El precio de la potencia de punta es el costo de disponer de una unidad de generación (central de punta), lista para entrar en operación y alimentar al sistema. Se calcula a partir del costo básico de potencia que es la suma de la inversión anual más los costos fijos de operación y mantenimiento (COyM) de la central. Para el SICN la central de punta es una turbina a gas de 110,2 MW de potencia efectiva. La inversión anual es igual a la anualidad del Valor Nuevo de Reemplazo (VNR) de la central (generador más línea de conexión a la red). Para la máquina seleccionada como unidad de punta, todo el costo anual es igual a US\$ 7,65 millones. El Precio Básico de Potencia es el cociente del costo básico de potencia entre la potencia de punta disponible. Este precio es igual a 84,69 US\$/kW-año". CTE, Comisión de Tarifas Eléctricas 1995

⁶⁵ CTE, Comisión de Tarifas Eléctricas 1995

⁶⁶ CTE, Comisión de Tarifas Eléctricas 1996

⁶⁷ CTE, Comisión de Tarifas Eléctricas 1997

⁶⁸ CTE, Comisión de Tarifas Eléctricas 1998

⁶⁹ CTE, Comisión de Tarifas Eléctricas 1999

⁷⁰ CTE, Comisión de Tarifas de Energía 2000

3. BENEFICIOS AMBIENTALES

Además de los beneficios económicos que hemos identificado, la reducción de la demanda de electricidad tiene un importante beneficio ambiental, al reducir la necesidad de generar energía adicional con centrales termoeléctricas alimentadas con combustible diesel,⁷¹ las cuales entran en operación para complementar la generación de las centrales de base (hidroeléctricas) con la consiguiente emisión de gran cantidad de gases contaminantes.

En base a los cálculos anteriores, determinamos la cantidad de CO₂ que se habría dejado de emitir por una menor necesidad de producir electricidad en las horas punta, usando los factores de emisión determinados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC)⁷². Ver Tabla XV.

TABLA XV: REDUCCIONES DE EMISIONES
CONTAMINANTES DERIVADAS DEL DESARROLLO DE LA
CAMPAÑA DE AHORRO DE ENERGÍA

Año	Reducción de emisiones contaminantes en Gg de CO ₂ (ó miles de toneladas)
1995	56.0
1996	85.7
1997	108.2
1998	138.4
1999	163.3
2000	138.5
TOTAL	690.1
Promedio	115.0 ⁷³

Fuente: Elaboración Propia

⁷¹ A pesar de una mayor participación de las centrales a gas natural, en el periodo de máxima demanda el sistema precisa el ingreso a operación de centrales diesel. Por lo tanto, una demanda de energía adicional habría sido suplida por este tipo de centrales.

⁷² IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. The Workbook (Volume 2). IPCC 1996.

⁷³ Este volumen que en promedio se habría dejado de emitir anualmente por la menor demanda de electricidad durante las horas punta, representa el 0,52% del total de emisiones de CO₂ que cada año se producen por la utilización de todos los combustibles fósiles (22,039 Gg). CONAM 1994.

D. CONCLUSIONES A LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE BENEFICIOS “POR MEDIDAS”

Durante el período 1995 – 2000, la Campaña de Ahorro de Energía permitió reducir el consumo de energía del sector residencial en 853 GWh, que a tarifas corrientes representaron para las familias un ahorro económico de US\$ 89,5 millones.

La máxima demanda creció a un ritmo por debajo del que se habría previsto, habiéndose calculado esta reducción en 141 MW en promedio para el período 1995-2000. En términos económicos esta reducción representó un ahorro económico de US\$ 70,5 millones.

Finalmente, al haberse demandado una menor cantidad de energía por parte de los usuarios, se evitó la emisión de 690 Gg de CO₂ a la atmósfera.

Capítulo V: CONCLUSIONES

1. El Ministerio de Energía y Minas, a través del Proyecto para Ahorro de Energía, logró su objetivo de reducir la máxima demanda del SICN en 100 MW. De acuerdo al análisis efectuado, esta variable creció por debajo de lo previsto; calculándose esta diferencia en 120 MW, en promedio para el período de análisis; representando un ahorro de US\$ 50 millones para los usuarios del sistema.
2. Se redujo el consumo de energía del sector residencial en al menos 619 GWh, que a tarifas corrientes representaron un ahorro económico de US\$ 72 millones en menores facturaciones de electricidad para las familias.
3. Al haberse demandado una menor cantidad de energía y evitar la necesidad de generar electricidad adicional en plantas termoeléctricas, se evitó la emisión de alrededor de 690 mil toneladas de CO₂ a la atmósfera.
4. El desarrollo de programas de eficiencia energética está adquiriendo cada vez mayor importancia a nivel mundial como instrumento para mejorar la eficiencia de los sistemas eléctricos y reducir las emisiones de gases contaminantes derivados de la generación termoeléctrica y causantes del efecto invernadero.
5. Las Campaña de Ahorro de Energía desarrollada en el período 1994-2000 y que cubrió los tres sectores consumidores de energía más importantes, obtuvo sus resultados más contundentes en el sector residencial, el segundo sector más importante en consumo eléctrico a nivel nacional (25,3%).

6. Los beneficios económicos totales derivados de la Campaña, calculados en US\$ 122 millones, superan largamente los US\$ 9,2 millones de inversión que demandó la Campaña, aún cuando el Informe no cubre todas las áreas donde se desarrollaron actividades.

7. Mayores beneficios de la Campaña se continuarán notando en el mediano plazo, como resultado la mejor actitud que ahora tiene la población hacia el ahorro de energía y a adquirir equipos eficientemente energéticos.

Capítulo VI: RECOMENDACIONES

1. Continuar desarrollando la Campaña de Ahorro de Energía como una acción permanente del Ministerio de Energía y Minas, buscando extender los ahorros alcanzados en el período 1995 - 2000.
2. Ampliar el grupo objetivo de la Campaña hacia sectores intensivos en consumo de hidrocarburos, especialmente el sector transporte, responsable del 33% del consumo energético a nivel nacional y segundo principal emisor de gases contaminantes.
3. Mejorar la estrategia de comunicación hacia los sectores residenciales de mayores ingresos a fin de posicionar el "ahorro de energía" como un concepto ambiental, para evitar que se diluya en un contexto de tarifas reales decrecientes que experimentará el país con el mayor uso del gas natural para generación de electricidad.
4. Analizar el resultado de las acciones que estuvieron dirigidas al sector industrial a fin de adecuar las futuras acciones a las necesidades reales de este sector que resulta clave en la mejora de la competitividad del país. Estas actividades deberían enfocarse en el futuro hacia los sub-sectores más intensivos en consumo energético.

Capítulo VII: BIBLIOGRAFÍA

APOYO, Apoyo Opinión y Mercado

- 2000 Hábitos de Consumo de Energía Eléctrica en Lima – Diciembre 2000. Lima
- 2000a Hábitos de consumo de energía eléctrica en Arequipa: Principales resultados. Arequipa, Diciembre 2000
- 1998 Hábitos de Consumo de Energía Eléctrica en Lima – Diciembre 1998. Lima.
- 1998a Post Test publicitario de la Campaña de Ahorro de Energía en Arequipa y Cuzco - Diciembre 1998. Principales Resultados.
- 1998b Hábitos de consumo de energía eléctrica: Tabla de resultados, Arequipa, Marzo - Abril 1998
- 1997 Post Test Publicitario: Campaña de Ahorro de Energía - Encuesta a Hogares de Lima - Tomo I. Lima.
- 1996 Post Test Publicitario: Campaña de Ahorro de Energía Dic.94 - Nov. 95 - Enero 1996. Lima
- 1996a Encuesta Post Test Publicitario de la Campaña de Ahorro de Energía: Trujillo, Enero 1996.

CONAM, Consejo Nacional del Ambiente – Equipo Peruano del Estudio del Cambio Climático.

- 1994 Inventario Nacional de los Gases de Efecto Invernadero – Sector Energía y Procesos Industriales 1994, Lima.

COES - SICN, Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Centro Norte.

- 1994 – 2000 Reportes de Operación Mensual del COES SICN, Lima.

CTE, Comisión de Tarifas de Energía / Comisión de Tarifas Eléctricas / Gerencia Adjunta de Regulación Tarifaria-Osinerg

- 2000 Anuario Estadístico 2000, Lima: CTE
- 2000a Boletín del Mercado Libre
- 1999 Procedimiento de Cálculo de las Tarifas en Barra. Resolución N° 008-99 P/CTE (21/05/99), Lima: CTE
- 1998a Procedimiento de Cálculo de las Tarifas en Barra. Resolución N° 014-98 P/CTE (28/05/98), Lima: CTE
- 1998 Anuario Estadístico, Lima: CTE.
- 1997 Procedimiento de Cálculo de las Tarifas en Barra. Resolución N° 043-97 P/CTE (19/12/97), Lima: CTE
- 1996 Procedimiento de Cálculo de las Tarifas en Barra. Resolución N° 022-96 P/CTE (14/11/96), Lima: CTE
- 1995 Procedimiento de Cálculo de las Tarifas en Barra. Resolución N° 023-95 P/CTE (26/11/95), Lima: CTE

DSM-IEA, Demand Side Management - International Energy Agency

- 1998 The global Demand Side Management Map, a tool for DSM strategy and planning. Sittard, Holanda.

EIA – DOE, Energy Information Administration – US Department of Energy

- 1997 U.S. Electric Utility Demand-Side Management 1996. Washington, DC
- 1999 Emissions of Greenhouse Gases in the United States 1999. Washington, DC.

FRANK, Robert.

1996 Microeconomía y Conducta. España: McGraw-Hill.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change

1996 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. The Workbook (Volume 2). IPCC 1996.

MEM – DGE, Ministerio de Energía y Minas - Dirección General de Electricidad

1996 Estadística Eléctrica, Lima.

MEM – OTERG, Ministerio de Energía y Minas - Oficina Técnica de Energía

2000 Plan Referencial de Electricidad, Lima

1999 Plan Referencial de Electricidad, Lima

1995 Plan Referencial de Electricidad, Lima

MEM – PAE, Ministerio de Energía y Minas – Proyecto para Ahorro de Energía

2001a Informe de Actividades del Proyecto para Ahorro de Energía 1994 - 2000

2001b Informe de Cálculo de Beneficios de la Campaña de Ahorro de Energía 1995-2000, Lima.

2000 Informes Anual de Actividades, Lima.

1999 Informes Anual de Actividades, Lima.

1998a Plan de Eficiencia Energética para el Mediano y Largo Plazo - Versión 1.0, Lima

1998 Informes Anual de Actividades, Lima.

1997 Informes Anual de Actividades, Lima.

1996 Informes Anual de Actividades, Lima.

1995 Informes Anual de Actividades, Lima.

SIMABUKO, Luis

1999 Evaluación de la Campaña de Ahorro de Energía 1998-99. Lima.

TRANSPARENCIA

2001 Datos Electorales N° 21 – Costo de la publicidad en medios de las agrupaciones políticas – Campaña Presidencial en la Primera Vuelta. Lima. Asociación Civil Transparencia.

APÉNDICE 1

**INFORMACIÓN ESTADÍSTICA UTILIZADA EN EL
DESARROLLO DE LOS MODELOS
ECONOMÉTRICOS**

APÉNDICE 1: INFORMACIÓN ESTADÍSTICA UTILIZADA EN LA FORMULACIÓN DE LOS MODELOS

Las fuente consultada para las estadísticas de actividad económica y evolución de precios han sido el Instituto Nacional de Estadística e Informática y el Banco central de Reserva del Perú. Se ha considerado la última actualización del cálculo del PBI con año base 1994. Ver la Tabla 1.

TABLA 1: INFORMACIÓN MACROECONÓMICA

	PBI Global/1	PBI Manufactura	PBI Comercio	Inflación (%)	Población (en miles)
1970	62021.91	11110.74	8994.72		13192.68
1971	64626.83	11730.95	9871.23	6.8	13567.69
1972	66501.01	11979.04	10392.97	7.1	13953.19
1973	70092.06	12758.74	11144.27	9.6	14348.02
1974	76610.63	13839.69	12208.61	16.8	14751.02
1975	79215.39	14264.98	13335.56	23.6	15161.04
1976	80799.69	14778.87	13085.12	33.5	15581.10
1977	81122.89	14530.79	12584.26	38	16011.98
1978	81366.26	13946.01	12333.82	57.8	16449.13
1979	86085.51	14530.79	13001.65	67.7	16888.01
1980	90561.95	15363.65	13648.60	59.2	17324.07
1981	95180.61	15469.97	14379.03	75.4	17758.86
1982	94609.53	15275.05	14379.03	64.5	18195.41
1983	83445.60	12510.65	12312.96	111.1	18631.40
1984	87784.77	13219.47	12605.13	110.2	19064.50
1985	90242.75	13821.97	12897.30	163.4	19492.40
1986	99267.02	15983.87	14712.94	77.9	19915.45
1987	107208.38	18021.72	16152.93	85.8	20335.22
1988	97881.26	16001.59	14379.03	667	20751.15
1989	86429.15	13503.00	12083.39	3,398.60	21162.69
1990	81982.68	12705.58	11519.92	7,481.70	21569.27
1991	83759.69	13503.00	12146.00	409.5	21966.40
1992	83400.56	13059.00	12040.00	73.5	22354.44
1993	87374.59	13501.00	12352.00	48.6	22740.16
1994	98577.44	15748.00	14364.00	23.7	23130.32
1995	107038.85	16616.28	15951.72	11.1	23531.70
1996	109708.50	16861.77	16095.15	11.5	23946.78
1997	117109.63	17757.95	17351.61	8.5	24371.04
1998	116485.19	17188.09	16796.75	7.3	24800.77
1999	117589.57	17095.20	16481.82	3.5	25232.23
2000	121266.59	18240.90	17321.53	3.8	25671.19

Fuente: INEI, Banco Central de Reserva (Portal en Internet)

/1 En términos reales. En nuevos soles de 1994

La información relacionada con las ventas de energía a los diferentes sectores consumidores de electricidad (industrial, residencial y comerciales) ha sido extraída del documento "Evaluación de la Campaña de Ahorro de Energía"¹, habiéndose completado la información correspondiente a los años 1999 y 2000.

Dado que hasta 1993 los usuarios se clasificaban en base al uso final de la energía (usuarios residenciales, industriales y comerciales) y este esquema no continuó en el nuevo marco del sector eléctrico, tanto en el documento referenciado como en el presente Informe, se ha tratado de mantener la continuidad de las series anteriores aproximándolas en base a los criterios recogidos de la Comisión de Tarifas de Energía².

El consumo de energía en alumbrado público se completó con la serie de la tarifa BT4AP, mientras que para determinar el consumo residencial se sumaron las ventas de energía de la tarifa BT5 y BT6 (residencial).

La serie del consumo de electricidad industrial se ha completado considerando a los clientes libres (MAT1, AT1 y MT1), los usuarios de la tarifa MT4 y un porcentaje de la tarifa BT4, como una forma de aproximar las anteriores tarifas MAT1, AT1, MT1, 30, 31 y 32 que conformaban la tarifa industrial, según la CTE.

GWh	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Consumo Industrial D=(A+B+C)	1,959	2,250	2,372	2,099	2,203	2,186	2,110	2,279
A. 30+31 = X% **/ BT4 (BT4)	234	279	301	318	333	298	276.9	266.4
B. 32 = MT4	316	376	405	429	448	403	374.3	360.1
C. MT1+AT1+MAT1 = C. Libres	351	429	452	456	447	425	392.5	505.4
	1,373	1,542	1,620	1,325	1,423	1,464	1,441	1,507

*/ Estimado sobre la base de la información de la CTE y MEM (1998).

**/ El ratio estimado, $X\% = (D - (B + C)) / BT4$. Para 1993, X=74%.

El consumo de electricidad de los usuarios comerciales se calcula de manera residual, como la diferencia entre el consumo total de electricidad menos el consumo residencial, industrial y de alumbrado público. Todos los datos estimados se presentan en la Tabla 2.

¹ Simabuko 1999. La fuente citada por el autor es: el Libro Estadístico de Electrolima [antes de 1993] y los Anuarios Estadísticos de la Comisión de Tarifas Eléctricas [luego de 1993].

² El sistema actual no diferencia por tipo de usuario, sino por el tipo de demanda que el usuario tiene [presencia en horas punta o fuera de horas punta, alta, media o baja tensión, etc.].

· TABLA 2: CONSUMO DE ENERGÍA DE LIMA METROPOLITANA POR SECTORES – EN GWh

	Alumbrado Público	Residencial	Industrial	Refinería Cajamarquilla	Comercial y otros	TOTAL	Máxima demanda
1970	97	568	807		340	1,812	391
1971	109	616	906		371	2,001	425
1972	123	656	958		404	2,141	444
1973	131	709	1,020		450	2,310	486
1974	144	785	1,099		461	2,490	516
1975	153	870	1,160		481	2,663	569
1976	169	934	1,235		521	2,859	588
1977	176	1,018	1,237		531	2,962	597
1978	175	1,043	1,245		538	3,001	610
1979	181	1,071	1,330		565	3,148	646
1980	198	1,152	1,447		596	3,393	694
1981	192	1,243	1,730	254	653	3,819	782
1982	210	1,317	1,835	384	685	4,047	826
1983	205	1,342	1,644	376	711	3,902	787
1984	210	1,400	1,730	350	710	4,049	839
1985	239	1,411	1,867	369	712	4,229	865
1986	240	1,513	2,083	392	734	4,570	950
1987	243	1,722	2,262	323	805	5,032	1010
1988	239	1,841	2,169	301	850	5,098	1039
1989	236	1,795	1,887	296	774	4,692	997
1990	251	1,844	1,722	259	687	4,503	967
1991	254	1,931	2,030	366	808	5,023	1048
1992	237	1,722	1,632	259	709	4,300	1046
1993	288	1,960	1,959	380	862	5,069	1121
1994 *	272	2,008	2,250	382	925	5,456	1200.1
1995 *	252	2,025	2,372	368	1,060	5,709	1195.7
1996 *	246	2,086	2,099	35	1,259	5,691	1198.6
1997 *	268	2,242	2,203	0	1,458	6,172	1216.6
1998 *	274	2,452	2,186	0	1,688	6,601	1291.8
1999 *	273.9	2,512	2,110	0	1,765	6,662	1316.8
2000 *	280.1	2,604	2,279	0	1,789	6,951	1334.8

*/ Estimados

La información correspondiente a la máxima demanda de Lima proviene, hasta 1993, de las estadísticas de *Electrolima*. Su evolución para los años sub-siguientes se estima asumiendo una tasa de crecimiento igual a la experimentada por el Sistema Interconectado Centro Norte en conjunto.

Para calcular la tarifa real de electricidad de los diferentes sectores con base 1970=100, se estimó el precio promedio anual de la energía eléctrica, obtenida de la división entre el monto total facturado (en soles corrientes) y las ventas totales de energía (en GWh). Este precio medio se deflató (dividió) entre el índice de precios al consumidor (IPC) promedio anual. Ver Tabla 3.

TABLA 3: TARIFAS REALES DE ELECTRICIDAD POR SECTORES DE CONSUMO. BASE 1970 = 100

	Alumbrado público	Residencial	Industrial	Tarifa industrial excluida la refinería de Cajamarquilla	Comercial + otros	Promedio general	Promedio excluido alumbrado público	Promedio excluido alumbrado público y Cajamarquilla
1970	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1971	93.63	93.63	93.63	93.63	86.94	93.63	93.63	93.63
1972	87.43	87.43	87.43	87.43	81.18	87.43	87.43	87.43
1973	99.71	88.63	93.06	93.06	85.47	89.74	88.63	88.63
1974	85.37	75.88	79.68	79.68	73.17	76.83	75.88	75.88
1975	69.07	67.53	92.09	92.09	90.78	82.88	79.81	79.81
1976	72.43	64.38	96.57	96.57	79.82	82.78	73.58	73.58
1977	67.48	56.65	109.97	109.97	77.12	82.48	76.65	76.65
1978	76.03	67.58	152.05	152.05	89.60	104.54	95.03	95.03
1979	70.83	65.48	149.23	149.23	89.05	102.00	94.45	94.45
1980	53.39	52.21	145.94	145.94	81.87	93.44	87.01	87.01
1981	56.82	55.92	147.47	154.91	88.42	98.43	90.65	92.45
1982	67.23	62.78	157.91	170.25	99.05	107.64	99.24	102.26
1983	57.86	54.15	139.87	158.57	86.57	94.23	87.01	91.04
1984	103.98	66.17	155.97	185.07	101.87	109.68	100.27	107.56
1985	105.45	69.85	178.84	194.50	123.21	124.71	114.68	118.52
1986	91.19	50.97	124.38	137.17	100.35	92.10	84.16	87.94
1987	81.80	39.96	100.77	108.79	85.62	75.30	68.49	70.91
1988	51.71	23.29	70.96	73.61	54.49	49.20	44.75	45.31
1989	25.46	6.51	43.42	44.67	27.46	24.47	22.30	22.14
1990	78.09	22.17	55.34	58.93	37.78	38.34	34.05	34.74
1991	82.09	18.16	34.46	37.33	24.28	27.21	23.53	24.30
1992	72.56	25.04	44.08	47.70	27.38	33.73	29.85	30.75
1993	72.07	27.63	41.19	44.46	24.66	33.34	29.49	30.45
1994	86.26	38.12	45.32	43.62	25.83	38.12	33.65	35.00
1995	95.40	44.52	49.15	45.03	25.57	41.25	36.41	37.82
1996	102.09	45.07	45.15	45.19	24.75	42.80	37.71	37.84
1997	98.21	44.48	42.10	42.10	23.49	41.50	36.58	36.58
1998	91.58	39.43	38.61	40.14	21.24	37.23	32.76	32.76
1999	94.34	42.11	41.16	41.16	22.65	40.09	35.36	35.36
2000	100.60	44.57	41.25	41.25	24.80	42.12	37.13	37.13

A. INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE CADA MODELO

1. DEMANDA DE ENERGÍA DEL SECTOR INDUSTRIAL

El modelo planteado explica el comportamiento de la demanda de electricidad de los usuarios industriales: VINDUS, excluyendo la Refinería Cajamarquilla, a través de las siguientes variables:

MANUF	Producto Bruto Interno del sector manufacturero. (Año base = 1994)
TINDUS1(-1)	Tarifa industrial de electricidad excluida la Refinería Cajamarquilla. Rezagada en 1 periodo
PREALCOMB(-1)	Promedio del precio real de los combustibles Residual 6 y Diesel 2. Rezagado en 1 periodo.

	VINDUS	MANUF	TINDUS1	REALD2	REALR6	PREALCOMB
1970	807.0	11110.7	100.0	100.0	100.0	100.0
1971	906.0	11731.0	93.6	93.6	96.9	95.2
1972	958.0	11979.0	87.4	87.4	93.5	90.4
1973	1020.0	12758.7	93.1	76.4	85.3	80.9
1974	1099.0	13839.7	79.7	69.7	143.7	106.7
1975	1160.0	14265.0	92.1	71.4	108.6	90.0
1976	1235.0	14778.9	96.6	83.6	109.9	96.8
1977	1237.0	14530.8	110.0	120.0	129.3	124.6
1978	1245.0	13946.0	152.1	185.3	216.9	201.1
1979	1330.0	14530.8	149.2	206.8	236.4	221.6
1980	1447.0	15363.6	145.9	180.6	216.5	198.6
1981	1476.0	15470.0	154.9	198.9	244.2	221.6
1982	1451.0	15275.0	170.2	268.4	323.6	296.0
1983	1268.0	12510.7	158.6	312.5	459.9	386.2
1984	1380.0	13219.5	185.1	305.7	421.0	363.4
1985	1498.0	13822.0	194.5	453.5	647.2	550.4
1986	1691.0	15983.9	137.2	321.1	454.6	387.9
1987	1939.0	18021.7	108.8	174.3	235.0	204.6
1988	1868.0	16001.6	73.6	90.3	97.9	94.1
1989	1591.0	13503.0	44.7	70.6	75.8	73.2
1990	1463.0	12705.6	58.9	124.3	140.7	132.5
1991	1664.0	13503.0	37.3	118.1	142.3	130.2
1992	1373.0	13059.0	47.7	112.5	117.6	115.0
1993	1579.0	13501.0	44.5	117.0	101.4	109.2
1994	1868.0	15748.0	43.6	117.5	90.6	104.1
1995	2004.0	16616.3	45.0	112.3	82.7	97.5
1996	2064.0	16861.8	45.2	117.6	82.3	99.9
1997	2203.0	17757.9	42.1	132.4	100.6	116.5
1998	2186.0	17188.1	40.1	122.5	103.0	112.8
1999	2110.1	17095.2	41.2	149.4	108.9	129.1
2000	2278.8	18240.9	41.3	181.1	123.8	152.4

2. DEMANDA DE ENERGÍA DEL SECTOR RESIDENCIAL

El comportamiento del consumo promedio de electricidad del sector residencial [RESAB] se explica a través de las siguientes variables exógenas:

PBIPERC94 Producto Bruto Interno per capita (Año Base: 1994) [Soles 1994/habitante]

TRESREALPM Tarifa real residencial en promedio móvil, con una ponderación igual para la tarifa del período anterior y para la tarifa del período corriente.

RESABPM Consumo promedio residencial en promedio móvil; con igual ponderación para la variable del período anterior y la variable rezagada en dos períodos.

	RESAB	PBIPERC94	TRESREALPM	RESABPM
1970	0.001991	4.701	NA	NA
1971	0.001764	4.763	97.88	NA
1972	0.001728	4.766	91.56	0.001875
1973	0.001754	4.885	87.83	0.001746
1974	0.001825	5.194	84.38	0.001741
1975	0.001917	5.225	73.10	0.001790
1976	0.001902	5.186	66.48	0.001872
1977	0.002049	5.066	61.81	0.001909
1978	0.002013	4.947	60.29	0.001977
1979	0.001986	5.097	66.88	0.002031
1980	0.002067	5.228	61.06	0.001999
1981	0.002153	5.360	53.44	0.002028
1982	0.002193	5.200	58.21	0.002111
1983	0.002105	4.479	59.90	0.002173
1984	0.001982	4.605	58.16	0.002148
1985	0.001931	4.630	67.40	0.002042
1986	0.002022	4.984	63.56	0.001956
1987	0.002244	5.272	47.30	0.001977
1988	0.002326	4.717	34.40	0.002135
1989	0.00222	4.084	17.69	0.002286
1990	0.002253	3.801	11.73	0.002272
1991	0.002278	3.813	20.83	0.002237
1992	0.001988	3.731	20.45	0.002266
1993	0.002096	3.842	25.90	0.002130
1994	0.001995	4.262	31.13	0.002043
1995	0.001903	4.549	40.25	0.002044
1996	0.001734	4.581	44.70	0.001948
1997	0.001787	4.805	44.87	0.001817
1998	0.00191	4.697	42.79	0.001761
1999	0.001894	4.660	40.32	0.001849
2000	0.001918	4.724	42.93	0.001902

3. DEMANDA DE ENERGÍA DEL SECTOR COMERCIAL

El modelo planteado explica el comportamiento del consumo promedio de electricidad del sector comercial por abonado [VCOMERAB] (GWh/abonado) mediante las siguientes variables:

COMERCPM PBI Comercial en promedio móvil, con una ponderación igual para el PBI COMERCIAL del período corriente y para el PBI COMERCIAL del período anterior.

TCOMREAL Tarifa sector comercial en términos reales

(D2/TCOMREAL) Precio relativo del D2 respecto a la tarifa comercial real

	COMERAB	COMERCPM	TCOMREAL	REAL D2 (D2)	D2/TCOMREAL
1970	NA	NA	100.00	100.00	1.00
1971	NA	9432.976	86.94	93.63	1.08
1972	0.007693	10132.10	81.18	87.43	1.08
1973	0.008338	10768.62	85.47	76.44	0.89
1974	0.008698	11676.44	73.17	69.72	0.95
1975	0.008674	12772.08	90.78	71.37	0.79
1976	0.009186	13210.34	79.82	83.64	1.05
1977	0.009007	12834.69	77.12	119.97	1.56
1978	0.008777	12459.04	89.60	185.31	2.07
1979	0.008965	12667.74	89.05	206.84	2.32
1980	0.008969	13325.12	81.87	180.65	2.21
1981	0.009359	14013.81	88.42	198.88	2.25
1982	0.009307	14379.03	99.05	268.43	2.71
1983	0.009237	13345.99	86.57	312.48	3.61
1984	0.008149	12459.04	101.87	305.74	3.00
1985	0.007911	12751.21	123.21	453.51	3.68
1986	0.008026	13805.12	100.35	321.13	3.20
1987	0.008576	15432.93	85.62	174.30	2.04
1988	0.008682	15265.98	54.49	90.33	1.66
1989	0.007882	13231.21	27.46	70.61	2.57
1990	0.007030	11801.65	37.78	124.26	3.29
1991	0.008026	11832.96	24.28	118.09	4.86
1992	0.006978	12093.00	27.38	112.45	4.11
1993	0.007760	12196.00	24.66	117.00	4.74
1994	0.008521	13358.00	25.83	117.52	4.55
1995	0.010047	15157.86	25.57	112.30	4.39
1996	0.010565	16023.44	24.75	117.61	4.75
1997	0.013105	16723.38	23.49	132.36	5.63
1998	0.014865	17074.18	21.24	122.51	5.77
1999	0.015196	16639.28	22.65	149.38	6.59
2000	0.015254	16901.67	24.80	181.06	7.30

4. EVOLUCIÓN DE LA MÁXIMA DEMANDA

El modelo planteado explica el comportamiento de la máxima demanda de potencia del conjunto de usuarios de Lima Metropolitana (MXDA) a través de las siguientes variables explicativas:

MXDA(-1) Máxima Demanda rezagada en un período

THP(-2) Tarifa en horas punta / tarifa promedio rezagado en un período. A través la variable proxy definida como: (Precio real D2 / promedio tarifa real del sector comercial e industrial)

VENT_ENERGÍA Ventas de electricidad al sector industrial y comercial (Promedio)

	MXDA	THP	VENT_ENERGÍA
1970	391.00	100.00	573.50
1971	425.00	103.70	638.50
1972	444.00	103.70	681.00
1973	486.00	85.64	735.00
1974	516.00	91.22	780.00
1975	569.00	78.06	820.50
1976	588.00	94.83	878.00
1977	597.00	128.24	884.00
1978	610.00	153.37	891.50
1979	646.00	173.61	947.50
1980	694.00	158.59	1021.50
1981	782.00	163.46	1064.50
1982	826.00	199.36	1068.00
1983	787.00	254.94	989.50
1984	839.00	213.10	1045.00
1985	865.00	285.49	1105.00
1986	950.00	270.40	1212.50
1987	1010.00	179.32	1372.00
1988	1039.00	141.03	1359.00
1989	997.00	195.79	1182.50
1990	967.00	256.96	1075.00
1991	1048.00	383.33	1236.00
1992	1046.00	299.53	1041.00
1993	1121.00	338.52	1220.50
1994	1200.08	338.45	1396.50
1995	1195.66	318.17	1532.00
1996	1198.61	336.29	1661.50
1997	1216.58	403.58	1830.50
1998	1291.82	399.18	1937.00
1999	1316.83	468.22	1937.54
2000	1334.84	548.22	2033.90

APÉNDICE 2

**REPORTES DE LOS MODELOS DESARROLLADOS EN LA
METODOLOGÍA ECONOMÉTRICA DE CÁLCULO DE
BENEFICIOS DE LA CAMPAÑA**

Modelos Ex-Ante

Período previo al desarrollo de la Campaña

1970 - 1994

- 1.- Consumo de energía del Sector Industrial
- 2.- Consumo de energía del Sector Residencial
- 3.- Consumo de energía del Sector Comercial
- 4.- Evolución de la máxima demanda

Dependent Variable: LOG(VINDUS)

Method: Least Squares

Date: 12/19/01 Time: 15:26

Sample(adjusted): 1973 1994

Included observations: 22 after adjusting endpoints

Convergence achieved after 9 iterations

LOG(VINDUS)=C(1)+C(2)*LOG(MANUF)+C(3)*LOG(TINDUS1(-1))+C(4)*LOG((0.5
*REALD2(-1)+0.5*REALR6(-1)))+C(5)*LOG(VINDUS(-1))+[AR(1)=C(12),
AR(2)=C(13)]

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-2.308100	0.795822	-2.900270	0.0110
C(2)	0.574715	0.099436	5.779737	0.0000
C(3)	-0.149675	0.028051	-5.335811	0.0001
C(4)	0.138919	0.023475	5.917682	0.0000
C(5)	0.559889	0.050090	11.17764	0.0000
C(12)	-0.718886	0.252597	-2.845985	0.0123
C(13)	-0.580194	0.265946	-2.181627	0.0455
R-squared	0.921639	Mean dependent var		7.264598
Adjusted R-squared	0.890295	S.D. dependent var		0.172295
S.E. of regression	0.057067	Akaike info criterion		-2.635804
Sum squared resid	0.048850	Schwarz criterion		-2.288654
Log likelihood	35.99384	Durbin-Watson stat		2.119671
Inverted AR Roots	-.36+.67i	-.36-.67i		

Dependent Variable: LOG(RESAB)

Method: Least Squares

Date: 12/19/01 Time: 15:24

Sample(adjusted): 1972 1994

Included observations: 23 after adjusting endpoints

$$\text{LOG(RESAB)} = C(1) + C(2) * \text{LOG(PBIPERC94)} + C(3) * \text{LOG}(0.5 * T_REAL_RESIDENCI(-1) + 0.5 * T_REAL_RESIDENCI) + C(4) * \text{LOG}(0.51 * \text{RESAB}(-1) + 0.49 * \text{RESAB}(-2)) + C(5) * D92$$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-2.461557	0.843360	-2.918750	0.0092
C(2)	0.567498	0.107853	5.261776	0.0001
C(3)	-0.130801	0.026221	-4.988381	0.0001
C(4)	0.661756	0.147633	4.482436	0.0003
C(5)	-0.074558	0.036963	-2.017118	0.0588
R-squared	0.864594	Mean dependent var	-6.195628	
Adjusted R-squared	0.834504	S.D. dependent var	0.080688	
S.E. of regression	0.032825	Akaike info criterion	-3.805608	
Sum squared resid	0.019394	Schwarz criterion	-3.558762	
Log likelihood	48.76450	Durbin-Watson stat	2.159739	

Dependent Variable: DLOG(VCOMERAB)

Method: Least Squares

Date: 12/19/01 Time: 15:27

Sample(adjusted): 1973 1994

Included observations: 22 after adjusting endpoints

$$\text{DLOG(VCOMERAB)} = C(1) + C(2) * \text{DLOG}(0.5 * \text{PBICOMERC94} + 0.5 * \text{PBICOMERC94}(-1)) \\ + C(3) * \text{DLOG}(\text{TCOMREAL}) + C(4) * \text{DLOG}((\text{REALD2}/\text{TCOMREAL})) + C(5) * \text{D92} + C(6) \\ * \text{D93}$$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-0.016985	0.009851	-1.724255	0.1039
C(2)	0.935128	0.154786	6.041441	0.0000
C(3)	-0.089958	0.035261	-2.551184	0.0214
C(4)	0.096190	0.044172	2.177628	0.0447
C(5)	-0.116159	0.040378	-2.876822	0.0110
C(6)	0.092010	0.038912	2.364582	0.0310
R-squared	0.801336	Mean dependent var		0.004649
Adjusted R-squared	0.739254	S.D. dependent var		0.074127
S.E. of regression	0.037852	Akaike info criterion		-3.483274
Sum squared resid	0.022924	Schwarz criterion		-3.185717
Log likelihood	44.31601	Durbin-Watson stat		2.000462

Dependent Variable: LOG(MXDA)

Method: Least Squares

Date: 12/19/01 Time: 15:25

Sample(adjusted): 1972 1994

Included observations: 23 after adjusting endpoints

$\text{LOG(MXDA)} = \text{C(1)} + \text{C(2)} * \text{LOG}(0.5 * \text{VENT_ENER_COM} + 0.5 * \text{VINDUS}) + \text{C(3)} * \text{LOG}(\text{THP}(-2)) + \text{C(4)} * \text{LOG}(\text{MXDA}(-1))$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-0.284840	0.337543	-2.343863	0.0492
C(2)	0.288143	0.088916	3.240631	0.0043
C(3)	0.068056	0.028249	2.409159	0.0263
C(4)	0.695458	0.057587	12.07658	0.0000
R-squared	0.990851	Mean dependent var		6.657723
Adjusted R-squared	0.989406	S.D. dependent var		0.292061
S.E. of regression	0.030061	Akaike info criterion		-4.014400
Sum squared resid	0.017170	Schwarz criterion		-3.816923
Log likelihood	50.16560	Durbin-Watson stat		1.947536

Modelos Ex-Post

Período que incluye el desarrollo de la Campaña

1970 - 2000

- 1.- Consumo de energía del Sector Industrial
- 2.- Consumo de energía del Sector Residencial
- 3.- Consumo de energía del Sector Comercial
- 4.- Evolución de la máxima demanda

Dependent Variable: LOG(VINDUS)

Method: Least Squares

Date: 12/14/01 Time: 14:09

Sample(adjusted): 1973 2000

Included observations: 28 after adjusting endpoints

Convergence achieved after 9 iterations

LOG(VINDUS)=C(1)+C(2)*LOG(MANUF)+C(3)*LOG(TINDUS1(-1))+C(4)*LOG((0.5
*REALD2(-1)+0.5*REALR6(-1)))+C(5)*LOG(VINDUS(-1))+C(6)*D95+C(7)*D96
+C(8)*D97+C(9)*D98+C(10)*D99+C(11)*D00+[AR(1)=C(12), AR(2)=C(13)]

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-2.308100	0.795822	-2.900270	0.0110
C(2)	0.574715	0.099436	5.779737	0.0000
C(3)	-0.149675	0.028051	-5.335811	0.0001
C(4)	0.138919	0.023475	5.917682	0.0000
C(5)	0.559889	0.050090	11.177640	0.0000
C(6)	0.132133	0.080494	1.641530	0.1215
C(7)	-0.005080	0.083057	-0.061164	0.9520
C(8)	0.000185	0.081126	0.002275	0.9982
C(9)	0.027553	0.095387	0.288859	0.7766
C(10)	-0.057634	0.087355	-0.659764	0.5194
C(11)	-0.023167	0.086741	-0.26708	0.7930
C(12)	-0.718886	0.252597	-2.845985	0.0123
C(13)	-0.580194	0.265946	-2.181627	0.0455
R-squared	0.965157	Mean dependent var	7.351062	
Adjusted R-squared	0.937283	S.D. dependent var	0.227873	
S.E. of regression	0.057067	Akaike info criterion	-2.584758	
Sum squared resid	0.048850	Schwarz criterion	-1.966234	
Log likelihood	49.18661	Durbin-Watson stat	2.128420	
Inverted AR Roots	-.36+.67i	-.36-.67i		

Dependent Variable: LOG(RESAB)

Method: Least Squares

Date: 12/14/01 Time: 14:51

Sample(adjusted): 1972 2000

Included observations: 29 after adjusting endpoints

$$\text{LOG(RESAB)} = \text{C(1)} + \text{C(2)} * \text{LOG(PBIPERC94)} + \text{C(3)} * \text{LOG}(0.5 * \text{T_REAL_RESIDENCI}(-1) + 0.5 * \text{T_REAL_RESIDENCI}) + \text{C(4)} * \text{LOG}(0.51 * \text{RESAB}(-1) + 0.49 * \text{RESAB}(-2)) + \text{C(5)} * \text{D92} + \text{C(6)} * \text{D95} + \text{C(7)} * \text{D96} + \text{C(8)} * \text{D97} + \text{C(9)} * \text{D98} + \text{C(10)} * \text{D99} + \text{C(11)} * \text{D00}$$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-2.461557	0.843360	-2.918750	0.0092
C(2)	0.567498	0.107853	5.261776	0.0001
C(3)	-0.130801	0.026221	-4.988381	0.0001
C(4)	0.661756	0.147633	4.482436	0.0003
C(5)	-0.074558	0.036963	-2.017118	0.0588
C(6)	-0.077606	0.033663	-2.305339	0.0333
C(7)	-0.132124	0.034286	-3.853580	0.0012
C(8)	-0.083313	0.037389	-2.228277	0.0389
C(9)	0.008326	0.040252	0.206845	0.8385
C(10)	-0.031531	0.037013	-0.851874	0.4055
C(11)	-0.037044	0.035146	-1.053996	0.3058
R-squared	0.899965	Mean dependent var	-6.214986	
Adjusted R-squared	0.844390	S.D. dependent var	0.083211	
S.E. of regression	0.032825	Akaike info criterion	-3.713572	
Sum squared resid	0.019394	Schwarz criterion	-3.194943	
Log likelihood	64.84679	Durbin-Watson stat	2.186528	

Dependent Variable: DLOG(VCOMERAB)

Method: Least Squares

Date: 12/19/01 Time: 15:04

Sample(adjusted): 1973 2000

Included observations: 28 after adjusting endpoints

$$\begin{aligned} \text{DLOG(VCOMERAB)} = & C(1) + C(2) * \text{DLOG}(0.5 * \text{PBICOMERC94} + 0.5 * \text{PBICOMERC94}(-1)) \\ & + C(3) * \text{DLOG}(\text{TCOMREAL}) + C(4) * \text{DLOG}(\text{REALD2} / \text{TCOMREAL}) + C(5) * \text{D92} + C(6) \\ & * \text{D93} + C(7) * \text{D95} + C(8) * \text{D96} + C(9) * \text{D97} + C(10) * \text{D98} + C(11) * \text{D99} + C(12) * \text{D00} \end{aligned}$$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-0.016985	0.009851	-1.724255	0.1039
C(2)	0.935128	0.154786	6.041441	0.0000
C(3)	-0.089958	0.035261	-2.551184	0.0214
C(4)	0.096190	0.044172	2.177628	0.0447
C(5)	-0.116159	0.040378	-2.876822	0.0110
C(6)	0.092010	0.038912	2.364582	0.0310
C(7)	0.066033	0.041646	1.585561	0.1324
C(8)	0.004795	0.039380	0.121774	0.9046
C(9)	0.171402	0.039613	4.326936	0.0005
C(10)	0.112250	0.038867	2.888051	0.0107
C(11)	0.056025	0.039401	1.421898	0.1743
C(12)	0.004532	0.039179	0.115686	0.9093
R-squared	0.880367	Mean dependent var		0.024449
Adjusted R-squared	0.798119	S.D. dependent var		0.084244
S.E. of regression	0.037852	Akaike info criterion		-3.412748
Sum squared resid	0.022924	Schwarz criterion		-2.841803
Log likelihood	59.77847	Durbin-Watson stat		2.049768

Dependent Variable: LOG(MXDA)

Method: Least Squares

Date: 12/15/01 Time: 15:35

Sample(adjusted): 1972 2000

Included observations: 29 after adjusting endpoints

$$\text{LOG(MXDA)} = C(1) + C(2) * \text{LOG}(0.5 * \text{VENT_ENER_COM} + 0.5 * \text{VINDUS}) + C(3) * \text{LOG}(\text{THP}(-2)) + C(4) * \text{LOG}(\text{MXDA}(-1)) + C(5) * \text{D95} + C(6) * \text{D96} + C(7) * \text{D97} + C(8) * \text{D98} + C(9) * \text{D99} + C(10) * \text{D00}$$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-0.284840	0.337543	-2.343863	0.0492
C(2)	0.288143	0.088916	3.240631	0.0043
C(3)	0.068056	0.028249	2.409159	0.0263
C(4)	0.695458	0.057587	12.07658	0.0000
C(5)	-0.069339	0.033710	-2.056933	0.0537
C(6)	-0.087683	0.036351	-2.412120	0.0261
C(7)	-0.098217	0.041145	-2.387112	0.0275
C(8)	-0.068628	0.043771	-1.567913	0.1334
C(9)	-0.103673	0.041696	-2.486410	0.0224
C(10)	-0.116666	0.043973	-2.653133	0.0157
R-squared	0.994243	Mean dependent var	6.756902	
Adjusted R-squared	0.991516	S.D. dependent var	0.326367	
S.E. of regression	0.030061	Akaike info criterion	-3.904373	
Sum squared resid	0.017170	Schwarz criterion	-3.432892	
Log likelihood	66.61341	Durbin-Watson stat	1.963907	

APÉNDICE 3

**INFORMACIÓN ADICIONAL A LOS MODELOS
ECONOMÉTRICOS PRESENTADOS EN EL
INFORME**

APÉNDICE 3: INFORMACIÓN ADICIONAL SOBRE LOS MODELOS ECONÓMICOS PLANTEADOS EN EL INFORME

Como se explicó en el cuarto capítulo del Informe, en la formulación de los modelos que explican el comportamiento del consumo de electricidad y la demanda de potencia de los usuarios de Lima Metropolitana, se tomaron como base los modelos planteados en el documento "Evaluación de la Campaña de Ahorro de Energía 1995-1998" (Simabuko 1999), documento elaborado en 1999 por encargo del PAE para analizar los resultados de los cuatro primeros años de la Campaña.

Sin embargo, con el fin de mantener la confiabilidad de las aproximaciones, los modelos debieron ser modificados ya que sus indicadores estadísticos se deterioraron al incluir información estadística más actual (específicamente las cifras del PBI con año base 1994).

El objetivo de este Apéndice es conocer las diferencias entre los modelos presentados en la Evaluación 1995-1998 y los presentados este Informe de Evaluación 1995-2000.

1. DEMANDA DE ELECTRICIDAD DE LOS USUARIOS INDUSTRIALES (VINDUS)

Para explicar la demanda de electricidad del sector industrial de Lima (excluida la Refinería Cajamarquilla), la Evaluación 1995-1998 utilizó un modelo con las siguientes variables explicativas, relacionadas a través de sus diferencias de logaritmos:

- **MANUF** : El producto bruto del sector Industrial con año base 1979,
- **(COMBUST/TIND1)(-2)**: Ratio: Precio promedio de los combustibles industriales R6 y D2 entre la tarifa industrial, en términos reales y con rezago de dos periodos,
- **D92** : Variable ficticia incluida para aislar la reducción en el consumo de energía originada por el racionamiento de 1992 (1992: 1, Resto del periodo: 0).
- **D93** : Variable ficticia incluida para aislar el crecimiento estadístico del consumo de energía del año 1993. (1993: 1, Resto del periodo: 0)

El modelo que definimos en el Informe de Evaluación 1995–2000, mantiene y actualiza la variable **MANUF** (PBI Industrial - Año base 94) e incorpora tres variables explicativas:

- **TINDUS (-1)** : Tarifa promedio de electricidad para los consumidores industriales, excluyendo la Refinería de Cajamarquilla, rezagada de un período.
- **PREALCOMB (-1)** : Precio real de los combustibles, rezagado de un período.
- **VINDUS (-1)** : Consumo de energía del sector industrial, excluyendo la Refinería de Cajamarquilla, rezagado de un período.

Con estas modificaciones, el modelo presentó un coeficiente de determinación (R^2) aceptable de 92% y un Durbin Watson de 2.1, indicando un buen ajuste y una muy baja correlación serial de los errores.

2. DEMANDA DE ELECTRICIDAD DE LOS USUARIOS RESIDENCIALES

Para explicar el consumo promedio de electricidad de sector residencial (RESAB), la Evaluación 1995-1998 utilizó un modelo con las siguientes variables explicativas, relacionadas a través de sus logaritmos:

- **PBIPERC** : Producto Bruto Interno per cápita, con año base 1979.
- **TRESP** : Tarifa real residencial promedio móvil con una ponderación de 1/3 para la tarifa actual y 2/3 para la variable rezagada en un periodo.
- **RESAB (-1)** : El mismo consumo de electricidad residencial rezagado un período.
- **D92** : Variable ficticia incluida para aislar la reducción en el consumo de energía derivada del racionamiento de electricidad de 1992.

El modelo que definimos en el Informe de Evaluación 1995–2000, en función de los logaritmos de las variables, mantiene las variables explicativas PBIPERC y D92 y modifica las otras, quedando definidas como:

- **TRESP** : Tarifa real residencial en promedio móvil, con una ponderación de 1/2 para la tarifa actual y 1/2 para la tarifa rezagada en un periodo.

- RESABPM : Consumo de electricidad por abonado residencial en promedio móvil; con una ponderación de 1/2 para el consumo del período anterior y 1/2 para el consumo rezagado en dos períodos.

Con estas modificaciones se consiguió un aceptable coeficiente de determinación (R^2) de 87% y un Durbin Watson de 2.16, indicando un buen ajuste del modelo y una baja correlación serial de los errores.

3. DEMANDA DE ELECTRICIDAD DE LOS USUARIOS COMERCIALES

Para explicar las ventas de electricidad por abonado del sector comercial (VCOMERAB), la Evaluación 1995-1998 utilizó un modelo en diferencias de logaritmos con las siguientes variables explicativas:

- COMERCP: PBI Comercial con año base 1979. La ponderación fue de 0.25, para el PBI comercial corriente, y 0.75, para la variable rezagada en un período.
- TCOM : Tarifa del sector comercial en términos reales
- (D2/TCOM) : Precio relativo del Diesel 2 respecto a la tarifa comercial real
- D92 : Variable ficticia incluida para aislar la reducción del consumo de energía derivada del racionamiento de electricidad de 1992
- D93 : Variable ficticia incluida para aislar el crecimiento estadístico del consumo de energía del año 1993.

El modelo que definimos en el Informe de Evaluación 1995–2000, en función de las diferencias de los logaritmos, conserva las variables TCOMREAL, (D2/TCOM), D92 y D93 y actualiza la variable COMERCPM, quedando definida como:

- COMERCPM : PBI Comercial con año base 1994 en promedio móvil. Con igual ponderación para el PBI comercial del período corriente y del período anterior.

El modelo obtuvo un aceptable coeficiente de determinación (R^2) de 80% y un Durbin Watson de 2.00, indicando una muy baja de correlación serial de los errores.

4. MÁXIMA DEMANDA

Para explicar la máxima demanda de los usuarios de Lima Metropolitana, la evaluación 1995-1998 utilizó un modelo en diferencias de logaritmos con las siguientes variables explicativas:

- **COMERC** : Producto Bruto Interno del Sector Comercial
- **THP** : Variable Proxy, Tarifa en HP / Tarifa en FHP
- **D81** : Variable ficticia incluida para aislar el efecto del ingreso al sistema de la Refinería de Cajamarquilla
- **D92** : Variable ficticia incluida para aislar el efecto de la reducción inducida por el racionamiento de electricidad de 1992.

El modelo que definimos en el Informe de Evaluación 1995–2000, en función de los logaritmos de las variables, obvia la variable **COMERC** (PBI Comercial), reformula la variable proxy **THP** e incorpora tres nuevas variables:

- **THP(-2)** : La Variable Proxy **THP** que aproxima la relación entre la tarifa en horas punta y la tarifa promedio con un rezago de dos periodos. Esta variable proxy se define como: (precio real D2 / tarifa real del sector comercial e industrial).
- **MXDA(-1)** : La misma variable (Máxima Demanda) rezagada en un periodo.
- **(VENT_ENERGÍA)** : Promedio de ventas de energía al sector industrial y comercial.

Se dejaron de considerar las variables ficticias **D81** y **D92** por no superar la prueba de significancia individual "t" de Student. Las distorsiones derivadas del ingreso de la Refinería Cajamarquilla (1981) y el racionamiento de electricidad de 1992, debieron ser absorbidas por las nuevas variables **MXDA(-1)** y **VENT_ENERGÍA**.

Con estas adiciones, el nuevo modelo obtuvo un Coeficiente de Determinación (R^2) de 99% y un Durbin-Watson de 1,95 indicando un buen ajuste y una muy baja correlación serial de los errores.