

**■ ANTECEDENTES**

El edificio del CAPFCE, se encuentra ubicado en Av. Vito Alessio Robles No. 380, Colonia Florida, en la Ciudad de México, D.F.; cuenta con tres niveles orientados en dirección Sur-Nte.; la superficie total construida es de 9,300 metros cuadrados.

En el cuadro No. 1 se pueden observar los valores mensuales de la facturación del servicio de energía eléctrica, en el período comprendido entre enero de 1992 y mayo de 1993.

**Cuadro No. 1**  
Características del servicio de energía eléctrica

CONCEPTO	VALORES PROMEDIO MANSUALES
TARIFA	OM
DEMANDA kW	416
CONSUMO kWh	138,380
IMPORTE NS	32,000
PRECIO MEDIO NS/kWh	0.2634

**■ DIAGNOSTICO**

**Distribución de Cargas**

De las mediciones efectuadas, se determinó la importancia de cada una de las cargas conectadas, según se observa en el cuadro No. 2.

**Cuadro No. 2**  
Distribución de las cargas eléctricas

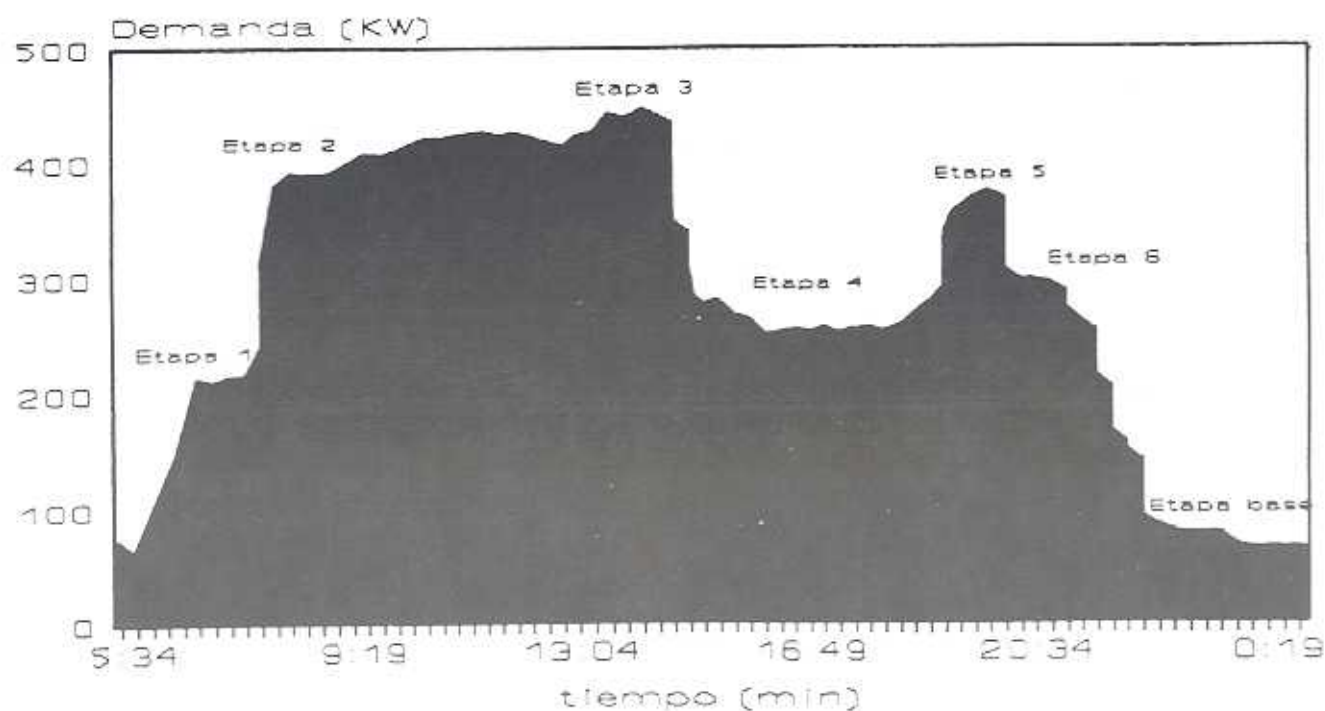
TIPO DE CARGA	kW	PORCENTAJE
ILUMINACION	191	46
AIRE ACONDICIONADO	137	33
BOMBEO ORNAMENTAL	21	5
BOMBEO HIDRONEUMATICO	25	6
EQUIPO DE OFICINA	42	10
<b>TOTAL</b>	<b>416</b>	<b>100</b>

Se observa que las áreas de interés son iluminación y aire acondicionado, mientras que el consumo por bombeo no es representativo. El consumo de energía en equipos de oficina, si bien contribuye a la demanda máxima, no es un factor controlable.

### Perfil de Carga

En el cuadro N°. 3 se presenta el perfil de carga en un día típico, apreciándose un comportamiento parecido a la ocupación del inmueble, en donde la mayor parte del personal labora hasta las 15:00 hrs. y después sólo una parte retorna al segundo turno hasta casi las 21:00 hrs.

**Cuadro No. 3**  
**Perfil de la demanda de un día típico**



Se pueden observar 6 etapas en este perfil:

Etapa 0.- La iluminación de emergencia con un uso de 24 Hrs.

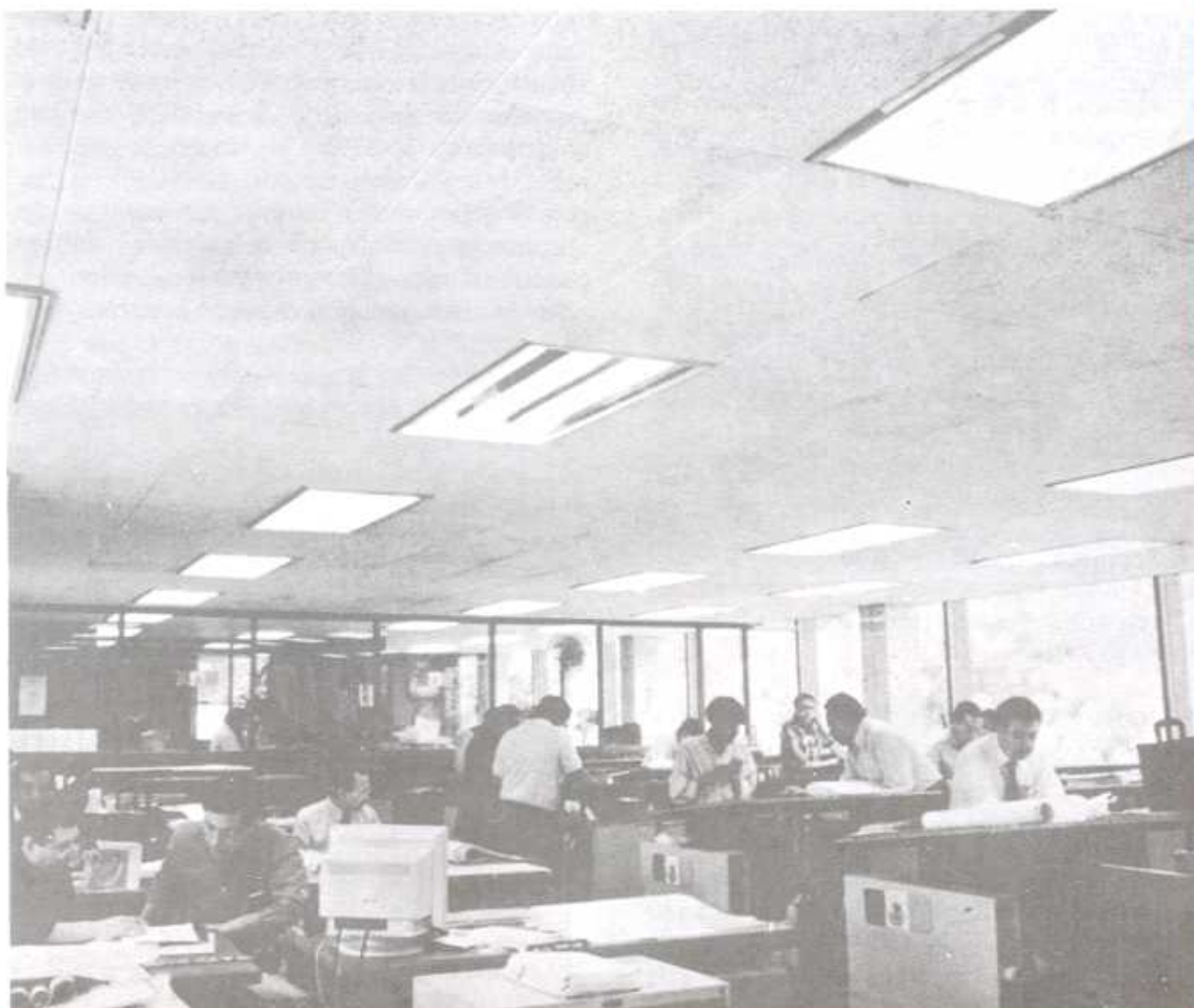
Etapa 1.- A las 6:00 AM se inicia un arranque progresivo de las luminarias del edificio y coincide con la entrada del personal de aseo.

Etapa 2.- Posteriormente y antes de la entrada del personal de oficinas (8:00 Hrs.) Comienzan a funcionar los equipos de aire acondicionado. La demanda llega a los 400 kW.

Etapa 3.- La entrada a oficinas y encendido de equipos varios ocasiona 50 kW, aproximadamente, adicionales.



- Etapa 4.- La salida del personal a las 15:00 Hrs., ocasiona que la carga disminuya, pero no a su nivel mínimo ya que, se observa, permanece en aproximadamente 250 kW, que se explica por la carga de aire acondicionado y el resto de iluminación que no se apaga.
- Etapa 5.- A las 18:00 Hrs. se inicia un nuevo incremento en la carga, originando por la presencia de los funcionarios. La demanda total se sitúa en 350 kW con una duración hasta las 20:00 Hrs.
- Etapa 6.- A partir de las 20:00 Hrs. la demanda baja gradualmente hasta las 22:00 Hrs., en donde se estabiliza con menos de 100 kW correspondientes a la iluminación de emergencia





De lo anterior se concluye que el perfil de carga sigue un patrón bastante aproximado al flujo de empleados, por lo que las posibilidades de obtener algún ahorro de energía mediante la administración de la misma, son casi nulos.

### Iluminación

1.-Mediante un minucioso levantamiento se detectó que la iluminación estaba constituida en un 72% por gabinetes de 0.60 x 1.22 Mts. con 6 lámparas fluorescentes de 40W existiendo un menor número de gabinetes con sistemas de 4x40, 2x40, 2x75, 1x75 y 1x21 W., así como lámparas de halógeno de 500 W y lámparas incandescentes de 100W.

2.-La condición actual de los difusores no es del todo satisfactoria, ya que están opacos. La densidad de iluminación en espacios de oficinas era de 41 W/M2.

3.-El rango actual de iluminancias era de 300 a 600 luxes, con un promedio de 464 luxes, lo cual está por encima del nivel mínimo recomendado para oficinas que es de 300 luxes.

4.-Para eficientizar el sistema de iluminación mayoritario, consistente en 786 gabinetes 6x40 W (0.60x1.22 Mts.), se propusieron 3 alternativas sobre la base de retirar las 6 lámparas de 40W tonalidad luz de día y 3 balastos 2x40 W

en cada luminario, instalando en su lugar:

a) 4 lámparas de 34 W tonalidad blanco frío y 2 balastos ahorradores 2x34 W. El nivel de iluminación promedio se decrementaría 5%. La carga eléctrica disminuiría en 50% por gabinete.

b) Un reflector de aluminio de reflectancia 86% que consta de 3 arcos geoméricamente diseñados. Se instalarían 3 lámparas ahorradoras de 34W con 3 balastos 2x34 cada 2 gabinetes. El nivel de iluminación mantenido promedio se incrementaría de 464 a 482 luxes, mientras que la carga instalada disminuiría en 64%.

c) Un reflector de aluminio de reflectancia 86% que consta de 2 arcos, para alojar 2 lámparas ahorradoras de 34W tonalidad blanco frío y un balastro ahorrador de 2x34W. En este caso, el nivel de iluminación disminuirá 27% mientras que la carga en 75%.

Para obtener los niveles de iluminación pronosticados, en todos los casos debían sustituirse los difusores de los luminarios, debido al mal estado en que se encontraron.

En el cuadro No. 4 se presenta un resumen de los resultados por obtener al aplicar cualquiera de las 3 medidas.

**Cuadro No. 4**  
**Alternativas de ahorro en iluminación**

PROPUESTA	a	b	c
REDUCCION DE CARGA	52%	64%	76%
RECUPERACION (AÑOS)	1.94	2.7	2.19
INVERSION \$	182.382.70	251.940.65	275.591.99
VARIACION DEL NIVEL DE ILUMINACION RESPECTO AL ACTUAL	-5.1%	+3.9%	(-27.8%



### Aire Acondicionado

La construcción del CAPFCE está diseñada con algunas tendencias bioclimáticas; prueba de ello son los grandes alerones que evitan la radiación solar directa. Los vidrios de los ventanales exteriores son de cristal ahumado.

Asimismo, para aprovechar al máximo la capacidad de enfriamiento del aire acondicionado, el edificio se construyó herméticamente y se rodeó de fuentes de agua y vegetación. El diseño original de las oficinas constaba de pocos privados para la Dirección, Subdirección y 4 Gerencias, mientras que el resto del local constaba de grandes áreas de oficinas abiertas. De cada 24 luminarios, se encontró que 4 inyectaban aire.

Hoy en día, este diseño se alejó de lo original por razones lógicas de necesidad de crecimiento y cambios continuos. Así, en donde antes había un espacio grande de oficinas, actualmente pueden verse 10 locales. Por tal razón, la distribución del aire ya no es efectiva. Existen locales que pueden tener o no inyectores y/o extractores de aire y por consiguiente frío o calor. Es así que, más que un proyecto de ahorro de energía, debería considerarse una redistribución y rediseño de los ductos de aire acondicionado.

No obstante lo anterior, dado el compromiso del FIDE de perseguir ahorros de energía eléctrica sin sacrificar las condiciones de confort existentes, se estudió la factibilidad de instalar un ciclo economizador que permitiera prescindir del aire acondicionado en algunas épocas del año, utilizando aire fresco del exterior mediante la apertura de algunas perforaciones en los ventanales. Esta alternativa fue desechada en virtud de que la existencia de nuevas particiones y cancelas impide la libre circulación natural de los flujos de aire. Así, sólo las oficinas pegadas a las ventanas perforadas contarían con aire fresco, mientras que las oficinas internas carecerían de la más mínima ventilación.

Por último, la sustitución de 2 compresores reci-

procantes por otros de mayor eficiencia tipo tornillo, permitirían ahorros de menos del 5% en la facturación, mientras que las inversiones se recuperarían en 8 años aproximadamente, ya que el estado actual de los compresores es aceptable. Por lo anterior, las acciones correctivas se enfocaron a la eficientización de la iluminación como ya se describió.

### ■ ACCIONES CORRECTIVAS

Del diagnóstico, se pudo observar que la alternativa "C" permitía mayor ahorro de energía; sin embargo, el nivel de iluminación sufría un decremento de 27%, por lo que no era viable dado el compromiso de mantener los niveles de confort existentes en un inmueble. Cabe mencionar que aun cuando el nivel promedio existente era de 464 luxes, recordemos que existían zonas con 300 luxes, nivel que es el mínimo aceptable.

El segundo lugar, en cuanto a ahorro de energía, correspondía a la alternativa "b", en la cual los niveles de iluminación se elevaba ligeramente. El período de amortización de esta alternativa, aun cuando era el más alto, ofrecía un incremento en el nivel de iluminación, que representó una ventaja definitiva sobre la alternativa "a", la cual, si bien era la más atractiva desde el punto de vista de la recuperación de la inversión, provocaba una disminución en dicho nivel, condición que se apartaba de las premisas fijadas originalmente, en el sentido de no afectar, en lo más mínimo, el confort visual existente.

Por lo anterior, a continuación se describen las acciones correctivas realizadas:

1.-En 786 gabinetes de 6 x 40 W luz de día, se sustituyeron las lámparas por 3 de 34W c/u blanco frío, instalando un reflector especular de aluminio y realizando un puente en las conexiones para que un mismo balastro pudiera con-trolar 2 lámparas de gabinetes diferentes.

2.-En 10 luminarios exteriores se sustituyeron las lámparas de halógeno de 500 W por lámparas de 150 W de vapor de sodio de alta presión.

3.-En el área de pasillos, se sustituyeron 12 lámparas incandescentes de 100 W por igual cantidad de fluorescentes compactas de 18 W.

4.-En 204 gabinetes de 2x40 W luz de día, se retiraron las lámparas y se instalaron 2

lámparas de 34 W blanco frío con balastro electromagnético ahorrador.

5.- 4 gabinetes de 1x40 W luz de día, se convirtieron a 1x34 W blanco frío, con lámparas y balastos ahorradores.

6.- Se retiraron las lámparas en 5 gabinetes de 2x75 W luz de día, instalándose en su lugar 2 lámparas de 60W blanco frío, y un balastro electromagnético ahorrador.

7.- Finalmente, se convirtieron 98 gabinetes 1x75 W con una lámpara tonalidad luz de día a 1x60 con una lámpara blanco frío y 1 balastro ahorrador 2x60 por cada 2 luminarios.

En el cuadro No. 5 se muestra al detalle de las inversiones realizadas y las expectativas de ahorro:

**Cuadro No. 5**  
**Inversiones realizadas y ahorros esperados**

SISTEMA ANTERIOR	SISTEMA ACTUAL	CANTIDAD	INVERSION S	AHORRO ANUAL ESPERADO NS
6X40W	3x34W C/REF.	786	281,990.65	104,829.47
HALOGENO 50014	VSAP 150W	10	3,735.62	1,681.32
INC 100W.	F.C. 18 W.	12	600	687.76
2X40W	2X34W	204	20,651.2	4,013
1X40W	1X34W	4	205.5	39.93
2X75W	2X60W	5	655.5	212.13
1X75W	1X60W	98	6,423.6	2,078.91

<b>TOTAL</b>	<b>314,261.80</b>	<b>113,542.51</b>
<b>RECUPERACION DE LA INVERSION - AÑOS 2.76</b>		





## ■ RESULTADOS

Según se muestra en el cuadro siguiente, el ahorro real obtenido de acuerdo a las facturaciones extendidas por Luz y Fuerza del Centro a partir del mes de octubre de 1994, cumplieron con las expectativas para este tipo de proyectos.

**Cuadro No. 6**  
**Ahorros obtenidos - Cifras mensuales**

CONCEPTO	ANTERIOR	ACTUAL	AHORRO	
			ABSOLUTO	%
CONSUMO (kWh)	138,380	104,000	34,380	24.8
DEMANDA (kW)	416	320	96	23.0
IMPORTE (N\$)	32,000.00	23,498.00	8,501.00	26.5
AHORRO PRONOSTICADO			9,461.00	29.5
DESVIACION*			960.00	9.9%

INVERSION = N\$ 314,261.80

RECUPERACION INV. = 3.1 AÑOS

\* Con respecto a lo pronosticado.



## ■ VENTAJAS

El proyecto demostrativo ha proporcionado al CAPFCE las siguientes ventajas:

- El CAPFCE paga 26.5% menos por concepto de consumo de energía eléctrica.
- El nivel de iluminación promedio no sufrió detrimento aun cuando la carga instalada por gabinete disminuyó al 64% del original.
- Las mediciones realizadas, una vez concluidos los trabajos, indican niveles promedio de 468 luxes en la planta baja y 490 luxes en la alta con un incremento promedio del 3.73%.
- Lo anterior permite tener menor carga térmica que indudablemente repercute en un ahorro por concepto de aire acondicionado, mejorándose el confort existente.
- Dada la importancia que tiene el CAPFCE como Institución Federal de construcción de escuelas, este proyecto es un inicio de lo que puede lograrse en proyectos de planteles educativos.

## ■ CONCLUSIONES

- Se comprueba que en un clima como el de la Ciudad de México, D. F., la carga más importante corresponde al sistema de iluminación.
- En este tipo de edificios existe un potencial de ahorro importante en iluminación, debido fundamentalmente a la eficiencia de los equipos existentes y al deterioro en la reflexión de los luminarios como consecuencia del tiempo.
- Edificios como el que nos ocupa puede ser un buen ejemplo de cómo ahorrar energía eléctrica, utilizando sistemas y equipos más eficientes.
- Un proyecto de ahorro de energía eléctrica debe tomar en cuenta tanto factores de seguridad como de confort, para no demeritar las condiciones mínimas de éstos.
- La densidad de carga en iluminación, disminuyó de 41 W/m<sup>2</sup> a 15.5W/M<sup>2</sup>, con un 3.7% más de iluminación
- La disminución de carga de alumbrado también conlleva a una disminución de carga térmica que indudablemente repercute en menores consumos de aire acondicionado.

