



AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA EN LOS SERVICIOS DE ILUMINACION DE LA UNIVERSIDAD LA SALLE

Juan I. Corujo, Horacio Alcántara, Pablo Báez, y Ricardo García

Centro de Investigación, Universidad La Salle

RESUMEN

El ahorro de energía eléctrica y la disminución en el posible impacto ecológico usando lámparas ahorradoras de energía eléctrica fue estudiado en los servicios de iluminación de la Universidad La Salle, mediante una auditoría energética.

Tomando en cuenta las lámparas ahorradoras de energía disponibles en el mercado mexicano, se propuso un sistema de iluminación alternativo, cuya instalación implica solamente el cambio de lámparas y balastos en la universidad. La recuperación de la inversión monetaria efectuada por el cambio del sistema ocurre al cabo de 1.6 años, restándole a estas lámparas ahorradoras una vida útil de 2.3 años más.

El ahorro de energía que se obtiene usando el sistema alternativo propuesto contra el existente, es de aproximadamente 35,631 kwhr al mes, lo que implica un ahorro anual de unos 120 millones de pesos. Usando el sistema alternativo propuesto se evita el consumo de aproximadamente 200 toneladas de carbón mineral al año. El equivalente de este consumo en petróleo es de 763 barriles, o bien 130 millones de litros de gas natural.

INTRODUCCION

La energía constituye el recurso más importante del siglo XX. Grandes capitales e innumerables técnicos y profesionales están involucrados en la obtención y distribución de la misma. Sin embargo, este recurso no se encuentra en cantidades ilimitadas. Del aprovechamiento que hagamos del mismo, depende que podamos disponer en un futuro de una cantidad de energía por habitante similar a la actual.

A raíz de la crisis energética de 1973, se comenzaron a fomentar estudios de "eficientización" (ahorro de energía a través de su aprovechamiento al máximo) en los países desarrollados. Por otro lado, el desarrollo de nuevas tecnologías y el descubrimiento de nuevos materiales, han contribuido a que los bienes dotadores de servicios, consuman una menor cantidad de energía para su operación, sin que ello implique una disminución en la calidad de los servicios (i.e. iluminación, calefacción, refrigeración, etc.).

Los nuevos "tubos compactos de luz fluorescente" disponibles en el mercado mexicano, pueden durar de dos a tres veces más que los ordinarios. Si uno balancea el alto costo inicial de su compra contra el costo de la compra de cuatro o cinco tubos convencionales, más el costo de mano de obra por instalación (tubos que duran más, no necesitan ser cambiados frecuentemente), se puede recuperar la inversión e inclusive ahorrar dinero dentro de la vida útil de cada tubo.

Así pues, como se demostrará en este estudio, dentro de los servicios de iluminación, existen ahorros potenciales muy sustanciosos, que tienen repercusiones a nivel energético, ecológico y económico directo.



JUSTIFICACION

a) Interés Ecológico.

Diariamente en el mundo se queman el equivalente a 33 millones de barriles de petróleo para producir la energía eléctrica que satisface nuestras necesidades. Los productos de esta combustión van a parar a la atmósfera con consecuencias impredecibles, además de contribuir al agotamiento de recursos no renovables como el petróleo, gas natural y carbón mineral. La Universidad La Salle, como integrante de la sociedad, debe contribuir no derrochando la energía de la cual hace uso.

b) Interés Inmobiliario.

Los edificios tienden a durar en uso de unos 50 a 100 años. Luego entonces, todas aquellas mejoras que se hagan en los mismos, con el objeto de reducir su consumo energético, tienen efectos tremendos en los costos de operación durante su vida útil. Muchas áreas de las instalaciones de la Universidad La Salle fueron diseñadas en la época de nulo interés en la eficiencia. Se pretende que estas instalaciones estén en uso durante aún más tiempo, por lo que cualquier mejora redundará en beneficios a futuro.

c) Eficiencia del Servicio.

A las compañías generadoras les es más conveniente que sus usuarios tengan instalados sistemas eficientes, ahorrando electricidad y produciendo por consiguiente un crecimiento paulatino en el consumo, en contraste a un crecimiento galopante, que solo produciría apagones, mal servicio y presiones sociales. A partir de fechas recientes se han venido presentando apagones frecuentes en la Universidad La Salle debido a la sobrecarga de los circuitos y líneas. El problema seguirá presentándose entre más crezca el campus, por lo que se debe de buscar reducir los consumos.

d) Recursos Energéticos Nacionales.

Para cualquier país, es más barato ahorrar energía, que producirla. Es una responsabilidad de todos los integrantes del país vigilar y fomentar que no se derroche.

e) Difusión y Proyección.

Entre los objetivos fundamentales de una universidad, se encuentran la difusión de la cultura y el fomento de investigaciones. Es una responsabilidad innegable de la Universidad La Salle fomentar el ahorro de energía en el país, a través del ejemplo y de la divulgación de las bondades y resultados del programa.

METODOLOGIA

Auditoría energética.

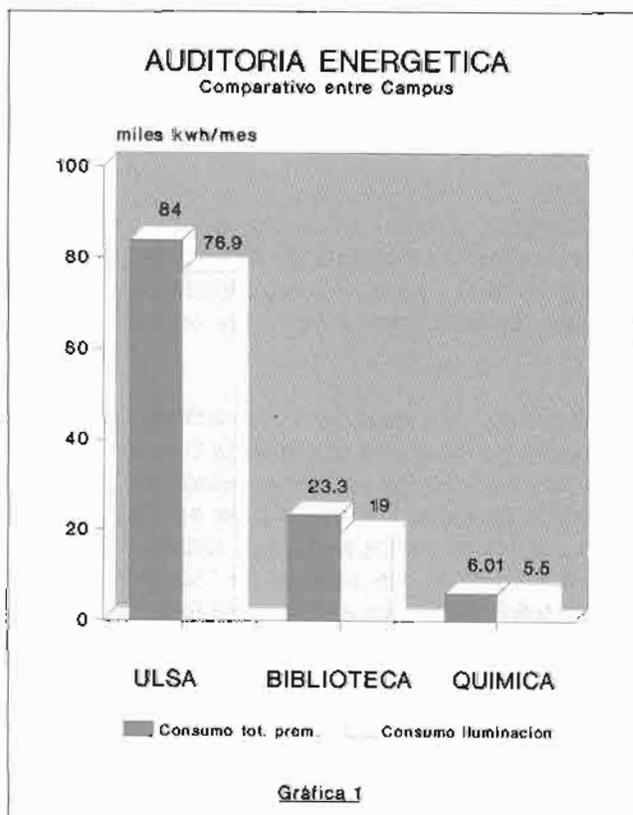
Se realizó un estimativo del número de horas que se encuentran en uso ("prendidas") las lámparas y focos instalados en los distintos edificios de los tres campus considerados: ULSA, biblioteca y escuela de química. Se prestó atención en el hecho que distintas áreas dentro de un mismo edificio tienen distinta frecuencia de uso. Por ejemplo, dentro del edificio de escuelas profesionales del campus ULSA, existen seis áreas que por sus funciones describen intensidades de uso diferentes, y que a continuación se muestran:

Area salones:	Promedio de horas de uso diario
nivel licenciatura	11.0
nivel postgrado	4.5
pasillos	4.5
baños	15.0
salas de computadoras	15.0
oficinas	13.0

Considerando que todas las instalaciones prestan servicio básicamente de Lunes a Viernes, con muy limitadas actividades en Sábado y ninguna en Domingo, se calculó estadísticamente el número de días hábiles promedio en un mes cualquiera. Esta cifra corresponde a 20.6 días hábiles/mes.

Se recopilaron las boletas de importe por consumo eléctrico (conocidas como "Recibos de luz") de los meses de enero a agosto de 1992. Los datos de aquí extraídos fueron el tipo de tarifa, el consumo y el importe por el mismo. Los dos últimos se usaron como referencia contra los datos proporcionados por la auditoría energética.

Se contabilizaron todas las lámparas y focos instalados en los campus considerados y se investigaron los distintos tipos de arreglos entre balastos y lámparas, y el consumo conjunto de cada tipo de arreglo.



Contando con todos estos datos, se realizó el cálculo del consumo eléctrico por concepto de iluminación. Se procede multiplicando el consumo unitario en watts de un sistema balastro-lámpara, por el número de sistemas de ese tipo. Se realiza una sumatoria de los consumos de los distintos tipos de sistemas en una misma área y entonces se multiplica por el promedio de horas de uso diarias y por 20.6 días hábiles por mes. Se realizan sumatorias sucesivas para agrupar las distintas áreas dentro de un mismo edificio, y los distintos edificios dentro de un campus considerado. El concepto obtenido finalmente es el consumo en unidades de miles de watts-hora por mes (kw hr/mes).

Este consumo por iluminación debería ser menor que el consumo promedio registrado por las boletas o recibos, ya que la iluminación no es el único concepto consumidor de energía;

también existen las computadoras, cafeteras, ventiladores, proyectores, motores, etc. Los recibos reflejan el consumo de todos ellos en conjunto. Dicha diferencia se registró.



RESULTADOS Y DISCUSION

Auditoría energética.

En base a los datos obtenidos mediante una auditoría energética, se realizó un cálculo estimativo de la cantidad de energía eléctrica consumida mensualmente a causa de los servicios de iluminación. En la Gráfica 1 se compara el consumo energético promedio mensual, contra el consumo energético causado únicamente por iluminación, durante el mismo período.

Dichos servicios, como su nombre lo indica, se refieren a tener focos ("spots") o lámparas fluorescentes prendidas con objeto de proveer la iluminación necesaria para trabajar o circular en un área cualquiera. Lo anterior implica un consumo eléctrico debido a la lámpara misma y también, debido al balastro o arrancador presente en los equipos fluorescentes.

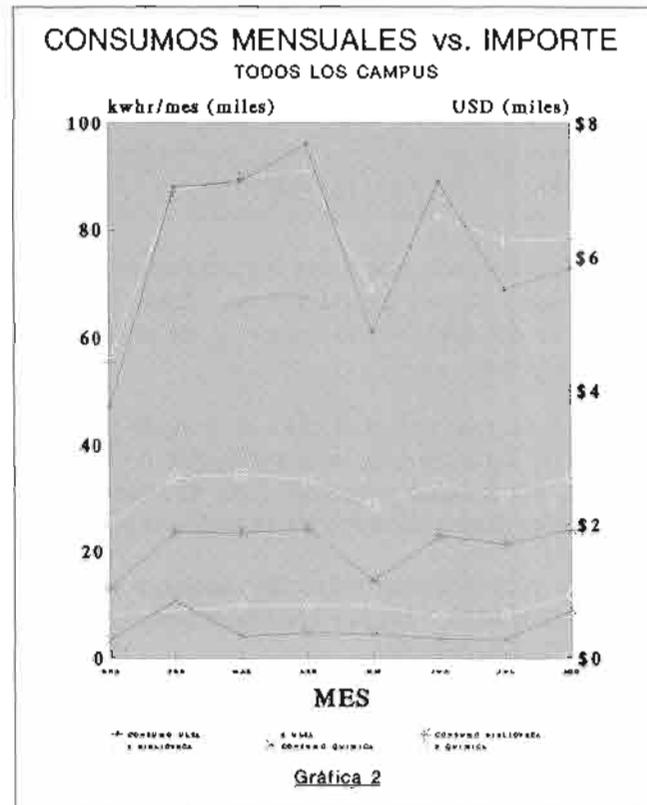
La diferencia mostrada entre cada par de barras de la gráfica se debe a que el concepto de iluminación no es el único para cada campus: existen también otros consumidores de energía mencionados anteriormente que participan con una porción del consumo energético total.

Los consumos promedios mensuales mencionados fueron obtenidos de las lecturas comúnmente llamadas "Recibos de luz". En la Gráfica 2 se comparan dichos datos, y se muestra, por un lado, el consumo eléctrico (en kw hr/mes), y por otro, el importe pagado en miles de dólares debido a dicho consumo, ambos contra el mes en que fue cobrado dicho recibo.

Durante los meses de Diciembre y Abril se presentaron dos períodos de vacaciones durante los cuales no existió actividad alguna en las diferentes instalaciones. Es importante hacer notar que los recibos de luz de un mes determinado, no muestran los consumos eléctricos de ese mes, sino del anterior. Debido a ello, en las curvas de consumo (en especial las de los campus ULSA y Biblioteca) se aprecian las disminuciones propias de dichos períodos vacacionales, un mes después de presentarse. Debido a que en estos lapsos, los campus se "comportan" de manera diferente al resto del año, no fueron considerados dentro del análisis estadístico.

El período mostrado en la Gráfica 2 comprende el inicio y fin de un semestre de clases. Puede considerarse que las de áreas de oficinas se encuentran normalmente prendidas, salvo en vacaciones de diciembre y abril. En cambio, las aulas muestran nulo uso durante vacaciones, un máximo durante períodos de clase y uno intermedio en tiempos de exámenes.

Así pues, tomando en cuenta que las clases iniciaron a finales de Enero, se puede observar un pequeño incremento para el campus ULSA de Enero a Febrero, que corresponde al inicio de clases (mostrado de febrero a marzo por razones ya explicadas). Los consumos de febrero,



Gráfica 2

marzo y mayo son similares, y para junio existe una disminución provocada por fin de clases e inicio de exámenes. El nuevo incremento en Julio puede deberse a la realización de otras actividades, como cursos especiales o mantenimiento de las instalaciones.

Por otro lado, la biblioteca se encuentra abierta siempre, excepto en diciembre y abril. El comportamiento de los datos en la gráfica lo demuestra, ya que sus consumos son constantes.

El comportamiento de la Escuela de Química debería mostrarse muy similar al de ULSA. Por el contrario, presenta incrementos en enero y julio, y en abril casi no muestra disminución en sus consumos. Los incrementos pueden deberse a actividades extraordinarias. La razón por la cual el consumo es tan uniforme el resto del año, puede deberse a que la Escuela de Química posee instalaciones que consumen electricidad ininterrumpidamente, o bien, porque se desperdicia energía al no vigilar que las áreas estén apagadas cuando no se usan.

Reconversión.

Con el solo hecho de cambiar los focos y lámparas actualmente instalados en los tres distintos campus, por otros de tecnología más desarrollada, se pueden lograr disminuciones considerables en los consumos energéticos mensuales.

Los equipos descritos a continuación se encuentran instalados actualmente en distintos lugares dentro de los campus, y existen para ellos alternativas que ahorren energía. Se enlistan del lado izquierdo los sistemas existentes y el equipo alternativo del lado derecho.

Equipo actual	Equipo propuesto
Balastro 2x39w convencional	Balastro 2x34 ahorrador
Lámp. 75w arranque instantánea	Lámp. 60w arranque instantáneo
Balastro 2x75w convencional	Balastro 2x60 convencional
Spot 75w	Lámp. SL-18
Foco 100w	Lámp. PL-13

Existen también lámparas de 20w arranque instantáneo con balastos convencionales instaladas. Sin embargo, para ellas no existe equipo alternativo, por lo que aparecen en la auditoría energética, tanto en el sistema actual como en el propuesto.

Características de los equipos.

Equipo actual o existente:

Descripción	Vida útil (hr)	Potencia (w)
Lámp. TL12 39w arranque instantáneo	9,000	106
Balastro 2x39w convencional	30,000	(conjunta)
Lámp. TL 12 75w arranque instantáneo	12,000	173
Balastro 2x75w convencional	30,000	(conjunta)
Spot 75w	1,000	75
Foco 100w	1,000	100



Equipo propuesto:

Descripción	Vida útil (hr)	Potencia (w)
Lámp. TL12 34w arranque rápido	20,000	72
Balastro 2x34w ahorrador	60,000	(conjunta)
Lámp. TL12 60w arranque instantáneo	12,000	123
Balastro 2x60w convencional	60,000	(conjunta)
Lámp. SL-18	10,000	18
Lámp. PL-13	10,000	18

En lo que respecta a lámparas, la de 39w se sustituye por otra 2.22 veces más duradera, mientras que los focos y spots son cambiados por equipos 10 veces más subsistentes. La lámpara de 60w, tiene una vida útil igual a la de la lámpara que sustituye. Sin embargo, todas las lámparas del equipo propuesto consumen menos energía eléctrica por hora que las instaladas, en una proporción de 1.5 veces menos para los equipos fluorescentes, y de 4.8 veces menos para los incandescentes.

Por otro lado, los arrancadores o balastos propuestos son dos veces más duraderos que los existentes.

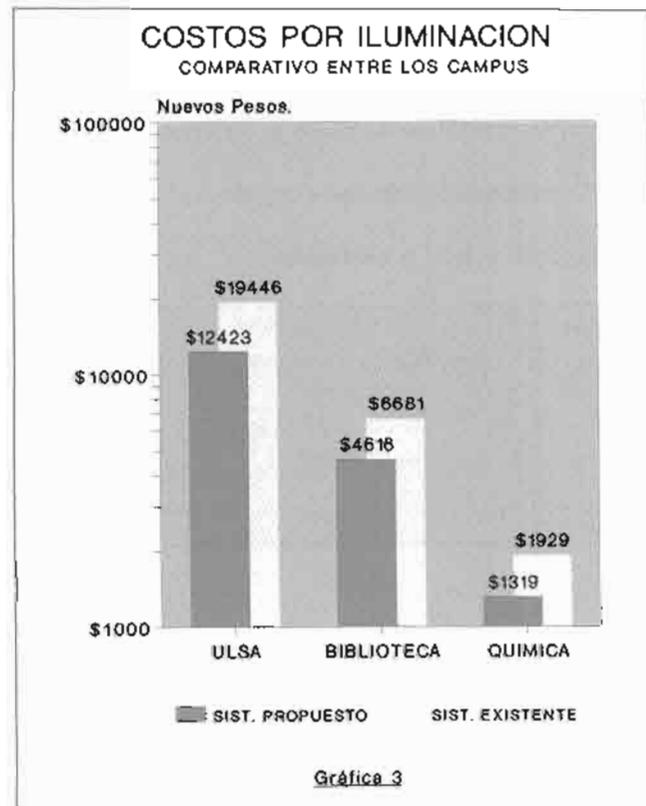
Energéticamente, las ventajas que ofrecen a primera vista los equipos alternativos justificarían su instalación y cambio por los actuales. Sin embargo, en cuanto al aspecto económico, este equipo es más costoso, por lo que la inversión es considerable. Esta asciende a \$55,761 USD calculada en base a precios considerados como representativos. Esta cifra comprende solamente el precio de los equipos nuevos, sin incluir el costo de instalación. Debido a la larga vida del equipo alternativo, en combinación con el ahorro energético que proporciona, es posible recuperar los costos de inversión dentro de su misma vida útil, y aún más, tener ganancias. Este "Retorno de inversión" será descrito más adelante.

Características del sistema propuesto.

Al conjunto de un equipo de iluminación se le denominará de aquí en adelante "Sistema existente" o "Sistema propuesto".

Para dicha simulación se obtuvo estadísticamente una media del número de horas mensuales que se tienen prendidos los servicios de iluminación. Esta cifra es de 216.5 hrs/mes.

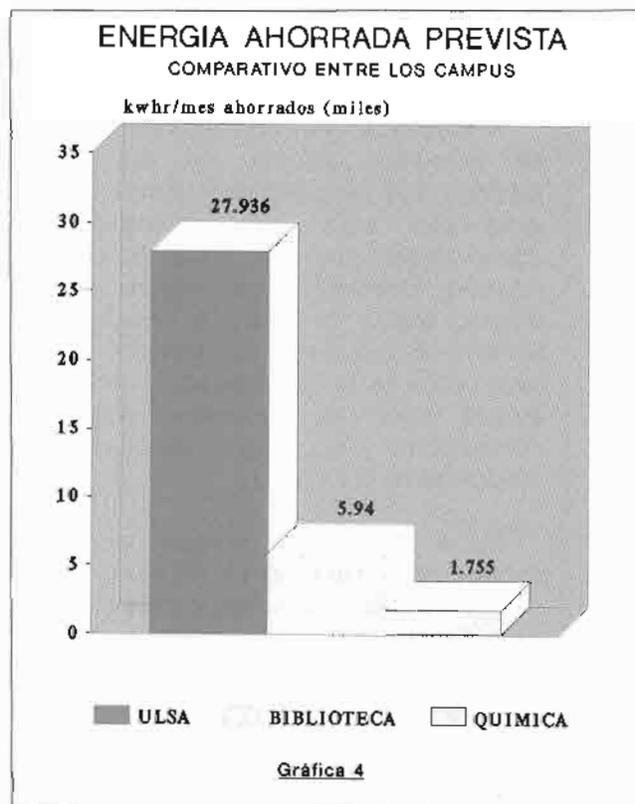
En la Gráfica 3 se comparan los costos por concepto de iluminación que producen el sistema propuesto contra el existente en un mes cualquiera de operación. Se presenta un ahorro neto que puede apreciarse en la diferencia de alturas de las barras. Este ahorro económico es consecuencia de un ahorro neto en la energía consumida. Dicho ahorro energético se ilustra en la Gráfica 4 para un periodo de un mes.



Es importante insistir en el hecho de que en estas dos últimas gráficas, se está considerando el consumo producido por los servicios de iluminación únicamente. A este consumo se le debe añadir el que producen, mensualmente, todos los demás equipos eléctricos instalados dentro de los campus.

Cuando se habla del ahorro a nivel energético, se quiere expresar que una porción del consumo efectuado por el equipo existente no se requerirá durante el funcionamiento del sistema propuesto.

Si el monto de este ahorro se divide entre el del consumo general actualmente registrado, el resultado expresará la proporción del monto del ahorro, comparado contra el consumo eléctrico general. Dicho porcentaje es de 33.25% para ULSA, de 25.4% para Biblioteca y de 29.4% para Química.



Ahora bien, cuando se habla de ahorro económico, las comparaciones que se efectúan a nivel energético, son aplicables también a este plano. Estos porcentajes pueden compararse con "descuentos" que se obtienen sobre el precio total pagado por la electricidad: 33.14% para ULSA, 24.69% para Biblioteca y 25.76% para Química. A este tipo de ahorro se le denomina "de explotación" (Gráfica 5).

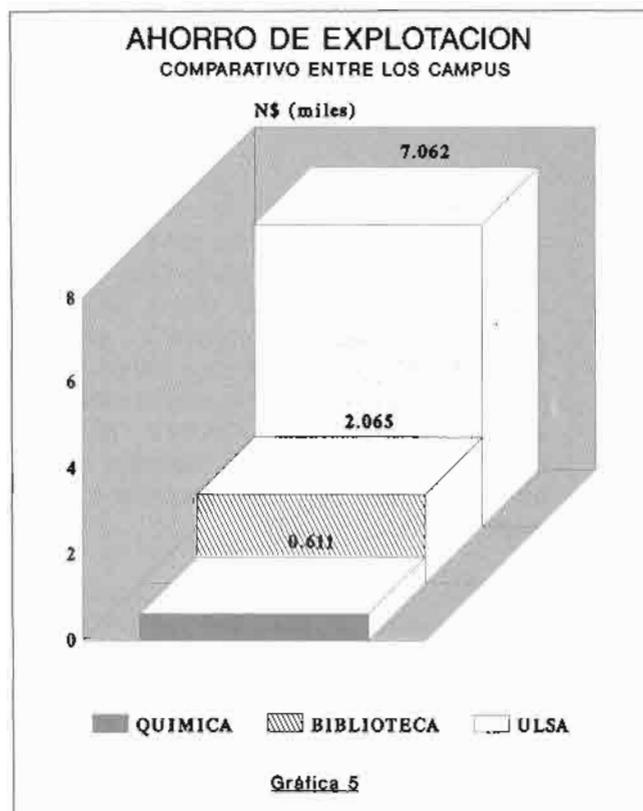
Dicho ahorro económico registrado mensualmente, al paso del tiempo se acumula, recuperándose paulatinamente la inversión inicial. En la Gráfica 6 se compara este ahorro contra tiempo, para los tres campus considerados en conjunto. Al inicio de operación del sistema propuesto, se tiene un "ahorro negativo" que corresponde a la inversión inicial total: \$55,761 USD. Para simplificar el modelo, se considera que cada 10,000 horas de uso se ha de reponer totalmente el equipo del sistema. Este

número de horas corresponde a la vida útil de la lámpara menos duradera de todas las propuestas. En la práctica esta reposición no ocurrirá de esta manera, ya que las lámparas y balastos fluorescentes tienen una vida más prolongada, y éstos serán cambiados posteriormente. La curva de rapidez de recuperación tiene forma aserrada debido a estas reposiciones "masivas", y su pendiente o inclinación es más suave de lo que se describe en este modelo.

La recuperación de la inversión inicial es predecible que ocurra en 19 meses (1.6 años). Cabe advertir que existirán meses (los que incluyan vacaciones) en los que el ahorro será menor que el previsto, y por otro lado, habrá también aquellos en los que sea superior. Se debe recordar que el comportamiento aquí descrito está idealizado en base a medias estadísticas, y por ello la fecha de recuperación puede variar.



Se puede concluir que el tiempo de recuperación de la inversión es directamente proporcional al número de horas de uso del sistema. Entre más horas se tengan prendidos los equipos de iluminación, la recuperación de la inversión inicial será más breve. Para edificios con las características de los considerados en este estudio, resulta muy conveniente una reconversión de los servicios de iluminación. Entre la fecha de recuperación de la inversión y las primeras reposiciones predecibles, existe un período de 28 meses (2.3 años) de ahorros financieros netos, que pueden considerarse como ganancias libres.



Es conveniente resaltar que en las posteriores inversiones en la compra de nuevas lámparas y balastos, las dos curvas nunca vuelven a intersectarse o juntarse, separándose, por el contrario cada vez más, reflejando un incremento constante en el ahorro económico.

Impacto ecológico.

Al instalar la reconversión propuesta, se producen ahorros de energía eléctrica. Las centrales generadoras de electricidad usan tres combustibles diferentes para funcionar: coque (carbón mineral), petróleo o gas natural. El ahorro anual de energía eléctrica obtenido al reconvertir los servicios de iluminación de la Universidad La Salle, evitará que se quemen dichos combustibles en las cantidades mostradas en la Figura 1.

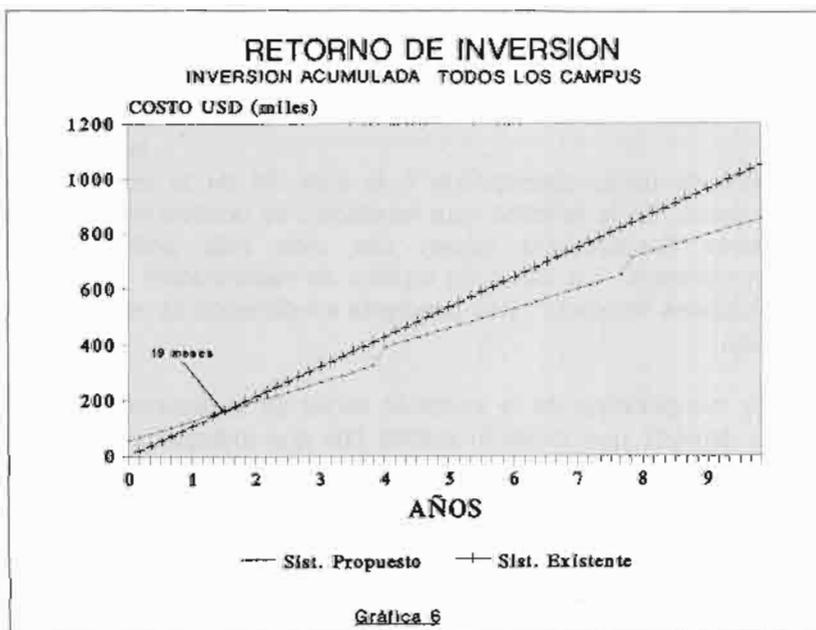
Dicha combustión produce como subproductos indeseables bióxido de carbono, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, todos ellos considerados

como contaminantes. Al ahorrar energía, se evita quemar combustibles, y al mismo tiempo se evitan las emisiones mencionadas. La Gráfica 7 muestra el impacto ecológico evitado al instalar la propuesta.

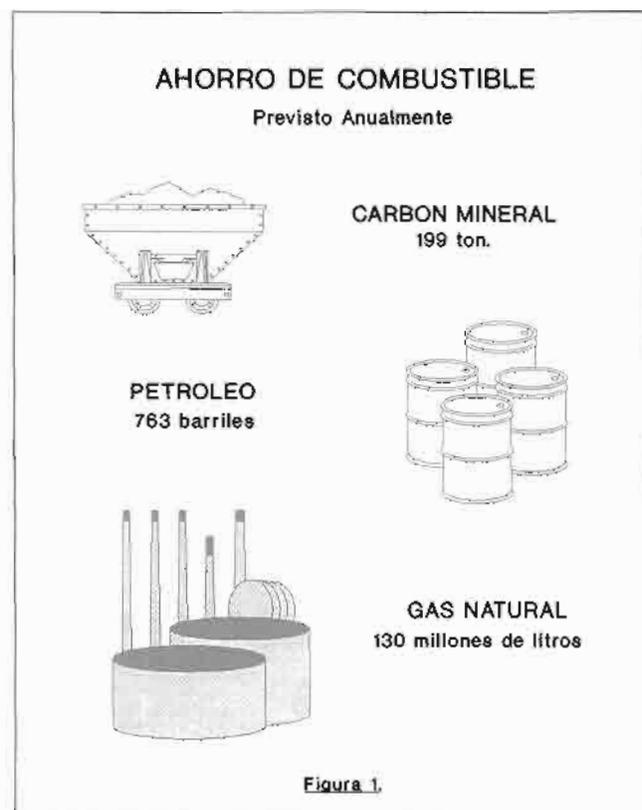
Financiamiento de la inversión.

El principal obstáculo para efectuar la reconversión es el financiamiento de la inversión inicial.

Existen dos posibles alternativas: la primera contempla la inversión a través de los propios medios



de la Universidad La Salle, reconvirtiendo paulatinamente los campus. En la segunda, el financiamiento se realiza con la participación del Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (FIDE).



Financiamiento ULSA.

Aunque se invirtieran los 55 mil dólares directamente en adquirir el sistema propuesto para los tres campus, existe el siguiente problema: ¿qué hacer con el equipo actualmente instalado?

Las lámparas y balastos aún pueden proporcionar un buen número de horas. Reconvirtiendo primero tan solo uno de los campus, el equipo viejo de ahí removido, puede usarse como material de repuesto en otro campus. De esta manera se evita la adquisición de nuevo material de reemplazo, y al mismo tiempo se aprovecha la vida útil restante del sistema viejo. Eventualmente, este material se irá agotando; conforme lo haga, deberán instalarse los nuevos equipos de iluminación, hasta que en toda la universidad solamente haya lámparas y balastos ahorradores de energía.

Ahora bien, el equipo viejo también podría servir de material de reemplazo en otros edificios pertenecientes a la

Universidad La Salle que no se encuentran ubicados dentro de los campus considerados en el estudio (Servimed, Centro de didáctica, MAS, etc).

Entre más grande sea el área reconvertida, los ahorros son mayores. No resulta conveniente implementar mejoras únicamente en porciones aisladas de un campus, ya que los ni los ahorros de explotación serán significativos, ni se notará una disminución efectiva en los consumos.

Bajo esta alternativa, representa también un problema el determinar quién o qué compañía efectuará la mejora, así como la forma de pago y las garantías del trabajo.

Financiamiento FIDE.

El FIDE es un fideicomiso privado constituido entre el Sector Privado, la Comisión Federal de Electricidad y la Compañía de Luz y Fuerza. Entre sus objetivos está el otorgamiento de créditos sin intereses para la realización de estudios y trabajos de reacondicionamiento que permitan optimizar el uso de energía eléctrica.

La Universidad La Salle es candidata a ser beneficiaria de este programa. La ventaja principal de apoyarse en este programa reside en el hecho de que el FIDE aporta los recursos necesarios para la implementación del sistema propuesto, mientras que la universidad se compromete a reintegrarlos en su totalidad, sin intereses. Este reembolso se realiza mediante pagos mensuales equivalentes a los ahorros observados en las facturas de la energía eléctrica. La forma y los tiempos están sujetos a negociación.



Otra ventaja la constituye el que la contratación y el pago de materiales y honorarios de los servicios profesionales de la firma de ingeniería que realice el proyecto y ejecución de los trabajos, corre bajo la completa responsabilidad del FIDE. En respuesta a lo ofrecido, la universidad se compromete a divulgar los resultados de la mejora, y a colaborar aportando información para las publicaciones y estudios propios del FIDE.

CONCLUSIONES

La reconversión de los equipos de iluminación en la Universidad La Salle es en conclusión, benéfica y viable.

Como se ha demostrado, los equipos propuestos, en forma individual, ahorran energía eléctrica efectivamente. Cuando se consideran varios de estos equipos trabajando simultáneamente, es previsible que existan pues, tanto ahorros energéticos como de explotación.

También es previsible que las lámparas que hoy consideramos como "normales", digase focos incandescentes o bien lámparas fluorescentes de arranque instantáneo, en el largo plazo desaparezcan del mercado. Ello puede deberse a que los métodos de producción cambian, o inclusive, la sociedad hace que cambien. La conciencia ecologista y de eficientización dentro de los países industrializados se encuentra muy desarrollada, y México depende en gran medida de lo que ocurra en aquellos. Así pues, conviene adelantarse y sustituir los equipos existentes.

Finalmente, deseamos reiterar que el ahorro producido al reconvertir los equipos de iluminación, contribuirá, si bien en forma muy discreta, al mejor aprovechamiento de nuestros recursos. Un país rico no es aquel que derrocha sus recursos naturales, sino aquel que los cuida previendo el futuro de las próximas generaciones. Es una responsabilidad moral para la Universidad La Salle como centro educativo de primera calidad, responder a esta necesidad ambiental de la sociedad.

RECOMENDACIONES

Al escribir este estudio, se están remodelando en su totalidad las instalaciones del llamado Colegio Atemán, para ser anexo a la Universidad La Salle. Dentro de los planes de esta reestructuración se consideran equipos "normales" de iluminación. Recomendamos de manera muy especial, se procure instalar equipos ahorradores de energía desde un principio en estas áreas. Si bien es cierto que la inversión se incrementa, los beneficios que proporcionan justifican la misma, como ya ha sido demostrado. Confiamos que esta sugerencia sea tomada en cuenta, evitando así reconvertir más adelante lo que desde hoy se puede instalar.

