



■ ANTECEDENTES

Industrias IEM es un corporativo que tiene en propiedad varios grupos industriales, entre los que se encuentra el de Nacional de Conductores Eléctricos, cuya planta de producción y oficinas generales están ubicadas en Poniente 140 N° 720, Col. Industrial Vallejo, en la Ciudad de México. IEM solicitó al FIDE apoyo financiero y asesoría técnica para desarrollar un proyecto de ahorro de energía eléctrica en las oficinas de NACEL.

El servicio de energía eléctrica de la planta de producción está contratado bajo la tarifa HM y durante el período abril de 1994 - marzo de 1995 tuvo los siguientes valores mensuales prome-

dio: 4,898 kW en demanda, 2,328,594 kWh en consumo, \$ 481,138.05 en importe y un precio medio de 0.2112 \$/kWh.



PERIODO	DEMANDA (kW)	CONSUMO (kWh)	IMPORTE (\$)	P.M. (\$/kWh)
Abr-94	4,839	711,934	201,355.15	0.2828
May-94	4,713	2,413,069	474,195.75	0.1965
Jun-94	4,824	2,285,477	456,925.85	0.1999
Jul-94	4,886	2,309,220	475,829.35	0.2061
Ago-94	5,116	2,263,910	468,776.75	0.2071
Sep-94	5,267	2,441,217	509,806.60	0.2088
Oct-94	4,600	2,465,934	501,861.25	0.2035
Nov-94	4,698	2,384,711	496,386.15	0.2082
Dic-94	5,000	2,720,445	577,595.15	0.2123
Ene-95	4,781	2,528,462	515,525.95	0.2039
Feb-95	4,993	2,401,413	498,716.15	0.2077
Mar-95	5,055	3,017,335	596,682.55	0.1978
Promedio	4,898	2,328,594	481,138.05	0.2112

ahorro de energía eléctrica podrían parecer imperceptibles y difíciles de comprobar.

■ DIAGNOSTICO

Una firma consultora desarrolló el respectivo diagnóstico, encontrando que el sistema de iluminación representa la mayor carga instalada con 209 kW; seguido por el acondicionamiento ambiental con 96 kW. Adicionalmente se reportaron 43 kW correspondientes a equipos diversos como computadoras, cafeteras, etc.



Sistema de iluminación

SISTEMA	CARGA INSTALADA	
	(kW)	(%)
Iluminación	209.6	60.07
Acondicionamiento ambiental	96.0	27.52
Otras cargas	43.3	12.41
Total	348.9	100.00

El sistema de iluminación estaba conformado por lámparas tipo T-12 de 39, 40, y 75 W y balastos electromagnéticos convencionales, así como por focos incandescentes de 75 y 150 W, de acuerdo a la siguiente distribución:

Por lo que se refiere a las oficinas, cuya demanda y consumo están involucradas en los totales indicados en el cuadro anterior, se compone de 2 cargas fundamentales, la de iluminación y la de acondicionamiento ambiental, consumiendo 61,213 kWh y 15,000 kWh respectivamente, promedio mensual, motivo por el cual las acciones de

SISTEMA	CARGA UNITARIA (W)	NUMERO DE UNIDADES	CARGA TOTAL		CONSUMO MENSUAL (kWh) 1/
			(kW)	(%)	
2X75 W	180	702	126.36	60.28	36,897
2X39 W	100	423	42.30	20.18	12,352
1X75 W	97	130	12.61	6.02	3,682
1X39 W	55	469	25.80	12.31	7,534
2X40 W	95	8	0.76	0.36	222
75 W Incandescente	75	20	1.50	0.72	438
150 W Incandescente	150	2	0.30	0.14	88
Total		1,754	209.6	100.00	61,213

1/ Considerando 292 horas de utilización mensual.

El análisis del sistema de iluminación se realizó de acuerdo a la metodología del Departamento de Energía del Gobierno de E.E.U.U., efectuándose mediciones de iluminancia en el plano vertical y horizontal; asimismo, se hizo un levantamiento de la distribución de mobiliario y de luminarios y se determinaron los valores de densidad de carga, reflectancias y relaciones de uniformidad. En general se encontró que la densidad de carga está por encima de la recomendada (24 W/m^2 contra 16 W/m^2 recomendado), a pesar de que las iluminancias y la uniformidad están por debajo de lo deseado (200 luxes y 0.44 respectivamente, contra 300 y 0.6 recomendado).

Una vez elaborados los planos y efectuada la clasificación por área tipo se procedió a hacer un análisis individual de las áreas, ya que aunque éstas presentaron problemas comunes, algunas otras presentaron deficiencias particulares. Se puede citar el uso casi exclusivo de lámparas slimline luz de día, difusores rotos y/o degradados, así como mala ubicación de gabinetes, dentro de la problemática común. En cuanto a los problemas particulares, se encontraron adaptaciones de luminarios diseñados para dos lámparas trabajando con tres y hasta con cuatro y, además, en mala posición; se encontraron también diversos problemas en la



instalación y en el seccionamiento de circuitos. Los balastos eran de diversas marcas y circuitos, algunos de ellos muy antiguos y ya discontinuados.

Tras un detallado análisis de los sistemas dominantes (2X75 W y 2X39 W) se encontró que al momento de realizar el diagnóstico existían 8 alternativas para ahorrar energía eléctrica, entre las que destacaron la de instalar sistemas con lámparas T-8 de 32 W y 59 W con balastro electrónico, así como la utilización de reflectores especulares de aluminio; cabe mencionar que en todas las alternativas debería haber un cambio casi total de difusores y la limpieza de luminarios.

En todos los casos se recomendaron exclusivamente medidas que no afectasen la calidad de las actividades del usuario, mejorándola incluso, como es el caso del uso de lámparas con rendimiento de color superior al de las lámparas existentes (85 contra 77).

En general, la distribución de luminarios era aceptable; no obstante, en algunas áreas de ejecutivos se realizó un rediseño, con el objeto de reducir el consumo y mejorar la calidad de la iluminación, por medio de un programa de cómputo especializado.

A través de la información generada en una encuesta entre el personal que labora en esas áreas, y tomando en cuenta el perfil de ocupación de las mismas, se consideró la posibilidad de ahorrar energía adicionalmente por medio de sistemas de control. Debido a la disposición y número de las áreas estudiadas, era recomendable el uso de sensores de ocupación del tipo pasivo infrarrojo para evitar el desperdicio de energía en ciertas áreas; además, por cuestiones de imagen, también era conveniente su uso en oficinas de ejecutivos.

De acuerdo con la distribución y las necesidades de cada área de trabajo, se tenía la posibilidad de instalar tres tipos diferentes de sensores de presencia, cuyas características se detallan a continuación:

Sensor de presencia tipo pared de instalación directa

- Sin fuente de bajo voltaje
- Campo visual de 180°
- Cobertura de 250.8 m²
- 800 VA de carga máxima por iluminación fluorescente
- Tiempo de apagado ajustable de 7 segundos a 15 minutos
- Compatible con balastos electrónicos
- Led indicador
- Apagado manual opcional
- Sensor infrarrojo

Sensor de presencia de gran visión sobrepuesto en pared

- Uso de fuente de bajo voltaje
- Sensor de campo visual horizontal
- Campo visual ajustable entre 90° y 180°
- Cortinas para el ajuste del campo visual
- Inclinación de 35° sobre la horizontal
- Cobertura máxima de 25 m²
- Tiempo de apagado ajustable de 30 segundos a 30 minutos
- Sensibilidad de nivel de luz de 21.5 luxes
- Sensor infrarrojo

Sensor de presencia de montaje en techo

- Uso de fuente de bajo voltaje
- Monitoreo de campo visual de 360°
- Cobertura de un área circular de 12.2 m de diámetro (aproximadamente 120 m² instalado a 2.4 m. de altura)
- Tiempo de apagado ajustable entre 30 segundos y 30 minutos
- Uso simultáneo de apagador manual
- Sensibilidad de nivel de luz de 21.5 luxes.
- Sensor infrarrojo.

Por lo que respecta a las lámparas incandescentes, aunque su uso es muy limitado en las áreas estudiadas, se recomendó su sustitución por lámparas fluorescentes compactas.

A continuación se describen las 8 alternativas que fue necesario analizar para tomar la decisión que ofreciera mayores ventajas, en relación con el caso base (2X39 W):

Caso base: Luminario de 2X39 W con lámparas fluorescentes F48T12/D y balastro electromagnético convencional.

Alternativa 1: Luminario de 2X30 W con lámparas fluorescentes F48T12/CW y balastro electromagnético de alta eficiencia.

Alternativa 2: Luminario de 2X32 W con lámparas fluorescentes F32T8/841 y balastro electromagnético de alta eficiencia.

Alternativa 3: Luminario de 2X32 W con lámparas fluorescentes F32T8/841 y balastro híbrido.

Alternativa 4: Luminario de 2X32 W con lámparas fluorescentes F32T8/841 y balastro electrónico.

Alternativa 5: Luminario de 1X30 W con lámpara fluorescente F48T12/CW y balastro electromagnético de alta eficiencia, incorporando un reflector de aluminio dentro del gabinete.

Alternativa 6: Luminario de 1X32 W con lámpara fluorescente F48T8/841 y balastro electromagnético de

alta eficiencia, incorporando un reflector de aluminio dentro del gabinete.

Alternativa 7: Luminario de 1X32 W con lámpara fluorescente F48T8/841 y balastro híbrido, incorporando un reflector de aluminio dentro del gabinete.

Alternativa 8: Luminario de 1X32 W con lámpara fluorescente F48T8/841 y balastro electrónico, incorporando un reflector de aluminio dentro del gabinete.

Como se puede observar, las alternativas consistían en una combinación de lámparas T-12 y T-8, y balastos electromagnéticos de alta eficiencia, híbridos y electrónicos con y sin reflector especular de aluminio. Las ventajas que cada una de ellas ofrecía con respecto al caso base, concatenadas con la respectiva inversión, se presentan en el siguiente cuadro, en la inteligencia de que el análisis se hizo por unidad.

El análisis anterior permitió establecer que si bien la alternativa N° 1 implicaba la menor inversión (\$106.44) los ahorros no eran atractivos (\$22.08), mientras que el mayor ahorro se obtenía con la alternativa N° 8 (\$56.42) que aun cuando correspondía al segundo lugar en mayor inversión (\$166.54) el período de recuperación era de los más ventajosos (2.95 años) y el más atractivo en el renglón de densidad de carga (7.45 W/m²). En cuanto al período de recuperación, la mejor alternativa era la N° 5 con 2.52 años (lámpara T-12 con balastro electromagnético) lo que era un claro indicio de que para introducir la nueva tecnología consistente en lámparas T-8 y balastos electrónicos, tendría que haber una reducción en los precios de estos productos, lo cual sólo se lograría con una apertura del mercado nacional. Asimismo, debía considerarse que la alternativa N° 4 ofrecía el mejor nivel con 255 luxes medios mantenidos, pero resultaba la más desventajosa en cuanto a inversión (\$173.28) y período de recuperación (5.58 años).

Por lo que se refiere a los sistemas de 2X75 W, las 8 alternativas fueron las siguientes:

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA LOS SISTEMAS DE 2x39 W

	CASO BASE	ALT. 1	ALT. 2	ALT. 3	ALT. 4	ALT. 5	ALT. 6	ALT. 7	ALT. 8
Lúmenes iniciales	2,500	2,400	3,050	3,050	3,050	2,400	3,050	3,050	3,050
Lúmenes por luminario	5,000	4,800	6,100	6,100	6,100	2,400	3,050	3,050	3,050
Índice de reflectancia (%)	60	60	60	60	60	93	93	93	93
Lúmenes efectivos	3,000	2,880	3,660	3,660	3,660	2,232	2,836	2,836	2,836
Luxes medios mantenidos	200	200	234	243	255	160	187	194	204
Vida nominal de lámparas (horas)	9,000	9,000	20,000	20,000	20,000	9,000	20,000	20,000	20,000
Índice de rendimiento de color	77	62	85	85	85	62	85	85	85
Densidad de carga (W/m ²)	24.04	17.55	17.79	15.15	14.90	8.77	8.89	7.57	7.45
Watts por luminario	100	73	74	63.0	62.0	36.5	37	31.5	31
Operación anual (horas)	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500
Consumo anual (kWh)	350	255.5	259	220.5	217	127.75	129.50	110.25	108.5
Precio medio de energía (\$/kWh)	0.2336	0.2336	0.2336	0.2336	0.2336	0.2336	0.2336	0.2336	0.2336
Importe anual de energía (\$)	81.76	59.68	60.50	51.51	50.69	29.84	30.25	25.75	25.34
Ahorro anual (\$)	---	22.08	21.26	30.25	31.07	51.92	51.51	56.01	56.42
Inversión (\$)	---	106.44	106.53	118.44	173.28	130.62	133.06	138.12	166.54
Período de recuperación (años)	---	4.82	5.00	3.92	5.58	2.52	2.58	2.47	2.95

Caso base: Luminario de 2X75 W con lámparas fluorescentes F96T12/D y balastro electromagnético convencional.

Alternativa 1: Luminario de 2X60 W con lámparas fluorescentes F96T12/CW y balastro electromagnético de alta eficiencia.

Alternativa 2: Luminario de 2X60 W con lámparas fluorescentes F96T12/CW y balastro electrónico.

Alternativa 3: Luminario de 2X59 W con lámparas fluorescentes F96T8/841 y balastro electromagnético de alta eficiencia.

Alternativa 4: Luminario de 2X59 W con lámparas fluorescentes F96T8/841 y balastro electrónico.

Alternativa 5: Luminario de 1X60 W con lámpara fluorescente F96T12/CW y balastro electromagnético de alta eficiencia, incorporando

un reflector de aluminio dentro del gabinete.

Alternativa 6: Luminario de 1X60 W con lámpara fluorescente F96T12/CW y balastro electrónico, incorporando un reflector de aluminio dentro del gabinete.

Alternativa 7: Luminario de 1X59 W con lámpara fluorescente F96T8/841 y balastro electromagnético de alta eficiencia, incorporando un reflector de aluminio dentro del gabinete.

Alternativa 8: Luminario de 1X59 W con lámpara fluorescente F96T8/841 y balastro electrónico, incorporando un reflector de aluminio dentro del gabinete.

Al igual que en el caso de los sistemas de 2X39 W, las alternativas consistían en una combinación de lámparas T-12 y T-8, y balastos electromagnéticos de alta eficiencia y electrónicos, con y sin reflector especular de aluminio. Las ventajas de cada una de ellas, se presentan a continuación.

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA LOS SISTEMAS DE 2x75 W

	CASO BASE	ALT. 1	ALT. 2	ALT. 3	ALT. 4	ALT. 5	ALT. 6	ALT. 7	ALT. 8
Lúmenes iniciales	5,200	5,400	5,400	6,000	6,000	5,400	5,400	6,000	6,000
Lúmenes por luminario	10,400	10,800	10,800	12,000	6,000	5,400	5,400	6,000	6,000
Índice de reflectancia (%)	60	60	60	60	60	93	93	93	93
Lúmenes efectivos	6,200	6,480	6,480	7,200	3,600	2,790	2,836	3,200	3,100
Luxes medios mantenidos	200	211	217	235	241	169	173	188	193
Vida nominal de lámparas (horas)	12,000	12,000	12,000	15,000	15,000	12,000	12,000	15,000	15,000
Índice de rendimiento de color	77	62	62	85	85	62	62	85	85
Densidad de carga (W/m ²)	24.04	16.69	14.95	16.02	14.02	8.34	7.48	8.01	7.01
Watts por luminario	180	125	112	120	105	56	56	60	52.5
Operación anual (horas)	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500
Consumo anual (kWh)	630	437.5	392	420	367.5	218.75	196.0	210	183.7
Precio medio de energía (\$/kWh)	0.2336	0.2336	0.2336	0.2336	0.2336	0.2336	0.2336	0.2336	0.2336
Importe anual de energía (\$)	147.17	102.20	91.57	98.12	85.85	51.10	45.79	49.06	42.92
Ahorro anual (\$)	---	44.97	55.60	49.06	61.32	96.07	101.38	98.12	104.25
Inversión (\$)	---	144.70	215.40	182.50	258.20	206.85	242.50	225.75	263.60
Periodo de recuperación (años)	---	3.20	3.87	3.72	4.21	2.15	2.38	2.30	2.53

Análogamente al caso anterior, la alternativa N° 3 implicaba la menor inversión (\$182.50), sin embargo, los ahorros eran poco atractivos (\$49.06). El mayor ahorro se obtenía con la alternativa N° 8 (\$104.25), aunque correspondía a la mayor inversión (\$263.60) y el período de recuperación no resultaba ser el más ventajoso (2.53 años), pues era superado por 3 alternativas, aun cuando era la mejor en el aspecto de densidad de carga (7.01 W/m²). El período de recuperación más atractivo correspondía a la alternativa N° 5 (2.15 años) utilizando lámparas T-12 y balastos electromagnéticos, es decir, el alto costo de las lámparas T-8 y de los balastos electrónicos, convertían a las alternativas 6, 7 y 8 en poco recomendables. Paradójicamente, la alternativa N° 4 que era la más desventajosa en el aspecto económico, era la mejor en luxes medios mantenidos con 241.

Sistema de acondicionamiento ambiental

El sistema de acondicionamiento ambiental estaba constituido por unidades tipo paquete y tipo ventana; los equipos tenían las capacidades nominales de 1, 1.5, 2, 4 y 7.5 TR, como se aprecia en el siguiente esquema:

EQUIPO	CAPACIDAD UNITARIA (TR)	EFICIENCIA (kW/TR)	CARGA UNITARIA (kW)	NUMERO	CARGA TOTAL (kW)
Unidad tipo paquete	4	1.150	4.6	6	27.60
Unidad tipo paquete	7.5	1.560	11.7	3	35.10
Unidad tipo paquete	2	1.450	2.9	1	2.90
Unidad tipo ventana	1	1.400	1.4	5	7.00
Unidad tipo ventana	1.5	1.733	2.6	4	10.40
Unidad tipo ventana	2	1.300	2.6	5	13.00
Total					96.00

Se analizó el comportamiento de las unidades tipo paquete que prestan servicio al edificio en donde se aloja la Dirección General, así como las aportaciones solares y las del equipo eléctrico. Se observó que la ganancia solar juega un papel importante en el con-

sumo de energía eléctrica de las 6 unidades con que cuenta este edificio, llegando a ser hasta de 75 % de la carga térmica en la fachada sur; para la fachada norte se encontró que la principal carga térmica se debía al equipo de cómputo.

En cuanto a las 14 unidades de ventana existentes en las áreas de oficina de la planta, se observó que para los edificios de potencia y del laboratorio de aseguramiento de calidad, la principal carga térmica correspondía al calor generado por la planta de proceso; para los demás edificios resultó ser la aportación solar.

El diagnóstico realizado permitió establecer que tanto los equipos tipo paquete como los de ventana, en general, se encontraban en buen estado físico, aunque se evidenció la falta de mantenimiento en ellos. El análisis de mantenimiento y limpieza para evaluar las pérdidas generadas por ello no arrojó grandes detalles. Los problemas detectados fueron suciedad de los filtros de admisión de aire fresco al evaporador, mientras que los condensadores se encontraron dañados por suciedad y golpes en las aletas de los condensadores. Por lo anterior, las acciones sugeridas para este sistema se centraban principalmente en brindar mantenimiento quincenal a los equipos.

Con el objeto de reconocer las fuentes que incidían en la carga térmica, se efectuó un levantamiento del equipo eléctrico usado en las diferentes áreas de la zona bajo estudio; asimismo, se efectuaron mediciones de la energía solar incidente dentro y fuera de las oficinas. También se tomaron las dimensiones del espacio acondicionado.

Se detectó que las ventanas orientadas al sur, además de permitir el paso de aproximadamente el 30% de la insolación diaria, absorbían energía y elevaban su temperatura muy por encima de la del medio ambiente. La temperatura medida durante algunos días del mes de enero fue, en promedio, de 40°C. El calor generado se disipaba por radiación-convección por igual hacia el interior y al exterior del edificio aumentando la carga térmica.

El análisis de la carga térmica total del edificio de la Dirección General, que sería desplazada por el conjunto de equipos de acondicionamiento ambiental, reflejó la existencia de potenciales de ahorro de energía, mismo que se obtendrían a través del control de la radiación solar incidente, así como de la disminución de carga térmica por iluminación. Para el mes de enero la aportación solar se midió en 28%, más una ganancia del 6.4% de la rerradiación de las ventanas y 28.5% del sistema de iluminación, totalizando estos tres conceptos 62.9%.

Por lo anteriormente expuesto, la principal oportunidad de ahorro para el aire acondicionado, contemplaba la disminución de la carga térmica provocada por la aportación solar y el sistema de iluminación.

En lo que respecta a la ganancia solar, la única solución consistía en la instalación de parasoles en las ventanas de las fachadas sur y oriente del edificio de la Dirección y en la fachada sur del edificio de Abastecimientos; con esta medida se evitaría el 100% de la aportación solar y la radiación debida al calentamiento de vidrios. Cabe mencionar que si bien se descartó la posibilidad de oscurecimiento de las oficinas, pues los parasoles permitirían el paso de la radiación difusa, el costo de esta medida no resultó rentable.

En el edificio Magneto, las infiltraciones de calor provenientes de la planta podrían ser reducidas hasta en un 70%, mediante la instalación de extractores atmosféricos; el flujo de aire a reemplazar sería de 1800 m³/h.

■ ACCIONES CORRECTIVAS

Después de analizar cada una de las propuestas para los sistemas de iluminación y de acondicionamiento ambiental, se tomó la decisión de aplicar los recursos en el sistema de iluminación, aunque lo limitado del presupuesto asignado obligó a apartarse de las alternativas más ventajosas:

- En 695 gabinetes con sistemas convencionales de 2X75 W, se retiró una lámpara por gabinete quedando un balastro por cada dos gabinetes; asimismo se instaló un reflector especular de aluminio de 0.3X2.44 m. en cada gabinete.
- En 423 gabinetes con sistemas de 2X39 W con lámpara T-12 y balastro electromagnético convencional, se retiró una lámpara por gabinete quedando un balastro por cada dos gabinetes, asimismo, se instaló un reflector especular de aluminio de 0.3X1.22 m. en cada gabinete.
- De 100 canaletas con sistemas convencionales de 1X75 W fueron retiradas 50, en las 50 restantes se instalaron reflectores de aluminio y fueron redistribuidas.
- 469 luminarios de 1X39 W fueron convertidos a 1X34 W, instalando lámparas ahorradoras y balastos electromagnéticos de alta eficiencia.
- Se sustituyeron 20 lámparas incandescentes de 75 W por lámparas fluorescentes compactas de 13 W.

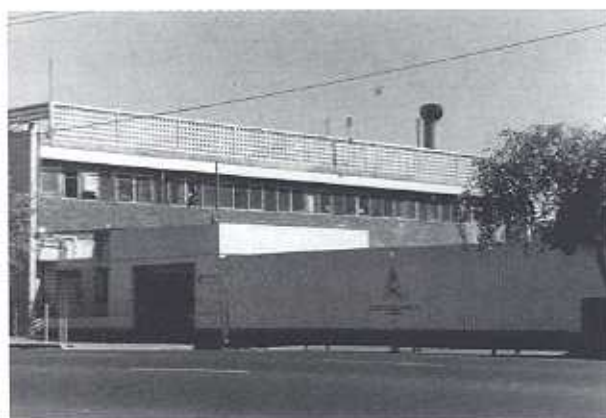
- En algunas oficinas del departamento de Contabilidad, Dirección y en áreas generales, se instalaron 23 sensores de presencia. La firma consultora estimó que con esta medida se obtendría un ahorro de 4.76% adicional al obtenido por la implementación de las anteriores medidas.

Cabe aclarar que en función de los recursos disponibles hubo que reducir ligeramente el alcance del proyecto, lo que explica la conversión de 695 luminarios de 2X75 W en lugar de los 702 existentes; la de 100 canaletas de 1X75 W en lugar de las 130 y que no se haya aplicado ninguna acción en los 8 luminarios de 2X40 W.

En el siguiente cuadro se puede apreciar la comparación entre los sistemas actual y propuesto, así como el pronóstico de ahorro.

■ RESULTADOS

Los trabajos correspondientes fueron terminados en el mes de marzo de 1995, llevándose a cabo una comparación de las facturaciones eléctricas del período abril a septiembre de 1994, con las habidas en el mismo periodo del año 1995.



SISTEMA	CARGA UNITARIA (W)	NUMERO	CARGA TOTAL (kW)	HORAS DE USO (h/mes)	CONSUMO MENSUAL (kWh)	IMPORTE MENSUAL (\$) ^{1/}
Actual 2X75 W	180	695	125.10	292	36,529	8,511.30
Propuesto 1X75 W	90	695	62.55	292	18,265	4,255.65
Ahorro			62.55		18,265	4,255.65
Actual 2X39 W	100	423	42.30	292	12,352	2,877.92
Propuesto 1X39 W	50	423	21.15	292	6,176	1,438.96
Ahorro			21.15		6,176	1,438.96
Actual 1X75 W	97	100	9.70	292	2,832	659.95
Propuesto 1X75 W	97	50	4.85	292	1,416	329.97
Ahorro			4.85		1,416	329.97
Actual 1X39 W	55	469	25.80	292	7,532	1,754.99
Propuesto 1X34 W	46	469	21.57	292	6,300	1,467.81
Ahorro			4.22		1,233	287.18
Actual 75 W Incand	75	20	1.50	292	438	102.05
Propuesto 13 W L.F.C.	15	20	0.30	292	88	20.41
Ahorro			1.20		350	81.64
Ahorro por utilizar sensores de presencia			---		1,281	299.24
AHORRO TOTAL			93.97		28,721	6,692.65
INVERSION (\$)					252,086.22	
COSTO DEL DIAGNOSTICO (\$)					45,210.00	
INVERSION TOTAL (\$)					297,296.22	
P. RECUPERACION (años)					3.7	

^{1/} Considerando un precio medio de 0.2336 \$/kWh.

PERIODO	DEMANDA (kW)	CONSUMO (kWh)	IMPORTE (\$)	P.M. (\$/kWh)	RECALCULO DEL IMPORTE (\$) ^{1/}
Abr-94	4,839	2,309,220	475,829.35	0.2061	517,378.83
Abr-95	4,868	2,663,682	96,795.75	0.2240	596,795.75
Ahorro	(29)	(354,462)			(79,416.92)
May-94	4,713	2,263,910	468,776.75	0.2071	591,857.59
May-95	4,432	2,092,793	547,122.20	0.2614	547,122.20
Ahorro	281	171,117			44,735.39
Jun-94	4,824	2,441,217	509,806.60	0.2088	612,451.04
Jun-95	4,306	2,537,492	636,604.45	0.2509	636,604.45
Ahorro	518	(96,275)			(24,153.41)
Jul-94	4,886	2,465,934	501,861.25	0.2035	612,448.30
Jul-95	4,532	2,536,577	629,993.45	0.2484	629,993.45
Ahorro	354	(70,643)			(17,545.15)
Ago-94	5,116	2,384,711	496,386.15	0.2082	599,658.53
Ago-95	4,864	2,193,717	551,631.25	0.2515	551,631.25
Ahorro	252	190,994			48,027.28
Sep-94	5,267	2,720,445	577,597.15	0.2123	690,013.45
Sep-95	4,867	2,374,050	602,153.85	0.2536	602,153.85
Ahorro	400	346,395			87,859.60
Promedio 94	4,941	2,430,906		0.2077	603,967.96
Promedio 95	4,645	2,399,719		0.2483	594,050.16
AHORRO PROMEDIO MENSUAL	296	31,187			9,917.80
INVERSION (\$)	297,296.22		P.RECUPERACION (años)		2.5

^{1/} Resultado de multiplicar el consumo de los meses de 1994 por el precio medio del mismo mes de 1995, los cuales consideran 5 decimales más que no aparecen en el cuadro.

El siguiente es un cuadro resumen de los resultados del proyecto:

CONCEPTO	ANTERIOR	ACTUAL	AHORRO	
			UNITARIO	%
DEMANDA (kW)	4,941	4,645	296 ^{3/}	5.99
CONSUMO (kWh)	2,430,906	2,399,719	31,187	1.28
PRECIO MEDIO (\$/kWh)	^{1/}	0.2483	---	---
IMPORTE MENSUAL (\$)	603,967.96	594,050.16	9,917.80	1.64
IMPORTE ANUAL (\$)	7,247,615.52	7,128,601.92	119,013.60	1.64
INVERSION (\$) ^{2/}	297,296.22		P.RECUPERACION (años) 2.5	

^{1/} No se consigna cifra ya que el precio medio se ha recalculado conforme a los precios vigentes.

^{2/} Incluye \$ 45,210.00 por concepto del diagnóstico.

^{3/} El ahorro en demanda no debe considerarse como imputable totalmente a las acciones correctivas ya que fue superado en más del 100%.

Cabe mencionar que el éxito de este proyecto se debió fundamentalmente a la utilización de reflectores de aluminio de acuerdo a las características del sistema de iluminación existente. Efectivamente, debe tenerse presente que el propósito del reflector consiste en mejorar el control direccional de la luz aprovechando su alta reflectividad, lo que

a su vez minimiza las pérdidas dentro del gabinete hasta un rango que va del 7 al 12%.

Esto se logra aplicando al aluminio dobleces que tienen una exactitud milimétrica, para producir múltiples imágenes en forma simétrica a la lámpara reubicada dentro del gabinete, haciendo que éste proporcione

una luz tan intensa como cuando tenía las 2 lámparas.

Se comprende entonces porqué el diseño y construcción de los reflectores de aluminio debe hacerse conforme a las características del sistema de iluminación, es decir, tomando en cuenta la altura de montaje sobre el plano

de trabajo y el espaciamiento entre gabinetes, con el objeto de que la curva de distribución fotométrica del luminario, ya adaptado con reflector, proporcione la misma uniformidad evitando zonas oscuras.

Las oficinas de NACEL, por estar ubicadas dentro de la planta de producción, no son homogéneas en cuanto a la distribución de espacio, presentando gran diversidad de alturas y distancias entre luminarios y equipo de oficina, lo que obligó a hacer 32 diseños diferentes aún en gabinetes de las mismas dimensiones.

■ CONCLUSIONES

- En este proyecto se demostró que con acciones mínimas como la disminución de carga en iluminación mediante el uso de reflectores de aluminio, es posible obtener ahorros substanciales de energía eléctrica.
- Aun cuando la instalación de reflectores de aluminio pudiera parecer una solución simplista, el éxito de un proyecto como el de NACEL, estriba en observar la siguiente regla: el mismo diseño del reflector no necesariamente tendrá el mismo efecto en un gabinete idéntico si no se toma en cuenta la altura de montaje y el espaciamiento entre luminarios.
- La utilización de reflectores de aluminio, proporcionó resultados espectaculares, si se toma en cuenta que permitió disminuir en 50% la carga de los luminarios, en comparación con la sustitución de lámparas y balastos convencionales por ahorradores, acción con la cual disminuyó la carga en sólo 16.3%. Por otra parte, aunque en un número reducido, la sustitución de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas fue una decisión acertada.
- En el año de 1994, fecha en que se desarrolló el diagnóstico, la utilización de lámparas T-8 y balastos electrónicos competían desventajosamente frente a las alternativas con lámparas y balastos convencionales, debido a sus altos precios. Con la apertura de mercado, labor que está realizando el FIDE, se espera que en el corto plazo los proyectos se concreten con base en esta nueva tecnología.
- La instalación de sensores de presencia en ciertas áreas, demostró ser la mejor alternativa para evitar el desperdicio de energía eléctrica en lugares sin ocupación.
- Los resultados obtenidos rebasaron las expectativas; el ahorro esperado era de 28,721 kWh y el comprobado fue de 31,187 kWh, que representa un 8.6% adicional; en cuanto al importe, se obtuvo una variación positiva del 61% en cuanto al pronóstico, pues de \$6,692.65 esperados se obtuvieron \$ 9,917.80, si bien esto obedeció al incremento en el precio de la energía eléctrica y, finalmente, la inversión de \$ 297,296.22 se recuperó en tan sólo 2.5 años, período considerablemente menor a los 3.7 años proyectados inicialmente.
- El desarrollo de proyectos de ahorro de energía eléctrica apoyados por el FIDE presenta ventajas, como son los financiamientos reembolsables en 2 ó 3 años sin intereses, la prestación de asesoría técnica que garantiza la obtención de ahorros substanciales y la bondad de las acciones por aplicar.



FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA
Mariano Escobedo No. 420, 1er piso.Col. Anzures. México, D.F.
C.P. 11590 Tel.: 5545 2757 Consulte nuestra hoja web:
<http://www.fide.org.mx>