



ANTECEDENTES

En la Ciudad de Mexicali, Baja California, opera el Centro Comercial Plaza La Cachanilla, que se ubica en Blvd. López Mateos y Calle Lerdo S/N, Col. Centro. Dentro de esta plaza operan establecimientos de diversos giros como zapaterías, joyerías, boutiques, alimentos, cinemas, discotecas, decoración, dulcerías, estéticas, etc. Con el objeto de abatir el consumo de energía eléctrica, durante el año de 1996 el usuario desarrolló un proyecto de ahorro de energía eléctrica con el apoyo técnico y financiero del FIDE.

El servicio de energía eléctrica se encontraba contratado en Tarifa HM, cuyo suministro se hacía a través de 3 transformadores de 750 kVA c/u, 2 de los cuales alimentan al sistema de

acondicionamiento ambiental y el tercero a los sistemas de iluminación y bombeo de agua potable. Durante el periodo de junio de 1996 a abril de 1997 presentó los siguientes valores mensuales promedio: 1,273 kW en la demanda, 356,784 kWh en el consumo, \$134,152.00 en el importe con un precio medio de 0.3760 \$/kWh y un factor de carga de 38.93 %, como se muestra enseguida:

PERIODO	DEMANDA kW	CONSUMO kWh	IMPORTE \$	P.M. \$/kWh	F.C. %
Jun-96	1,442	470,400	191,855.00	0.4079	45.31
Jul-96	1,512	565,740	228,522.00	0.4039	51.97
Ago-96	1,526	544,600	230,557.00	0.4234	49.57
Sep-96	1,562	481,600	210,600.00	0.4373	42.82
Oct-96	1,526	350,000	165,488.00	0.4728	31.86
Nov-96	1,526	260,680	126,061.00	0.4836	23.73
Dic-96	938	222,600	54,796.00	0.2462	32.96
Ene-97	938	208,600	55,859.00	0.2678	30.89
Feb-97	896	204,400	56,615.00	0.2770	31.68
Mar-97	1,050	302,400	79,600.00	0.2632	40.00
Abr-97	1,085	313,600	75,719.00	0.2415	40.14
PROMEDIO	1,273	356,784	134,152.00	0.3760	38.93

■ DIAGNOSTICO

Una firma consultora se encargó de realizar el diagnóstico respectivo, a fin de identificar las cargas existentes, mismas que se detallan en el siguiente cuadro:

SISTEMA	CARGA INSTALADA		DEMANDA MAXIMA	
	kW	%	kW	%
Acondicionamiento ambiental 1/	1,371.2	78.8	1,142.6	79.2
Iluminación	326.7	18.8	272.2	18.9
Hidroneumático	33.6	1.9	22.4	1.6
Otras cargas	9.0	0.5	6.0	0.4
TOTAL	1,740.5	100.0	1,443.2	100.0

1/ Incluye manejadoras de aire, bombeo de agua helada y condensados, así como motores de torres de enfriamiento.

Acondicionamiento ambiental

Este sistema está compuesto por 2 unidades generadoras de agua helada con compresores tipo centrífugo, capacidad unitaria de 600 TR y eficiencia de 0.7208 kW/TR; cuenta con 2 bombas de agua helada de 50 HP cada una, 2 bombas de condensados de la misma potencia, 2 torres de enfriamiento con ventiladores de 40 HP cada uno; de igual forma, se encuentran instaladas 14 unidades manejadoras de aire con motores de 25 y 30 HP. A continuación se muestran las características de estos equipos:

EQUIPO	CAPACIDAD UNITARIA TR	RELACION DE EFICIENCIA kW/TR	CARGA UNITARIA kW	NUMERO DE UNIDADES	CARGA TOTAL kW	DEMANDA MAXIMA kW 1/
Unidad generadora de agua helada con compresores tipo centrífugo	600	0.7208	432.5	2	865.0	720.8
Subtotal acondicionamiento ambiental				2	865.0	720.8
Bomba de agua helada	-	-	37.3	2	74.6	62.2
Bomba de condensados	-	-	37.3	2	74.6	62.2
Torre de enfriamiento	-	-	29.3	2	58.6	48.8
Unidad manejadora de aire	-	-	22.4	10	224.0	186.7
Unidad manejadora de aire	-	-	18.6	4	74.4	62.0
Subtotal periféricos				20	506.2	421.8
TOTAL				22	1,371.2	1,142.6

1/ Considerando un factor de diversidad de 1.2

Una inspección ocular, apoyada por mediciones, permitió determinar que las unidades se

encontraban en perfecto estado tanto físico como operativo; de igual forma, las unidades manejadoras de aire, bombas y torres de enfriamiento se encontraron en óptimas condiciones operativas, aun cuando se pudo observar que los motores eran del tipo convencional.

Iluminación

Se encontraron instalados equipos de baja eficiencia, como lámparas T-12, balastos electromagnéticos

convencionales y lámparas incandescentes. Sin embargo, debe aclararse que el usuario había comenzado a instrumentar acciones de ahorro de energía eléctrica, ya que en luminarios de 1X75 W y 1X39 W se encontraron instalados reflectores de aluminio, los cuales, debido a su alto índice de reflexión, permiten disminuir el número de lámparas dentro de los gabinetes y, por ende, su carga unitaria.

Además, la plaza ya contaba con equipos de alta eficiencia, como luminarios con lámparas de vapor de sodio de alta presión,

lámparas de aditivos metálicos y lámparas fluorescentes compactas de 9 W.



En el siguiente cuadro se aprecian las características de los equipos instalados:

TIPO DE LUMINARIO	CARGA UNITARIA kW	NUMERO DE UNIDADES	CARGA TOTAL kW	DEMANDA MAXIMA kW ^{1/}
2X39 W T-12, balastro convencional, canaleta	100	21	2.1	1.8
2X75 W T-12, balastro convencional, canaleta	180	311	56.0	46.7
1X39 W C/R, T-12, balastro convencional, canaleta	55	63	3.5	2.9
4X39 W T-12, balastro convencional, empotrar	200	78	15.6	13.0
1X75 W T-12, balastro convencional, canaleta	97	636	61.7	51.4
1X75 W C/R, T-12, balastro convencional, canaleta	97	752	72.9	60.8
2X60 W T-12, balastro convencional, canaleta	125	2	0.3	0.2
150 W Spot Incand.	150	62	9.3	7.8
75 W Spot Incand.	75	26	2.0	1.6
100 W Spot Incand.	100	2	0.2	0.2
25 W Spot Incand.	25	800	20.0	16.7
1000 W Aditivos metálicos	1,075	10	10.8	9.0
400 W Aditivos metálicos	450	34	15.3	12.8
175 W Aditivos metálicos	205	55	11.3	9.4
150 W VSAP	185	14	2.6	2.2
400 W VSAP	468	70	32.8	27.3
9 W LFC	11	956	10.5	8.8
TOTAL		3,892	326.7	272.2

^{1/} Considerando un factor de diversidad de 1.2

Mientras que los niveles de iluminación medidos en diferentes áreas, fueron los siguientes:

AREA	NIVEL DE ILUMINACION (Luxes)		
	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO
Oficina de mantenimiento	320	170	220
Oficina de seguridad	300	195	240
Comedor	250	55	175
Bodega	180	60	120
Sanitarios	390	250	300
Pasillos de oficinas planta baja	400	170	280
Cuarto de transformadores	610	90	300
Plaza de comida rápida	115	60	80
Plaza Ley-Dorian's	500	60	120
Pasillos M y L	320	65	260
Pasillo I	280	50	150
Pasillo A-B	200	55	120
Pasillo J-H-I	280	55	150
Pasillo C-D	190	30	60
Pasillo F-G-E	150	60	90
Pasillo D-E	120	30	70

Hidroneumático

El agua utilizada llega del Municipio a 2 cisternas con una capacidad total de 1,800 m³, de donde se distribuye a la plaza por medio de 3 bombas centrífugas de 15 HP c/u, las cuales

arrancan simultáneamente en intervalos de 5 min. durante 18 horas diarias. A continuación se presentan las características de las bombas:

EQUIPO	CARGA UNITARIA KW	NUMERO DE UNIDADES	CARGA TOTAL kW	DEMANDA MAXIMA kW ^{1/}	CONSUMO MENSUAL kWh ^{2/}
Bomba centrífuga	11.2	3	33.6	22.4	6,048
TOTAL	-	3	33.6	22.4	6,048

^{1/} Considerando un factor de diversidad de 1.5.

^{2/} Considerando que operan con un factor de carga de 37.5 %, equivalente a 270 horas mensuales:



PROPUESTA DE ACCIONES

Debido a que los sistemas de acondicionamiento ambiental e iluminación representan el 97 % del total de la carga instalada, fueron objeto de un análisis detallado, del cual se desprendieron las siguientes propuestas para conseguir ahorros de energía.

Acondicionamiento ambiental

Acción N° 1.- Ahorro de energía eléctrica por aumento de la temperatura interior del centro comercial.

Esta oportunidad de ahorro parte de las Toneladas de Refrigeración que son necesarias para mantener

el confort y la temperatura interior del recinto. Debido a las variaciones de temperatura entre las épocas del año, es posible variar la temperatura interior sin afectar el confort de la misma en las diferentes estaciones.

Generalmente la temperatura interior de la plaza se mantiene en 25 °C durante todo el año. Se propuso incrementar esta temperatura en los meses más calurosos; en este caso se propuso mantener la temperatura en 28 °C con una humedad relativa de 45 %, lo cual no afectaría el confort de los ocupantes debido a que en esta época del año la temperatura ambiente presenta valores cercanos a los 50 °C.

A continuación se presenta el análisis de la viabilidad de implementar esta medida:

CONDICIONES DE OPERACION A 25° C

MES	CARGA TERMICA TR ^{1/}	DEMANDA FACTURABLE kW	CONSUMO TOTAL kWh ^{2/}	IMPORTE MENSUAL \$ ^{3/}
Junio	1,114	632.4	236,581	61,771.30
Julio	1,216	693.7	267,257	69,780.80
Agosto	1,257	717.9	276,346	72,153.94
Septiembre	1,209	689.9	257,191	67,152.57
Octubre	1,123	640.2	246,812	64,442.61
TOTAL	-	-	1,284,187	335,301.23

^{1/} Corresponde a la mayor carga térmica, misma que se presenta en el horario base, aunque para el análisis se tomó en cuenta también la carga térmica del horario punta.

^{2/} Es la suma de los consumos en horario base y punta.

^{3/} Considerando un precio medio de 0.2611 \$/kWh.



CONDICIONES DE OPERACION A 28° C

MES	CARGA TERMICA TR 1/	DEMANDA FACTURABLE kW	CONSUMO TOTAL kWh 2/	IMPORTE MENSUAL \$ 3/
Junio	1,046.0	591.7	221,920	57,943.31
Julio	1,149.0	653.2	252,191	65,847.07
Agosto	1,188.0	676.5	260,931	68,129.08
Septiembre	1,142.0	649.6	242,653	63,356.70
Octubre	1,049.0	595.6	230,167	60,096.60
TOTAL	-	-	1,207,862	315,372.77

1/ Corresponde a la mayor carga térmica, misma que se presenta en el horario base, aunque para el análisis se tomó en cuenta también la carga térmica del horario punta.

2/ Es la suma de los consumos en horario base y punta.

3/ Considerando un precio medio de 0.2611 \$/kWh.

El pronóstico de ahorro se muestra enseguida:

MES	AHORROS ANUALES		
	DEMANDA kW	CONSUMO kWh	IMPORTE \$
Junio	40.7	14,661	3,827.99
Julio	40.5	15,066	3,933.73
Agosto	41.4	15,415	4,024.86
Septiembre	40.3	14,538	3,795.87
Octubre	44.6	16,645	4,346.01
TOTAL ANUAL	41.5	76,325	19,928.46

Los resultados del análisis de la aplicación de esta propuesta, arrojaron ahorros anuales de 76,325 kWh en el consumo y \$19,928.46 en el importe, con un ahorro promedio en la demanda de 41.5 kW; es importante mencionar que la aplicación de esta medida no representaría desembolso alguno, ya que la plaza cuenta con sensores de temperatura que reportan la temperatura prevaleciente en el interior del inmueble, lo cual facilitaría modificar la temperatura.

Acción N° 2.- Aplicación de pintura termo-cerámica en la azotea.

Se propuso aplicar una pintura especial denominada termo-cerámica, la cual por sus características fisicoquímicas es adecuada para aplicarse en el techo del centro comercial, mismo que cuenta con aislamiento a

base de paneles de poliuretano y poliestireno, colocados por debajo de la superficie del techo.

La pintura termo-cerámica es un aislante térmico a base de microesferas cerámicas que forman una barrera térmica en el material donde se aplica, además utiliza un reflector solar. Sus características permiten lograr un buen aislamiento encaminado a disminuir la carga térmica en el interior de la plaza, obteniendo al mismo tiempo ahorros de energía eléctrica.

Se efectuó el correspondiente análisis técnico económico que se obtendría al aplicar la pintura, obteniéndose los resultados consignados enseguida:

MES	AHORROS ANUALES		
	DEMANDA kW	CONSUMO kWh	IMPORTE \$1/
Febrero	46	17,202	4,491.44
Marzo	76	30,330	7,919.16
Abril	93	35,523	9,275.06
Mayo	104	40,845	10,664.63
Junio	132	49,741	12,987.38
Julio	151	58,353	15,235.97
Agosto	157	60,764	15,865.48
Septiembre	149	55,745	14,555.02
Octubre	133	51,530	13,454.48
Noviembre	41	16,416	4,286.22
TOTAL ANUAL	108	416,449	108,734.83
INVERSION (\$)		519,083.12	
PERIODO DE RECUPERACION (años)		4.8	

1/ Considerando un precio medio de 0.2611 \$/kWh.

Como puede observarse los ahorros anuales ascenderían a 108 kW promedio en la demanda, 416,449 kWh en el consumo y \$108,734.83 en el importe, mismo que al ser correlacionado con la inversión necesaria de

\$519,083.12, daba como resultado un período de recuperación de 4.8 años, lo que hacía inviable la aplicación de dicha medida.

Acción N° 3.- Instalación de un sistema de almacenamiento de frío (bancos de hielo)

Otra acción de ahorro de energía consistió en instalar un sistema de almacenamiento de frío mediante esferas de agua congelada, colocadas en un tanque contenedor (banco de hielo). En la configuración propuesta, la operación de las unidades generadoras de agua helada sería a cargas parciales, es decir, durante algunas horas del día los chillers abastecerían parte de la carga de enfriamiento y en el resto del tiempo el suministro de frío se haría a través del banco de hielo.

Esencialmente, el sistema de almacenamiento térmico es un método para reducir el pico de demanda máxima, ocasionado por los equipos centrales pero sin afectar el nivel de confort. La energía térmica se almacena durante los períodos de baja demanda de potencia eléctrica, preferentemente durante la noche y se emplea cuando se presenta la demanda máxima, particularmente cuando la demanda impuesta por el sistema de acondicionamiento ambiental tiene mayor impacto.

El sistema de almacenamiento está constituido a base de esferas construidas con un material polímero plástico de 4 plg. de diámetro; el líquido contenido en el interior de las esferas es agua deionizada con la cual se llenan los tanques de almacenamiento térmico. Una solución de etilén glicol es utilizada para generar el hielo en las esferas.

El proceso inicia con la producción de hielo mediante los enfriadores de agua existentes, acción que se ejecutaría de manera automática durante la noche. Durante el día (entre las 9:00 y 21:00 horas), la unidad generadora de agua helada proporcionaría 600 TR y el resto sería obtenido mediante la circulación de la solución etilén glicol a través de las esferas con hielo, las cuales, conforme transcurra el tiempo cederían gradualmente su energía térmica.

A continuación se presentan los parámetros de operación del sistema de acondicionamiento ambiental:

MES	CARGA TÉRMICA TR ^{1/}	DEMANDA FACTURABLE kW	CONSUMO TOTAL kWh ^{2/}	IMPORTE MENSUAL \$ ^{3/}
Febrero	691	380.8	135,702	35,431.79
Marzo	846	471.9	184,652	48,212.64
Abril	936	525.6	198,185	51,746.10
Mayo	983	553.8	215,223	56,194.73
Junio	1,114	632.4	236,581	61,771.30
Julio	1,216	693.7	267,257	69,780.80
Agosto	1,257	717.9	276,346	72,153.94
Septiembre	1,209	689.9	257,191	67,152.57
Octubre	1,123	640.2	246,812	64,442.61
Noviembre	599	328.2	125,806	32,847.95

^{1/} Corresponde a la mayor carga térmica, misma que se presenta en el horario base, aunque para el análisis se tomó en cuenta también la carga térmica del horario punta.

^{2/} Es la suma de los consumos en horario base y punta.

^{3/} Considerando un precio medio de 0.2611 \$/kWh.

Fueron propuestas 2 opciones para la instalación de los bancos de hielo, cuyas expectativas de ahorro se describen enseguida:

Opción N° 1.- Sacar de operación un chiller y utilizar los bancos de hielo para complementar los requerimientos de aire frío.

En esta opción sería utilizada una de las unidades generadoras de agua helada con eficiencia de 0.7208 kW/TR por 5 horas durante la noche para cargar los bancos de hielo.



En el transcurso del día, el chiller podría satisfacer una carga térmica de 600 TR y el resto por los bancos de hielo.

Las condiciones de operación se muestran a continuación:

HORAS DE OPERACION

MES	CARGA TERMICA MAXIMA DEL CHILLER (TR)		CARGA TERMICA BANCO HIELO (TR)	PERIODO DE OPERACION (horas)	
	BASE	PUNTA	BASE (noche)	BASE	PUNTA
Febrero	681	611	-	252	84
Marzo	600	600	236	279	93
Abril	600	600	326	270	90
Mayo	600	600	373	279	93
Junio	600	600	504	270	90
Julio	600	600	607	279	93
Agosto	600	600	647	279	93
Septiembre	600	600	600	270	90
Octubre	600	600	514	279	93
Noviembre	589	524	-	270	90

PARAMETROS ENERGETICOS

MES	DEMANDA kW		DEMANDA FACTURABLE kW	CONSUMO kWh		
	BASE	PUNTA		BASE	PUNTA	NOCHE(base)
Febrero	408.6	366.6	375	102,967	30,794	-
Marzo	360.0	360.0	360	100,440	33,480	21,240
Abril	360.0	360.0	360	97,200	32,400	29,340
Mayo	360.0	360.0	360	100,440	33,480	33,570
Junio	360.0	360.0	360	97,200	32,400	45,360
Julio	360.0	360.0	360	100,440	33,480	54,630
Agosto	360.0	360.0	360	100,440	33,480	58,230
Septiembre	360.0	360.0	360	97,200	32,400	54,000
Octubre	360.0	360.0	360	100,440	33,480	46,260
Noviembre	353.4	314.4	314	95,418	28,296	-

FACTURACION DEL SERVICIO DE ENERGIA ELECTRICA

MES kW	DEMANDA FACTURABLE kWh	CONSUMO TOTAL \$ 1/	IMPORTE MENSUAL
Febrero	375.0	133,762	34,925.15
Marzo	360.0	155,160	40,512.28
Abril	360.0	158,940	41,499.23
Mayo	360.0	167,490	43,731.64
Junio	360.0	174,960	45,682.06
Julio	360.0	188,550	49,230.41
Agosto	360.0	192,150	50,170.37
Septiembre	360.0	183,600	47,937.96
Octubre	360.0	180,180	47,045.00
Noviembre	314.0	123,714	32,301.73

1/ Considerando un precio medio de 0.2511 \$/KWh.

Las expectativas de ahorro fueron las siguientes:

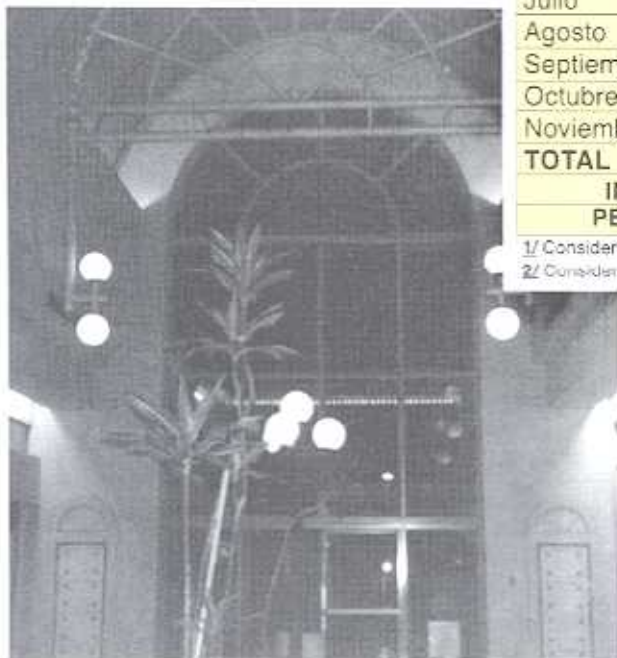
por el FIDE. En tal virtud, esta opción fue eliminada.

MES kW	AHORROS ANUALES		
	DEMANDA kWh	CONSUMO \$ 1/	IMPORTE
Febrero	5.8	1,940	506.64
Marzo	111.9	29,492	7,700.36
Abril	165.6	39,245	10,246.87
Mayo	193.8	47,733	12,463.09
Junio	272.4	61,621	16,089.24
Julio	333.7	78,707	20,550.40
Agosto	357.9	84,196	21,983.58
Septiembre	329.9	73,591	19,214.61
Octubre	280.2	66,632	17,397.62
Noviembre	14.2	2,092	546.22
TOTAL	206.5	485,249	126,698.62
INVERSION (\$) 2/			1,805,518.00
PERIODO DE RECUPERACION (años)			14.3

1/ Considerando un precio medio de 0.2611 \$/kWh.

2/ Considerando que serían necesarias 148,979 esferas almacenadoras de hielo.

Como se observa en el cuadro anterior, esta acción no es rentable debido a la alta inversión requerida, misma que sería recuperada en 14.3 años, período que rebasa ampliamente los límites establecidos para un proyecto desarrollado



Opción N° 2.- Utilización de los bancos de hielo solamente en el horario punta.

Consistió en utilizar los bancos de hielo para abatir la carga térmica en el horario punta y las unidades generadoras de agua helada en el horario base.

El análisis realizado para esta propuesta es semejante al de la acción anterior, por lo que se considera ocioso detallarlo. Enseguida se aprecian los resultados de dicho análisis:

MES	AHORROS ANUALES		
	DEMANDA kW	CONSUMO kWh	IMPORTE \$ 1/
Febrero	299.0	22,995	6,003.99
Marzo	372.0	39,418	10,292.04
Abril	414.0	49,362	12,888.42
Mayo	437.0	55,193	14,410.89
Junio	500.0	73,405	19,166.05
Julio	549.0	86,316	22,537.11
Agosto	568.0	91,226	23,819.11
Septiembre	546.0	84,868	22,159.03
Octubre	507.0	75,596	19,738.12
Noviembre	258.0	12,367	3,229.02
TOTAL	445.0	590,746	154,243.78
INVERSION (\$) 2/			2,649,336.00
PERIODO DE RECUPERACION (años)			17.2

1/ Considerando un precio medio de 0.2611 \$/kWh.

2/ Considerando que serían necesarias 148,979 esferas almacenadoras de hielo.

Los resultados del análisis permitieron establecer que aunque el ahorro sería un poco mayor con esta opción, la inversión necesaria era también superior a la requerida para la propuesta N° 1, por lo que el período de recuperación de 17.2 años la convirtió en inviable.



Iluminación

Las propuestas de sustitución se enfocaron a los sistemas convencionales con lámparas lineales T-12, balastos electromagnéticos convencionales y lámparas incandescentes.

Enseguida se presentan las propuestas realizadas, así como los esquemas de sustitución y los beneficios esperados.

Alternativa N° 1

A continuación se detallan las sustituciones propuestas en esta alternativa, así como las expectativas de ahorro y el período de retorno de la inversión requerida:

TIPO DE LUMINARIO	CARGA UNITARIA W	NUMERO DE UNIDADES	DEMANDA MAXIMA KW ^{1/}	CONSUMO MENSUAL kWh ^{2/}	IMPORTE MENSUAL \$ ^{3/}
2X75 W Canaleta	180	311	46.7	19,593	5,115.73
2X60 W Canaleta	125	311	32.4	13,606	3,552.59
Ahorro	-	-	14.3	5,987	1,563.14
1X75 W C/R Canaleta	97	752	60.8	25,530	6,665.99
1X60 W C/R Canaleta	65	752	40.7	17,108	4,466.99
Ahorro	-	-	20.1	8,422	2,199.09
1X75 W Canaleta	97	636	51.4	21,592	5,637.72
1X60 W Canaleta	65	636	34.5	14,469	3,777.86
Ahorro	-	-	17.0	7,123	1,859.87
4X39 W Empotrar	200	78	13.0	5,460	1,425.61
4X32 W Empotrar	144	78	9.4	3,931	1,026.44
Ahorro	-	-	3.6	1,529	399.17
2X39 W Canaleta	100	21	1.8	735	191.91
2X32 W Canaleta	72	21	1.3	529	138.77
Ahorro	-	-	0.5	206	53.73
1X39 W C/R Canaleta	55	63	2.9	1,213	316.65
1X32 W C/R Canaleta	36	63	1.9	794	207.26
Ahorro	-	-	1.0	419	109.39
150 W Spot inc.	150	62	7.8	3,255	849.88
25 W LFC	27	62	1.4	586	152.98
Ahorro	-	-	6.4	2,699	696.90
100 W Spot inc.	100	2	0.2	70	18.28
23 W LFC	25	2	0.1	18	4.57
Ahorro	-	-	0.1	53	13.71
75 W Spot inc.	75	26	1.6	683	178.20
20 W LFC	22	26	0.5	200	52.27
Ahorro	-	-	1.1	482	125.93
25 W Spot inc.	25	800	16.7	7,000	1,827.70
7 W LFC	9	800	6.0	2,520	657.97
Ahorro	-	-	10.7	4,480	1,169.73
AHORRO TOTAL	-	-	74.7	31,370	8,190.65
INVERSION (\$) ^{4/}				469,425.05	
PERIODO DE RECUPERACION (años)					4.8

^{1/} Considerando un factor de diversidad de 1.2

^{2/} Considerando un factor de carga de 58.3 %, equivalente a 420 horas de operación mensual.

^{3/} Considerando un precio medio de 0.2611 \$/KWh

^{4/} Incluye IVA



Al comparar los ahorros pronosticados con la inversión necesaria para llevar a cabo las sustituciones propuestas, resultó evidente que esta alternativa de sustitución no era factible desde el punto de vista de rentabilidad, pues el período de recuperación de la inversión de 4.8 años no era atractivo para el usuario ni para el FIDE.

Alternativa N° 2

Debido a la gran inversión requerida para implementar la alternativa N° 1, se propuso limitar el alcance del proyecto de acuerdo al presupuesto disponible. Enseguida se presentan las acciones que conforman esta alternativa, así como los beneficios esperados:

TIPO DE LUMINARIO	CARGA UNITARIA W	NUMERO DE UNIDADES	DEMANDA MAXIMA KW 1/	CONSUMO MENSUAL kWh 2/	IMPORTE MENSUAL \$ 3/
Oficinas de Mantenimiento y Administración					
2X75 W Canaleta	180	19	2.9	1,197	312.54
2X60 W Canaleta	125	19	2.0	831	217.04
Ahorro	-	-	0.9	366	95.50
2X75 W Canaleta	180	32	4.8	2,016	526.38
1X60 W Canaleta	72	32	1.9	806	210.55
Ahorro	-	-	2.9	1,210	315.83
4X39 W Empotrar	100	78	6.5	2,730	712.80
2X32 W Empotrar	72	78	4.7	1,966	513.22
Ahorro	-	-	1.8	764	199.58
100 W Spot inc.	100	2	0.2	70	18.28
23 W LFC	25	2	0.1	18	4.57
Ahorro	-	-	0.1	53	13.71
Subtotal ahorro			5.7	2,392	624.62
Areas Generales					
1X75 W C/R Canaleta	97	752	60.8	25,530	6,665.99
1X60 W C/R Canaleta	72	752	45.1	18,950	4,947.95
Ahorro	-	-	15.7	6,580	1,718.04
2X75 W Canaleta	180	248	37.2	15,624	4,079.43
1X60 W	72	248	14.9	6,250	1,631.77
Ahorro	-	-	22.3	9,374	2,447.66
2X75 W Canaleta	180	12	1.8	756	197.39
2X60 W Canaleta	125	12	1.3	525	137.08
Ahorro	-	-	0.6	231	60.31
1X75 W Canaleta	97	636	51.4	21,592	5,637.72
1X60 W Canaleta	72	636	38.2	16,027	4,184.70
Ahorro	-	-	13.3	5,565	1,453.02
2X39 W Canaleta	100	21	1.8	735	191.91
1X32 W Canaleta	41	21	0.7	301	78.68
Ahorro	-	-	1.0	434	113.23
1X39 W C/R Canaleta	55	63	2.9	1,213	316.65
1X32 W C/R Canaleta	41	63	2.2	904	236.05
Ahorro	-	-	0.7	309	80.60
175 W A.M. Empotrar	205	12	2.1	861	224.81
70 W A.M. MQI	93	12	0.9	391	101.99
Ahorro	-	-	1.1	470	122.82
150 W Spot inc.	150	62	7.8	3,255	849.88
23 W LFC	25	62	1.3	543	141.65
Ahorro	-	-	6.5	2,713	708.23
25 W Spot inc.	25	800	16.7	7,000	1,827.70
7 W LFC	9	800	6.0	2,520	657.97
Ahorro	-	-	10.7	4,480	1,169.73
Subtotal ahorro			71.8	30,156	7,873.64
GRAN TOTAL AHORRO			77.5	32,548	8,498.26
INVERSION (\$) 4/				265,788.50	
PERIODO DE RECUPERACION (años)				2.6	

1/ Considerando un factor de diversidad de 1.2.

2/ Considerando un factor de carga de 58.3 % equivalente a un periodo de operación de 420 horas mensuales.

3/ Considerando un precio medio de 0.2611 \$/kWh.

4/ Incluye IVA. De esta cantidad \$198,503.52 correspondieron a adquisición de equipo y los restantes \$67,285.00 a mano de obra.

No obstante que esta alternativa, involucraba la sustitución de un menor número de equipos, los ahorros esperados resultaban superar a los pronosticados en la primera alternativa. Se obtendría una disminución de 77.5 kW en la demanda y ahorros mensuales por 32,548 kWh en el consumo y \$8,498.26 en el importe. La inversión requerida sería de solamente \$ 265,788.50 y sería amortizada en un período de 2.6 años, por lo cual resultaba ventajosa con respecto a la alternativa N° 1.

ACCIONES CORRECTIVAS

Como ya se mencionó, las acciones propuestas en el sistema de acondicionamiento ambiental no resultaron rentables, motivo por el cual no se aplicaron.

En cuanto al sistema de iluminación, la alternativa N° 1 no ofrecía un potencial de ahorro aceptable en relación con la inversión necesaria. Por otro lado, la alternativa N° 2 era factible tanto técnica como económicamente, razón por la cual el usuario decidió implementar esta última, realizándose lo siguiente:

• Iluminación

Oficinas Administrativas y de mantenimiento

- 19 sistemas convencionales de 2X75 W fueron sustituidos por sistemas de 2X60 W con lámparas ahorradoras de 60 W y balastro electromagnético de alta eficiencia de 2X60 W.
- Otros 32 sistemas convencionales de 2X75 W fueron sustituidos por sistemas de 1X60 W con lámparas ahorradoras de 60 W y un balastro electromagnético de alta eficiencia de 2X60 W por cada 2 gabinetes.

- 78 sistemas de 4X39 W con lámparas T-12 y balastos electromagnéticos convencionales de 2X39 W, fueron sustituidos por igual número de sistemas de 2X32 W con lámparas T-8 y balastos electromagnéticos de alta eficiencia de 2X32 W.
- 2 spots incandescentes de 100 W fueron sustituidos por lámparas fluorescentes compactas de 23 W.

Áreas generales

- 752 sistemas convencionales de 1X75 W con lámparas T-12 y reflector especular de aluminio, fueron convertidos a 1X60 W con lámpara ahorradora T-12, 1 balastro electromagnético de alta eficiencia de 2X60 W por cada 2 gabinetes y conservando el reflector instalado.
- 248 sistemas convencionales de 2X75W con lámparas T-12 fueron sustituidos por sistemas de 1X60 W con lámpara ahorradora T-12 y 1 balastro electromagnético de alta eficiencia de 2X60 W por cada 2 gabinetes.
- 12 sistemas convencionales de 2X75 W con lámparas T-12 se convirtieron a 2X60 W con lámparas T-12 y balastos de alta eficiencia.
- 636 sistemas convencionales de 1X75 W con lámparas T-12 fueron convertidos a 1X60 W con lámparas ahorradoras T-12 y 1 balastro electromagnético de alta eficiencia de 2X60 W por cada 2 gabinetes.
- De 21 canaletas fueron retiradas las 2 lámparas T-12 de 39 W y el balastro electromagnético convencional, instalándose en su lugar 1 lámpara T-8 de

- 32 W y 1 balastro electromagnético de alta eficiencia de 2X32 W por cada 2 canaletas.
- 63 canaletas de 1X39 W con lámparas T-12, balastro electromagnético convencional y reflector especular de aluminio, fueron convertidos a sistemas de 1X32W con lámpara T-8 de 32 W y 1 balastro electromagnético de alta eficiencia de 2X32 W por cada 2 canaletas, conservando el reflector instalado.
- Fueron sustituidas 12 lámparas de aditivos metálicos de 175 W por igual número

de lámparas de aditivos metálicos de 70 W.

- 62 spots incandescentes de 150 W fueron retirados, instalando en su lugar igual número de lámparas fluorescentes compactas de 23 W.
- 800 spots incandescentes de 25 W fueron retirados, instalando en su lugar igual número de lámparas fluorescentes compactas de 7 W.

Enseguida se muestra el desglose de costos de los equipos adquiridos:

CONCEPTO	COSTO UNITARIO \$	NUMERO DE UNIDADES	COSTO TOTAL \$
Lámpara lineal fluorescente de 60 W	9.50	1,800	17,100.00
Lámpara lineal fluorescente de 32 W	19.26	250	4,815.00
Balastro electromagnético de alta eficiencia de 2X60 W	126.00	865	108,990.00
Balastro electromagnético de alta eficiencia de 2X32 W	70.87	120	8,504.40
Juegos de bases para lámparas T-8	1.60	250	400.00
Lámpara de aditivos metálicos MQI de 70 W	210.60	12	2,527.20
Lámpara fluorescente compacta de 23 W	101.59	63	6,400.00
Lámpara fluorescente compacta de 7 W	14.63	800	11,707.16
Adaptador para lámpara fluorescente compacta de 7 W	15.21	800	12,168.00
Subtotal	-	4,960	172,611.76
IVA			25,891.76
TOTAL			198,503.52
MANO DE OBRA ^{1/}			67,285.00
GRAN TOTAL			265,788.52

^{1/} Incluye IVA.



• *Aplicación de pintura cerámica*

Como se explicó en la Acción N° 2 de la Propuesta de Acciones de Acondicionamiento Ambiental, la inversión ascendía a \$519,083.12 con lo cual se obtendría un ahorro de 108 kW en la demanda y de 416,449 kWh en el consumo anual, equivalente a \$108,734.83.



Debido a la limitación de recursos disponibles, el usuario aplicó esta pintura en un área pequeña pero representativa, habiendo invertido la cantidad de \$132,715.00, con lo cual la expectativa de ahorro fue del 25.5 % del pronóstico consignado en el cuadro correspondiente, es decir, 27 kW en la demanda y 8,850 kWh en el consumo mensual, con un importe de \$2,310.61 mensuales.

- Combinación de acciones aplicadas

Las expectativas de ahorro por la combinación de acciones en iluminación y acondicionamiento ambiental, se indican en el siguiente cuadro:



ACCION	AHORROS MENSUALES			INVERSION	RECUPERACION años
	kW	kWh	\$	\$	
Iluminación	77.5	32,548	8,498.26	265,788.50	2.6
Aplicación de pintura cerámica	27.0	8,850	2,310.61	132,715.00	4.8
TOTAL	104.5	41,398	10,808.87	398,303.50	3.1

RESULTADOS

La evaluación de los ahorros se realizó comparando las facturaciones por el servicio de energía eléctrica antes y después del proyecto, como se ilustra a continuación:

En el cuadro de la siguiente página se muestra un resumen de los ahorros conseguidos:

PERIODO	DEMANDA KW	CONSUMO kWh	IMPORTE \$	P.M. \$/kWh	RECALCULO DEL IMPORTE (\$) ^{1/}
Jun-96	1,442	470,400	191,885.00	0.4079	291,428.45
Jun-97	1,286	442,220	273,970.00	0.6195	273,970.00
Ahorro	156	28,180	-	-	17,458.45
Jul-96	1,512	565,740	220,522.00	0.3898	349,555.24
Jul-97	1,346	518,000	320,058.00	0.6179	320,058.00
Ahorro	166	47,740	-	-	29,497.24
Promedio 96	1,477	518,070	206,203.50	0.3980	320,491.84
Promedio 97	1,316	480,110	297,014.00	0.6186	297,014.00
AHORRO TOTAL	161	37,960	-	-	23,477.84
INVERSION (\$) ^{2/}	436,421.32		P. RECUPERACION (años) 1.5		

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

^{2/} Incluye IVA, así como el costo del diagnóstico por \$37,917.60. El FIDE financió \$236,421.32 y el usuario aportó los restantes \$200,000.00



CONCEPTO	ANTES DEL PROYECTO	DESPUES DEL PROYECTO	AHORRO	
			UNITARIO	%
DEMANDA (kW)	1,477	1,316	161	10.9
CONSUMO MENSUAL (kWh)	518,070	480,110	37,960	7.3
P.M. (\$/kWh)	1/	0.6186	-	-
IMPORTE MENSUAL (\$)	320,491.84	297,014.00	23,477.84	7.3
INVERSION (\$) 2/			436,421.20	
PERIODO DE RECUPERACION (años)			1.5	

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

2/ El FIDE financió \$236,421.32 y el usuario los restantes \$200,000.00.

CONCLUSIONES

- Plaza La Cachanilla constituye un ejemplo de la importancia que tiene el acondicionamiento ambiental en un centro comercial ubicado en zona de clima cálido, ya que su carga conectada representa el 78.8 % del total, lo que explica el hecho de que la firma consultora contratada hubiera explorado la posibilidad de abatir esta carga mediante la aplicación de acciones concretas.

Debido a que las unidades generadoras de agua helada trabajan con índices de eficiencia aceptables (0.72 kW/TR), lo que hacía inviable cualquier acción encaminada a incrementarla, la firma consultora propuso aplicar 3 acciones para disminuir la operación de los chiller's, una que no requería inversión y la cual consistía en mantener la temperatura ambiental a 28 °C en lugar de los 25 °C acostumbrados, propuesta que no fue aceptada por el usuario ante las repercusiones que ello traería para el confort de la clientela. Otra propuesta consistió en instalar un sistema de almacenamiento de frío con 2 opciones, en una el período de recuperación de la inversión rebasaba los 14 años y en la otra dicho período también era excesivo (17.2 años), por lo que resultaron inviables.

- Las acciones consistieron, entonces, en aplicar pintura termo-cerámica en una parte de la azotea y en sustituir el sistema de iluminación ineficiente a base de lámparas y balastos de nueva tecnología, cuyo alcance

estuvo limitado por el presupuesto disponible.

- Las expectativas de ahorro fueron de 104.5 kW en la demanda, 41,398 kWh en el consumo mensual y de \$10,808.87 en el importe mensual, mientras que los ahorros comprobados ascendieron a 161 kW en la demanda y 37,960 kWh en el consumo mensual con un importe mensual de \$23,477.84, lo que permitió recuperar la inversión de \$436,421.20, incluyendo \$37,917.80 del costo del diagnóstico, en tan sólo 1.5 años. Si bien no se cumplió la expectativa de ahorro en el consumo, pues sólo se alcanzó el 91.7 % de lo esperado, el pronóstico fue rebasado ampliamente en los renglones de demanda (54.0 %) e importe (117.2%) debido, este último, al incremento en el precio de la energía eléctrica, de 0.3980 \$/kWh a 0.6186 \$/kWh, es decir, el 55 %, lo que explica, en buena medida, que el período de recuperación hubiera sido de 1.5 años y no de 3.1 años como se había pronosticado.

- El desarrollo de este proyecto demostró, por una parte, que aun cuando la carga en el sistema de iluminación no tenga las proporciones de la de acondicionamiento ambiental, las acciones correctivas siguen siendo redituables y, por otra, que la tecnología de almacenamiento de frío mediante la instalación de bancos de hielo, no es redituable hasta ahora, debido a los altos costos que ello implica en relación con el potencial de ahorro que, fundamentalmente, se obtiene en la demanda.