

**Antecedentes**

El complejo administrativo de Mexicana de Aviación, ubicado en la Av. Xola No. 535, en México, D. F., cuenta con una torre de 31 pisos y un anexo para expendio de boletos y estacionamiento. Por su arquitectura moderna, tiene una imagen a nivel nacional ampliamente reconocida que en algunas ocasiones se llegó a asociar con su excelente y casi ininterrumpida iluminación.

Desde el punto de vista eléctrico, el conjunto es altamente consumidor; el suministro se realiza con 2 acometidas en alta tensión a través de 2 subestaciones con una capacidad total de 5750 KVA, 23 KV, que reduce la tensión a 440 V/220 V y alimenta a otros 4 transformadores. La tarifa que se aplica es la HM (horaria), con una demanda superior a 1,000 kW cuyos cargos son 2: uno por demanda y otro por energía. El cargo por demanda se aplica a la demanda máxima facturable, la cual se obtiene de una relación

entre la demanda máxima en el período de punta y la registrada en el período de base, entendiéndose como período de punta el tiempo comprendido entre las 18:00 y las 22:00 hrs. El cargo por energía contiene un precio más bajo que se aplica a la energía consumida en el período de base.

Asimismo, se aplica una penalización o bonificación por mantener el factor de potencia con un valor inferior o superior a 90%, según sea el caso.



Los valores promedio mensuales para la torre de Mexicana, se detallan en el cuadro No. 1.

Cuadro No. 1  
Características de la facturación  
por energía eléctrica  
(valores promedio mensual)

CONCEPTO	CANTIDAD
ENERGIA BASE (kWh)	406,439
ENERGIA PUNTA (kWh)	76,871
ENERGIA TOTAL	483,310
DEMANDA BASE (kW)	1,694
DEMANDA PUNTA (kW)	1,642
DEMANDA FACTURABLE (kW)	1,652
FACTOR DE POTENCIA	82.7%
IMPORTE (NS)	118,171.00 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Incluye NS 5,947.00 por bajo factor de potencia

### ■ Diagnóstico

Con el objeto de reducir sus costos por concepto de energía eléctrica, el personal técnico de Mexicana de Aviación, con el apoyo del FIDE, desarrolló un diagnóstico en las instalaciones del edificio.

Se detectó que el sistema de iluminación interior estaba constituido por 4,226 gabinetes conteniendo 2 lámparas de 39 W; 233 de 1 x 39 W y 27 de 2 x 75 W, que representaba una carga conectada de 440 kW, y que a su vez originaba una demanda máxima de 382 kW, considerando un factor de diversidad de 1.15 que es normal para este tipo de edificios. El resto de la demanda es provocada por equipo de cómputo (principalmente un sistema de alimentación continua), acondicionamiento ambiental, elevadores, bombeo de agua potable (sistema hidroneumático) y aparatos diversos propios de oficina. Debido a la baja calidad de los gabinetes instalados, fuera de origen o bien por el deterioro a través del tiempo, el índice de reflexión de su pintura nunca superó el 40%, valor que podría incrementarse hasta el 95%, por lo cual el potencial de ahorro estaba en la utilización de reflectores ópticos de aluminio para incrementar la eficiencia de los gabinetes y así poder disminuir en 50% la demanda; sin embargo, era requisito indispensable corroborar que los

niveles de iluminación fuesen los adecuados, por lo que se realizaron pruebas de campo y de laboratorio para comparar luxes de un gabinete con y sin reflector. Asimismo, se contempló la alternativa de sustituir lámparas y balastos por otros de mayor eficiencia, pero el ahorro por obtener se estimó muy por abajo del que se lograría con los reflectores especulares.

Por otra parte, las oficinas del edificio se encontraban iluminadas generalmente hasta las 23:00 hrs., debido a que su operación era manual y no existía una política para desconectar determinadas áreas, limitación que podría superarse mediante la instalación de un sistema de control.

En lo que respecta a la iluminación externa, el potencial era prácticamente nulo, ya que las luminarias actualmente instaladas (vapor de sodio alta presión) cumplen con los requisitos mínimos de eficiencia.

En cuanto a los equipos de bombeo de agua y elevadores, cabe observar que aun cuando ya existen en el mercado nacional innovaciones tecnológicas que permiten obtener ahorros importantes, las inversiones necesarias rebasaban el presupuesto disponible, por lo cual se decidió no involucrar a este equipo en el proyecto.

Finalmente, el factor de potencia, en promedio, era de 82.7%, lo que implicaba pagar una penalización de 5.25% sobre el monto total de la factura mensual, por lo cual era necesario incrementar este valor a niveles superiores a 90% para lograr no solamente evitar la penalización, sino inclusive obtener una bonificación sobre el monto de la factura.

### ■ Acciones Correctivas

#### Instalación de reflectores especulares de aluminio

En cada uno de los 3,770 gabinetes de 2x39 W, se instaló un reflector especular de aluminio con lo cual se incrementó su eficiencia en aproximadamente 30%, permitiendo retirar una de cada 2 lámparas, así como un balastro por cada 2 gabinetes. Con esta acción se redujo la carga en iluminación al 50% de la original.

Asimismo, en 27 gabinetes de 2 x 75 W, se retiró una lámpara mediante la instalación de un reflector de aluminio.

En ambos casos se colocaron de nueva cuenta



las mismas lámparas, sin que con esto se afectara significativamente el confort lumínico que descendió en aproximadamente 10% (330 luxes, a 300 luxes).

#### **Instalación de bancos de capacitores.**

Con el objeto de aumentar el factor de potencia de 82.7% a 95%, se instalaron 7 bancos de capacitores de diferentes capacidades, distribuidos en diversas áreas, tal como se describe a continuación, y que hacen un total de 880 KVAR.

2 bancos automáticos de 100 KVAR, con 5 pasos de 20 KVAR, uno en cada transformador de 1000 KVA, ubicado en el piso 31 de la torre.

3 bancos automáticos de 200 kVAR, constituidos por 5 pasos de 40 KVAR, instalados en los 2 transformadores de 1500 KVA y uno en el transformador de 750 KVA que alimenta al sistema de aire acondicionado. Además, se instalaron 2 bancos fijos de 40 KVAR en cada unidad generadora de agua helada.

Cabe señalar que con esta medida el beneficio para el usuario no significa un ahorro en el consumo de energía (kWh) ni de demanda (kW), sino en un incremento de la capacidad disponible tanto en la subestación como en los conductores; además, el incremento en el valor del factor de potencia se refleja en el importe de

la factura, ya que no sólo se evita la penalización que era de N\$ 71,170.00 al año, sino que también se logra una bonificación importante.

La inversión requerida fue de N\$ 85,666.00, cuyo período de recuperación será en 0.9 años, que es sumamente rentable.

#### **Instalación de un sistema de control.**

En los tableros de alumbrado se instalaron 5 aparatos para desconectar por horario los circuitos correspondientes a las oficinas cuyos empleados dejan de laborar a partir de las 19:00 hrs., asegurando de esta manera que a partir de la hora indicada, el edificio disponga del servicio de alumbrado sólo en las oficinas de funcionarios que por razón de sus compromisos tengan que permanecer después de dicho horario.

#### **Resultados**

En el mes de julio de 1992 se iniciaron los trabajos correspondientes, de manera que ya en agosto se observó una disminución tanto en el consumo como en la demanda e importe facturado. Sin embargo, no fue sino hasta el mes de octubre en que el consumo y la demanda disminuyeron ostensiblemente por razón natural de que en ese mes se concluyeron en su totalidad las acciones correctivas. En el cuadro No. 2 se muestran los resultados obtenidos a





través de 18 meses en que se llevó un control de los datos contenidos en las facturaciones correspondientes, observándose que, en términos porcentuales, el ahorro en la energía de punta fue de 16.8%; en la demanda facturable de 16.5% y en el importe de 14.1%, suficiente para recuperar la inversión en 30 meses que es un período razonable.

**Cuadro No. 2**  
Características de las facturaciones  
antes y después del proyecto

CONCEPTO	UNIDAD	ANTERIOR	ACTUAL	AHORRO	
				ABSOLUTO	%
ENERGIA BASE	kWh	406,439	360,329	46,110	11.3
ENERGIA PUNTA	kWh	76,871	65,928	10,943	14.2
ENERGIA TOTAL	kWh	483,310	426,257	57,053	11.8
DEMANDA BASE	kW	1,694	1,421	273	16.1
DEMANDA PUNTA	kW	1,642	1,373	269	16.4
DEMANDA FACT.	kW	1,652	1,390	262	15.8
IMPORTE	\$	118,171	101,547	16,624	14.1
PRECIO MEDIO	\$/kWh	0.2445	0.2390		
FACTOR DE CARGA	%	39.6	41.5		

**Inversión = NS 503,479    Recuperación = 30 meses**

#### ■ Ventajas

- Mexicana de Aviación está pagando ahora cerca de NS 17,000.00 mensuales menos por concepto de consumo de energía eléctrica, que representa un ahorro importante para los objetivos fijados por la empresa.

- La vida útil de los materiales instalados es de 25 años como mínimo, mientras que el ahorro obtenido permitirá recuperar la inversión en sólo 30 meses, por lo que se espera una ganancia sostenida durante más de 22 años, lo que sin duda representa un magnífico negocio para Mexicana de Aviación.

- Tratándose de costos, y principalmente en lo que se refiere a servicios públicos, siempre habrá incrementos aunque no sean de consideración, razón por lo cual el ahorro mensual que viene obteniendo este usuario, se verá incrementado en el futuro.

- Existen beneficios adicionales que no se evaluaron por ser ajenos a lo que reflejará la facturación de Luz y Fuerza del Centro, único instrumento para juzgar acerca del monto de los ahorros. Estos beneficios consisten en una menor carga que origina menores pérdidas por calentamiento de los conductores, así como menores gastos tanto de mantenimiento como de reposición al reducirse al número de lámparas y de balastos.

#### ■ Conclusiones

- Quedó demostrado que bajo ciertas condiciones de eficiencia de las luminarias es posible disminuir hasta en 50% la carga instalada en alumbrado mediante la instalación de reflectores especulares de aluminio. Si bien el nivel de iluminación se demeritó en 10%, en el presente caso no se afectó el control visual debido a que, aún así, dicho nivel quedó dentro de los límites aceptables para el tipo de tarea a desarrollar (300 luxes).

- En edificios ubicados en zonas con clima templado, en donde el consumo por acondicionamiento ambiental no es muy importante, el mayor potencial de ahorro está en el sistema de iluminación, por lo que deben utilizarse lámparas y balastos con tecnología de punta que, obviamente, son más eficientes. Sin embargo, los mejores resultados se obtienen incrementando el índice de reflexión de los gabinetes.

Aun cuando la instalación de reflectores especulares pudiera representar una fórmula sencilla, se recomienda que antes de tomar una decisión, se comparen las curvas fotométricas de los luminarios instalados y de los propuestos, a fin de tener la seguridad de su buen funcionamiento.