

ALMACENES CHAPUR**■ ANTECEDENTES.**

En la península de Yucatán opera la cadena de tiendas departamentales "Almacenes Chapur". En 1995 el FIDE desarrolló un proyecto de ahorro de energía eléctrica en la tienda ubicada en calle 63 No. 74 x 54 y 56, Centro, en la Ciudad de Mérida. El servicio de la tienda se encontraba contratado bajo Tarifa OM, cuyas características se mencionan a continuación :





MES	DEMANDA (kW)	CONSUMO (kWh)	F.C. (%)	IMPORTE (\$)	P.M. (\$/kWh)
Sep-94	504	140,400	35.25	37,543.00	0.27
Oct-94	492	140,400	36.11	36,323.00	0.26
Nov-94	492	133,200	36.11	35,347.76	0.27
Dic-94	492	142,800	36.11	36,134.00	0.25
Ene-95	456	114,000	38.96	30,403.00	0.27
Feb-95	448	94,800	39.66	28,985.00	0.31
Mar-95	456	122,400	38.96	34,248.00	0.28
Abr-95	492	105,600	36.11	39,245.00	0.37
May-95	528	148,800	33.65	46,420.00	0.31
Jun-95	504	136,800	35.25	42,525.00	0.31
PROMEDIO	486	127,920	36.62	36,717.38	0.29

A su vez, el equipo de acondicionamiento ambiental estaba conformado fundamentalmente por 7 unidades condensadoras con compresor tipo reciprocante y otras 4 de tipo paquete, con una capacidad total de 276 T.R., cuyas particularidades, incluyendo el sistema de refrigeración, se describen como sigue:

■ DIAGNOSTICO.

Los resultados del diagnóstico realizado por una firma consultora, fueron en el sentido de que las cargas más importantes estaban constituidas por los equipos de acondicionamiento ambiental y de iluminación, según se aprecia a continuación :

SISTEMA	CARGA (kW)	CARGA (%)
Aire acondicionado y refrigeración	450.1	64.5
Iluminación	225.0	32.2
Equipo de cocina	15.2	2.2
Otros	7.5	1.1
TOTAL	697.8	100.0



EQUIPO	CAPACIDAD (T.R.)	No. UNIDADES	CAPACIDAD TOTAL (T.R.)	EFICIENCIA (kW/T.R.)	CARGA (kW)
Unidad condensadora con compresor tipo reciprocante York, mod. 360-25	30	7	210	1.5	315.0
Equipos de aire acondicionado tipo paquete, mod. SA 181-25.	15	4	60	1.4	84.0
Unidad manejadora de aire York con motor de 7.5 HP.		7			39.2
Equipos de aire acondicionado tipo mini split, mod. AH25FC.	3	2	6	1.1	6.6
Refrigerador American con compresores de 1/3 HP.	1				0.3
Congelador American con motor de 1/4 HP	1				0.2
Congelador American con motor de 1/3 HP.	1				0.3
Fábrica de hielo Scotsman de 220 V y 20 Amp	1				4.5
TOTAL	52	20	276		450.1

Por lo que se refiere al sistema de iluminación, la mayor carga correspondía a spots de 150W y a gabinetes con lámparas fluorescentes de 4X39 W y de 2X75 W, como enseña se detalla :

carga total de 58 2 kW; antes de tomar cualquier decisión era menester conocer la ubicación y las funciones de estas unidades, por lo cual se levantó un censo con los siguientes resultados :

SISTEMA	CARGA UNITARIA (W)	CANTIDAD	CARGA TOTAL (kW)
150 W Spot incand.	150	388	58.2
4X39 W Fluorescente	214	462	98.9
2X75 W Fluorescente	175	230	40.2
2X75 W Fluor. Aparador	175	8	1.4
60 W Incandescente	60	179	10.7
75 W Spot incand.	75	110	8.2
400 W Vap. mercurio	480	7	3.4
2X55 W Fluorescente	135	13	1.8
2X30 W Fluorescente	79	21	1.7
2X20 W Fluorescente	67	8	0.5
TOTAL		1,426	225.0

No obstante de que, a simple vista, el potencial más atractivo de ahorro estaba en la sustitución de los spots de 150 W, con una



NUMERO DE LAMPARAS INSTALADAS POR DEPARTAMENTO

DEPARTAMENTO	INCANDESCENTES			FLUORESCENTES				
	60 W	75 W	Spots 150 W	20 W	30 W	39 W	55 W	75 W
Niñas	4		10			64		
Damas	39		44	2	12	248	24	19
Boutique			59			20		29
Caballeros			13			256		
Niños			14	1	3	66		8
Deportes			20			220		
Telas	23		46			212		10
Cortes			15			104		5
Regalos		32	20			16		
Línea blanca		32	21	1	10	56		
Perfumería			6			58		
Zapatería y Electrónica			32			72		
Confitería y Fotografía	6		5	3	8	36		
Cafetería	76	46				32	2	2
Blancos			22			56		6
Bebés	14		13			80		3
Mercería			4	9	9	32		13
Probadores Damas	7					16		
Probadores Caballeros	10					16		4
Cocina								14
Oficinas Generales			14			188		38
Bodega General			30					192
Bodega de mayoreo								30
Estacionamiento								87
TOTALES	179	110	388	16	42	1,848	26	460

■ PROBLEMATICA.

Una vez concluidas las actividades de medición, análisis y revisión de instalaciones, se llegó a la conclusión de que el equipo que consume la energía eléctrica presentaba lo siguiente :

- La eficiencia de las unidades con compresores recíprocos de 30 T.R. (1.5 kW/T.R.) es baja en comparación con las eficiencias de las unidades tipo tornillo, que para una capacidad equivalente a 210 T.R. podría llegar a 0.7 kW/T.R. Sin embargo, su sustitución no era técnicamente factible debido a

las capacidades que para este tipo de equipo (Que proporciona aire frío a través de ductos), ofrecían los fabricantes nacionales.

- Si bien la sustitución de los 388 spots de 150 W ofrecía un potencial de ahorro importante, no era recomendable debido a que, como se puede observar en el cuadro anterior, su función está encaminada fundamentalmente a dar mayor realce a las mercancías exhibidas en lo que a nitidez de color se refiere, por lo cual su sustitución por lámparas fluorescentes compactas no resultaba factible, habida cuenta de que en 1995 no existían en el mercado nacional lámparas

fluorescentes compactas con CRI superior a 0.70.

- La pintura de los gabinetes se encontraba en mal estado físico, originando una pérdida de la luz reflejada, estimada en base a un índice de reflexión medido de 0.4, que es excesivamente bajo en relación con el que ofrecen los gabinetes de alta calidad (entre 88 y 93 %). Considerando que la mayoría de las lámparas fluorescentes (39 W y 75 W) se encontraban instaladas en estos gabinetes, se contempló la instalación de reflectores de aluminio como una de las mejores alternativas para obtener ahorros sustanciales.

Adicionalmente, se encontró lo siguiente :

- Las ventanas de la bodega se encontraban obstruidas por unas cubiertas opacas que no permitían el paso de la luz natural, siendo necesaria la utilización de iluminación artificial a cualquier hora del día.

- Los sistemas de iluminación de la bodega, las cajas y el área de ventas, estaban co-

nectados a un mismo circuito eléctrico, por lo que todos los luminarios funcionaban simultáneamente, aunque no fuera necesaria su utilización.

- La totalidad de los compresores del aire acondicionado arrancaban en forma simultánea, ocasionando incrementos bruscos e innecesarios en la demanda.

- Los equipos del aire acondicionado rebasaban el límite permitido de confort, razón por la cual el ambiente resultaba demasiado frío.

- Los equipos de aire acondicionado instalados en la azotea eran calentados por la radiación solar, lo cual propiciaba un mayor consumo de energía para enfriar el aire.

- La bomba para el abastecimiento de agua al almacén estaba sobredimensionada, razón por la cual no se desempeñaba a su máxima eficiencia.

COSTUMBRES DE OPERACION.

Antes de determinar las acciones por aplicar, debía conocerse la intensidad con que se usaba el equipo eléctrico, motivo por el cual se estudiaron las costumbres de operación del negocio durante un día típico, arrojando resultados valiosos en lo que se refiere a la carencia de controles automáticos, como a continuación se describe :

- Durante la noche permanecían encendidos seis luminarios de 2X75 W en los estacionamientos y los tubos fluo-





rescentes de los aparadores. También se dejaba el servicio de energía eléctrica para las computadoras y los refrigeradores.

- 8:15 a.m. llegan a la tienda un gerente, un técnico en informática, una persona de limpieza y una de seguridad, esta última se dirige al sótano y enciende las luces de la escalera que va desde el sótano a la azotea; también enciende todo el alumbrado de emergencia.

- 8:20 a.m. se enciende la luz de las oficinas, se abre la bodega y se enciende toda la iluminación de la bodega.

- 8:25 a.m. se acciona el interruptor de la planta de emergencia y se prenden los ocho reflectores HID de la parte central de la tienda que se encuentran en el domo.

8:30 a.m. se abre el acceso del estacionamiento y se prende el 50 % de la iluminación del mismo, se abre la cafetería, se accionan un interruptor de spots, la luz de la cocina y se enciende toda la iluminación fluorescente de la tienda.

- 8:40 a.m. se enciende la iluminación del área de mayoreo, se deja funcionando el aire acondicionado, se abre la puerta de cristal y se sube la cortina de esta área.

- 8:45 a.m. para esta hora ya debe estar el personal de ventas, 152 personas y una persona más de seguridad.

- 8:50 a.m. se levanta una de las dos cortinas de la entrada principal, se abre la salida del estacionamiento y se prenden los luminarios faltantes de la cafetería.

- 8:55 a.m. se levanta la segunda cortina, se prende el resto de luces como son rieles

y spots de toda la tienda y el 50 % faltante del estacionamiento.

- 9:00 a.m. personal de mantenimiento pone a funcionar los equipos 1, 3 y 5 de aire acondicionado de la tienda, uno de damas, dos de cafetería, uno de fotografía, dos de mayoreo y por último, dos de oficinas. Se abre la tienda y se inician operaciones.

- 9:30 a.m. personal de mantenimiento pone a funcionar los dos últimos equipos restantes de la tienda.

- 17:00 ó 18:00 según temporada del año, se encienden los luminarios incandescentes de los aparadores, los spots de la entrada principal y el logotipo.

- 20:00 p.m. se baja la cortina y se apagan los equipos de aire acondicionado de la tienda, así como la iluminación indicada en el párrafo anterior.

- 20:15 p.m. se apagan rieles y spots de toda la tienda.

- 20:20 p.m. se apaga la luz del área de mayoreo.

- 20:45 p.m. después de haber revisado la tienda, se apagan todos los luminarios fluorescentes y de emergencia.

- 20:50 p.m. se apagan los luminarios de la bodega.

- 20:55 p.m. se bajan los interruptores de la planta de emergencia y de los equipos de aire acondicionado.

- 21:00 p.m. se apagan los luminarios de oficinas, escaleras, estacionamiento y se cierra la tienda.

De lo anterior se puede deducir que cualquier acción encaminada a reducir la potencia del equipo, principalmente el de iluminación, conduciría a obtener ahorros de energía eléctrica importantes, dado el uso intensivo de éste.

ACCIONES PROPUESTAS.

Del levantamiento de cargas y de su utilización, se estimó el potencial de ahorro, proponiéndose las siguientes acciones :

I. Sistema de iluminación.

- En 230 sistemas fluorescentes de 2X75 W, retirar las lámparas y balastos convencionales, instalando en su lugar lámparas ahorradoras de 60 W, conectándose un balastro ahorrador de 2X60 W por cada dos luminarios; además, instalar un reflector de aluminio en cada gabinete.
- Sustituir 13 luminarios con sistemas fluorescentes convencionales de 2X55W, instalando en su lugar igual número de luminarios con equipos ahorradores (lámparas y balastos) de 2X32 W y reflector de aluminio.
- Transformar 462 sistemas convencionales de 4X39 W a ahorradores de 2X32 W, además de instalar un reflector de aluminio en cada gabinete.
- Retirar las 388 lámparas incandescentes de 150 W tipo spot, instalando en su lugar el mismo número de lámparas spot de 60W tipo PAR-38.
- Sustituir las 110 lámparas incandescentes de 75 W, por lámparas spot de 45 W tipo PAR-38

- Instalar 179 lámparas fluorescentes compactas de 15 W tipo esfera, en lugar de las lámparas incandescentes de 60 W existentes.

- Reemplazar 7 lámparas de vapor de mercurio de 400 W con lámparas de vapor de sodio de alta presión de 250 W.

- Independización de los circuitos de alumbrado de la bodega, cajas y área de ventas.

- Modificar las costumbres de uso para aprovechar la luz natural en la bodega, retirar las cubiertas opacas de las ventanas y colocar en su lugar vidrios translúcidos.

II. Sistema de aire acondicionado y bombeo.

- Instalar controles unizona para controlar el paro y arranque secuencial de los compresores, por periodos de 15 minutos, manteniendo en promedio un equipo fuera de servicio durante el día en forma sincronizada, sin afectar el confort.

- Instalar temporizadores y termostatos en lugares estratégicos dentro de la tienda para controlar la operación de las 2 unidades minisplits, las 7 manejadoras de aire, los 4 equipos de paquete y los 6 compresores en base a la temperatura de confort.

- Adaptación de cubiertas en los equipos de aire acondicionado que se encuentran en la azotea de la tienda, evitando así pérdidas por ganancia solar.

- Instalación de una bomba Jockey de 1/2 HP que realice las funciones de bomba piloto, suministrando un gasto normal de agua. La bomba existente, sólo trabajaría cuando la

demanda excediese la capacidad de la bomba piloto.

III. Otras acciones.

- Independización de circuitos en la bodega y en el área de ventas que permitan controlar los luminarios cercanos a las ventanas, de las cuales se retiran las cubiertas opacas.
- Desconexión de un transformador de 300 kVA para evitar las pérdidas de transformación.

POTENCIAL DE AHORRO POR TIPO DE ACCION.

Para juzgar la viabilidad del proyecto, se determinó el costo de cada acción y su potencial de ahorro, tanto en consumo como en el importe, llegándose a las siguientes conclusiones :

ésta rebasaba ampliamente el presupuesto asignado. Por esta razón, se fijó como estrategia aplicar solamente la acción N°.1 pero limitando sus alcances y, además, prescindiendo de la firma consultora para su consecución, considerando que si la mano de obra se desarrollaba con recursos del usuario, no solamente disminuiría el presupuesto en este renglón, sino también en otros costos indirectos, de administración y viáticos.

Adicionalmente, se aprovecharon las ventajas que ofrecían los fabricantes de lámparas, balastos y reflectores de aluminio, consistentes en aplicar descuentos importantes si los pedidos eran colocados directamente por el FIDE, lo cual se hizo hasta agotar el presupuesto disponible, quedando abierta la posibilidad de que el usuario llevara a cabo posteriormente los trabajos restantes. Las acciones desarrolladas fueron finalmente:

TIPO DE ACCION	AHORRO ANUAL			INVERSION	RECUPERACION
	(kW)	(kWh)	(\$)	(\$)	(años)
1.- Modificaciones al sistema de iluminación.	90	394,200	118,260.00	426,526.00	3,6
2.-Instalación de controladores unizona para acondicionamiento ambiental.	30	88,440	26,532.00	97,977.00	3.7
3.-Instalación de temporizadores y termostatos para unidades minisplit, manejadoras y equipos paquete.	-	50,508	15,152.00	38,604.00	2.5
4.-Independización de circuitos	-	19,632	5,890.00	10,065.00	1.7
5.-Instalación de cubiertas para equipos paquete	-	17,145	5,143.00	20,575.00	4.0
6.-Instalación de bomba Jokey para el sistema hidroneumático.	-	2,451	735.00	4,205.00	5,7
TOTAL	120	572,376	171,712.00	597,952.00	3.5

■ ACCIONES CORRECTIVAS.

Si bien el proyecto resultaba viable en lo concerniente al período de recuperación de la inversión (excepto la acción N°. 6), no así en cuanto a la inversión requerida, ya que

- Se modificaron 336 sistemas de 4 lámparas de 39 W y dos balastos convencionales, a sólo 2 lámparas T-8 de 32 W con balastro electromagnético de alta eficiencia, instalando un reflector de aluminio en cada gabinete.

- En los 126 sistemas restantes de 4X39 W, fueron retiradas las 4 lámparas de 39 W y los balastos convencionales, instalándose en su lugar 4 lámparas T-8 de 32 W con balastos electromagnéticos de alta eficiencia.
- En 230 sistemas fluorescentes de 2X75 W, se retiraron las lámparas y balastos convencionales, instalando en su lugar una sola lámpara de 60 W y conectando un

- Se sustituyeron 110 lámparas spot de 75 W, por lámparas spot de 45 W tipo PAR-38.

PRONOSTICO DE AHORROS.

Las expectativas de ahorro con la aplicación de las acciones descritas, fueron de 72.9 kW en la demanda y de 26,255 kWh en el consumo mensual, equivalentes a \$ 94,516.76 anuales, según se muestra a continuación :

	SISTEMA	CARGA UNITARIA (W)	CANTIDAD	CARGA TOTAL (kW)	CONSUMO (kWh/mes) 1/	IMPORTE (\$/mes) 2/
Antes	4X39 W	3 /144.0	336	48.4	17,418	5,225.47
Después	2X32 W	76.8	336	25.8	9,290	2,786.92
AHORRO		67.2		22.6	8,129	2,438.55
Antes	4X39 W	3 /144.0	126	18.1	6,532	1,959.55
Después	4X32 W	153.6	126	19.4	6,967	2,090.19
AHORRO		(9.6)		(1.2)	(435)	(130.64)
Antes	2X75 W	3 /130.0	230	29.9	10,764	3,229.20
Después	1X60 W	72.0	230	16.6	5,962	1,788.48
AHORRO		58.0		13.3	4,802	1,440.72
Antes	150 W spot	150.0	388	58.2	20,952	6,285.60
Después	60 W par 38	60.0	388	23.3	8,381	2,514.24
AHORRO		90.0		34.9	12,571	3,771.36
Antes	75 W spot	75.0	110	8.3	2,970	891.00
Después	45 W par 38	45.0	110	5.0	1,782	534.60
AHORRO		30.0		3.3	1,188	356.40
AHORRO TOTAL MENSUAL				72.9	26,255	7,876.40
AHORRO TOTAL ANUAL				72.9	315,056	94,516.76
INVERSION (\$)		228,452.85	PERIODO RECUPERACION (AÑOS)		2.4	

1_/ Considerando 360 horas al mes.

2_/ Considerando un precio medio de 0.30 \$/kWh.

3_/ Potencia de línea dada por balastro de baja energía.

balastro ahorrador de 2X60 W por cada dos luminarios; además, se instaló un reflector de aluminio en cada gabinete.

- Se retiraron las 388 lámparas incandescentes de 150 W tipo spot, instalando en su lugar el mismo número de lámparas spot de 60 W tipo PAR-38.

■ RESULTADOS.

La instalación del nuevo sistema de iluminación quedó terminada en agosto de 1995, por lo que a partir de la facturación correspondiente a septiembre del mismo año se pudieron comprobar los ahorros logrados, mismos que se consignan en el siguiente cuadro:



MES	DEMANDA (kW)	CONSUMO (kWh)	IMPORTE (\$)	P.M. (\$/kWh)	RECALCULO DEL IMPORTE (\$) ^{4/}
Sep-94	504	140,400	37,543.00	0.27	43,524.0
Sep-95	468	129,600	39,836.00	0.31	39,836.0
Ahorro	36	10,800			3,688.0
Oct-94	492	140,400	36,323.00	0.26	44,928.0
Oct-95	420	100,800	32,190.00	0.32	32,190.0
Ahorro	72	39,600			12,738.0
Nov-94	492	133,200	35,347.76	0.27	42,624.00
Nov-95	468	116,400	37,286.00	0.32	37,286.00
Ahorro	24	16,800			5,338.00
Dic-94	492	142,800	36,134.00	0.25	49,980.00
Dic-95	468	109,200	37,994.00	0.35	37,994.00
Ahorro	24	33,600			11,986.00
Ene-95	456	114,000	30,403.00	0.27	45,600.00
Ene-96	360	69,600	27,849.00	0.40	27,849.00
Ahorro	96	44,400			17,751.00
Feb-95	448	94,800	28,985.00	0.31	37,920.00
Feb-96	408	86,400	34,938.00	0.40	34,938.00
Ahorro	40	8,400			2,982.00
Mar-95	456	122,400	34,248.00	0.28	50,184.00
Mar-96	444	93,600	38,750.00	0.41	38,750.00
Ahorro	12	28,800			11,434.00
Abr-95	492	105,600	39,245.00	0.37	43,296.00
Abr-96	468	112,800	46,784.00	0.41	46,784.00
Ahorro	24	(7,200)			(3,488.00)
May-95	528	148,800	46,420.00	0.31	66,960.00
May-96	576	111,600	49,845.00	0.45	49,845.00
Ahorro	48	37,200			17,115.00
Jun-95	504	136,800	42,525.00	0.31	58,824.00
Jun-96	492	129,600	55,666.00	0.43	55,666.00
Ahorro	12	7,200			3,158.00
PROMEDIO 94/95	486	127,920	36,717.38	0.29	48,384.00
PROMEDIO 95/96	457	105,960	40,113.80	0.38	40,113.80
AHORRO MENSUAL	29	21,960			8,270.20
AHORRO ANUAL	29	263,520			99,242.40
INVERSION (\$)		228,452.85		P. Recuperación (años)	2.3

4_/ Resultado de multiplicar el consumo de un mes por el precio medio del mismo mes pero del año siguiente.



Los resultados del proyecto se pueden resumir en el siguiente cuadro :

gabinets, en una proporción de 2,500 lúmenes por lámpara antes y de 3,000 lúme-

CONCEPTO	ANTES DEL PROYECTO	DESPUES DEL PROYECTO	AHORRO	
			UNIDADES	(%)
DEMANDA (kW)	486	457	29	5.97
CONSUMO (kWh)	127,920	105,960	21,960	17.17
IMPORTE MENSUAL (\$)	48,384.00	40,113.80	8,270.20	17.09
FACTOR DE CARGA (%)	32.63	32.42		
PRECIO MEDIO (\$/kWh)	1 /	0.38		
IMPORTE ANUAL (\$)	580,608.00	481,365.60	99,242.40	17.09
INVERSION (\$) 2 /	279,332.25	P. RECUPERACION (años)		2.8

1 / No se consigna cifra ya que el importe fue recalculado de acuerdo al precio medio del año siguiente.

2 / Incluye \$50,879.40 correspondientes al costo del diagnóstico.

■ CONCLUSIONES.

- Si bien pudo comprobarse que en una zona de clima cálido, como lo es la Ciudad de Mérida, Yuc., la carga más importante está constituida por el sistema de acondicionamiento ambiental, al menos en la tienda Almacenes Chapur, la firma consultora contratada para desarrollar el diagnóstico no detectó que pudiesen aplicarse acciones correctivas espectaculares en este renglón, por no existir potenciales de ahorro significativos.
- Se comprobó que aunque el sistema de iluminación es la segunda carga en importancia, sí ofrecía potenciales de ahorro relevantes que implicaban acciones contundentes, debido a la posibilidad de utilizar lámparas de nueva tecnología como son las del tipo T-8, que en combinación con la instalación de reflectores de aluminio y de balastos de alta eficiencia, permitieron retirar el 50% de la carga con un incremento en el nivel de iluminación, que es un factor decisivo para el confort visual de clientes y empleados.
- El incremento de iluminación se produjo por dos razones, una, al sustituir 4 lámparas T-12 de 39 W luz de día por igual número de lámparas T-8 de 32 W de 3,000 0K en 126

nes por lámpara después. La otra, al sustituir balastos de baja energía por balastos ahorradores, con lo cual el incremento fue de aproximadamente 40 % en 336 gabinetes de 2X32 W y en 230 gabinetes de 1X60 W.

- Aunque la ejecución del total de las acciones en iluminación propuestas por el consultor implicaban una inversión que rebasaba el presupuesto asignado, con la limitación de su alcance y la unión de voluntades tanto del usuario, quien instaló los materiales con mano de obra propia, como del FIDE, que logró magníficos descuentos de los fabricantes, se pudo concretar el proyecto con una inversión inferior a los \$300,000.00.
- El éxito de este proyecto se puede medir en función de las siguientes cifras: De haberse contratado al consultor para la aplicación de acciones en iluminación, se habrían invertido \$ 426,526.00 estimándose un período de recuperación de 3.6 años; con el esquema seguido, la inversión fue de \$ 228,452.85 con la expectativa de recuperarse en 2.4 años. De acuerdo con los ahorros comprobados, el período real se redujo a 2.3 años, que se elevó a 2.8 años considerando el costo del diagnóstico.