

■ ANTECEDENTES

Teléfonos de México es una empresa que brinda servicio de telecomunicaciones en la República Mexicana. En el año de 1995 el

FIDE desarrolló un proyecto de ahorro de energía eléctrica en el edificio

de TELMEX, ubicado en Av. Parque Vía N° 190 Col. Cuauhtémoc en la Ciudad de México. El edificio cuenta con 14 niveles de oficinas y durante el período de abril a septiembre de 1995 presentó los siguientes valores promedio mensuales: 2,432 kW en demanda, 943,437 kWh en consumo y \$264,573.45 en importe, con un precio medio de la energía de 0.2806 \$/kWh, como se aprecia a continuación:



PERIODO	DEMANDA kW	CONSUMO kWh	IMPORTE \$	PRECIO MEDIO \$/kWh	FACTOR DE CARGA %
Abr-95	2,465	893,100	252,060.75	0.2822	50.32
May-95	2,497	1,030,874	290,057.35	0.2814	57.34
Jun-95	2,454	1,025,460	277,329.90	0.2704	58.04
Jul-95	2,306	861,134	244,219.65	0.2836	51.87
Ago-95	2,497	1,030,874	291,940.45	0.2832	57.34
Sept-95	2,371	819,181	231,832.60	0.2830	47.99
PROMEDIO	2,432	943,437	264,573.45	0.2806	53.81

En virtud de que una parte de la energía eléctrica registrada por el equipo de medición, se destinaba al consumo del edificio ubicado en Parque Vía N° 198, a través de una subestación de 1,000 kVA, se procedió a hacer un ajuste exclusivamente para efectos de comprobación, con los siguientes resultados:

PERIODO	DEMANDA kW	CONSUMO kWh	IMPORTE S	PRECIO	FACTOR DE
				MEDIO \$/kWh	CARGA %
Abr-95	1,965	711,927	200,905.90	0.2822	50.32
May-95	1,997	824,457	232,002.33	0.2814	57.34
Jun-95	1,954	816,553	220,795.97	0.2704	58.04
Jul-95	1,806	674,476	191,281.39	0.2836	51.87
Ago-95	1,997	824,457	233,486.35	0.2832	57.34
Sept-95	1,871	646,483	182,954.66	0.2830	47.99
PROMEDIO	1,932	749,726	210,237.77	0.2806	53.81

■ DIAGNOSTICO

Los resultados del diagnóstico permitieron establecer la siguiente distribución de cargas:

SISTEMA	CARGA INSTALADA	
	kW	%
MANEJADORAS DE AIRE Y FAN & COILS	868.1	30.42
BOMBEO	806.2	28.25
ILUMINACION	679.1	23.79
TORRES DE ENFRIAMIENTO	132.0	4.62
EQUIPOS DE EXPANSION DIRECTA	126.6	4.44
EXTRACCION DE AIRE	112.6	3.95
ELEVADORES	37.7	1.32
VENTILADORES DE CALDERAS	63.6	2.23
VARIOS	28.2	0.99
TOTAL	2,854.1	100.00

Aplicando factores de diversidad y de carga para cada grupo de equipos, se pudo establecer que la mayor de las demandas máximas ocurrida en el mes de mayo de 1995 (1,997 kW) y su correspondiente consumo, estaban constituidas de la siguiente manera:

SISTEMA	CARGA kW	FACTOR DE DIVERSIDAD	DEMANDA kW	F.C. %	CONSUMO kWh/mes
MANEJADORAS DE AIRE Y FAN & COILS	868.1	1.620	535.9	37.00	147,523
BOMBEO	806.2	1.620	497.7	37.00	137,007
ILUMINACION	679.1	1.000	679.1	89.00	449,593
TORRES DE ENFRIAMIENTO	132.0	1.620	81.5	37.00	22,435
EQUIPOS DE EXPANSION DIRECTA	126.6	1.485	85.2	46.50	28,525
EXTRACCION DE AIRE	112.6	2.220	50.7	50.00	18,860
ELEVADORES	37.7	2.300	16.4	45.00	5,491
VENTILADORES DE CALDERAS	63.6	1.620	39.3	37.00	10,819
VARIOS	28.2	2.500	11.3	50.00	4,204
TOTAL	2,854.1		1,997		824,457

■ DESCRIPCION DE SISTEMAS

Sistema de acondicionamiento ambiental

Las características de los equipos que conforman este sistema se detallan a continuación:

EQUIPO	CAPACIDAD UNITARIA TR	EFICIENTE kW/TR	CARGA UNITARIA kW	NUMERO	CAPACIDAD TOTAL TR	CARGA TOTAL kW
Enfriador central tipo absorción	600.0	---	---	2	1,200	---
Unidad tipo paquete	20.0	1.49	29.8	3	60	89.4
Unidad tipo paquete	4.0	1.30	5.2	6	24	31.2
Unidad tipo minisplit	1.5	1.00	1.5	4	6	6.0
Total					1,290	126.6

Manejadoras de aire, bombeo y ventiladores

A continuación se aprecian las características de manejadoras, bombas y ventiladores de la caldera y de las torres de enfriamiento:

EQUIPO	CARGA UNITARIA kW	NUMERO	CARGA TOTAL kW
Unidad manejadora de aire tipo multizona	54.0	7	378.6
Unidad manejadora de aire tipo multizona	40.8	8	326.7
Unidad manejadora de aire tipo multizona	18.8	3	56.4
Unidad manejadora de aire tipo multizona	33.0	1	33.0
Unidad manejadora de aire tipo multizona	12.7	1	12.7
Unidad manejadora de aire tipo multizona	8.7	1	8.7
Unidad manejadora de aire tipo multizona	1.0	1	1.0
Bombeo de agua helada	83.2	3	249.6
Bombeo de condensados	124.7	3	374.1
Bombeo de agua caliente	33.0	3	99.0
Bombeo de agua cruda	21.2	2	42.4
Bombeo de agua de alimentación a calderas	6.6	4	26.4
Bombeo del equipo de absorción	2.7	4	10.8
Bombeo de combustible	1.0	3	3.0
Bombeo para cárcamo	0.9	1	0.9
Ventiladores de calderas	21.2	3	63.6
Fan & Coil	0.3	170	51.0
Torre de enfriamiento	33.0	4	132.0
Total		222	1,869.9

tante que no utiliza compresores, requiere de un sistema de bombeo de gran capacidad y, por ende, extremadamente consumidor de energía eléctrica; este sistema representa también costos elevados de mantenimiento en redes de vapor y de combustible para las calderas.

Tanto el equipo central como las manejadoras carecían de un sistema de control de paro, por lo que trabajaban de manera continua sin importar las necesidades de confort; también se detectó que los ductos de distribución del aire no correspondían a la distribución

El diagnóstico realizado reveló que el sistema de acondicionamiento ambiental del tipo absorción resultaba ineficiente, pues no obs-

de las áreas de oficinas, motivo que contribuía a la ineficiencia del sistema.

Los motores de las bombas eran de baja eficiencia y con más de 10 años de utilización, motivo por el cual habían sido reembobinadas en varias ocasiones.

Con base en la problemática detectada, la firma consultora propuso algunas alternativas para conseguir ahorros en este sistema, mismas que se describen enseguida.

■ PROPUESTA DE ACCIONES

Alternativa 1.- Conservar el sistema de acondicionamiento ambiental por absorción.

Esta opción consideró las siguientes acciones sobre la base de conservar el equipo de absorción.

Acción N° 1.- Reducir el gasto de agua helada y de condensados que se estimó en exceso, con lo cual se podría reducir la capacidad de las bombas de estos sistemas en relación con sus requerimientos; la capacidad se reduciría de 150 a 100 HP y de 100 a 60 HP.

El potencial de ahorro por sustituir las 3 motobombas de 150 HP por otras de 100 HP, se describe en el siguiente cuadro:

CONCEPTO	ACTUAL	PROPUESTO	AHORRO
Motobomba (HP)	150	100	50
Eficiencia (%)	89.7	94.5	---
Carga (kW)	124.7	78.9	45.8
N°	3	3	---
Carga total (kW)	374.1	236.7	137.4
Factor de diversidad	1.62	1.62	---
Demanda (kW)	230.9	146.1	84.8
Operación anual (horas)	3,240 ^{1/}	3,240 ^{1/}	---
Consumo anual (kWh)	748,116	473,364	274,752
Precio medio (\$/kWh)	0.283	0.283	---
Importe anual (\$)	211,716.83	133,962.01	77,754.82

^{1/} Corresponde a un factor de carga de 37 %.

En cuanto al ahorro que se obtendría por la operación de 3 motobombas de 60 HP en lugar de las actuales de 100 HP, sería:

CONCEPTO	ACTUAL	PROPUESTO	AHORRO
Motobomba (HP)	100	60	40
Eficiencia (%)	89.7	93.6	---
Carga (kW)	83.2	47.8	35.4
N°	3	3	---
Carga total (kW)	249.6	143.4	106.2
Factor de diversidad	1.62	1.60	---
Demanda (kW)	154.1	88.5	65.6
Operación anual (horas)	3,240 ^{1/}	3,240 ^{1/}	---
Consumo anual (kWh)	499,284	286,740	212,544
Precio medio (\$/kWh)	0.283	0.283	---
Importe anual (\$)	141,297.37	81,147.42	60,149.95

^{1/} Corresponde a un factor de carga de 37 %.

Acción N° 2.- Sustituir los motores actualmente instalados para las manejadoras de aire, torres de enfriamiento, bombas de alimentación a calderas, bombas de agua caliente y bombas de agua cruda, por otros de alta eficiencia. Esta acción se justifica porque al realizar mediciones de la corriente que toman, se determinaron eficiencias por debajo de las especificadas por los fabricantes.



El esquema de sustituciones sería el siguiente:

que contempla pisos completos. Se hizo un análisis de las necesidades por cada piso,

MOTORES ACTUALES				MOTORES PROPUESTOS			
POTENCIA HP	CARGA UNITARIA kW	EFICIENCIA %	CANTIDAD	CARGA TOTAL kW	EFICIENCIA %	CARGA UNITARIA kW	CARGA TOTAL kW
60	54.0	82.9	7	378.6	93.6	47.8	334.6
50	40.8	91.4	8	326.7	93.2	40.0	320.0
40	33.0	90.3	8	264.0	93.2	32.0	256.0
25	21.2	88.0	5	106.0	92.7	20.1	100.5
20	18.8	79.4	3	56.4	91.5	16.3	48.9
TOTAL			31	1,131.7			1,060.0

Como se puede observar, la sustitución de los 31 motores instalados por otros de alta eficiencia, permitirían reducir la carga en 71.7 kW generando un ahorro de el consumo según se aprecia enseguida:

encontrándose que, en términos generales, era posible reducir el volumen de aire en 10 m³ por cada 40 m², sin afectar la temperatura de confort, lo que implicaba instalar sólo el 80 % de la carga calculada en la acción

CONCEPTO	MOTORES ACTUALES	MOTORES DE ALTA EFICIENCIA	AHORRO
Carga (kW)	1,131.7	1,060.0	71.7
Factor de diversidad	1.62	1.62	---
Demanda (kW)	698.6	654.3	44.3
Operación anual (horas)	3,240 ^{1/}	3,240 ^{1/}	---
Consumo anual (kWh)	2,263,464	2,119,932	143,532
Precio medio (\$/kWh)	0.283	0.283	---
Importe anual (\$)	640,560.31	599,940.75	40,619.56

^{1/} Corresponde a un factor de carga de 37 %.

Nº 2 (1,060 kW). Si bien en esta alternativa el costo de los trabajos era poco más de 3 veces mayor al de la Nº 2, por razón natural de la complejidad de los mismos derivada de las pocas facilidades que ofrece un edificio en operación, el ahorro potencial era casi 4 veces más, lo que convertía a esta propuesta más redituable que la anterior.

Acción Nº 3.- (Sustituye a la acción Nº 2) Re proyectar la distribución de aire, lo que permitiría reducir la operación de los equipos al tener que suministrar servicio a áreas más reducidas en lugar de la disposición actual

El esquema de sustituciones se muestra enseguida:

El esquema de sustituciones se muestra enseguida:



MOTORES ACTUALES				MOTORES PROPUESTOS				
POTENCIA	CARGA		CANTIDAD	CARGA	POTENCIA	EFICIENCIA	CARGA	CARGA
HP	UNITARIA	EFICIENCIA		TOTAL	HP		UNITARIA	TOTAL
	kW	%		kW		%	kW	kW
60	54.0	82.9	7	378.6	50	93.2	40.0	280.0
50	40.8	91.4	8	326.7	40	93.2	32.0	256.0
40	33.0	90.3	8	264.0	30	92.6	24.2	193.6
25	21.2	88.0	5	106.0	20	91.5	16.3	81.5
20	18.8	79.4	3	56.4	15	91.2	12.3	36.9
TOTAL			31	1,131.7				848.0

Con esta distribución de carga se determinó el siguiente potencial de ahorro:

CONCEPTO	MOTORES ACTUALES	MOTORES DE ALTA EFICIENCIA	AHORRO
Carga (kW)	1,131.7	848.0	283.7
Factor de diversidad	1.62	1.62	---
Demanda (kW)	698.6	523.4	175.2
Operación anual (horas)	3,240 ^{1/}	3,240 ^{1/}	---
Consumo anual (kWh)	2,263,464	1,695,816	567,648
Precio medio (\$/kWh)	0.283	0.283	---
Importe anual (\$)	640,560.31	479,915.93	160,644.38

^{1/} Corresponde a un factor de carga de 37 %.

Acción N° 4.- Instalar un sistema de cogeneración.- Con base en el consumo de diesel que tiene el edificio, se analizó la posibilidad de producir agua caliente en forma paralela a las calderas existentes y, derivado de este proceso, instalar un sistema de cogeneración

a base de agua, por medio de intercambiadores de calor; el agua utilizada para el enfriamiento saldría caliente, siendo factible su utilización para alimentar la caldera, misma que tendría una menor demanda de combustible al recibir el agua precalentada. Sin embargo, esta solución resultaba incosteable a la vista del factor de carga tan pobre del sistema, lo que permitía generar solamente 194,400 kWh anuales.

A continuación se muestra el resumen de las 4 acciones descritas, con el monto de las inversiones requeridas y su período de recuperación:

MEDIDA	AHORRO ANUAL			INVERSION	PERIODO DE RECUPERACION
	DEMANDA kW	CONSUMO kWh	IMPORTE \$		
ALTERNATIVA No. 1					
Reducir la capacidad de las bombas de agua helada y de condensadores	150.4	487,296	137,904.77	322,471.50	2.3
Sustituir motores de manejadoras, ventiladores de calderas y torres de enfriamiento	44.3	143,532	40,619.56	211,761.00	5.2
Reproyectar la distribución de aire	175.2	567,648	160,644.38	692,875.00	4.3
Instalación de un sistema de cogeneración	60.0	194,400	55,015.20	492,582.00	9.0

con capacidad de 60 kW eléctricos, constituido por un motor de combustión interna que utilizaría gas natural como combustible, así como por un generador eléctrico. El motor estaba provisto de un sistema de enfriamiento

Como se puede observar, la opción de conservar el sistema de acondicionamiento ambiental por absorción, no ofrecía potenciales de ahorro atractivos, salvo con la Acción N° 1, consistente en sustituir 6 bombas por

otras de menor potencia. Las otras 3 acciones requerían inversiones tales que con los ahorros se podrían recuperar en períodos que rebasaban los límites de 3 años fijados

en mayo y agosto de 95), por lo que el ahorro potencial es importante, según se aprecia en los siguientes cuadros:

EQUIPO	CAPACIDAD UNITARIA TR	EFICIENCIA kW/TR	CARGA UNITARIA kW	NUMERO DE UNIDADES	CAPACIDAD TOTAL TR	CARGA TOTAL kW	DEMANDA kW
Enfriador central por absorción	600	---	---	2	1,200	1,869.9 ^{1/}	1,154.4 ^{2/}
Unidades tipo paquete	5	1.2	6.0	240	1,200	1,440.0	888.9 ^{2/}

^{1/} Considera la carga de manejadoras, motobombas, torre de enfriamiento y ventiladores de las calderas que serían dejados fuera de operación.

^{2/} Considerando un factor de diversidad de 1.62.

para que un proyecto fuera viable. La acción N° 3 tenía el agravante de una alta inversión que no resultó atractiva para el usuario.

En esta virtud se contempló otra alternativa:

Alternativa 2: Sustituir el actual sistema de acondicionamiento ambiental de absorción.

- **Acción única.** - Esta alternativa se apoyó en que, si bien las unidades de absorción

no consumen energía eléctrica, el sistema requiere de un número elevado de equipo auxiliar, como son las unidades manejadoras de aire y las bombas. Al observar el cuadro relativo de estas cargas, se tiene que el total es de 1869.9 kW, carga que impone una demanda de 1,154.4 kW y que es responsable del 57.8 % aproximadamente de la demanda máxima (1,997 kW). No obstante, el pobre factor de carga con que trabaja este equipo, estimado en sólo 37 %, el consumo mensual oscilaría en 311,688 kWh mensuales que es 37.8 % del mayor consumo mensual (824,457 kWh

El ahorro estimado sería el siguiente:

CONCEPTO	EQUIPO POR ABSORCION	EQUIPOS DE PAQUETE	AHORRO
Demanda (kW)	1,154.4	888.9	265.5
Operación anual (horas)	3240 ^{1/}	2,268 ^{2/}	972
Consumo anual (kWh)	3,740,256	2,016,025	1,724,231
Precio medio (\$/kWh)	0.283	0.283	---
Importe anual (\$)	1,058,492.45	570,535.08	487,957.37

^{1/} Considerando un factor de carga de 37 %.

^{2/} Considerando un factor de carga de 25.9 %, debido a que se facilita un mayor control.

Tomando en cuenta la inversión necesaria, el período de recuperación sería el siguiente:

MEDIDA	AHORRO ANUAL			INVERSION \$	PERIODO DE RECUPERACION años
	DEMANDA kW	CONSUMO kWh	IMPORTE \$		
Sustituir el sistema central por unidades tipo paquete	266	1,724,231	487,975.37	3,416,668.00	7.0

De lo anterior se puede concluir lo siguiente:

- El ahorro generado por dejar de operar el sistema de absorción es importante, ya que la cifra de 1,724,231 kWh anuales equivale a 143,686 kWh mensuales que a su vez representa el 19.1 % del consumo mensual.
- Sin embargo, la inversión es elevada no solo en función del costo de las unidades tipo paquete por instalar, sino del costo de los trabajos por desarrollar en un edificio funcionando, lo que hace que el período

de recuperación sea excesivo, como lo es el de 7 años.

- En casos como el que nos ocupa, la sustitución de un sistema de acondicionamiento ambiental de absorción por otro, ya sea centrífugo, tornillo, scroll o tipo paquete, podría ser redituable si se tomaran en cuenta otros factores que por ser ajenos al ahorro de energía eléctrica, están al margen de los objetivos que persigue el FIDE, siendo, en consecuencia, proyectos de otra naturaleza. Entre estos factores podrían mencionarse los siguientes, derivados de prescindir de la operación de la caldera:

- Dejar de consumir diesel o el combustible equivalente, cuyo costo debe compararse con el de la energía eléctrica para cuantificar el beneficio.

- Eliminar costos derivados del tratamiento de aguas, como son productos químicos y costos fijos.

- Reducir ostensiblemente el consumo de agua, tanto en las calderas como en las torres de enfriamiento, considerando su costo derivado de la disponibilidad que se tenga.

- Eliminar costos por operación y mantenimiento del sistema de vapor, que requieren de técnicos altamente especializados y del pago de primas de seguro por un equipo sujeto a presión.

- Disponer del espacio ocupado por las calderas, cuyo

costo depende de la construcción, de la ubicación del inmueble y de su plusvalía.

- Reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera que, dependiendo de la zona de que se trate, podría significar un paro en casos de contingencia dejando el inmueble sin servicio de acondicionamiento ambiental.

Sistema de iluminación

Predominaba la utilización de lámparas T-12 de 20 y 75 W con balastos electromagnéticos convencionales; en menor cantidad se hallaron instaladas lámparas T-12 de 40W; también se encontraron instaladas lámparas incandescentes de 75, 50 y 40 W, así como lámparas de vapor de mercurio en las siguientes proporciones:

TIPO DE LUMINARIO	CARGA UNITARIA W	NUMERO	DEMANDA TOTAL kW ^{1/}
4X20 W Fluorescente T-12 ^{2/}	116	3,708	430.1
2X20 W Fluorescente T-12 ^{2/}	58	758	44.0
1X20 W Fluorescente T-12	33	60	2.0
2X39 W Fluorescente T-12	100	476	47.6
4X39 W Fluorescente T-12	200	48	9.6
3X39 W Fluorescente T-12 "U"	155	4	0.6
1X75 W Fluorescente T-12	97	257	24.9
1X75 W Fluorescente T-12			
Canaleta	97	193	18.7
2X75 W Fluorescente T-12	180	42	7.6
2X75 W Fluorescente T-12			
Gab. Industrial	180	3	0.5
4X75 W Fluorescente T-12	360	3	1.1
2X40 W Fluorescente T-12 ^{2/}	100	72	7.2
2X40 W Fluorescente T-12			
Canaleta	100	5	0.5
400 W Vapor de Mercurio	455	32	14.6
500 W Yodo-Cuarzo	500	22	11.0
75 W Spot Incandescente	75	191	14.3
50 W Spot Incandescente	50	95	4.8
40 W Incandescente	40	81	3.2
50 W MR 16	50	671	33.6
60 W PAR 16	60	17	1.0
75 W PAR 38	75	8	0.6
13 W L.F.C.	15	103	1.5
18 W L.F.C.	21	5	0.1
Total		6,854	679.1

^{1/} Se Considera un factor de diversidad de 1.0.

^{2/} Gabinetes en donde ya se habían instalado reflectores de aluminio.

Como es posible observar en el cuadro anterior, el sistema de iluminación estaba compuesto casi en su totalidad por lámparas y balastos de baja eficiencia; los sistemas de 4X20 W representaban el 63.3% de la carga total instalada y ofrecían el mayor potencial de ahorro; también se encontraron instaladas lámparas incandescentes de diversas potencias, mismas que en su conjunto representaban el 10% del total. Cabe mencionar que en el edificio se encontró instalado un sistema de control de alumbrado, aunque estaba fuera de servicio.

La empresa consultora propuso las siguientes acciones para disminuir el consumo de energía eléctrica:

Acción N° 1

a).- El edificio contaba con 3,708 luminarios de 4X20 W con reflector de aluminio que la administración ya había instalado con anterioridad para incrementar el nivel de iluminación. De este número, 975 se encontraron instalados en los pasillos y 2,733 en áreas de trabajo; el nivel de iluminación medido en los pasillos fue de 460 luxes en la zona más deprimida, lo cual hacía permisible retirar dos lámparas de cada ga-



binete y mantener un nivel luminoso de 317 luxes, valor que estaba dentro del nivel mínimo estipulado por Telmex y que es de 225 luxes.

b).- En 2,773 luminarios instalados en las áreas de trabajo, el nivel luminoso medido fue de 300 luxes, además de que su distribución es adecuada; por lo anterior, se analizó la posibilidad de retirar una lámpara de cada gabinete, disminuyendo el nivel luminoso hasta 270 luxes. Al igual que en el caso anterior el nivel requerido por Telmex es de 225 luxes. Las acciones a) y b) solamente requerían cubrir costos de mano de obra, ya que los reflectores se aprovecharían con ligeras modificaciones.

c).- Los luminarios de 2X40 W podrían ser sustituidos por luminarios de 2X34 W, con esta acción se mantendría el nivel de iluminación, pues las lámparas T-12 de 40 W tienen un flujo luminoso de 2,600 lúmenes, mientras que las lámparas ahorradoras de 34 W tienen un flujo luminoso de 2,350 lúmenes, teniendo una variación de tan sólo el 9.6 %; se obtendría además una disminución de 16 W en la carga de cada luminario.

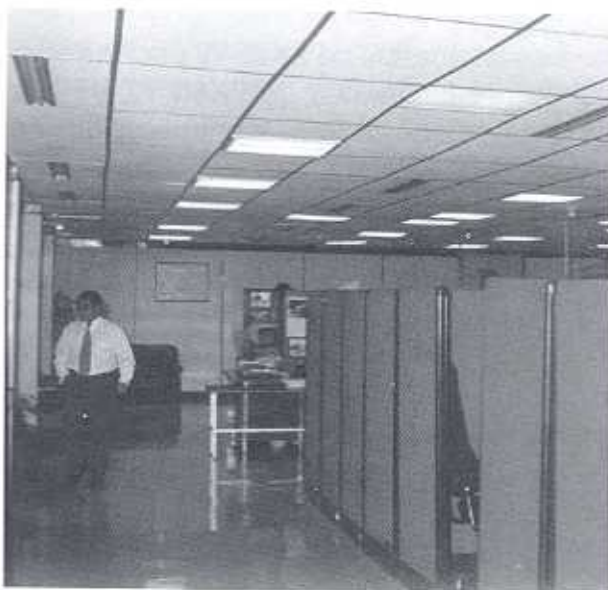
d).- Los luminarios de 2X75 W podrían sustituirse por luminarios de 2X60 W, ya que las lámparas de 75 W presentan un flujo luminoso de 5,200 lúmenes, mientras que las de 60 W proporcionan un flujo de 5,400 lúmenes; además, con la utilización de balastos de alta eficiencia se obtendrían disminuciones de 55 W por luminario.

e).- La sustitución de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas era una opción factible, ya que tienen flujos luminosos equivalentes, con la ventaja de que las fluorescentes compactas son de menor potencia; por otro lado, estas últimas tie-

nen una vida útil de 10,000 horas, mientras que la de los focos es de solamente 1,000 horas en promedio.

f).- Adicionalmente, se recomendó apagar los luminarios durante la noche y los fines de semana, reduciendo su utilización a solamente 11 horas de lunes a viernes como máximo.

Cabe observar que si bien el planteamiento de esta acción era a todas luces atractiva, principalmente por el potencial de ahorro al convertir 975 luminarios de 4X20 W a 2X20W y 2,733 de 4X20 W a 3X20W sin una inversión significativa, ya que sólo se harían los puentes necesarios para aprovechar los mismos balastos con menos lámparas, el proyecto representaba un alto grado de dificultad habida cuenta de que los reflectores de aluminio, que debían aprovecharse, habían sido doblados con 4 curvas, lo que implicaba modificar la curva de distribución fotométrica cuando se adaptaran a 2 ó 3 curvas, siendo necesario desarrollar pruebas de campo antes de tomar cualquier decisión.



Por otro lado, la mejor alternativa, desde el punto de vista técnico, consistía en instalar nuevos reflectores, diseñados para las condiciones de trabajo, sustituyendo al mismo tiempo las lámparas T-12 de 20 W por T-8 de 17 W y los balastos por sus correspondientes de nueva tecnología. Sin embargo, esto significaba hacer ociosa la inversión que ya había realizado TELMEX, por lo que no fue tomada en cuenta.

Acción N° 2

Debido a la ubicación del edificio existen áreas que cuentan con luz natural durante el día, sin embargo, se detectó que los luminarios permanecían encendidos, razón por la cual se propuso instalar fotoceldas para apagar luminarios durante el día en función del nivel de iluminación existente; asimismo, se propuso independizar los circuitos correspondientes a los luminarios de dichas áreas.

Se analizó la posibilidad de cerrar con llave las áreas comunes al término de las labores, de manera que los vigilantes no tuvieran acceso, pues se detectó que el cuerpo de seguridad del edificio dejaba los luminarios encendidos durante toda la noche, e inclusive los fines de semana al efectuar sus rondas.

Se propuso instalar interruptores individuales en oficinas, ya que alrededor del 90 % carecían de ellos. En este caso, la expectativa de ahorro estaría condicionada a que el personal que ahí labora apagara las luces al salir.

Acción N° 3

Esta consistió en brindar mantenimiento al equipo de control que se encontraba ocioso, con el fin de programar el encendido y apagado de los luminarios de los pasillos y las áreas abiertas de trabajo.

El resumen de las alternativas y las expectativas de ahorro se muestra enseguida:

narios de 4X20 W principalmente, en pasillos y áreas generales, así como de otros siste-

ACCION	AHORRO ANUAL			INVERSION \$	PERIODO DE RECUPERACION años
	DEMANDA kW	CONSUMO kWh	IMPORTE \$		
Sustitución de los equipos de iluminación	166	398,400	112,747.20	219,212.00	1.94
Aprovechar la luz natural e instalar fotoceldas	---	41,440	11,727.52	37,170.00	3.17
Reactivación del sistema de control existente para apagar luminarios de áreas generales y pasillos	274	394,560	111,660.48	127,903.00	1.15
TOTAL	440	834,400	236,135.20	384,285.00	1.63

Como es posible observar, las acciones resultaban atractivas, ya fuera en conjunto o de manera individual, aunque la primera acción resultaba tener claras ventajas sobre la segunda, por implicar la sustitución de los equipos de baja eficiencia por equipos ahorradores, además de que el período de recuperación de la inversión era inferior.

No obstante la factibilidad de cada una de las acciones anteriormente descritas, la N° 3 presentaba la ventaja de tener el período de recuperación más corto, así como de aprovechar el equipo de control existente y solamente debería cubrirse el costo de reactivación; de esta manera el monto de la inversión se vería reducido.

■ ACCIONES CORRECTIVAS

Como se mencionó anteriormente, existían 3 opciones para conseguir ahorros; sin embargo, debido a limitaciones presupuestales la decisión se tomó en función de la inversión requerida y del período de recuperación de la misma. En este caso, se optó por la alternativa N° 3, que implicaba reactivar el sistema de control existente en el edificio, para automatizar el encendido y apagado de lumi-

mas que se encuentran en estas áreas, de acuerdo con la siguiente distribución y cantidades:

PISO N°	N° DE LUMINARIOS CONTROLADOS DE 4X20 W
1	100
2	114
3	222
4	159
5	163
6	115
7	177
8	212
10	192
11	202
12	190

Piso N° 9: 176 luminarios de 4X20 W, 33 luminarios de 2X20 W, 5 luminarios de 2X39 W, 1 luminario de 2X40 W, 45 Spots incandescentes de 75 W, 25 lámparas de halógeno MR 16 de 50W.

Piso N° 13: 104 luminarios de 4X20 W, 6 luminarios de 2X20 W, luminarios de 2X39 W y 6 luminarios de 1X75 W.

Piso N° 14: 100 luminarios de 4X20 W, 20 luminarios de 2X20 W, 15 luminarios de 2X39 W, 11 luminarios de 4X39 W, 14 luminarios de 1X75 W, 9 luminarios de 2X40 W y 8 lámparas de halógeno MR 16 de 50 W, que en este caso representa la totalidad de la iluminación en el piso.

Estas cargas operaban normalmente durante 24 horas al día, de lunes a viernes; el sistema de control las sacaría de operación de las 24:00 horas a las 6:00 horas, es decir, 6 horas. En seguida se muestra en detalle el esquema de ahorro:

TIPO DE LUMINARIO	CARGA UNITARIA W	NUMERO	AHORROS		
			DEMANDA kW ^{1/}	CONSUMO kWh ^{2/}	IMPORTE \$ ^{3/}
PISOS N° 1 AL 8					
4X20 W	116	1,262	146.4	17,567	4,971.47
PISO N° 9					
4X20 W	116	176	20.4	2,450	693.33
2X20 W	58	33	1.9	230	65.00
2X39 W	100	5	0.5	60	16.98
2X40 W	100	1	0.1	12	3.40
75 W Spot Inc.	75	45	3.4	405	114.62
50 W MR 16	50	25	1.3	150	42.45
PISOS N° 10 AL 12					
4X40 W	116	584	67.7	8,129	2,300.59
PISO N° 13					
4X20 W	116.00	104	12.1	1,448	409.69
2X20 W	58.00	6	0.3	42	11.82
2X39 W	100.00	2	0.2	24	6.79
1X75 W	97.00	6	0.6	70	19.76
PISO N° 14					
4X20 W	116.00	100	11.6	1,392	393.94
2X20 W	58.00	20	1.2	139	39.39
2X39 W	100.00	15	1.5	180	50.94
4X39 W	200.00	11	2.2	264	74.71
1X75 W	97.00	14	1.4	163	46.12
2X40 W	100.00	9	0.9	108	30.56
50 W MR 16	50.00	8	0.4	48	13.58
TOTAL		2,426	274.0	32,880	9,305.14
INVERSION (\$) ^{4/}				265,341.40	
PERIODO DE RECUPERACION (años)				2.4	

^{1/} Se considera un factor de diversidad de 1.00.

^{2/} Considerando 6 horas diarias y 20 días mensuales.

^{3/} Precio medio de la energía de 0.283 \$/kWh.

^{4/} Incluye el costo del diagnóstico por \$137,438.40. Incluye IVA.

Una vez determinado el potencial de ahorro se readaptó el sistema W7000 con capacidad para operar hasta 40 canales y monitorear 42 sensores de temperatura, si así se desea, así como supervisar la óptima operación de cada un de los equipos periféricos que configuran el sistema, como a continuación se describe:

1.- Modulo de comunicación (Q7000) que es un comunicador serial con módem interno para ser interfasado con el sistema de control de cargas, así como proveer las entradas lógicas para poder interconectar los equipos periféricos como son la computadora personal local, el multiplicador de puertos

(W7026), el procesador de sensores (W7025) y el acoplador telefónico (S7002) que se utiliza para la comunicación de la computadora personal remota.

2.- Transmisor de frecuencia (TC720), el cual tiene como función básica generar señales de radiofrecuencia (RF) que serán transmitidas a través de la red eléctrica de la instalación a controlar y serán recibidas por las señales mediante el relevador receptor y repetidores de (RF) o acopladores.

3.- Acoplador telefónico (S7002) que tiene como función proteger e interfasar el módulo de comunicaciones (Q7000) a través de la línea telefónica

normal, para el enlace con una computadora personal remota.

4.- Transductor de potencia (W972) el cual convierte las señales de corriente y voltaje en señales de milivolts, hacia el control de cargas W7000, para medir y monitorear consumos y demandas.

5.- Modulo de interface y monitoreo (S7400), cuya función principal es interfasar un termostato comercial y el modulo de comunicación Q7000, para así poder monitorear las horas de operación de los equipos eléctricos controlados.

6.- Acoplador de señal de radiofrecuencia (SC720), que cumple con la función de acoplar la señal de radiofrecuencia (RF) transmitida por el módulo (TC720) de un primer

sistema de distribución de energía eléctrica, de un transformador a otro sistema de distribución de energía, permitiendo si se considera pertinente cambiar de un modo de transmisión de (RF) a otro.

7.- Relevador receptor (R720), que tiene como función decodificar la señal de radiofrecuencia (RF) transmitida por el módulo (TC720) y controlar a través de un contacto (NO) o (NC) la carga eléctrica, de acuerdo a la asignación del canal programado en el relevador receptor.

■ RESULTADOS

El proyecto fue terminado en marzo de 1996. En seguida se muestra el análisis de los consumos habidos en el período abril-septiembre de 1995 y el mismo período de 1996 :

PERIODO	DEMANDA kW	CONSUMO kWh	IMPORTE S	PRECIO MEDIO S/kWh	RECALCULO DEL IMPORTE S ^{1/}
Abr-95	2,465	893,100	252,060.75	0.2822	318,366.87
Abr-96	2,136	887,544	316,386.30	0.3565	316,386.30
Ahorro	329	5,556			1,981
May-95	2,497	1,030,874	290,057.35	0.2814	374,776.61
May-96	2,420	927,839	337,318.00	0.3636	337,318.00
Ahorro	77	103,035			37,459
Jun-95	2,454	1,025,460	277,329.90	0.2704	385,793.16
Jun-96	2,369	921,110	346,535.15	0.3762	346,535.15
Ahorro	85	104,350			39,258
Jul-95	2,306	861,134	244,219.65	0.2836	325,687.35
Jul-96	2,191	958,459	362,496.40	0.3782	362,496.40
Ahorro	115	(97,325)			(36,809)
Ago-95	2,497	1,030,874	291,940.45	0.2832	405,831.08
Ago-96	2,169	870,291	342,613.80	0.3937	342,613.80
Ahorro	328	72,415			63,218
Sept-95	2,371	819,181	231,832.60	0.2830	327,705.93
Sept-96	2,227	940,535	376,252.50	0.4000	376,252.50
Ahorro	144	(121,354)			(48,547)
Promedio 95	2,432	943,437	264,573	0.2806	356,360.27
Promedio 96	2,252	917,630	346,934	0.3780	346,933.69
AHORRO	180	25,807			9,426.58
INVERSION (S) ^{2/}	265,341.40		Recuperación		2.3 años

^{1/} Resultado de multiplicar el consumo del mes por el precio medio del mismo mes pero del año siguiente.

^{2/} Incluye el costo del diagnóstico por \$ 137,438.40.

Cabe aclarar que las cifras entre paréntesis que significan incremento en el consumo, estuvieron afectadas por las necesidades del edificio de Parque vía N° 180, pero aún así se consideraron para efectos de evaluación. Los resultados del proyecto se muestran resumidos en el siguiente cuadro :

CONCEPTO	ANTES DEL PROYECTO	DESPUES DEL PROYECTO	AHORRO MENSUAL	
			UNITARIO	%
Demanda (kW)	2,432	2,252	180	7.40
Consumo (kWh)	943,437	917,630	25,807	2.74
Precio medio (\$/kWh)	1 ¹	0.3780	---	---
IMPORTE MENSUAL (\$)	356,360.27	346,933.69	9,426.58	2.65
IMPORTE ANUAL (\$)	4,276,323.24	4,163,204.28	113,118.96	2.65
INVERSION (\$)	265,341.40	RECUPERACION (años)		2.3

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

CONCLUSIONES

- La decisión de TELMEX de reactivar el sistema de control existente fue acertada, demostrando así que no es necesario realizar inversiones cuantiosas para ahorrar ener-



gía eléctrica; muestra además, la importancia de evitar el desperdicio de energía mediante la tecnología adecuada, creando al mismo tiempo, una cultura de ahorro de energía eléctrica.

- La sustitución del sistema de acondicionamiento ambiental presentó un potencial de ahorro atractivo y aunque no se implementaron las medidas propuestas, quedó abierta la posibilidad de que el usuario las lleve a ca-

bo posteriormente con recursos propios, si es que esta decisión se justifica por la eliminación de costos inherentes a la operación de la caldera, que si bien podrían ser elevados, no se relacionan con la energía eléctrica. En su caso, la sustitución del sistema actual permitirá una mayor confiabilidad al eliminarse cualquier posibilidad de paro debido a contingencias ambientales.

- Los ahorros totales obtenidos cumplieron con las expectativas, pues el pronóstico de los ahorros fue de 32,880 kWh y \$9,305.14 mensuales, por consumo e importe respectivamente; los resultados obtenidos muestran un ahorro de 25,807 kWh, que si bien es ligeramente inferior a lo pronosticado, generó ahorros por \$9,426.58 mensuales debido a la variación del precio de la energía eléctrica, los cuales al ser correlacionados con la inversión de \$265,341.40 incluyendo el costo del diagnóstico, arrojan un periodo de recuperación de 2.3 años, que resultó ligeramente inferior al esperado de 2.4 años.

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>