

28
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO DE DEMOSTRACION DE AHORRO
DE ENERGIA EN UN EDIFICIO DE OFICINAS

T E S I S

Que para obtener el Título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
p r e s e n t a n

FERNANDO A. DEL CARPIO SPARROWE
OSVALDO RANCE CACHAFEIRO



Asesor: Ing. Ernesto Suarez Sport

México, D. F.

1992

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**PROYECTO DE DEMOSTRACION DE AHORRO DE ENERGIA
EN UN EDIFICIO DE OFICINAS**

CAPITULO 1. INTRODUCCION

CAPITULO 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- 2.1.- Situación actual.
- 2.2.- Panorama a futuro.
- 2.3.- Planeación.
- 2.4.- Facturación de la energía eléctrica.
 - 2.4.1.- Consumo.
 - 2.4.2.- Demanda máxima.
 - 2.4.3.- Factor de potencia.
- 2.5.- Tarifas.

CAPITULO 3. CASO ESPECIFICO

- 3.1.- Características generales.
 - 3.1.1.- Tarifa.
 - 3.1.2.- Histograma de consumos y demandas.
 - 3.1.3.- Costumbres de operación.
 - 3.1.4.- Diagrama unifilar de la instalación.

CAPITULO 4. DIAGNOSTICO

- 4.1.- Levantamiento en campo.
 - 4.1.1.- Iluminación.
 - 4.1.2.- Aire lavado y Extractores.
 - 4.1.3.- Elevadores
 - 4.1.4.- Bombas
 - 4.1.5.- Equipo de oficina
- 4.2.- Mediciones.
 - 4.2.1.- Equipo empleado.
 - 4.2.2.- Perfiles reales de consumo y demanda.
- 4.3.- Análisis de los datos obtenidos.
 - 4.3.1.- Demanda y consumo por tipo de carga.
 - 4.3.2.- Relación entre la ocupación y la demanda de energía en función del tiempo.
 - 4.3.3.- Cálculo del ahorro potencial.

CAPITULO 5. SOLUCION PROPUESTA

- 5.1.- Alternativas de ahorro.
- 5.2.- Iluminación.
 - 5.2.1.- Instalación de apagadores individuales.
 - 5.2.2.- Instalación de reflectores ópticos.
 - 5.2.3.- Ahorros.
- 5.3.- Control automático de cargas.
 - 5.3.1.- Cargas a controlar.
 - 5.3.2.- Características del controlador.
 - 5.3.3.- Instalación y equipos periféricos.
 - 5.3.4.- Programación.
 - 5.3.5.- Ahorros.
- 5.4.- Resúmen
- 5.5.- Análisis económico.
 - 5.5.1.- Presupuesto.
 - 5.5.2.- Recuperación de la inversión.

CAPITULO 6. RESULTADOS

- 6.1.- Mediciones posteriores.
 - 6.1.1.- Obtención de los nuevos perfiles de consumo y demanda.
- 6.2.- Análisis comparativo (antes y después).

CAPITULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO 1. INTRODUCCION

La crisis energética, iniciada a nivel mundial en otoño de 1973, ha tenido una enorme repercusión en la economía de los países, especialmente los más desarrollados, este efecto desencadenante según los economistas de la actual crisis económica internacional se ha dejado sentir tanto a nivel macroeconómico del país como a nivel microeconómico del sector empresarial, público y privado. A lo largo de estos últimos años, estos sectores han visto como la energía ha pasado de ser una parte pequeña en los costos de producción, a representar una parte importante financieramente hablando.

Como resultado de esta crisis y debido a los altos incrementos en los precios de los energéticos, los países desarrollados, especialmente los que carecen de autosuficiencia en esta materia, se vieron obligados desde entonces a implementar en forma seria importantes programas de ahorro y uso más eficiente de la energía, a fin de mantener su ritmo de crecimiento económico.

Los primeros resultados que pueden considerarse como exitosos se pudieron precisar 4 ó 5 años después y ya para el año de 1979 se habían obtenido en los países industrializados reducciones de por lo menos 3% en sus consumos de energía.

Ante esta situación, nuestro país no está exento de las influencias de estos hechos y aunado a nuestros propios problemas, nos encontramos en la actualidad en una situación sin precedente en la historia en lo que a energía se refiere.

En nuestro país, a partir de la década de los ochenta se han venido conociendo y difundiendo medidas de ahorro energético y muchas empresas han sido pioneras en la implementación de diversas medidas de ahorro, fué hasta el año de 1989 en el que se creó y estableció la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) con carácter de prioritario, al ahorro y uso eficiente de la energía.

Hablando en particular de energía eléctrica, diremos que los subsidios se están reduciendo cada vez más y que la tendencia es hacia su cancelación, es decir que el usuario pague los precios reales por el servicio que recibe. A la vez la demanda de electricidad está creciendo a una tasa mayor que la oferta por lo que existe un déficit en la prestación de este servicio y por lo tanto se requieren nuevas inversiones en esta industria y por consiguiente es imprescindible un aumento constante de las tarifas eléctricas.

Por lo antes expuesto, es evidente que ha llegado el momento en que debemos prestar más atención a la forma en que utilizamos la electricidad y atender así mismo a las formas o métodos a través de los cuales podemos ahorrar, en beneficio tanto de nuestra economía empresarial, como del país en general.

A continuación se presenta un proyecto de demostración de ahorro de energía, cuyo propósito fundamental es el de reducir los niveles de consumo (kwh) de energía eléctrica, así como la demanda máxima registrada (kw) en un edificio de oficinas. La realización de proyectos de esta índole tiene como fin último lograr un efecto multiplicador de las medidas que aquí se proponen en otros edificios similares; con lo que se lograría frenar el crecimiento de la demanda de energía eléctrica y por lo tanto diferir las nuevas inversiones en plantas generadoras.

CAPITULO 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1.- Situación actual.

En las últimas décadas el crecimiento explosivo de nuestro país, en especial el de las grandes ciudades y zonas conurbadas ha registrado una fuerte demanda de energía eléctrica, tan sólo de 1988 a 1989, la electricidad consumida nacionalmente creció a una tasa del 7 % (balance nacional de energía 1989, SEMIP). Esta situación aunada a la existencia de millones de mexicanos que aun no cuentan con este servicio, provoca la necesidad de un aumento en la oferta eléctrica. Para proporcionar estos servicios se han tenido que ampliar las redes de distribución y suministro, muchas veces llevándolas al límite de su capacidad, con esto el desarrollo del país se ve afectado en la generación de recursos que sean suficientes para satisfacer sus necesidades eléctricas, por lo que los costos se han incrementado lo suficiente para tomar medidas destinadas a controlar esta situación y alcanzar mejores niveles de eficiencia.

Sin embargo, el problema es menos sencillo de lo que su enunciado aparenta, la construcción de nuevas plantas generadoras de electricidad implica diversos problemas que van desde la incapacidad financiera de Comisión Federal de Electricidad para cubrir las fuertes inversiones iniciales, hasta los efectos ambientales, que tanto local como mundialmente ocasionan las plantas de combustibles fósiles.

2.2.- Panorama a futuro.

Con motivo de los últimos cambios en la economía del país y dadas las condiciones que prevalecen en el mundo de una mayor globalización de las economías nacionales, como la realización del Tratado de Libre Comercio (TLC) con los países de Estados Unidos de Norteamérica y Canadá, se requiere de un cambio profundo en la estructura del Sector Eléctrico de México que permita enfrentar a estos cambios de acuerdo a las circunstancias que se presenten.

Este cambio trascendental implica el reconsiderar las actuales estructuras y políticas en materia de energía eléctrica, para tomar medidas eficientes que permitan tener a este sector como un soporte ágil para la producción.

Es muy probable que nuevas empresas se quieran establecer en nuestro país, dadas las condiciones de apertura de mercados, y requieran de la energía necesaria para el buen funcionamiento de sus procesos, este es un ejemplo en donde los factores anteriores hacen prever escenarios, en los que, de no tomarse las medidas preventivas, se enfrentarían a condiciones difíciles para atender los requerimientos de energía eléctrica, lo que podría limitar el crecimiento del país.

Independientemente de todo lo anterior, es necesario estar conscientes de que los energéticos y en especial la cuestión en materia de energía eléctrica son factores indispensables para el desarrollo en los elementos de carácter estratégico, lo cual nos lleva a intensificar medidas relativas a su uso racional y eficiente.

2.3.- Planeación.

La etapa de modernización en la que se encuentra nuestro país es un período dinámico donde la energía ocupa un lugar muy importante, ya que a medida que esta es producida, distribuida y consumida en forma racional, apoya al fortalecimiento social, económico y cultural, proporcionando un mejor nivel de vida y el bienestar de la sociedad.

Una manera de asegurar el desarrollo, sin recurrir a grandes inversiones de capital, recursos humanos y financieros, es disminuir la cantidad de energía requerida para proveer los servicios de interés, esto se puede lograr con programas para aprovechar al máximo las opciones tecnológicas en el uso de la energía.

La definición y planeación sólo puede lograrse con la participación decidida e interdisciplinaria de especialistas con experiencia y una mente clara y objetiva mediante una conjunción de esfuerzos considerables para detectar áreas con potenciales de ahorro relevante, dentro de los distintos sectores que conforman nuestro país, siendo requisito indispensable en la búsqueda de ahorros significativos formar al recurso humano, definiendo el perfil y preparación de quienes deberán lograr los objetivos de ahorro, y lograr con esto una verdadera cultura energética.

Consciente de esta situación el Gobierno Mexicano ha establecido una serie de estrategias que tienen como propósito el crecimiento económico y el nivel de bienestar en la población, manejando una política energética donde se le ha conferido la máxima prioridad al ahorro y uso eficiente de la energía, a través de un esfuerzo integral en el que deberá participar toda la sociedad.

Es así que en los objetivos relacionados con el uso eficiente de la energía han quedado plasmados en el Plan de Desarrollo 1989-1994 y en el Programa Nacional de modernización Energética 1990-1994 los siguientes objetivos:

- Garantizar la suficiencia energética.
- Fortalecer la vinculación del sector energético con la economía, la sociedad y la protección ambiental.
- Consolidar un sector energético más moderno y mejor integrado.

Como resultado de estas prioridades y con el fin de contar con una estructura orgánica rectora de las acciones y lineamientos que en materia de uso eficiente de la energía se realicen se crea por decreto presidencial el día 28 de septiembre de 1989 la Comisión Nacional Para El Ahorro De Energía (CONAE). A su vez con el objeto de inducir la participación de la sociedad civil y en particular de los industriales, así como apoyar con recursos económicos la realización del programa de interés social o general, proyectos piloto o demostrativos, se decidió crear el Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (FIDE).

2.4.- Facturación de la energía eléctrica.

Los tres cargos que componen la facturación de energía eléctrica son el Consumo, la Demanda Máxima y, en algunos casos, la multa por bajo factor de potencia. A continuación, se explica con detalle a que se debe cada uno de estos cargos.

2.4.1.- Consumo.

Es el monto total de la electricidad usada durante el período de facturación. Se mide en kilowatts-hora (kWh).

Un ejemplo de consumo sería la cantidad requerida para tener encendido un foco durante una hora. Si el foco es apagado ya no se consume más electricidad y entonces ahorramos energía y dinero.

Podríamos hacer una analogía entre el Consumo y la cantidad de kilómetros que recorre un automóvil al ser conducido de un lugar a otro durante cierto tiempo. El total de kilómetros recorridos por el auto se contabiliza en el odómetro, mientras que los kilowatts-hora son contados por un kilowatthorímetro.

2.4.2.- Demanda máxima.

Es el segundo concepto por el que se nos cobra en el recibo de electricidad.

Se define como la razón (o velocidad) a la cual se está utilizando la energía eléctrica en un momento dado.

Podríamos compararla con la velocidad a la que es conducido un automóvil. La velocidad en el auto se mide con el velocímetro y la demanda de energía con el " medidor de demanda " correspondiente.

la mayoría de las compañías eléctricas en el mundo miden la demanda en intervalos que van desde los 15 a los 30 minutos. En México, la Compañía de Luz y Fuerza del Centro y la Comisión Federal de Electricidad utilizan un " Intervalo de Demanda " de quince minutos.

El cargo que se hace por Demanda en el recibo, es el que corresponde al pico de Demanda Máximo que se haya presentado durante el período de facturación.

Es necesario que las compañías que proporcionan este servicio hagan a sus clientes el cargo por Demanda debido a que ellas requieren instalar sistemas de generación con la capacidad suficiente para suministrar la cantidad de electricidad que demanden el conjunto de sus clientes en un momento dado, incluyendo esos "picos de Demanda" temporales. Estos picos ocurren generalmente durante las temporadas en que el clima se hace más extremo, sin embargo, aunque estos picos no sean muy frecuentes, el equipo generador debe estar ahí, listo para cubrir esa demanda cuando ocurra y aún cuando no esté en uso, el equipo debe recibir un mantenimiento adecuado para estar listo en el momento en que requiera usarse dicha energía aunque sea por unos breves instantes.

2.4.3.- Factor de potencia.

El Factor de Potencia se define como, el coseno del ángulo de fase entre la corriente y el voltaje de la carga, más explícitamente se refiere al cociente entre la potencia activa y la potencia aparente. Con corrientes y tensiones senoidales, por lo que el factor de potencia es igual al coseno del ángulo de desfase entre ambas, y, si el desfase es nulo, el factor de potencia es consecuentemente igual a la unidad (ver figura 1).

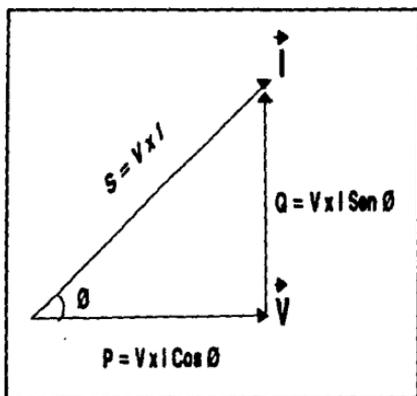


figura 1

2.4.3.1.- Medida del Factor de Potencia:

En circuitos, el factor de potencia es el cociente de la potencia activa medida con un vatímetro, y la potencia aparente, que es producto de las lecturas separadas de un voltímetro y un amperímetro.

$$\cos \phi = \frac{\text{Potencia Activa}}{\text{Tensión x Intensidad}} = \frac{P}{V \times I}$$

En un circuito trifásico equilibrado, el factor de potencia de una fase coincide con el del conjunto.

$$\cos \phi = \frac{\text{Potencia Activa}}{\sqrt{3} \times \text{tensión} \times \text{Intensidad}} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times I}$$

donde:

V = Tensión entre fases.

I = Intensidad que circula por la línea de cada fase.

En los circuitos trifásicos no equilibrados puede encontrarse un factor de potencia conjunto del mismo modo anterior. Pero este no coincidirá con los de las fases individuales, cada una de las cuales tiene el suyo propio.

Estos cálculos se realizan mediante instrumentos electrodinámicos en los medidores que instalan las compañías suministradoras de electricidad y determinan si el factor de potencia es bajo (penalizado), o si cumple con los requisitos (mayor a 0.9).

2.4.3.2.- Cálculo con los datos del recibo:

$$FP = \cos \phi = \frac{kWh}{\sqrt{kWh^2 + kVARh^2}}$$

2.5.- Tarifas.

En México se tienen tarifas para usos específicos y para usos generales; existen las de servicios en baja tensión y las de servicios en alta tensión.

Algunos servicios para usos específicos se prestan tanto en baja como en alta tensión (alumbrado público y bombeo de aguas potables y negras), lo que depende de la disponibilidad de líneas.

La mayor parte de las tarifas son de tipo tradicional, es decir son uniformes durante todo el año y de aplicación nacional.

Aunque en algunas regiones se aplican tarifas domésticas con precios diferenciados entre verano e invierno, no se trata, estrictamente hablando, de tarifas regionales, pues su definición se hace en términos de localidades con clima cálido, sean cuales sean éstas.

Otra aplicación regional se hace en las tarifas de servicios en alta tensión de suministro, que siendo de uso general, tienen un descuento del 5 % en la minería y la industria de transformación ubicadas en determinados municipios.

En los servicios de alumbrado público, por el contrario, se han definido 2 regiones, tanto en alta tensión como en baja tensión se suministro: las tres zonas conurbadas más grandes del país (cd. de México, Guadalajara y Monterrey), y el resto de las localidades.

Las tarifas de servicios eléctricos para usos específicos son:

- Las 4 de alumbrado público (dos se aplican en las tres grandes zonas conurbadas del país en baja y alta tensión) .
- La de bombeo para aguas potables o negras.
- Las de bombeo para riego agrícola.

Entre las tarifas eléctricas de tipo tradicional en servicios para usos generales se distinguen:

- Las de baja tensión (tarifas 2 y 3) que se aplican según la carga conectada del usuario.
- Las de alta tensión (tarifas 8, 12, 12T, 12S) aplicables según el voltaje de suministro y que tienen un descuento de 5 % en algunas regiones.
- La tarifa 7, de aplicación temporal, que se sirve tanto en baja como en alta tensión.

Al mismo tiempo, las tarifas de tipo tradicional son de diversa estructura y nivel:

- con sólo un cargo por energía (las de alumbrado público, que distinguen regiones y voltaje de suministro).
- Con varios cargos por energía (las de usos domésticos y las de bombeo para riego agrícola).
- Con cargo fijo y un cargo por energía (la de bombeo de aguas negra o potables).
- Con cargo fijo y varios cargos por energía (usos generales con demanda contratada de hasta 25 kW en baja tensión).
- Con cargo por demanda y un solo cargo por energía (las de usos generales con demanda contratada de 26 kW o más en baja tensión, la de uso temporal, y las de alta tensión para usos generales).

Entre las tarifas de alta tensión hay dos de tipo horario que se distinguen según la tensión de suministro, tienen un cargo por demanda y dos cargos por energía (en punta y base) y se aplican con descuento del 5 % en algunas regiones.

Todas las tarifas, excepto las horarias, están basadas en costos históricos, es decir no se ajustan a los costos económicos, incrementales o marginales del suministro eléctrico.

El resultado final de la aplicación de estas tarifas es un constante subsidio al consumo doméstico y una muy ligera cobertura de los costos en el resto de las demás.

CAPITULO 3. CASO ESPECIFICO

3.1.- Características generales.

El edificio en cuestión se ubica en Av. Juárez # 134, está dedicado a la Subdirección General de Prestaciones Económicas del I.S.S.S.T.E. y cuenta con 8 niveles:

- PB: Subdirección de Otorgamiento y Recuperación de Crédito.
Centro de Servicios (Fotocopiado y Offset)
Telefax y Conmutador
Bodega
- 1^{er} Piso: Subdirección de Servicios Administrativos y Proyectos Especiales
- 2^{do} Piso: Subdirección de Pensiones
- 3^{er} Piso: Subdirección de Pensiones
- 4^o Piso: Subdirección de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- 5^o Piso: Subdirección de Otorgamiento de Crédito
Subdirección de Seguridad e Higiene en el Trabajo
- 6^o Piso: Subdirección de Otorgamiento de Crédito
- 7^o Piso: Subdirección de Servicios Administrativos y Proyectos Especiales

Los pisos 1,2,3,4,5 y 6 pueden ser considerados como planta tipo, ya que tienen la misma distribución de alumbrado, la misma altura de techo y las mismas dimensiones, con algunas variaciones en la distribución del mobiliario y la disposición de privados.

Las cargas consumidoras de energía que se encuentran en el edificio son las siguientes:

10 tableros de alumbrado y contactos (centros de carga), tres en la Planta Baja y uno en cada uno de los pisos; no existen apagadores individuales en las áreas de oficinas.

2 Elevadores. El cuarto de máquinas de los elevadores está en la azotea.

3 Unidades de lavado de aire (ULA) que se encuentran en la azotea y que cuentan con una bomba de agua para cada unidad.

- U.L.A. 1 para los pisos P.B., 1 y 2
- U.L.A. 2 para los pisos 3 y 4
- U.L.A. 3 para los pisos 5, 6 y 7

3 Extractores de aire:

- Extractor 1 para los pisos P.B., 1 y 2
- Extractor 2 para los pisos 3 y 4
- Extractor 3 para los pisos 5 y 6

Un sistema hidroneumático con dos bombas y un compresor

Un sistema de bombeo contra incendio

La acometida de CLYFC se encuentra en el estacionamiento que tiene entrada por Reforma, y el suministro de energía eléctrica se realiza en baja tensión. El edificio no cuenta con planta de emergencia

3.1.1.- Tarifa.

La facturación de energía eléctrica de este edificio está en Tarifa 3. Esta tarifa se aplica a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda de más de 25 kilowatts. Los costos correspondientes son los siguientes:

Cargo por demanda máxima

\$ 40,652.47 (Cuarenta mil seiscientos cincuenta y dos pesos cuarenta y siete centavos)

Cargo adicional por la energía consumida

\$ 202.15 (Doscientos dos pesos y quince centavos)

Cabe mencionar que el suministro de energía eléctrica de este edificio forma parte de la "Red Automática" de Compañía de Luz y Fuerza del Centro, cuyas características aseguran continuidad en el servicio y una mejor regulación de voltaje.

3.1.2.- Histogramas de consumos y demandas

A continuación se presentan los consumos y demandas registrados en este edificio durante los años de 1990 y 1991 (figuras 2 y 4), así com los histogramas correspondientes (figuras 3 y 5).

FACTURACION DE ENERGIA ELECTRICA EN 1990

MES	kWh	kW	F.P.	IMPORTE
ENERO	40,320	119	0.99605	\$8,714,442
FEBRERO	43,440	116	0.94683	\$9,209,366
MARZO	40,560	119	0.9467	\$8,436,229
ABRIL	47,230	131	0.94226	\$10,094,984
MAYO	41,400	112	0.94534	\$8,758,701
JUNIO	42,360	130	0.93638	\$11,636,479
JULIO	45,240	116	0.93663	\$11,762,936
AGOSTO	45,560	130	0.93642	\$12,709,154
SEPTIEMBRE	48,000	119	0.93926	\$12,633,290
OCTUBRE	40,560	130	0.93971	\$11,145,314
NOVIEMBRE	50,400	119	0.95003	\$14,261,151
DICIEMBRE	46,080	120	0.93015	\$13,610,207
TOTAL	531,150			132,972,253
PROMEDIO	44,263	122	0.94548	11,081,021

figura 2

CONSUMOS Y DEMANDAS DURANTE 1990

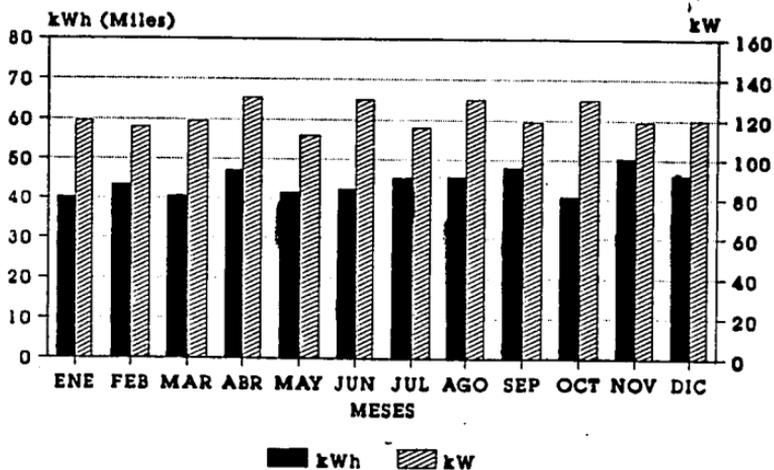


figura 3

FACTURACION DE ENERGIA ELECTRICA EN 1991

MES	kWh	kW	F.P.	IMPORTE
ENERO	42,600	125	0.94881	\$12,887,103
FEBRERO	48,240	120	0.94067	\$14,177,563
MARZO	49,080	119	0.94106	\$14,460,575
ABRIL	45,720	120	0.94022	\$13,231,261
MAYO	44,880	118	0.94994	\$12,665,635
JUNIO	46,560	125	0.94522	\$14,024,126
JULIO	41,550	140	0.93884	\$12,212,168
AGOSTO	42,960	126	0.93654	\$12,784,665
SEPTIEMBRE	43,200	125	0.94305	\$13,084,705
OCTUBRE	43,680	126	0.9689	\$12,785,852
NOVIEMBRE	42,000	120	0.91914	\$13,563,317
DICIEMBRE	42,120	120	0.93861	\$14,790,875
TOTAL	532,590			\$160,667,845
PROMEDIO	44,383	124	0.94258	\$13,388,987

figura 4

CONSUMOS Y DEMANDAS DURANTE 1991

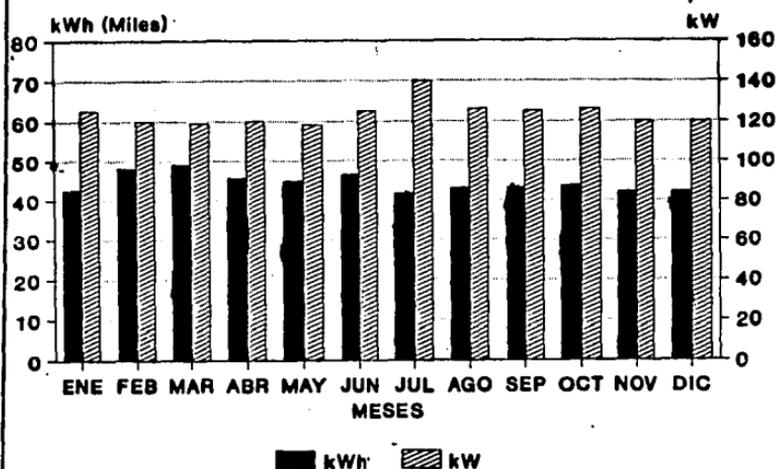


figura 5

3.1.3.- Costumbres de operación

Las costumbres de operación del edificio nos indican el grado de conciencia del personal de mantenimiento, del personal de seguridad y de los usuarios del mismo. Como punto de referencia de dichas costumbres, se recabaron área por área los horarios del personal del edificio, con lo que se obtuvo la curva de ocupación en función del tiempo. A continuación, se presentan la tabla y la gráfica correspondientes (figuras 6 y 7).

RELACION DEL PERSONAL POR HORARIOS										
HORARIO	PISO									TOTAL
	P.A.	1	2	3	4	5	6	7		
7:00-15:00		1				1				2
7:00-15:30		1								1
7:00-16:00	1	1					1			3
7:30-14:00		2								2
8:00-14:30		2		11			3			16
8:00-15:00		1	15			4				19
8:00-16:00									2	2
8:00-17:00	36	16	38			17	11	1	1	119
8:30-15:00		5		20	8		1			32
8:30-17:30	3	1								4
8:00-15:30	1	3							4	8
8:00-17:00		1								1
8:00-18:00	1	3	14	8	2				1	30
8:00-15:00 Y 17:00-18:00		23	11	13	27	17	12	4		107
8:00-20:00	3									3
8:30-18:00		1			2					3
8:30-18:30		1								1
10:00-18:00 Y 17:00-20:00		1				1			2	4
13:30-20:00										0
14:00-22:00		1							1	2
18:30-22:00		5		2	2	5	2			16
18:00-22:00	1	3							1	5
8:30-15:00 Y 17:00-22:00	2		7	10	9	4	9			41
TOTAL	48	72	83	85	53	49	35	18		420

figura 6

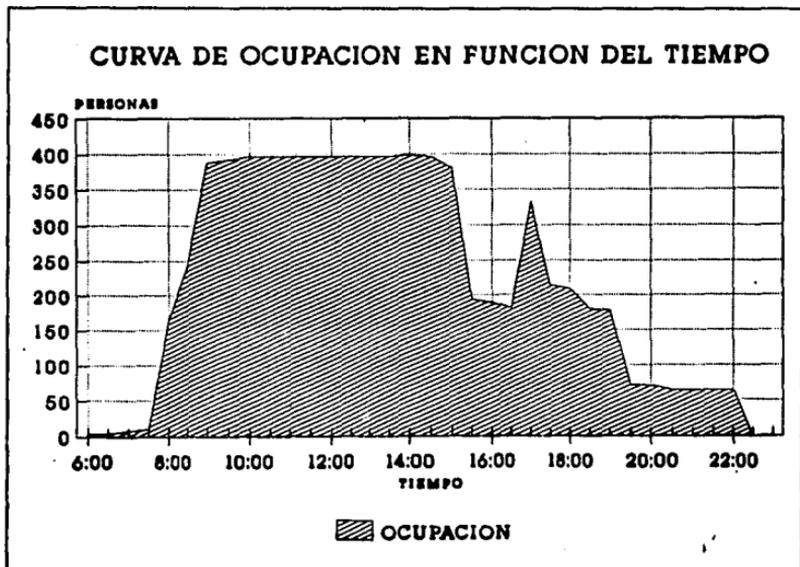


figura 7

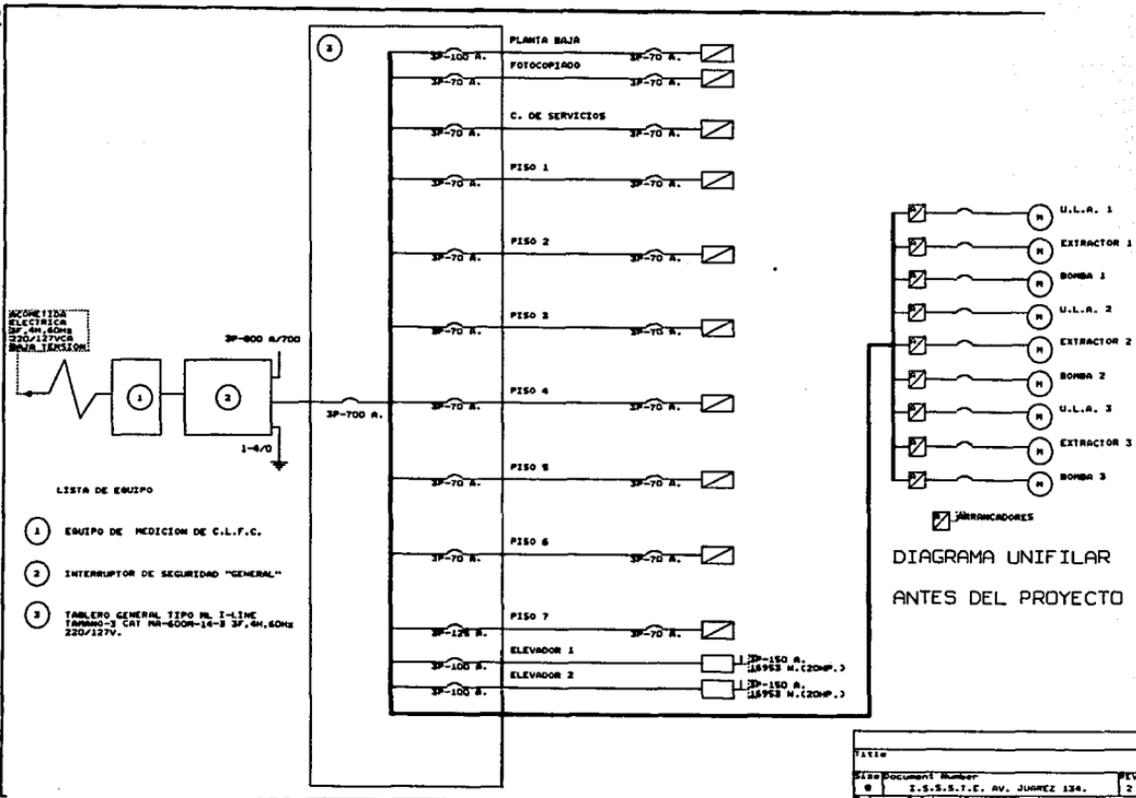
3.1.4. Diagrama unifilar de la instalación.

A continuación se presenta el diagrama unifilar de la instalación (figura 8) en donde se puede apreciar que el suministro de energía eléctrica de este edificio se realiza en baja tensión (tarifa 3). También se puede observar que existe un tablero de distribución que cuenta con un interruptor principal trifásico de 700 amperes, que alimenta a su vez a diez (10) centros de carga de alumbrado, a través de un interruptor trifásico de 70 amperes para cada uno.

Desde ese mismo tablero de distribución se alimenta a los dos (2) elevadores, así como a las tres (3) U.L.A.'s con sus respectivos extractores y bombas.

Figura 8

18



CAPITULO 4. DIAGNOSTICO

4.1.- Levantamiento en Campo

El levantamiento en campo implica hacer un censo completo y detallado de todos los sistemas y equipos consumidores de energía eléctrica del edificio, que nos permita determinar la carga instalada de cada sistema, así como el consumo de energía mensual o anual de cada uno de ellos. A continuación se presentan los datos obtenidos por tipo de carga.

4.1.1- Iluminación

El levantamiento del sistema de Iluminación se realizó consignando en formatos adecuados los siguientes datos:

- Area levantada
- Altura de montaje
- Reflectancias de techo, pared y piso
- Tipo de lámpara
- Número de lámparas por luminario
- Cantidad de luminarios
- Watts por luminario
- Watts totales
- Watts por metro cuadrado (densidad de carga)
- Horas de operación
- Kilowatts hora al año
- Nivel de iluminación promedio

El sistema de iluminación de este edificio estaba compuesto en un 99% de luminarios de 4 lámparas fluorescentes de 20 watts, arranque rápido, acabado "luz de día", para una carga total instalada de **74.9 kilowatts**. En promedio, el sistema de iluminación operaba 17 horas al día durante 287 días al año, lo que se reflejaba en un consumo anual de **356,131 kilowatts hora**. A continuación se presenta la tabla correspondiente (figura 9).

Es importante mencionar que en el edificio no existía un solo apagador individual en los privados o áreas generales de oficinas, y por lo tanto, el encendido y apagado de todo el alumbrado se hacía por pisos completos desde los interruptores en el tablero de distribución.

DATOS DE ILUMINACION

DESCRIPCION	AREA	ALTIMA DE BORTAJE (M)	REFLECTANCIA			TIPO DE LAMPARA	LAMPARAS # LAMPARAS	WATTS # LAMPARA	CANTIDAD LAMPARAS	WATTS # LAMPARAS	TOTAL WATTS	OPERACION HORAS	CONSUMO (KWH)	PENSIO WATTS	M2
			TECHO	PARED	PISO										
P.B. (COMPUTO)	359.4	3.25	63	35	65	F	4	20	65	104	6,760	14	27,162	18.81	208
P.B. (FOTOCOPIADO)	77.8	2.20	63	35	65	F	4	20	16	104	1,664	15	7,164	21.44	161
P.B. (CENTRO SERVICIOS)	112.7	2.20	63	35	65	F	4	20	16	104	1,664	15	7,164	14.76	201
P.B. (ALMACEN I)	104.0	2.30	63	35	65	F	2	38	24	100	2,400	15	10,332	23.08	270
P.B. (ALMACEN II)	86.3	2.30	63	35	65	F	4	20	20	104	2,080	15	8,954	24.10	125
P.B. (VESTIBULO PRINCIPAL)	19.2	2.90	63	82	65	F	2	38	5	100	500	19	2,727	26.04	348
P.B. (PASILLO)	49.8	2.10	63	82	65	F	4	20	6	104	624	19	3,403	12.53	170
1er PISO (PLANTA TIPO)	466.8	2.30	63	35	65	F	4	20	90	104	9,360	17	45,667	20.05	214
2do PISO (PLANTA TIPO)	466.8	2.30	63	35	65	F	4	20	90	104	9,360	17	45,667	20.05	214
3er PISO (PLANTA TIPO)	466.8	2.30	63	35	65	F	4	20	90	104	9,360	17	45,667	20.05	214
4° PISO (PLANTA TIPO)	466.8	2.30	63	35	65	F	4	20	90	104	9,360	17	45,667	20.05	214
5° PISO (PLANTA TIPO)	466.8	2.30	63	35	65	F	4	20	90	104	9,360	17	45,667	20.05	214
6° PISO (PLANTA TIPO)	466.8	2.30	63	35	65	F	4	20	90	104	9,360	17	45,667	20.05	214
7° PISO	110.8	2.30	63	35	65	F	4	20	30	104	3,120	17	15,222	28.16	210
TOTAL	3,720.4								722		74,972		358,131	20.86	213

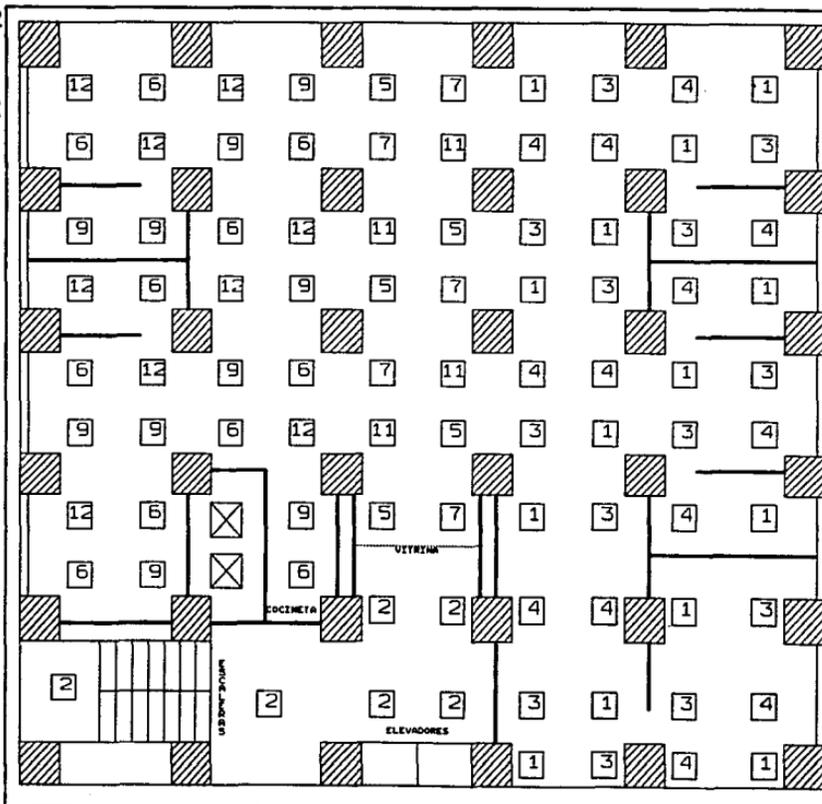
Los niveles de iluminación medidos en las diferentes áreas del edificio, no van de acuerdo con la tarea visual a desarrollar en cada una de ellas. En algunos casos, el nivel de iluminación estaba muy por debajo del que recomienda la Sociedad de Ingeniería en Iluminación de Norte América, mientras que en otros casos este se encontraba excedido. En las áreas de tránsito como vestíbulos, corredores y escaleras teníamos niveles de iluminación superiores a los medidos en las áreas de trabajo. Esto se debía a que el color gris de las paredes de las áreas de trabajo tenían un bajo índice de reflectancia (35 %), mientras que en las áreas de tránsito, el color de las paredes era blanco con un alto índice de reflectancia (82 %). A continuación se presenta una tabla en donde se indican los niveles de iluminación medidos y los recomendados; del mismo modo se indica el índice de carga (watts por metro cuadrado) existente y recomendado para cada una de las áreas (figura 10).

**INDICES DE CARGA Y NIVELES DE ILUMINACION
MEDIDOS Y RECOMENDADOS**

DESCRIPCION	LUXES MEDIDOS	LUXES RECOM.	WATTS/m2 EXISTENTES	WATTS/m2 RECOM.
AREA GENERAL DE ESCRITORIOS	192	330	18.38	16.15
PRIVADO	193	330	16.00	16.15
PRIVADO EJECUTIVO	217	330	14.75	16.15
AREA SECRETARIAL	225	330	21.28	16.15
SALA DE JUNTAS	280	330	22.38	16.15
VESTIBULO ELEVADORES	333	160	18.13	10.76
VESTIBULO PRINCIPAL	348	160	24.63	10.76
ALMACEN I	270	160	21.88	10.76
ALMACEN II	125	160	23.13	10.76
PASILLO	168	80	12.00	10.76
CAFETERIA (COMEDOR)	143	160	26.00	16.15
COCINETA	172	160	18.13	10.76
FOTOCOPIADO Y OFFSET	142	500	21.50	21.50

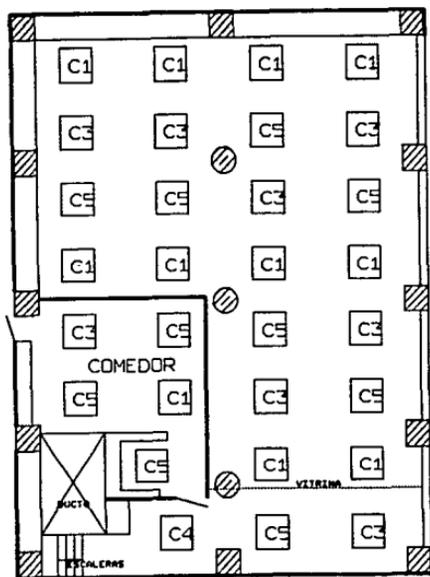
figura 10

La distribución de los circuitos de alumbrado en lo que es la planta tipo y el septimo piso se muestra en los siguientes diagramas (figuras 11 y 12)



PLANTA TIPO

DISTRIBUCION ANTERIOR
DE LOS CIRCUITOS
DE ALUMBRADO



SITUACION ANTERIOR
DE LOS CIRCUITOS
DE ALUMBRADO EN
EL PISO 7

Por otro lado, se realizaron lecturas de corriente en las tres fases de los centros de carga de alumbrado y contactos de cada piso, resultando la tabla siguiente (figura 13) en donde se pueden observar algunos desbalances entre fases que ocasionan perdidas.

LECTURAS DE CORRIENTE EN LOS CENTROS DE CARGA

DESCRIPCION	FASE I	FASE II	FASE III	INTERRUPTOR GENERAL
P.B. CENTRO DE FOTOCOPIADO Y OFFSET	13	35	12	3 x 100
P.B. CENTRO DE SERVICIOS	10	22	20	3 x 100
P.B. COMPUTADORAS	38	40	35	3 x 70
PRIMER PISO	45	50	28	3 x 70
SEGUNDO PISO	25	35	25	3 x 70
TERCER PISO	35	35	40	3 x 70
CUARTO PISO	34	27	30	3 x 70
QUINTO PISO	30	40	26	3 x 70
SEXTO PISO	27	35	30	3 x 70
SEPTIMO PISO	10	10	12	3 x 70
AZOTEA AIRE LAVADO Y EXTRACTORES	68	65	65	3 x 70
TOTAL	335	394	323	

figura 13

4.1.2.- Aire lavado y Extractores

Este sistema cuenta con tres U.L.A's (Unidades Lavadoras de Aire), con un motor de 7.5 Caballos cada una, y tres Extractores de 5 Caballos cada uno, lo que representa una carga instalada de 20 kilowatts. Este sistema operaba en promedio 12 horas al día durante 287 días al año, para un consumo anual de aproximadamente 96,342 kilowatts hora; el consumo real se obtuvo mediante la conexión de un equipo registrador (Ver punto 4.2)

La ganancia de calor del exterior del edificio es mínima debido a que:

- El acabado de todas las ventanas es "tipo espejo", y por lo tanto tienen una excelente reflexión de los rayos solares
- No existe la posibilidad de abrir las ventanas, lo que evita el intercambio del aire exterior con el interior
- Las dos fachadas del edificio que cuentan con ventanas están orientadas Norte y Sur, y las otras dos fachadas, que sufrirían una mayor insolación, están protegidas al colindar con otros edificios.

4.1.3.- Elevadores

La potencia nominal de cada uno de los dos elevadores es de 7.5 caballos, lo que representa una carga instalada de 11.2 kilowatts. En el cuarto de máquinas pudimos constatar que la tecnología de este sistema es reciente y ofrece las siguientes ventajas para un uso racional de la energía:

- El sistema cuenta con la función "DUPLEX", es decir que cada cabina atiende la llamada más próxima, evitando que ambas acudan al mismo piso.
- El accionamiento eléctrico es estático (semiconductores), lo cual reduce pérdidas por calentamiento; a diferencia de los sistemas antiguos en donde frecuentemente se utilizan resistencias para el shuntado de los motores.
- El alumbrado de las cabinas es desconectado, después de un lapso corto de tiempo en el que el elevador no ha sido llamado.

De las gráficas resultantes de los registros efectuados se puede desprender el consumo anual de este sistema. (Ver figura del punto 4.2). Cada elevador tiene consume diariamente 90 kilowatts-hora durante 287 días hábiles al año, para un consumo total anual de los dos elevadores de 51,660 kilowatts-hora.

4.1.4.- Bombas

El sistema hidroneumático del edificio cuenta con dos bombas de 5 caballos cada una, que operan alternadamente para mantener una presión constante de 3 kg/cm² en la tubería, y un pequeño compresor de 0.5 caballos. Este sistema opera en función del gasto de agua del edificio por lo tanto su consumo es variable. Para efectos de cálculo consideramos una carga de 3.7 kilowatts que opera en promedio 6 horas diarias, 287 días al año. Esto representa un consumo anual de 6,371 kilowatts-hora.

4.1.6.- Equipo de Oficina.

Se realizó un levantamiento completo de todo el equipo de cómputo, fotocopiado, offset, máquinas de escribir, cafeteras, parrillas, enfriadores/calentadores de agua, etc, para poder determinar la carga correspondiente. (Ver tabla figura 14). Sin embargo es difícil calcular el consumo anual de estos equipos, debido a que su uso es muy irregular. Del mismo modo no se puede determinar en que forma coinciden todos estos equipos para calcular su contribución en la demanda máxima total del edificio. Por lo tanto, consideraremos como el consumo y la demanda correspondientes al equipo de oficina a la diferencia entre los promedio extraídos de los datos históricos de facturación y la suma de los valores calculados para los otros equipos.

RELACION DE LA CARGA TOTAL EN EQUIPO DE OFICINA

DESCRIPCION	CARGA WATTS	F I S O S							CANTIDAD	CARGA TOTAL (W)	
		P.B.	1	2	3	4	5	6			7
COMPUTADORA	150	33	3		7	1		6	3	53	7,950
IMPRESORA	115	3	1		3			3	1	11	1,265
MAQUINAS DE ESCRIBIR	50	11	29	33	23	19	15	15	7	152	7,600
FRIGOBAR	1900	1	1		1	1		1	1	6	11,400
ENFRIADOR/CALENTADOR DE AGUA	740	5	2	2	4	2	4	1	1	21	15,540
SUMADORA	20	2		11	5	5	5		4	32	640
CAFETERA	1000	1	2	1	2	2		2	1	11	11,000
VENTILADOR	70	3	11	3	5	6	5	2	2	37	2,590
COPIADORA	1800	7			1					8	14,400
LECTOR DE MICROFILM	540			5		1				6	3,240
PARRILLA	750			2					2	4	3,000
OFFSET	870	5								5	4,350
SECADORA (OFFSET)	850	1								1	850
ENGARGOLADORA	920	1								1	920
FRANQUEADORA	400	1								1	400
CARGA TOTAL EN EQUIPO DE OFICINA (WATTS)											85,145

figura 14

4.2.- Mediciones.

Con el fin de obtener los perfiles reales de consumo y demanda de la instalación en general y de cada uno de los equipos consumidores de energía eléctrica, se conectó un equipo de medición en la acometida y se llevó a cabo un registro que inició el día 15 de Julio de 1991 y terminó el día 19 del mismo. Posteriormente, se realizó un registro de 24 horas del consumo y demanda de cada uno de los elevadores, así como del sistema de lavado de aire y extracción y del sistema de bombeo.

4.2.1.- Equipo empleado.

El equipo de medición utilizado se compone básicamente de un registrador de datos electrónico (datalogger), 3 transductores (voltaje, corriente y potencia) y 3 transformadores de corriente (figura 15). El registrador cuenta con ocho canales que registrarán las siguientes variables:

- 3 corrientes
- 3 voltajes
- 1 potencia activa
- 1 potencia reactiva

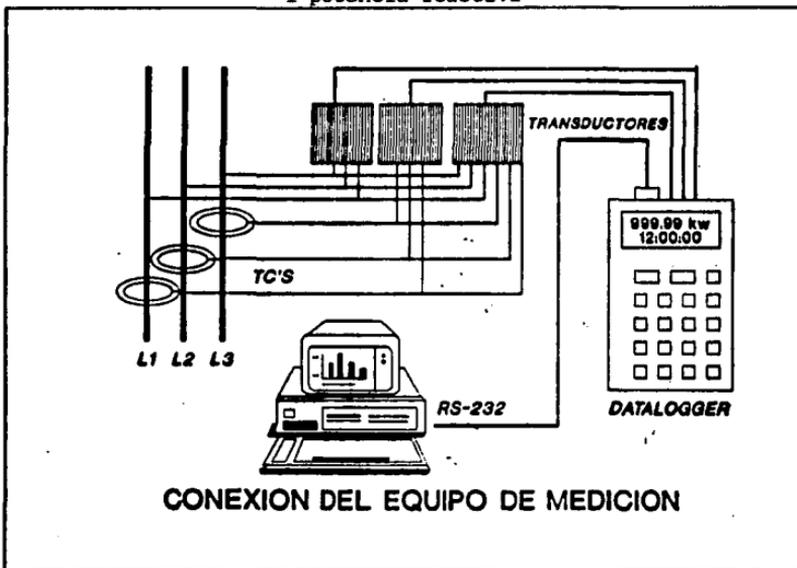


figura 15

La frecuencia máxima de muestreo del registrador es de una muestra por segundo y puede programarse de acuerdo a las características de cada medición, dichos datos son almacenados temporalmente en la memoria del registrador, hasta que se cumpla el período o ventana de integración, que también puede ser programado de acuerdo a la resolución o precisión que se desee. La duración del período de integración determina la duración máxima del registro; mientras más corto sea este período, menor será el tiempo total de la medición, ya que para cada período, el registrador calcula y almacena en memoria los valores promedio, máximo y mínimo de todo el conjunto de muestras correspondientes a dicho período. La memoria del registrador tiene capacidad para almacenar un número determinado de datos y una vez que se ha llenado la misma, el registro se detiene.

En este caso, el tiempo total de registro en la acometida fué de 5 días (120 horas, 720 períodos de 10 minutos, 432,000 muestras).

Una vez transcurrido este lapso de tiempo, se conecta el registrador al puerto serial de una computadora, mediante un cable de comunicaciones con la norma RS232 y se vacía el contenido de la memoria del registrador en donde será procesado para obtener las gráficas correspondientes a los perfiles de demanda y de consumo.

4.2.2.- Perfiles reales de consumo y demanda.

Se conectó el equipo de medición en la acometida y se llevó a cabo un registro que inició el día 15 y terminó el día 19 de Julio de 1991.

Posteriormente, se realizó un registro de 24 horas del consumo y demanda de los elevadores, así como del sistema de aire lavado, extracción y bombeo.

A continuación se muestran los perfiles de demanda y consumo obtenidos (figuras de la 16 a la 23).

Figura 16

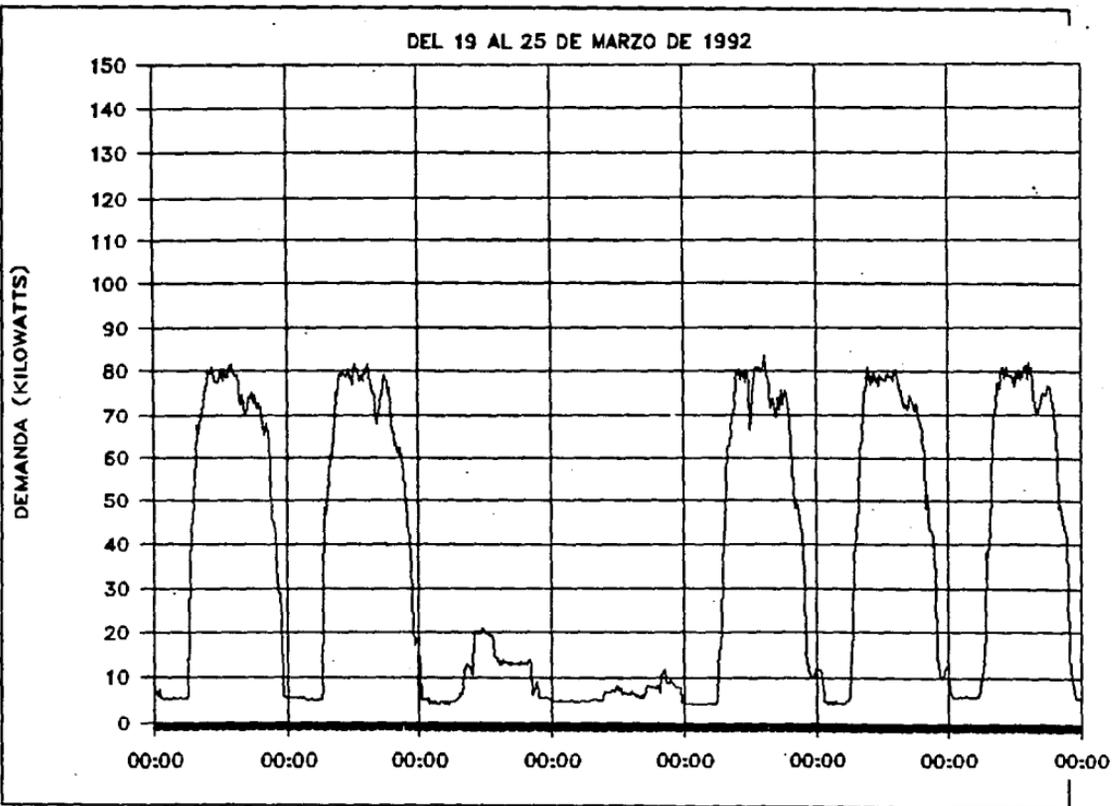
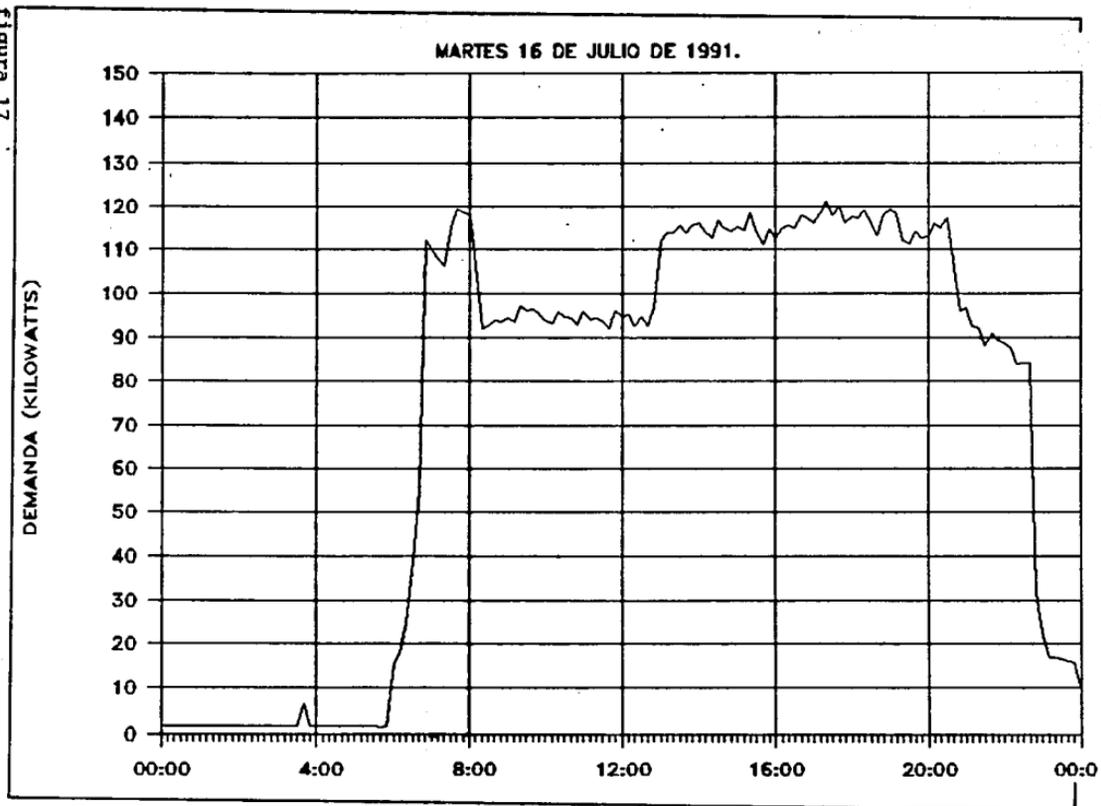


FIGURA 17



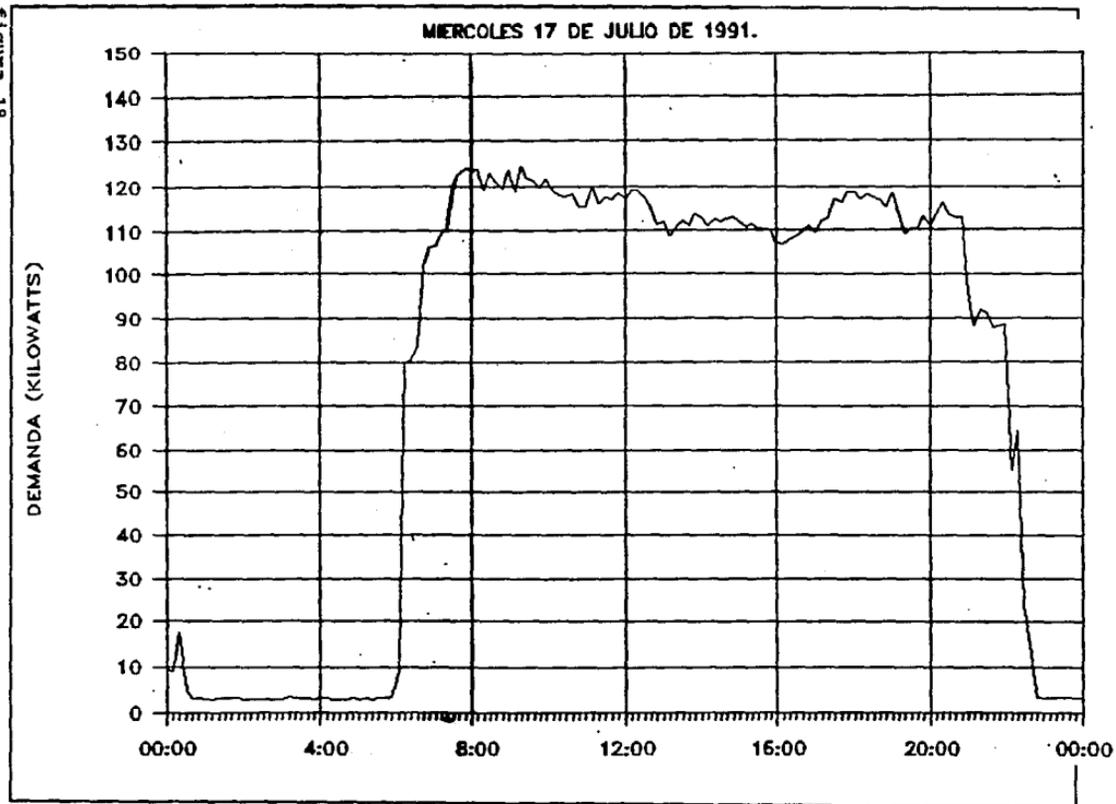
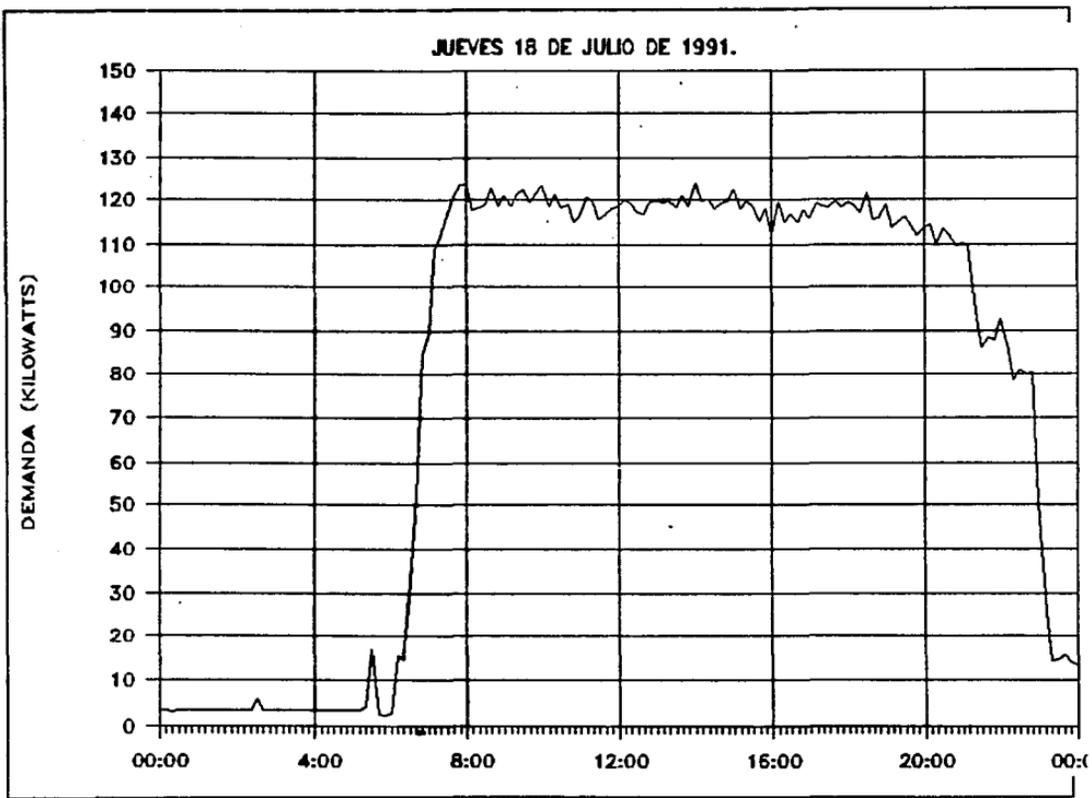


Figura 19



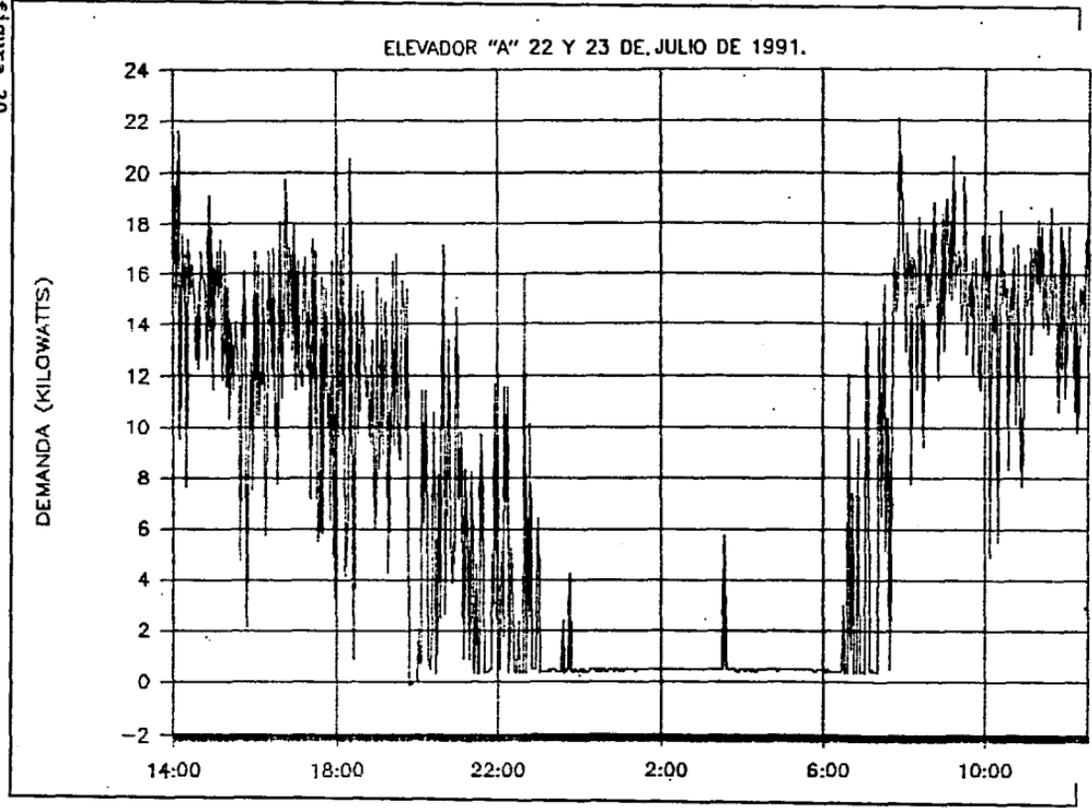


Figura 21

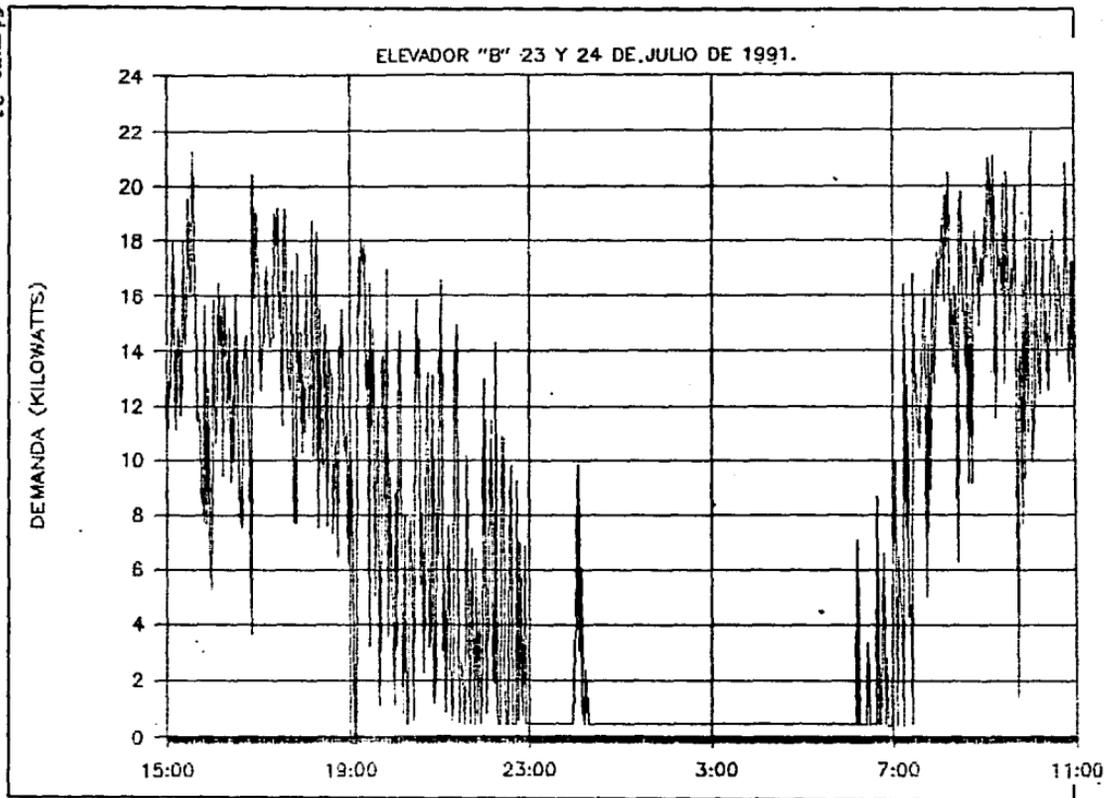


Figura 22

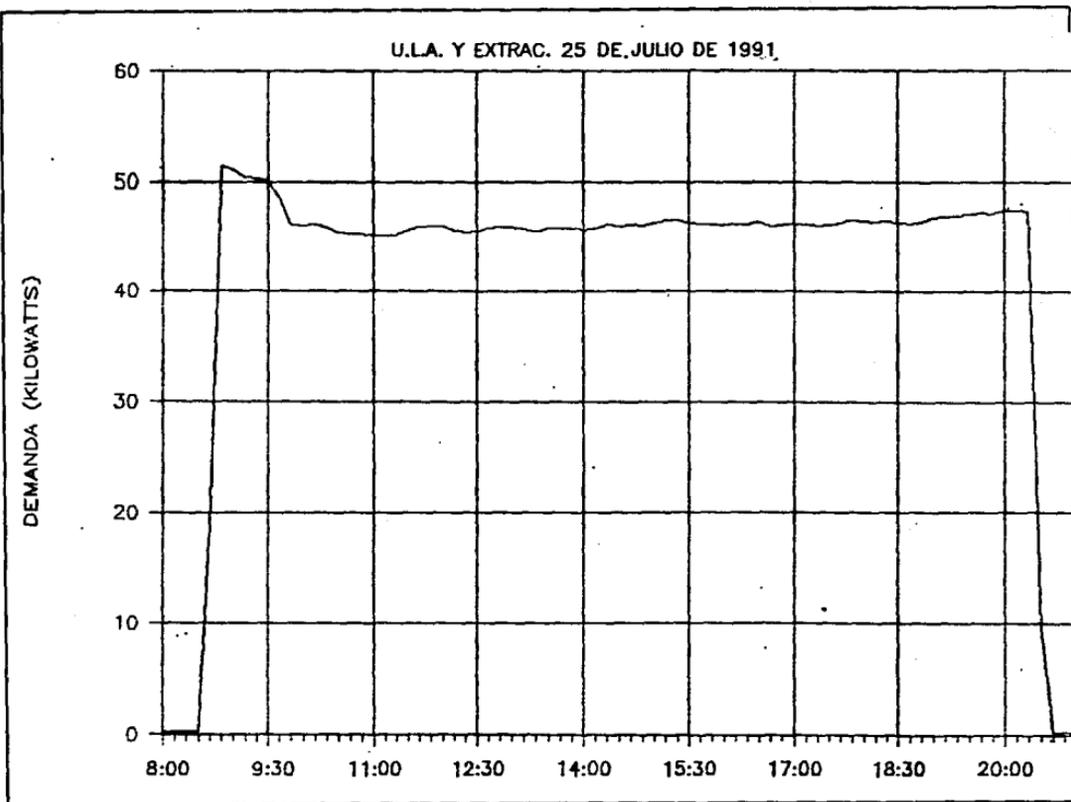
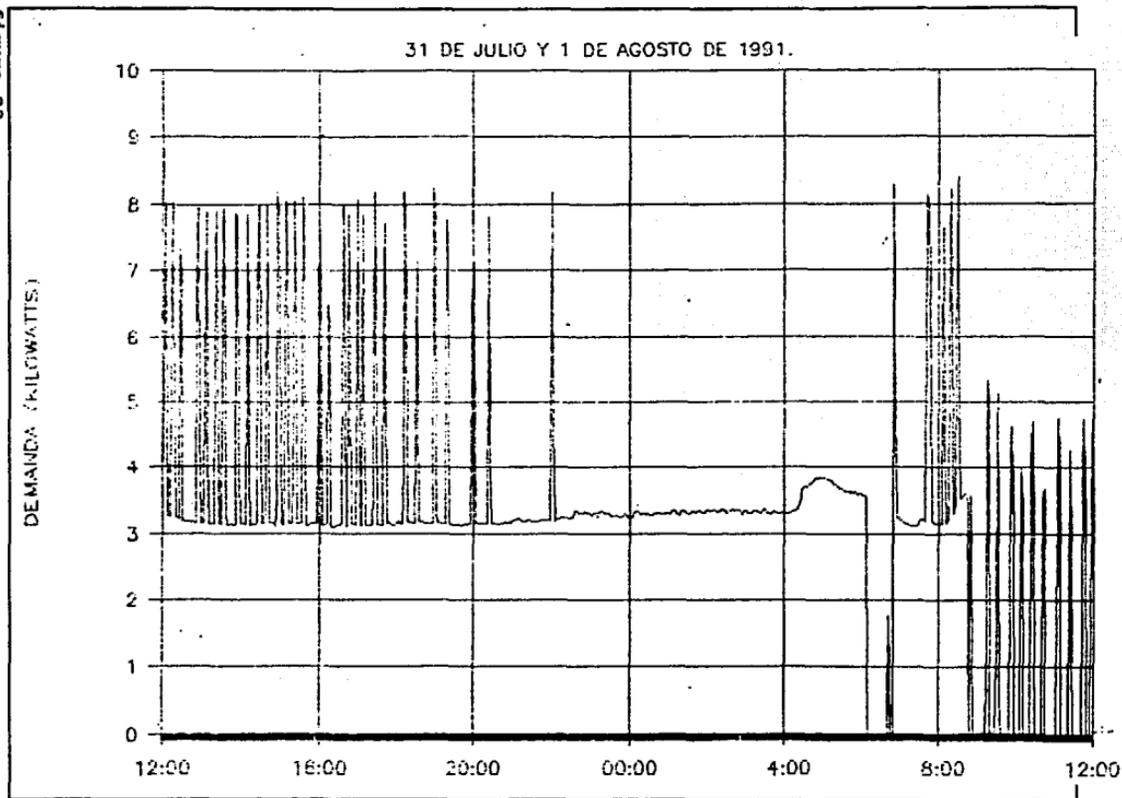


Figura 23



4.2.3.- Análisis de los datos obtenidos.

Al contar con el levantamiento completo de los equipos y sistemas consumidores de energía eléctrica del edificio, además de las mediciones reales de los más importantes, tenemos todos los elementos necesarios para realizar propiamente dicho un "Diagnóstico Energético"; del cual nos dará una idea más precisa del potencial de ahorro y nos orientará para determinar en donde se encuentran las oportunidades para conseguir la reducción esperada en el consumo y la demanda eléctrica.

4.3.1.- Demanda y consumo por tipo de carga.

En base a los datos obtenidos en la etapa de levantamiento, y al resultado del cálculo de la carga instalada y el consumo para cada uno de los equipos o sistemas consumidores de energía eléctrica, podemos determinar el porcentaje del consumo y demanda máxima que representan cada uno de estos equipos o sistemas. (Ver figura 24)

DEMANDA Y CONSUMO DESGLOSADOS POR TIPO DE CARGA				
DESCRIPCION DE LA CARGA	CONSUMO ANUAL (kWh)	INDICE kWh/m2	DEMANDA MAXIMA (kW)	INDICE W/m2
ILUMINACION	356,131	95.73	74.9	20.13
AIRE LAVADO Y EXTRACTORES	96,342	25.90	21.8	5.86
ELEVADORES	51,660	13.89	11.2	3.01
BOMBAS	6,371	1.71	3.7	0.99
EQUIPO DE OFICINA	22,086	5.94	12.4	3.33
TOTAL	532,590	143.17	124.0	33.33

figura 24

En las gráficas siguientes (figuras 25 y 26) se puede observar claramente que que los principales equipos consumidores del edificio son el alumbrado y el aire lavado; en conjunto representan aproximadamente el 80 % del consumo y la demanda máxima totales del edificio; por lo tanto será en estos dos rubros en donde encontraremos las mayores oportunidades de ahorro.

CONSUMO POR TIPO DE CARGA

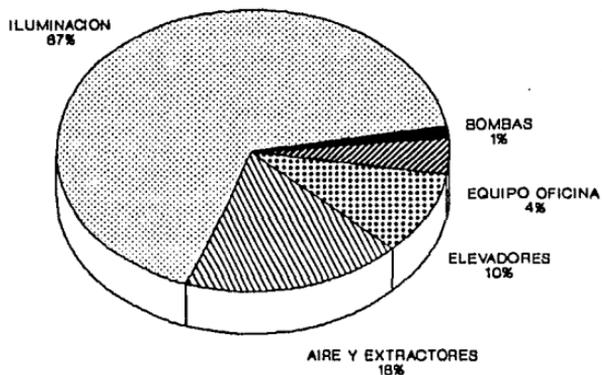


figura 25

DEMANDA POR TIPO DE CARGA

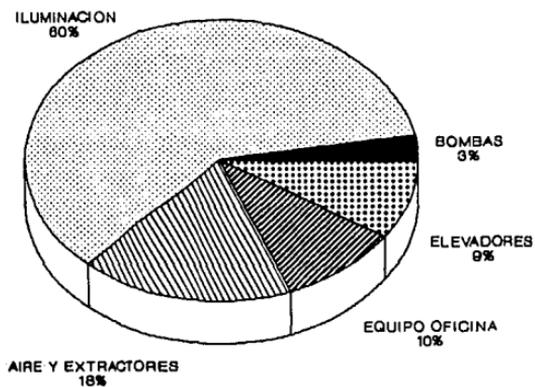


figura 26

4.3.2.- Relación entre la ocupación y la demanda de energía en función del tiempo.

La comparación entre el perfil de demanda de energía eléctrica y la curva de ocupación del personal en función del tiempo, es un indicador para poder determinar si, en terminos generales, existen desperdicios de energía a lo largo de una jornada de trabajo.

En el caso ideal, el perfil de demanda de energía eléctrica debe de comportarse exactamente igual que la curva de ocupación. Esto se cumpliría si cada usuario tuviera la posibilidad de encender al momento de llegar y apagar en el momento de irse, la carga de alumbrado, aire lavado, bomeo y elevadores, que le corresponde. por supuesto que llegar a tal extremo es prácticamente imposible, sin embargo, es alcanzar una buena aproximación es factible.

En este caso, si observamos la gráfica (figura 27) , podemos constatar que los patrones de comportamiento de las dos gráficas son completamente diferentes; el área contenida entre las dos curvas representa el potencial de ahorro.

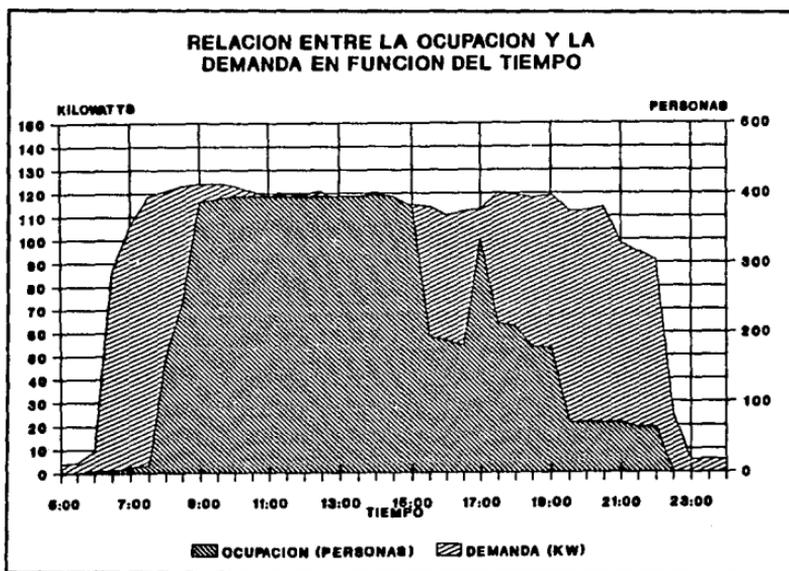


figura 27

4.3.3.- Cálculo del ahorro potencial.

Para el cálculo del ahorro potencial utilizamos otro parámetro que es el índice de kilowatts por persona (kW/persona) en función del tiempo. Si observamos la gráfica (figura 28), podemos deducir fácilmente las zonas de desperdicio; el índice de kilowatts por persona (kW/persona) alcanza un nivel óptimo de 0.3 kW/persona, cuando la ocupación del edificio alcanza su máxima ocupación de 398 personas, lo que quiere decir que todas las actividades del edificio se pueden desarrollar bajo estas condiciones. Sin embargo este índice se dispara drásticamente hasta 30 kW/persona cuando el edificio está prácticamente vacío y la demanda de energía eléctrica se mantiene casi en su nivel máximo. En el caso ideal, dicho índice debería mantenerse constante en 0.3 kW/persona, con lo que la curva resultante sería plana. Por lo tanto, en este caso, todo lo que se encuentra por encima del nivel de 0.3 kW/persona en la gráfica (figura 28), representa el ahorro potencial.

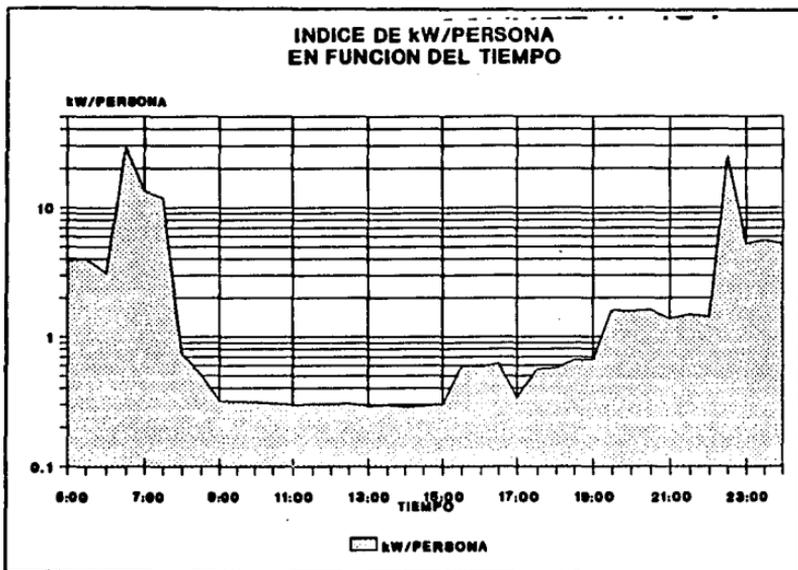


figura 28

A continuación se presenta el cálculo del ahorro potencial. Para determinar el consumo (kWh) durante un día hábil en el edificio se calculó el área bajo la curva de los perfiles de demanda reales y posteriormente se realizó el promedio. Esto nos dió como resultado un consumo diario de:

1,872 kWh/día

Del mismo modo, de las gráficas, se calculo el consumo promedio de un sabado o domingo, obteniendo el siguiente valor:

454 kWh/día

El consumo mensual se obtuvo de la siguiente forma:

$(1,872 \times 22 \text{ días hábiles}) + (454 \times 8 \text{ días no hábiles}) = 44,816 \text{ kWh/mes}$

Para un consumo anual de:

$44,816 \times 12 \text{ meses} = 537,792 \text{ kWh}$

Valor que coincide con el consumo anual de los datos historicos extraidos de los recibos de los años de 1990 y 1991.

A partir de la gráfica se calculó el consumo que tendría el edificio durante un día habil con un indice constante de 0.3 kW/persona de:

1,148 kWh/día

El consumo durante un día no hábil con un indice constante de 0.3 kW/persona se calculo de la siguiente forma (se considera que permanecen 2 personas permanentemente en el edificio):

$0.3 \text{ kW/persona} \times 2 \text{ personas} \times 24 \text{ horas} = 14.4 \text{ kWh/día}$

Entonces el consumo mensual que resultaría bajo estas condiciones sería:

$(1,148 \times 22 \text{ días hábiles}) + (14 \times 8 \text{ días no hábiles}) = 25,368 \text{ kWh/mes}$

Para un consumo anual de:

$25,368 \times 12 \text{ meses} = 304,416 \text{ kWh}$

Por lo tanto, en el caso ideal, el ahorro potencial anual máximo sería de:

$537,792 - 304,416 = 233,376 \text{ kWh}$

Lo que representa una reducción del 45 % en el consumo del edificio.

Si el costo del kWh en tarifa 3 es de \$ 202.15 tendremos un ahorro de:

$233,376 \times 202.15 = \$ 47,176,958 \text{ anuales}$

Lograr que el perfil de demanda se comportara exactamente igual que la curva de ocupación para reducir el consumo de energía hasta ese nivel resultaría prácticamente imposible. Sin embargo existe la posibilidad de alcanzar esta meta reduciendo la carga instalada, además de la optimizar el uso de cada uno de los equipos y sistemas; de esta forma, aunque el perfil de demanda no siguiera con exactitud el comportamiento de la curva de ocupación, el consumo total sufriría la reducción antes mencionada. Al mismo tiempo, esta reducción en la carga instalada se reflejaría en una disminución en la demanda máxima registrada, y por lo tanto en un ahorro adicional en la facturación de energía eléctrica.

Se considera factible una disminución de hasta un 35 % en el nivel de demanda máxima. Esto representa el siguiente ahorro:

Si la demanda máxima del edificio se encuentra en 125 kW, la meta a alcanzar sería:

$$125 \times 0.35 = 44 \text{ kW de ahorro}$$

y si el costo del kilowatt de demanda máxima es de \$ 40,652.47 esto representa un ahorro anual de:

$$44 \times 40,652.47 \times 12 \text{ meses} = \$ 21'464,496$$

El AHORRO POTENCIAL TOTAL ALCANZABLE sería entonces de:

- Ahorro anual por consumo \$ 47'176,958
- Ahorro anual por demanda \$ 21'464,496

T O T A L\$ 68'641,454

(SESENTA Y OCHO MILLONES SEISCIENTOS CUARENTA Y UN MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO PESOS)

CAPITULO 5. SOLUCION PROPUESTA

5.1.- Alternativas de ahorro.

Como resultado del "Diagnóstico Energético", y dadas las características de los sistemas de bombeo y elevadores, además de lo poco representativo de sus niveles de consumo y demanda, se descartó la posibilidad de incluir estos sistemas en el desarrollo de un plan, para hacer un uso más eficiente y racional de la energía en el edificio. Por lo tanto, las recomendaciones y la implantación de medidas enfocadas al ahorro se avocaron únicamente a los sistemas de iluminación y aire lavado.

5.2.- Iluminación.

Como se pudo constatar en el capítulo anterior, este sistema representa un 67 % del consumo total del edificio y un 60 % de la demanda máxima registrada, por lo tanto es en este rubro en donde se concentraron la mayoría de las medidas y modificaciones propuestas para obtener un ahorro substancial en la facturación de energía eléctrica del edificio. A continuación se presenta un plan para reducir la carga instalada en el sistema de iluminación y hacer un uso más racional del mismo.

5.2.1.- Instalación de apagadores individuales.

Se instalaron un total de 150 apagadores individuales en las diferentes áreas de oficinas y privados del edificio. Con esta medida de bajo costo, los usuarios tienen ahora la posibilidad de ir apagando la luz a medida que se van retirando y van quedando vacías las áreas de trabajo. Los ahorros resultantes de la implantación de esta medida son difíciles de cuantificar debido a que dependen del grado de conciencia que tengan los usuarios. Sin embargo, es indudable que se obtendrán ahorros inmediatos que podrán ir aumentando conforme se lleven a cabo campañas de concientización que eleven la cultura energética de los usuarios.

Los apagadores se instalaron de la siguiente forma:

126 apagadores en las siete plantas tipo (18 por planta)
6 apagadores en el séptimo piso
16 apagadores en el centro de servicios y fotocopiado
2 apagadores en las bodegas

150 apagadores en total

5.2.2.- Instalacion de reflectores Ópticos.

Para reducir hasta en un 50 % la carga instalada en iluminación, se instalaron Reflectores Ópticos con acabado tipo espejo en todos los luminarios, lo que permite eliminar la mitad de las lámparas y balastos. Sin embargo, las pruebas efectuadas con este tipo de soluciones muestran que el nivel de iluminación disminuye aproximadamente en un 25 %; por lo que fué necesario reforzar esta solución con acciones complementarias que recuperen dichos niveles.

- Fué necesario repintar todas las paredes de las áreas de oficinas en un color más claro con un índice de reflectancia del 75 %, con lo que se recuperó el nivel de iluminación en un 20 % .

- Otra medida importante para la restitución de dichos niveles fué la substitución de todas las lámparas existentes con acabado "luz de día" por lámparas tipo "blanco frío"; esto representa un aumento de un 15 % en el flujo luminoso o los lúmenes entregados por la lámpara.

- Por último, fué necesario limpiar todos los controlentes de acrílico y cambiar aquellos que se encontraran visiblemente en mal estado.

La combinación de esta serie de medidas con la colocación de los reflectores ópticos, resulta en un ligero incremento del 10 % en los niveles de iluminación, pero con una reducción del 50 % en la carga instalada en iluminación.

Como una medida de ahorro adicional, se substituyeron las pocas lámparas de 38 W y sus respectivos balastos, por las lámparas economizadoras de 32 W y balastos de alta eficiencia; con lo que se obtuvo un 30 % de ahorro adicional en esos luminarios.

A continuación se presenta una tabla que muestra la reducción en el consumo y la demanda como resultado de las modificaciones antes mencionadas (figura 29). Esta tabla puede ser comparada con la tabla del punto 4.1.1.

DATOS DE ILUMINACION SEGUN PROPUESTA

DESCRIPCION	LAMPARAS x LUMENAS	WATTS x LAMPARA	CATEDAS LUMENAS/FO	WATTS x LUMENAS	TOTAL WATTS	OPERACION HORAS/DIA	CONSUMO ANUAL (KWH)	DEBIDO WATTS/HR
P.B. (COMPUTO)	2	20	65	52	3,380	14	13,581	9.40
P.B. (FOTOCOPIADO)	2	20	16	52	832	15	3,582	10.72
P.B. (CENTRO SERVICIOS)	2	20	16	52	832	15	3,582	7.38
P.B. (ALMACEN I)	1	30	24	36	864	15	3,720	8.31
P.B. (ALMACEN II)	2	20	20	52	1,040	15	4,477	12.05
P.B. (VESTIBULO PRINCIPAL)	1	30	5	36	180	19	982	9.38
P.B. (PASILLO)	2	20	6	52	312	19	1,701	6.27
1er PISO (PLANTA TIPO)	2	20	90	52	4,680	17	22,834	10.03
2do PISO (PLANTA TIPO)	2	20	90	52	4,680	17	22,834	10.03
3er PISO (PLANTA TIPO)	2	20	90	52	4,680	17	22,834	10.03
4° PISO (PLANTA TIPO)	2	20	90	52	4,680	17	22,834	10.03
5° PISO (PLANTA TIPO)	2	20	90	52	4,680	17	22,834	10.03
6° PISO (PLANTA TIPO)	2	20	90	52	4,680	17	22,834	10.03
7° PISO	2	20	30	52	1,560	17	7,611	14.08
TOTAL			722		37,080		176,238	9.84

figura 29

5.2.3.- Ahorros.

El consumo anual del sistema de iluminación era de **356,131 kilowatts-hora** y ahora, después de las modificaciones, este consume solo **176,238 kilowatts-hora** al año. Por lo tanto, tenemos un ahorro anual de :

$$356,131 - 176,238 = 179,893 \text{ kWh}$$

Si el costo del kWh en tarifa 3 es de \$ 202.15, esta reducción en el consumo representa una disminución anual en la facturación de energía eléctrica de:

$$179,893 \times 202.15 = \$ 36'365,369$$

Por otro lado, la carga instalada en iluminación que era de **74.9 kilowatts**, se redujo a solo **37 kilowatts**, lo que se refleja en una disminución en el nivel de la demanda máxima registrada de:

$$74.9 - 37 = 37.9 \text{ kw}$$

Si el costo del kW en tarifa 3 es de \$ 40,652.47, tenemos un ahorro anual de:

$$37.9 \times 40,652.47 \times 12 \text{ meses} = \$ 18'488,743$$

El ahorro total anual en la facturación de energía eléctrica debido a las modificaciones en el sistema de iluminación es de:

$$36'365,369 + 18'488,743 = \$ 54'854,112$$

5.3.- Control automático de cargas.

La reducción en la carga instalada en el sistema de iluminación fué la primera medida lógica para conseguir una buena parte del ahorro esperado. Sin embargo, un complemento importante para eliminar al máximo los desperdicios que se generaban debido a una operación deficiente, fué la implantación de un "Sistema de Control Automático de Cargas", cuya función era la de asegurar que los sistemas controlados trabajaran únicamente en los periodos requeridos, logrando una mayor concordancia entre el perfil de demanda y la curva de ocupación del personal del edificio.

Otro aspecto que debía prever este sistema era el de reducir el nivel de demanda máxima registrado, sacrificando al mínimo las condiciones de confort para no afectar el buen desempeño de las actividades propias del edificio.

A continuación se presentan con detalle los criterios utilizados para la implantación de dicho sistema.

5.3.1.- Cargas a controlar.

Los sistemas, que por su carga y características de operación, resultaron de interés para ser controlados, fueron únicamente aquellos de iluminación y aire lavado. Dicho control se aplicó en diez centros de carga o tableros de alumbrado, tres extractores y tres unidades lavadoras de aire (U.L.A.'s), es decir que se tiene controlado aproximadamente el 80 % de la carga total.

- Tablero Centro de servicios (PB)
- Tablero fotocopiado y offset (PB)
- Tablero Planta Baja (Tipo)
- Tableros Piso 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7
- Extractores 1, 2 y 3
- Unidades de Aire Lavado 1, 2 y 3

5.3.2.- Características del controlador programable.

El controlador programable necesario para esta aplicación no es más que una microcomputadora cuya arquitectura básica debe contar con los siguientes elementos funcionales (figura 30):

- Unidad de proceso
- Unidad de control
- Unidad de memoria
- Unidad de entradas
- Unidad de salidas

Y los siguientes buses:

- Bus de direcciones
- Bus de datos
- Bus de entradas/salidas
- Bus de control

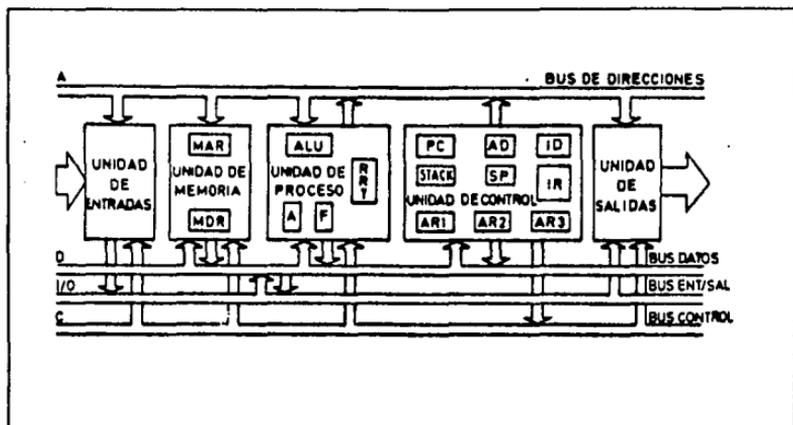


figura 30

La **Unidad de entradas** no es más que un multiplexor con el que se escoge por el bus de direcciones, y el de control cuál de las informaciones presentes se desea traspasar al bus de entradas/salidas.

La **Unidad de memoria** es el almacén tanto de instrucciones como de datos. Al llegar una dirección a registro de direcciones de memoria (MAR) a través del bus de direcciones y con un cierto retraso, se obtienen unos datos en sus registros de memoria (MDR) que aparecen en el bus de datos en una operación de lectura o se introducen los datos en este registro a través del bus de datos en una operación de escritura en memoria.

La **Unidad de proceso** realiza las operaciones aritméticas y lógicas con las informaciones que entran en ella a partir del bus de datos y del de direcciones. Tiene para ello una unidad aritmética y lógica (ALU), uno o varios acumuladores y unos registros de banderas (acarreos, signos) así como unos registros rápidos de trabajo (RRT) en los que se almacenan temporalmente los datos que no interesa guardar indefinidamente en la memoria.

La **Unidad de control** es el verdadero cerebro del sistema. En ella se encuentra el contador de programa con su sistema de aritmética de direcciones y su stack o apuntador correspondiente que genera las informaciones para el bus de direcciones. También se encuentra en la unidad de control el registro de instrucciones (IR) en el que se almacenan las instrucciones obtenidas de la memoria a través del bus de datos y el decodificador de instrucciones (ID) que interpreta las informaciones de la parte de código de operación de la instrucción y genera la secuencia de microinstrucciones que hace abrir y cerrar puertas de los buses exteriores y también de los internos de cada unidad funcional, así como grabar informaciones de los buses de los registros apropiados. También se encuentran en ella los registros auxiliares, etc.

La Unidad de salidas recibe por el bus de datos la información a sacar al exterior y por el bus de direcciones la dirección por la cual debe sacar los datos anteriormente mencionados. Consiste en una serie de registros en los que se deposita esta información, accionados por el bus de control.

Existe una extensa gama de controladores programables dedicados al control automático de cargas para el ahorro de energía en edificios de oficinas, tiendas departamentales y de autoservicio, hospitales, escuelas, etc. El precio de cada uno de ellos varía considerablemente de acuerdo al número de entradas, salidas y funciones de control. Es importante elegir un controlador a la medida de las necesidades de cada usuario y al ahorro potencial esperado; de lo contrario el proyecto corre el riesgo de no ser rentable al resultar un período de recuperación de la inversión, a través de los ahorros obtenidos, poco razonable y atractivo. Por lo tanto, durante el proceso de selección del controlador deben considerarse los siguientes aspectos:

- Procesador
- Velocidad de procesamiento
- Número de entradas y salidas
- Funciones de control
- Comunicación con otros equipos
- Calidad de los componentes
- Soporte técnico
- Disponibilidad de refacciones
- Precio

Después de analizar cada uno de los puntos anteriores, llegamos a la conclusión de que el controlador comercial de marca "INTERMATIC", de la línea EMS (Energy Management Systems), modelo ET-9116C, se adecuaba, tanto técnica como económicamente, a las necesidades del proyecto en cuestión. Dicho controlador tiene las siguientes características:

- El ET-9116C es un Controlador programable que está basado en un microprocesador capaz de controlar hasta 16 grupos de cargas en forma independiente.
- El controlador se programa a través de un teclado alfanumérico montado dentro de un gabinete con cerradura. La puerta de dicho gabinete cuenta con una ventana que permite visualizar el estado de las cargas controladas, la fecha del día y la hora, la persona autorizada a manejarlo puede desde este panel activar, desactivar o dejar en forma automática las cargas controladas por medio de un interruptor de 3 posiciones.
- El programa puede configurarse de forma distinta según las características, necesidades y las costumbres de cada establecimiento.
- El ET-9116C puede realizar el control completo de un edificio, abarcando el alumbrado, los equipos de aire acondicionado, ventilación, calefacción y refrigeración.
- El sistema cuenta con funciones para ajustar los años (bisiesto) y el tiempo de corrección según la época del año.
- El ET-9116C cuenta con batería de soporte para por lo menos 72 horas.

A continuación, se hace una descripción de las funciones de control que posee el INTERMATIC ET-9116C:

CONTROL HORARIO:

Mediante esta función se reduce el consumo de energía eléctrica (Kwh) programando el encendido y apagado de las cargas justo en el momento que son requeridas (cuenta con dos encendidos y dos apagados por día por carga).

Cada una de las 16 salidas puede ser programada al minuto en forma independiente según nueve (9) días tipo, que corresponden a los siete (7) días de la semana, más 2 días especiales que permiten contemplar horarios extraordinarios, tales como medios días o días festivos.

El sistema prevee un total de 32 días festivos asignando a cada carga un programa distinto de operación para dichos días. Los días festivos pueden programarse hasta con un año de anticipación.

CICLO DE TRABAJO

Reduce la demanda (Kw) y el consumo (Kwh), ciclando un grupo de cargas de manera que cada una de ellas trabaje el menor tiempo posible para matener un cierto nivel de confort. Esta función se aplica a equipos de aire acondicionado, ventilación y calefacción, ya que la temperatura es una variable lenta que permite este tipo de operación.

El ciclado de trabajo para este controlador es fijo y trabaja de la siguiente manera:

En este caso, se programa para una carga un tiempo de encendido y un tiempo de apagado que puede ir desde 1 hasta 60 minutos. También cuenta con un tiempo de retardo que sirve para eliminar picos por coincidencia en caso de que dos cargas esten programadas para encenderse en el mismo momento, (El tiempo de retardo varia entre cada carga 6 segundos)

ESPECIFICACIONES INTERMATIC EMS

AMBIENTALES

Temperatura: -40-167 °F ó 0-75 °C

Húmedad: 0% a 95% R.H. (Sin condensación)

FISICAS

Gabinete: Hoja de acero calibre #18, NEMA 1 (superficie), con cerradura y acabado epoxico en la pintura, color beige claro.

Tamaño: 10 3/4" x 10 15/16" x 4 1/2" (27.3 cms. x 27.8 cms. x 11.4 cms.)

Peso: 14 Lbs (6.35 Kgs.)

ELECTRICAS

Voltaje: 12 Vca (40-60 Hz, 50 VA transformador 120/12 V requerido)

Salidas: 10 Amp/240 VAC, la bobina del interruptor se alimenta con 12 VAC.

Consumo eléctrico: 30 watts cuando todas las salidas estan energizadas.

Remate del conductor: combinación 1/2" y 3/4"

Batería de soporte: 3 baterías de níquel cadmio recargables (72 horas)

Alambrado para las cargas: Cable calibre 14-24 AWG.

5.3.3.- Instalación y equipos periféricos.

Para realizar el control horario del sistema de iluminación por zonas en las plantas tipo, y de acuerdo a los diferentes horarios del personal, fué necesario llevar a cabo una adecuación en la distribución de los circuitos de alumbrado y contactos, reubicandolos de forma que quedaran tres circuitos principales independientes:

A = Contactos y alumbrado de emergencia.

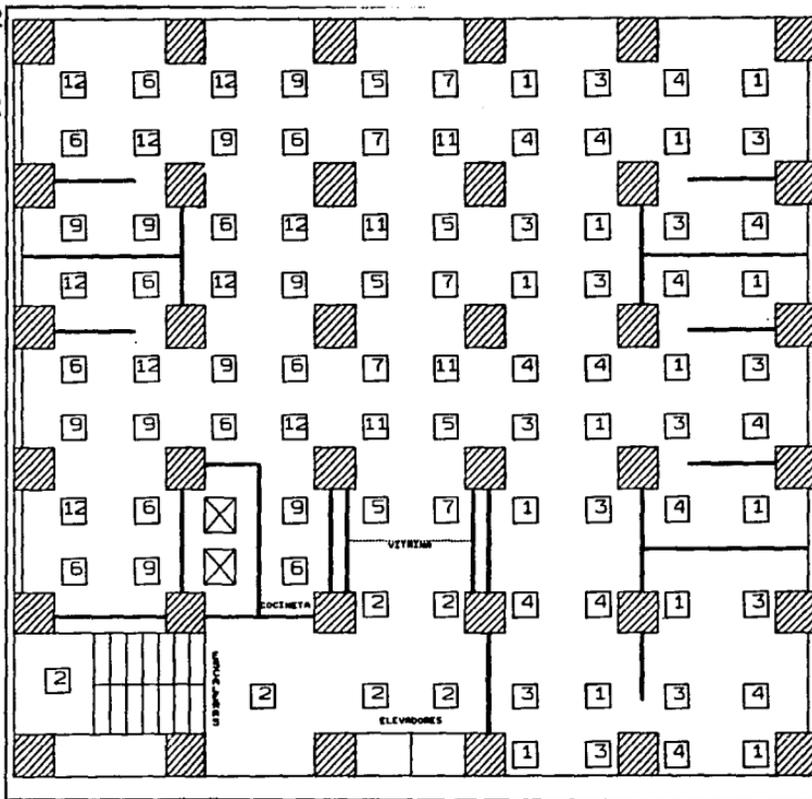
B = Alumbrado del área general de oficinas.

C = Alumbrado de las áreas secretariales y privados.

Para lograr la distribución anterior fueron necesarios 45 "movimientos" por cada planta tipo (320 en total). Se considera un movimiento al desmontaje y montaje de un gabinete de lámparas fluorescentes para realizar los cambios necesarios en las conexiones.

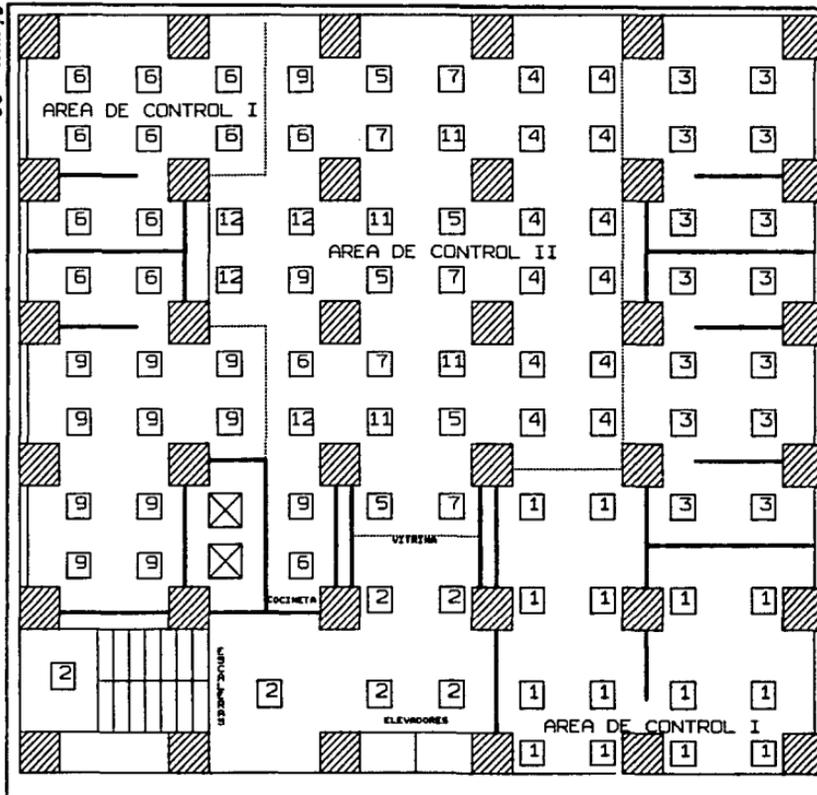
- Los circuitos B y C están controlados por el **INTERNATIC** modelo **ET-9116C**; el circuito A no está controlado.

En las figuras siguientes, se muestra la distribución anterior de los circuitos de alumbrado (figura 31 y 32) en cada una de las plantas tipo, así como del séptimo piso; del mismo modo se muestra la distribución actual de dichos circuitos (figura 33 y 34). Se pueden observar claramente los cambios que fueron necesarios para delimitar las diferentes zonas de control.



PLANTA TIPO

DISTRIBUCION ANTERIOR
DE LOS CIRCUITOS
DE ALUMBRADO



PLANTA TIPO

DISTRIBUCION PROPUESTA
 PARA EL CONTROL DE LOS
 CIRCUITOS DE ALUMBRADO

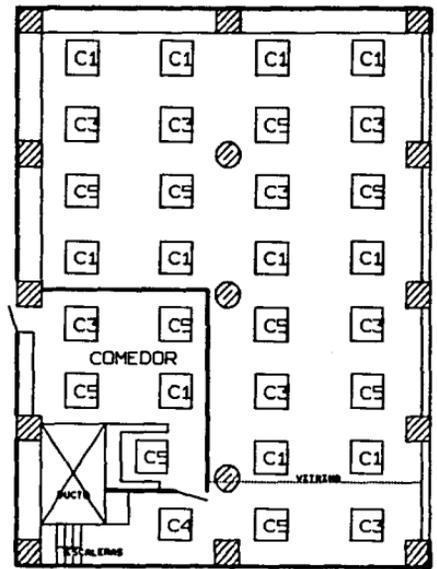
CIRCUITOS DE EMERGENCIA:
 2 Y 5

CTOS. DEL AREA DE CONTROL
 1, 3, 6 Y 9

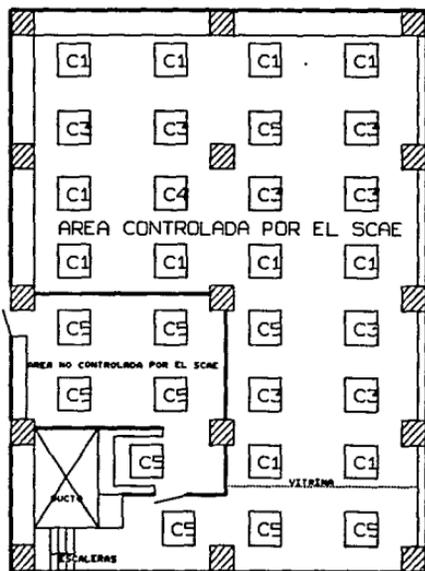
CTOS. DEL AREA DE CONTROL
 4, 7, 11 Y 12

File/Document Number	REV
0	1. S. S. T. - E EDIFICIO # 124
0010	01/08/82 12. 19770-001

Figura 33



SITUACION ANTERIOR
DE LOS CIRCUITOS
DE ALUMBRADO EN
EL PISO 7



PISO 7

DISTRIBUCION PROPUESTA
PARA CONTROLAR LOS
CIRCUITOS DE ALUMBRADO

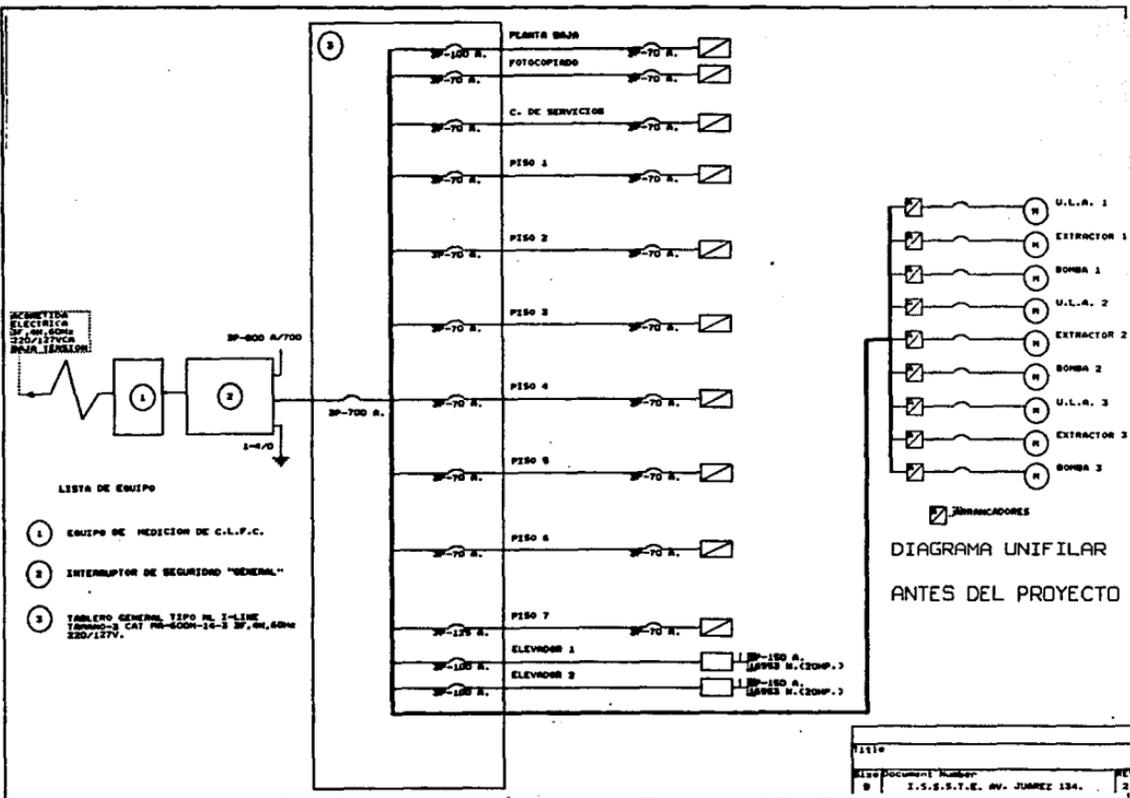
CIRCUITOS CONTROLADOS:

C1, C3, Y C4

CIRCUITOS DE EMERGENCIA:

C5

El siguiente paso fué el de independizar cada uno de estos tres circuitos principales y así poder operarlos y controlarlos en base a criterios y horarios distintos. Para ello se seccionarón las barras de los centros de carga de alumbrado y contactos de las plantas tipo, quedando divididos en dos, mediante dos alimentaciones y dos interruptores principales independientes para alimentar a los circuitos de alumbrado de las áreas generales (circuito B) y de los privados (circuito C) respectivamente. Para alimentar el alumbrado de emergencia y contactos (circuito A), se instalaron nuevos centros de carga con una capacidad de cuatro circuitos cada uno. A continuación se muestra el diagrama unifilar anterior (figura 35), así como el diagrama unifilar resultante de las modificaciones antes mencionadas (figura 36).



El controlador se instaló en la planta baja en donde se encuentra el tablero de distribución. Las conexiones internas se hicieron de la siguiente forma:

SALIDA N°	CONTROLA
1	Centro de servicios, fotocopiado y offset (PB)
2	Planta Baja (Tipo) áreas generales
3	Planta Baja (Tipo) privados y áreas secretariales
4	Piso 1 (Tipo) áreas generales
5	Piso 1 (Tipo) privados y áreas secretariales
6	Pisos 2 y 3 (Tipo) áreas generales
7	Pisos 2 y 3 (Tipo) privados y áreas secretariales
8	Pisos 4 y 5 (Tipo) áreas generales
9	Pisos 4 y 5 (Tipo) privados y áreas secretariales
10	Piso 6 (Tipo) áreas generales
11	Piso 6 (Tipo) privados y áreas secretariales
12	Piso 7
13	Extractor 1 y U.L.A. 1
14	Extractor 2 y U.L.A. 2
15	Extractor 3 y U.L.A. 3
16	Reserva

Los dispositivos periféricos y materiales necesarios para la puesta en servicio de este sistema de control fueron los siguientes:

- Cable de control calibre # 14 AWG. Lleva la señal de control de contactos de los relevadores internos del controlador hasta la bobina de los relevadores auxiliares o de interposición, para ordenar la apertura o cierre de sus contactos. Del mismo modo, se utilizó cable de control para llevar la señal de los contactos de los relevadores auxiliares hasta la bobina de los contactores electromagnéticos que se encargan de abrir y cerrar los circuitos de fuerza. El voltaje nominal utilizado en todo el circuito de control es de 24 Vac.
- Relevadores de control (SCHRACK, tipo RL, 3polos, 10 A. a 24 Vac).
- Bases para relevadores.

- Contactores para el manejo de la fuerza (marca LOVATO, modelo B-46).
- Transformador de control de 220 a 24 VAC, 75 VA, para las bobinas de los relevadores de control.
- Transformador de 220 a 110 VAC, 4 KVA, para alimentar las bobinas de los contactores.
- Interruptores termomagnéticos de 10 A, 20 A. y 30 A.
- Centros de carga QO-4 para manejar los circuitos de emergencia y contactos (A).
- Ventiladores de 20 watts para crear una columna de aire dentro de los gabinetes y evitar calentamiento en los contactores.
- Varios (gabinetes metálicos, ducto, zapatas, cinchos, tubería, etc.)

La instalación de los materiales y equipo periférico fue la siguiente:

- Instalación de 1300 m. de cable de control (#16 AWG), que viaja, através de un ducto vertical ya existente, desde el controlador hasta cada uno de los contactores y de los arrancadores ya existentes de las cámaras y extractores.
- Los relevadores y transformadores se instalarón en un gabinete cerca del tablero de distribución principal y del controlador.
- Se instalarón 16 contactores distribuidos de la siguiente forma:
 - 2 contactores en cada planta tipo (7).
 - 1 contactor en el 7° piso.
 - 1 contactor en la palnta baja en el área de servicios y fotocopiado.
- Instalación de 9 centros de carga QO-4 distribuidos de la forma siguiente:
 - 1 en cada una de las plantas tipo (6).
 - 1 en el 7° piso.
 - 1 en el centro de servicios y fotocopiado.
 - 1 en la planta baja cerca del tablero de distribución.

A continuación, se presenta el diagrama de conexiones de los circuitos de control (figura 37)

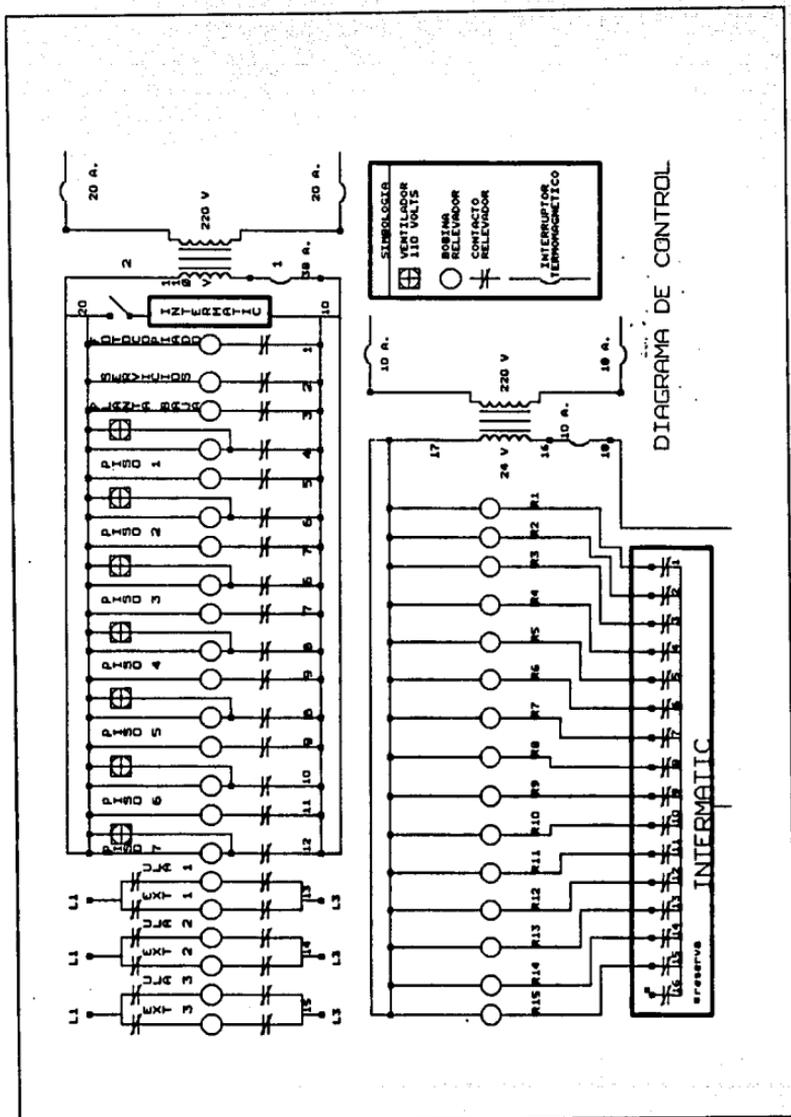


figura 37

5.3.4.- Programación.

Se realizó la definición del programa de control de las cargas de alumbrado y aire lavado de acuerdo previo con el personal de mantenimiento del edificio, especificándoles como había quedado la distribución de las cargas y los horarios del personal que labora en el edificio, así como también la manera de programar o manejar en forma manual el controlador y desactivarlo en caso de alguna falla, sin que esto intervenga en el funcionamiento del edificio.

Por todo esto se llegó a la conclusión de que el horario de las cargas controladas fuera:

CIRCUITO N°	HORARIO
1 (PB fotocopiado y offset)	6:00 am a 7:30 pm
2 (PB centro de servicios)	8:30 am a 7:30 pm
3 (PB área computadoras)	8:30 am a 5:30 pm
4 (1er. piso área general)	7:00 am a 7:30 pm
5 (1er. piso área privados)	8:30 am a 9:30 pm
6 (2° y 3er. piso área general)	7:00 am a 7:30 pm
7 (2° y 3er. piso área privados)	8:30 am a 9:30 pm
8 (4° y 5° piso área general)	7:00 am a 7:30 pm
9 (4° y 5° piso área privados)	8:30 am a 9:30 pm
10 (6° piso área general)	7:00 am a 7:30 pm
11 (6° piso área privados)	8:30 am a 9:30 pm
12 (7° piso)	8:30 am a 9:30 pm
13 (Extractor 1 y U.L.A. 1)	8:00 am a 7:00 pm
14 (Extractor 2 y U.L.A. 2)	8:00 am a 7:00 pm
15 (Extractor 3 y U.L.A. 3)	8:00 am a 7:00 pm
16 Reserva	

5.3.5.- Ahorros.

Con la programación anterior, se optimiza considerablemente la operación del edificio, ya que limita el uso de la iluminación y del aire lavado únicamente a los horarios del personal y de acuerdo a las diferentes áreas. Esto corregirá notablemente los perfiles de demanda, haciéndolos muchos más parecidos, en cuanto a su patrón de comportamiento, a la curva de ocupación del edificio.

De los diagramas anteriores (figuras 33 y 34) y en base a los horarios de programación se pudo determinar con exactitud la carga que representa el alumbrado de cada una de las áreas controladas y cuanto tiempo se mantiene encendido. Con estos datos fué posible calcular el consumo anual esperado del alumbrado en dichas áreas. En lo respecta a las áreas no controladas, se consideró el mismo consumo de la tabla del punto 5.2.2. (figura 29). A continuación se presenta la misma tabla, pero considerando los nuevos horarios de operación de acuerdo al programa (figura 38).

DATOS DE ILUMINACION SEGUN HORARIOS DE CONTROL

DESCRIPCION	LAMPARAS # LUMINARIO	WATTS # LAMPARA	CANTIDAD LUMINARIOS	WATTS # LUMINARIO	TOTAL WATTS	OPERACION HORARIAS	CONSUMO ANUAL (KWH)
P.B. (COMPUTO)	2	20	65	52	3,380	9	8,731
P.B. (FOTOCOPIADO)	2	20	16	52	832	13.5	3,224
P.B. (CENTRO SERVICIOS)	2	20	16	52	832	11	2,627
P.B. (ALMACEN I)	1	30	24	36	864	15	3,720
P.B. (ALMACEN II)	2	20	20	52	1,040	15	4,477
P.B. (VESTIBULO PRINCIPAL)	1	30	5	36	180	19	982
P.B. (PASILLO)	2	20	6	52	312	19	1,701
1er PISO PRIVADOS	2	20	48	52	2,496	13	9,313
1er PISO AREAS GENERALES	2	20	29	52	1,508	12.5	5,410
1er PISO EMERGENCIA	2	20	13	52	676	19	3,686
2ndo PISO PRIVADOS	2	20	48	52	2,496	13	9,313
2ndo PISO AREAS GENERALES	2	20	29	52	1,508	12.5	5,410
2ndo PISO EMERGENCIA	2	20	13	52	676	19	3,686
3er PISO PRIVADOS	2	20	48	52	2,496	13	9,313
3er PISO AREAS GENERALES	2	20	29	52	1,508	12.5	5,410
3er PISO EMERGENCIA	2	20	13	52	676	19	3,686
4° PISO PRIVADOS	2	20	48	52	2,496	13	9,313
4° PISO AREAS GENERALES	2	20	29	52	1,508	12.5	5,410
4° PISO EMERGENCIA	2	20	13	52	676	19	3,686
5° PISO PRIVADOS	2	20	48	52	2,496	13	9,313
5° PISO AREAS GENERALES	2	20	29	52	1,508	12.5	5,410
5° PISO EMERGENCIA	2	20	13	52	676	19	3,686
6° PISO PRIVADOS	2	20	48	52	2,496	13	9,313
6° PISO AREAS GENERALES	2	20	29	52	1,508	12.5	5,410
6° PISO EMERGENCIA	2	20	13	52	676	19	3,686
7° PISO AREA GENERAL	2	20	24	52	1,248	13	4,656
7° PISO EMERGENCIA	2	20	6	52	312	19	1,701
TOTAL			722		37,080		142,270

Si el consumo anual en iluminación una vez instalados los reflectores era de **176,238 kilowatts-hora**, esto quiere decir que debido al control automático tenemos un ahorro anual de:

$$176,238 - 142,270 = 33,968 \text{ kWh}$$

En cuanto al ahorro en el consumo del aire lavado debido al control automático de cargas tenemos el siguiente análisis:

La carga instalada en este sistema se mantiene en **21.8 kilowatts**, pero ahora dicha carga opera únicamente de las 8:00 a las 19:00 horas. Además el controlador realiza un ciclado de cargas en el cual cada U.L.A. y su extractor correspondiente trabaja durante 15 minutos y descansa durante los siguientes 15. El consumo anual de estos equipos queda como sigue:

$$21.8 \times 5.5 \text{ horas} \times 287 = 34,411 \text{ kWh}$$

Si el consumo anterior del sistema de aire lavado y extractores era de 96,342, tenemos un ahorro anual de:

$$96,342 - 34,411 = 61,930 \text{ kWh}$$

El ahorro total esperado en el consumo debido al control automático de cargas es de:

$$33,968 + 61,930 = 95,898 \text{ kWh/año}$$

Si el costo del kilowatt-hora en tarifa 3 es de \$ 202.15, entonces tenemos un ahorro anual de:

$$95,898 \times 202.15 = \$ 19'385,780$$

En cuanto al ahorro en la demanda máxima, al solo trabajar dos U.L.A's y sus respectivos extractores al mismo en lugar de tres, tenemos un ahorro de 7 kilowatts. Si el costo de kW de demanda máxima en tarifa 3 es de \$ 40,652.47, entonces tenemos un ahorro anual de:

$$7 \times 40,652.47 \times 12 \text{ meses} = \$ 3'414,807$$

El ahorro total anual en la facturación de energía eléctrica debido a las modificaciones en el sistema de iluminación es de:

$$19'385,780 + 3'414,807 = \$ 22'800,587$$

5.4.- Resumen

Para tener una visión completa de la reducción que sufren el consumo y la demanda de cada uno de los equipos consumidores de energía eléctrica, de acuerdo a las modificaciones realizadas, se presenta la siguiente tabla (figura 39).

DEMANDA Y CONSUMO DESGLOSADOS POR TIPO DE CARGA ANTES Y DESPUES								
DESCRIPCION DE LA CARGA	CONSUMO ANUAL (kWh)	INDICE kWh/m ²	CONSUMO ANUAL (kWh)	INDICE kWh/m ²	DEMANDA MAXIMA (kW)	INDICE W/m ²	DEMANDA MAXIMA (kW)	INDICE W/m ²
ILUMINACION	358.131	95.73	142.270	38.24	74.9	20.13	37	9.95
AIRE LAVADO Y EXTR.	96.342	25.90	34.412	9.25	21.8	5.86	14.8	3.98
ELEVADORES	51.660	13.89	51.660	13.89	11.2	3.01	11.2	3.01
BOMBAS	6.371	1.71	6.371	1.71	3.7	0.99	3.7	0.99
EQUIPO DE OFICINA	22.086	5.94	22.086	5.94	12.4	3.33	12.4	3.33
TOTAL	532.590	143.17	258.798	69.03	124.0	33.33	79.1	21.28

figura 39

Del mismo modo, en las gráficas que aparecen a continuación (figuras 40 y 41) podemos constatar como se modifican los porcentajes del consumo y demanda totales para cada uno de estos equipos y sistemas.

CONSUMO POR TIPO DE CARGA ANTES Y DESPUES

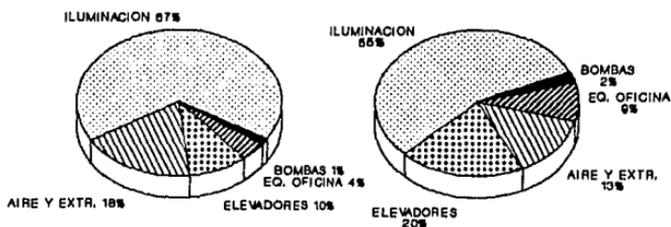


figura 40

DEMANDA POR TIPO DE CARGA ANTES Y DESPUES

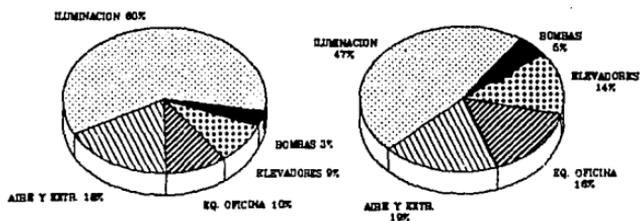


figura 41

De la tabla anterior (figura 39) podemos calcular el ahorro total esperado.

Si el consumo anual total era de de 532,590 kilowatts-hora, y el consumo anual total esperado es de 256,799 kilowatts-hora, tenemos un ahorro anual de:

$$532,590 - 256,799 = 275,791 \text{ kWh/año}$$

Lo que representa una reducción en el consumo de energía eléctrica del 51.7 %

Si el costo del kilowatt-hora en tarifa 3 es de \$ 202.15, entonces tenemos un ahorro anual de:

$$275,791 \times 202.15 = \$ 55'751,150$$

En lo respecta a la demanda máxima, teníamos un valor promedio de 124 kilowatts, con la reducción, el nivel esperado era de 79.1 kilowatts, para un ahorro de:

$$124 - 79.1 = 44.9 \text{ kW}$$

Lo que representa una reducción en el nivel de demanda máxima registrado del 36.2 %

Si el costo del kilowatt de demanda máxima en tarifa 3 es de \$ 40,652.47, tenemos un ahorro anual de :

$$44.9 \times 40,652.47 \times 12 \text{ meses} = \$ 21'903,550$$

En total tenemos un ahorro anual en la facturación de energía eléctrica de:

$$55'751,150 + 21'903,550 = \$ 76'654,700$$

(SETENTA Y SEIS MILLONES SEISCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO MIL SETECIENTOS PESOS M.N)

Si la facturación total de energía eléctrica del año 1991 fué de \$ 160'667,845. Considerando que hubo un aumento del 21.3 % en Noviembre de 1991, tendríamos un monto total de \$ 194'889,000, por lo tanto este ahorro representa aproximadamente una reducción del 40 %

5.5.- Análisis económico.

El aspecto más importante de un proyecto de esta índole es el económico, ya que este determina la viabilidad del mismo. Las inversiones para ahorro de energía siguen, en principio, el mismo tipo de leyes económicas que cualquier otra inversión. Sin embargo, presentan peculiaridades propias que pueden hacerlas, en muchos casos, más atractivas que otras, ya que los ahorros que se obtienen suelen ser, suficientes para el pago de la inversión, es decir que la inversión debe ser recuperada mediante el ahorro en un período de tiempo razonable.

5.5.1.- Presupuesto.

A continuación, se presenta el volúmen de obra total y el presupuesto correspondiente para llevar a cabo la implantación de las medidas de ahorro propuestas (figura 42)

VOLUMEN DE OBRA				
PART.	CANT.	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	1	CONTROLADOR MARCA INTERMATIC, MOD. ET-9119C	\$9,643,808	\$9,643,808
2	1300	CABLE DE CONTROL, CALIBRE #16	\$544	\$706,914
3	16	CONTACTORES MARCA LOVATO MOD-B-48	\$758,082	\$12,129,309
4	10	GABINETES PARA CONTACTORES 29x20x18	\$594,010	\$5,940,102
5	10	VENTILADORES 20 WATTS	\$215,109	\$2,151,090
6	9	CENTROS DE CARGA QO-4 CON INTERRUPTOR	\$78,519	\$706,670
7	9	INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS 3x40 AMP.	\$206,700	\$1,860,300
8	1	MANO DE OBRA PARA LA INSTALACION DEL ET-9119C Y REUBICACION DE CIRCUITOS	\$12,799,360	\$12,799,360
9	1	CINTA, CINCHOS, APAGADORES (150), ETC.)	\$795,000	\$795,000
		INVERSION TOTAL PARA LA IMPLANTACION DEL SISTEMA		\$48,732,553
10	700	REFLECTORES OPTICOS 61 x 61	\$116,600	\$81,620,000
11	24	REFLECTORES OPTICOS 1.22 x 30	\$116,600	\$2,798,400
12	7	REFLECTORES OPTICOS 1.22 x 61	\$201,400	\$1,409,800
13	1	MANO DE OBRA PARA LA INSTALACION DE REFLECTORES	\$11,200,000	\$11,200,000
14	30	CUBETAS DE PINTURA BLANCA (19 LTOS C/U)	\$148,718	\$4,461,540
15	1	MANO DE OBRA PINTURA	\$14,812,000	\$14,812,000
16	1438	LAMPARAS FLUORESCENTES TIPO BLANCO FRIO	\$5,839	\$8,396,496
		INVERSION TOTAL PARA LA INSTALACION DE REFLECTORES OPTICOS		\$124,698,236
		INVERSION TOTAL DEL PROYECTO		\$171,430,789

figura 42

5.5.2.- Recuperación de la inversión.

De esta evaluación básica, surge con claridad la rentabilidad de la inversión. Se pueden plantear dos parámetros de la inversión según se tenga o no en cuenta la disminución del valor del dinero a lo largo del tiempo.

Se denominan parámetros de de evaluación de primer orden aquellos en los que no se tiene en cuenta la disminución de valor del dinero y de segundo orden a aquellos en lo que si se tiene en cuenta esta disminución. Tanto en uno como en otro, no se tiene en cuenta ni la inflación, ni los impuestos, ni otro tipo de factores que complicarían el sistema de evaluación. Aquellos parámetros que tuvieran en cuenta todos estos factores podrían clasificarse como de tercer orden u orden superior. En los casos de ahorro de energía la oportunidad y el atractivo de la inversión son, en general, tan claros, que es suficiente la consideración de parámetros de evaluación de primer y segundo orden; incluso dentro de estos últimos es suficiente con los más elementales.

Definiciones básicas para los parámetros de evaluación económica de primer y segundo orden:

I: Inversión total requerida (incluye mano de obra y materiales necesarios para la instalación)

V: Vida útil del equipo instalado (en años)

A: Ahorro anual esperado

D: Depreciación anual del equipo a lo largo de la vida útil, se calcula, suponiendo una depreciación lineal, de la siguiente manera:

$$D = \frac{I}{V} \text{ (\$/año)}$$

d: Tasa de descuento (%), es el porcentaje que se supone disminuye el valor del dinero anualmente.

F: Factor de actualización. Es el coeficiente por el que hay que multiplicar el ahorro anual (A) para obtener el valor actual del ahorro a lo largo de los años de vida útil (V) del equipo.

VA: Valor actual del ahorro, se calcula multiplicando el ahorro anual (A) por el factor de actualización correspondiente.

$$VA = F \times A$$

Parámetro de evaluación económica de primer orden.

a) **Tiempo de amortización o recuperación de la inversión (payback).** Este parámetro permite saber si una inversión puede ser recuperada en un tiempo razonable comparado con la vida útil de los equipos instalados. Se calcula de la siguiente forma:

$$X = \frac{I}{A}$$

En donde X es el tiempo de amortización, I es la inversión total a realizar y A es el ahorro anual esperado.

b) **Tasa de retorno de la inversión (TIR).** Este parámetro tiene en cuenta la vida útil del equipo a través de la depreciación. Para justificar la inversión es preciso que la TIR correspondiente al equipo analizado sea mayor que el correspondiente a otras alternativas de inversión; y se calcula como sigue:

$$TIR = \frac{A - D}{I} \times 100 (\%)$$

En donde A es el ahorro, D es la depreciación del equipo en un año e I la inversión requerida.

Parámetros de evaluación económica de segundo orden.

c) **Relación costo-beneficio.** Esta relación resulta de dividir el valor actual del ahorro entre la inversión y debe de ser mayor a uno (1) para que pueda realizarse dicha inversión.

$$C/B = \frac{VA}{I} = \frac{F \times A}{I}$$

En base a los parámetros anteriores, se presenta el análisis económico correspondiente al proyecto en cuestión (figura 43)

AMORTIZACION

I = INVERSION =	\$171,430,789
A = AHORRO =	\$78,654,700
V = VIDA UTIL = 10 AÑOS	
D = DEPRECIACION = IV =	\$17,143,079
d = TASA DE DESCUENTO =	20.00%
F = FACTOR DE ACTUALIZACION (VALOR PRESENTE) =	4.192
VA = VALOR PRESENTE DEL AHORRO = F x A =	\$321,336,502
X = AMORTIZACION (EN MESES) = IA =	26.84
TIR = TASA DE RETORNO DE LA INV. = (A-D/I) x 100 =	34.71%
C/B = RELACION COSTO BENEFICIO = VA/I =	1.87

figura 43

CAPITULO 6. RESULTADOS

6.1.- Mediciones posteriores.

En este capítulo se comparan y analizan los resultados obtenidos con la implantación de las medidas y el sistema propuestos en el edificio del I.S.S.S.T.E, ubicado en av. Juárez #134, para tal efecto se conectó el equipo de medición nuevamente en la acometida principal del edificio, los días comprendidos del 19 al 25 de Marzo, obteniéndose nuevos datos para poder comprobar el cumplimiento de los ahorros estimados a lo largo de este estudio.

6.1.1.- Obtención de los nuevos perfiles de consumo y demanda.

En los períodos medidos nuevamente se puede observar el consumo durante el sábado y el domingo. Es importante mencionar que el jueves 19 y el viernes 20 de Marzo se tenían programados los circuitos 4 y 5 que corresponden al primer piso, y todos los demás seguían operando en forma manual. A partir del lunes 23 se programaron los pisos faltantes con un horario único de 7:00 a 22:00 hrs. (los horarios que se presentan en el capítulo 5 son los que existen hoy en día, después de tratarlos con la gente de mantenimiento). Aún cuando este programa no contempla dos horarios distintos, se puede notar la diferencia entre las gráficas con fecha anterior al 23 y demás posteriores.

A continuación se presentan los perfiles de demanda obtenidos (figuras de la 44 a la 49):

Figura 44

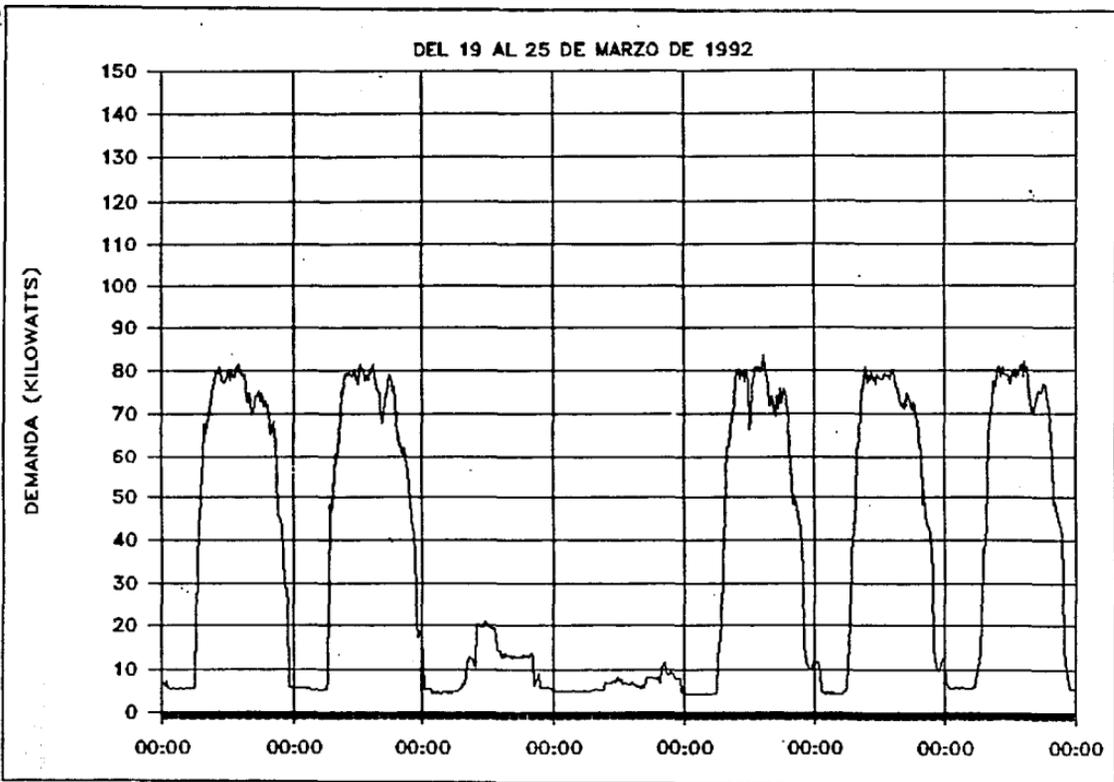


Figura 45

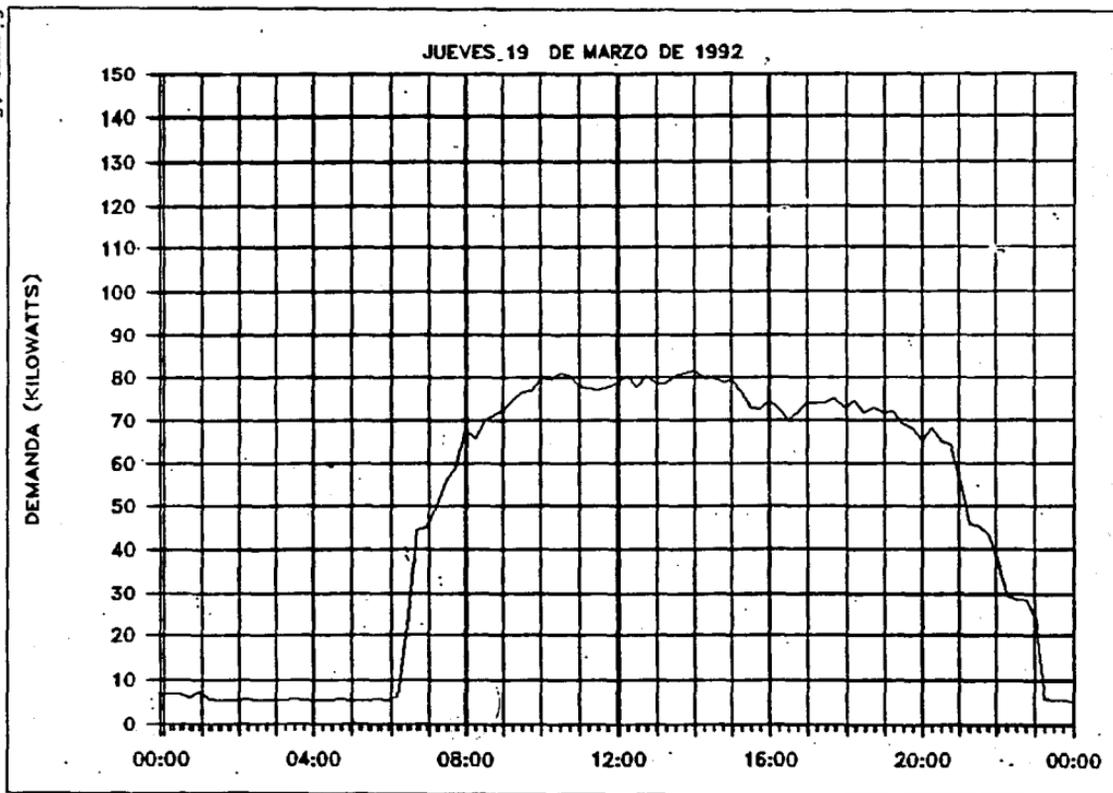


Figura 46

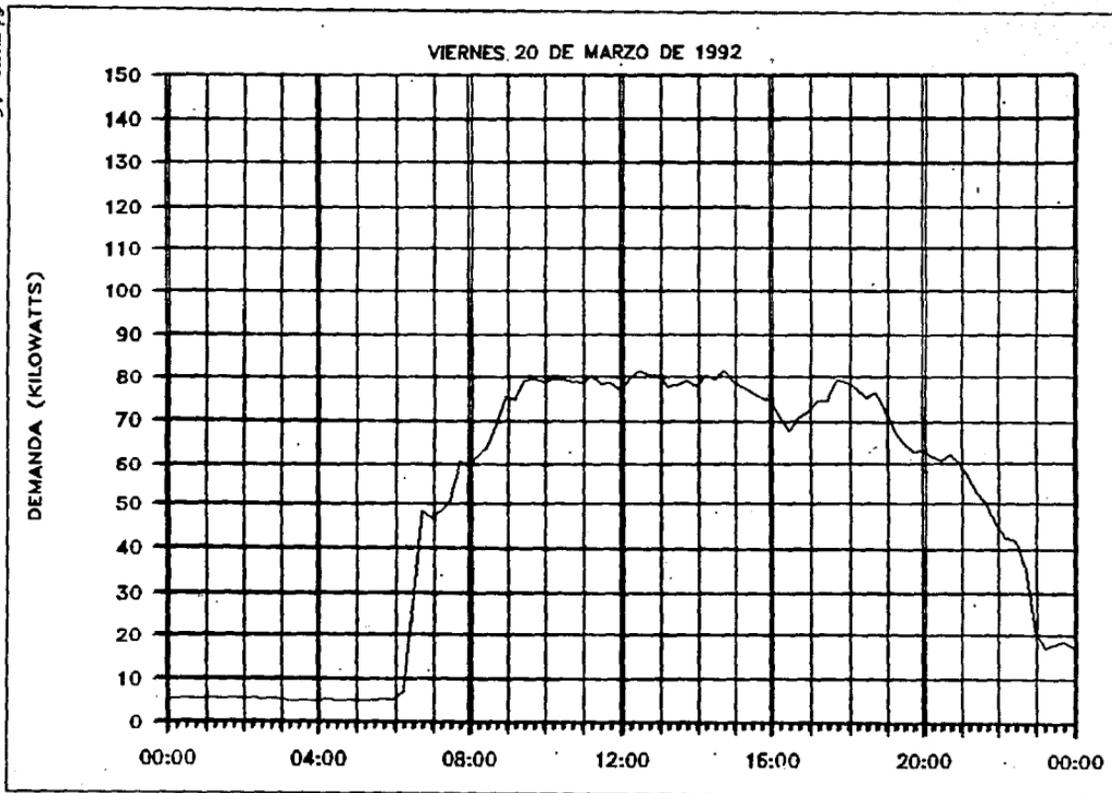


Figura 47

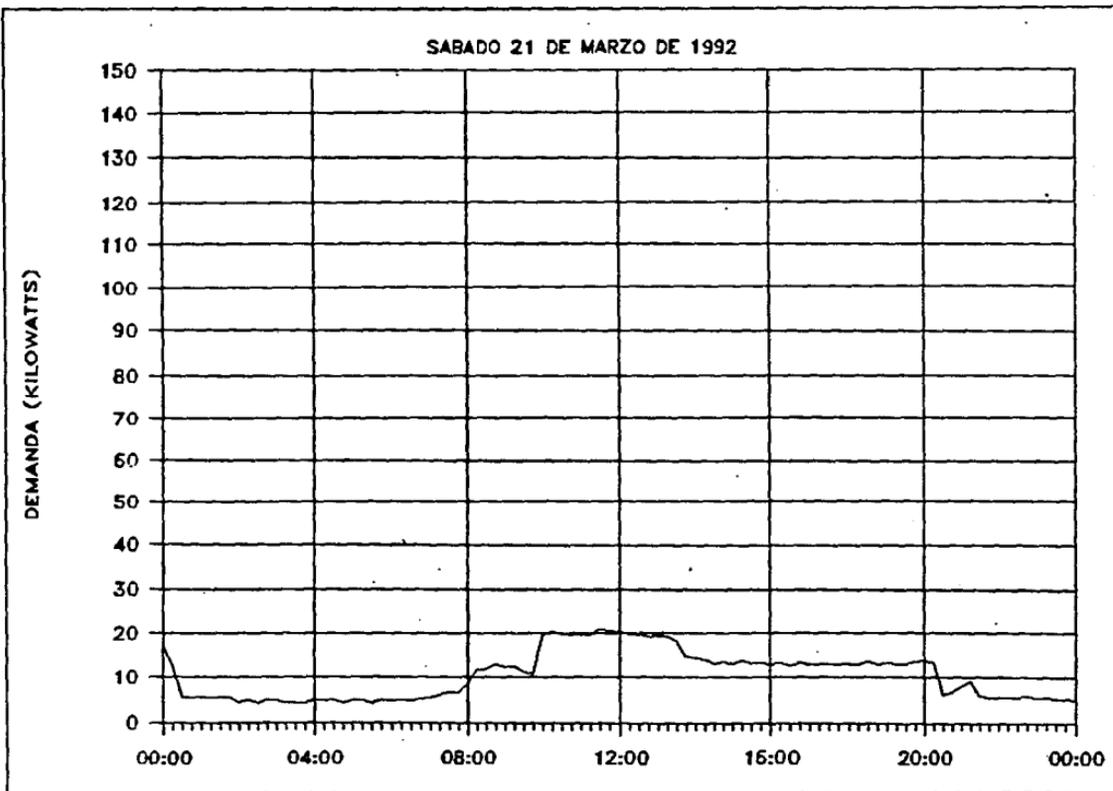


Figura 48

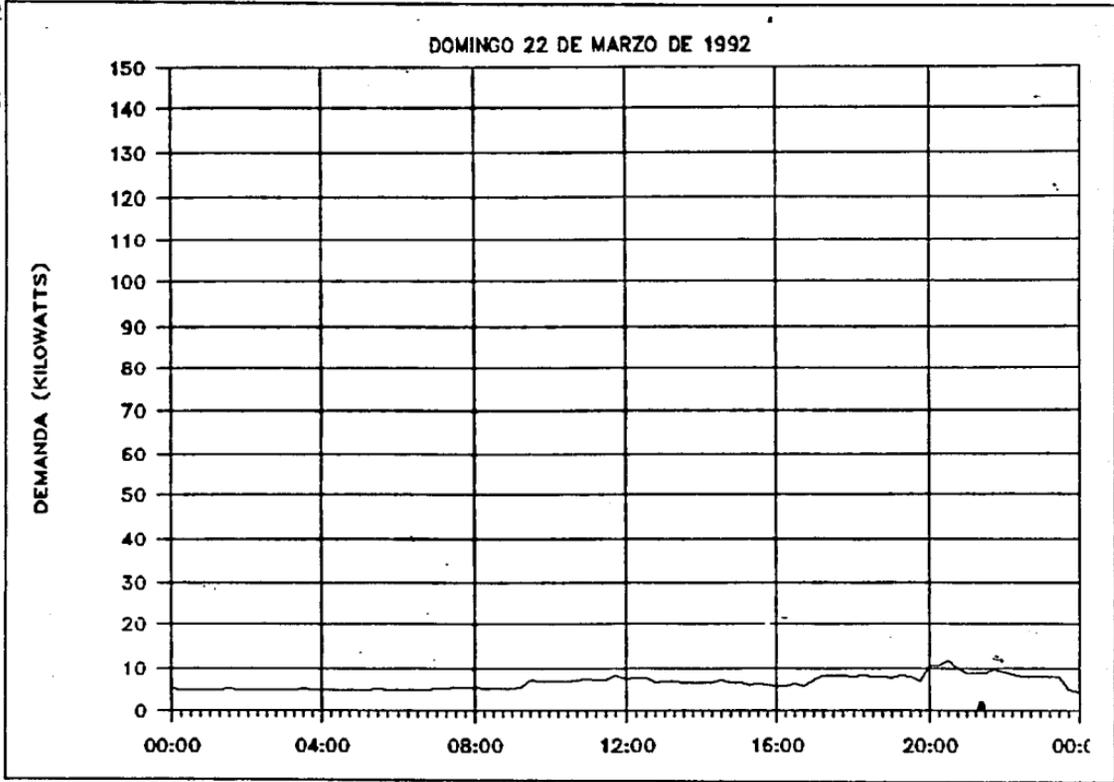
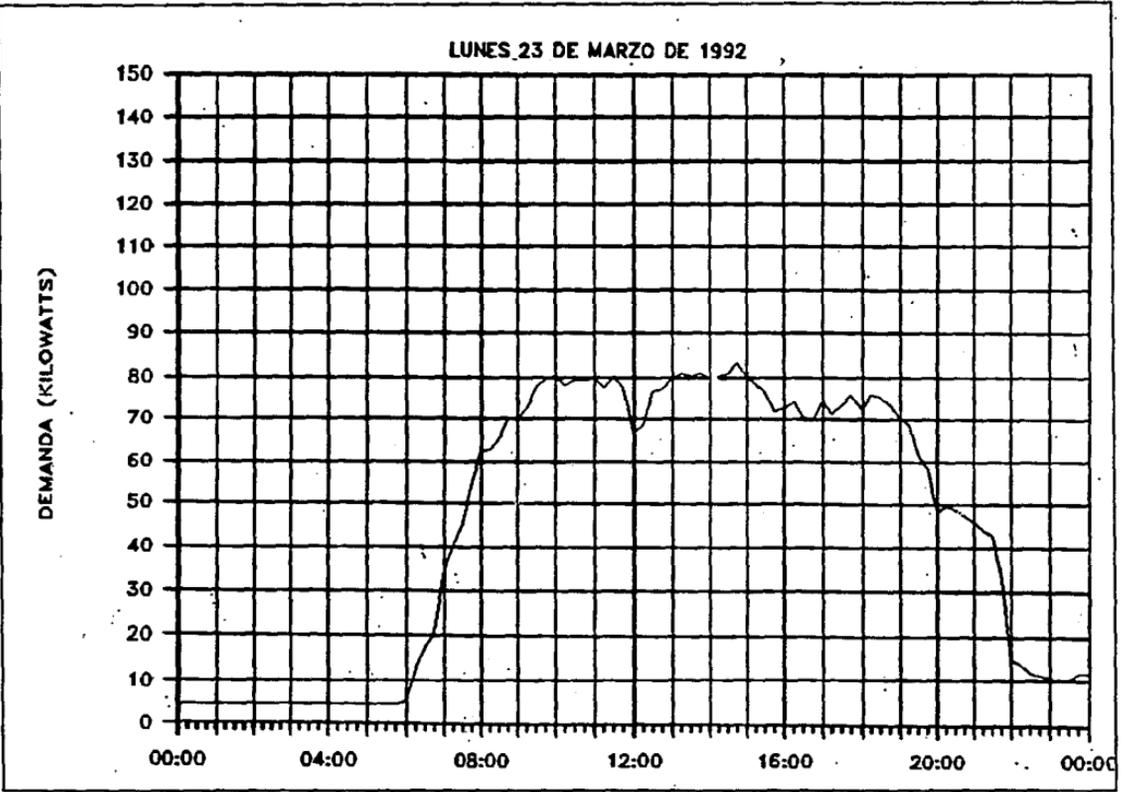


Figura 49



6.2.- Análisis comparativo (antes y después).

Se puede observar claramente en dichos perfiles, una muy considerable reducción de la demanda debida al retiro del 50 % de las lámparas fluorescentes. La meta a alcanzar, en lo que respecta a la demanda máxima registrada, era de 79.1 kW; se puede ver que en dichas gráficas el nivel de demanda máxima alcanzado ahora, es de aproximadamente 80 kW, lo que representa un ahorro en la demanda máxima del 36 %. Esto quiere decir que, considerando un margen de error mínimo, se está cumpliendo con las expectativas de ahorro resultantes del " Diagnóstico".

Por otro lado, se observa que, tanto a la hora del inicio de operaciones como a su termino, los perfiles actuales tienen pendientes mucho más suaves que la de los perfiles anteriores. Esto se debe a la instalación de los apagadores en todas las áreas de trabajo del edificio, ocasionando una disminución paulatina del nivel de demanda conforme el personal del edificio se va retirando. Este efecto puede ser aún más notorio en la medida en que los usuarios adquieran una mayor cultura y sensibilidad desde el punto de vista energético.

En lo que respecta al consumo (kWh), se observa que a partir de la puesta en marcha del programa, las pendientes ascendentes y descendentes de cada día son casi idénticas, la demanda empieza a subir poco antes de las siete de la mañana, llega a su nivel máximo al rededor de las nueve de la mañana, y se mantiene relativamente constante hasta las dos y media de la tarde, en donde desciende ligeramente. Posteriormente a las cinco de la tarde, la demanda máxima vuelve a subir, sin alcanzar su nivel anterior, para empezar un descenso parcial alrededor de las siete y media de la noche, que finaliza poco antes de las diez de la noche.

Si analizamos con detenimiento el perfil de demanda actual, a través de la descripción anterior, podemos concluir que su patrón de comportamiento se asemeja bastante al de la curva de ocupación del personal del edificio; lo cual quiere decir que se han logrado reducir en buena medida los desperdicios ocasionados por una operación deficiente; tal y como se puede constatar en la gráfica siguiente (figura 50).

RELACION ENTRE EL PERSONAL Y LA DEMANDA ANTES Y DESPUES DEL PROYECTO

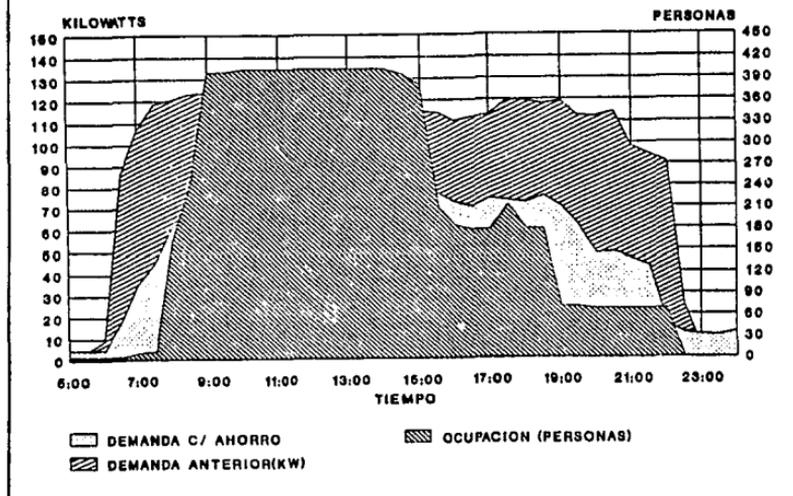


figura 50

El consumo promedio anterior era de **1,872 kilowatts-hora** para un día hábil y de **454 kilowatts-hora** para un día no laborable, para un consumo total anual de **537,792 kilowatts-hora**. El cálculo del consumo promedio actual para un día de trabajo normal resultó ser de **1,097 kilowatts-hora**, y de **158 kilowatts-hora** para un día no laborable.

Consideramos un total de 22 días hábiles al mes, más 4 sábados y cuatro domingos, lo que nos da un consumo mensual de :

$$(1097 \times 22) + (158 \times 8) = 25,398 \text{ kWh.}$$

Para un consumo anual de:

$$25,398 \times 12 \text{ meses} = 304,776 \text{ kWh.}$$

Esto representa un ahorro de aproximadamente el **43.3 %**

En este rubro la meta a alcanzar era de **256,799 kilowatt-hora** al año, para un ahorro del **51.7 %**. Consideramos que, aún cuando los resultados obtenidos son razonablemente buenos, estos pueden ser mejores estudiando a fondo la posibilidad de realizar ajustes y modificaciones en la programación.

A continuación se presenta una comparación entre el perfil de demanda anterior y el actual (figura 51). El área contenida entre las dos curvas representa el ahorro.

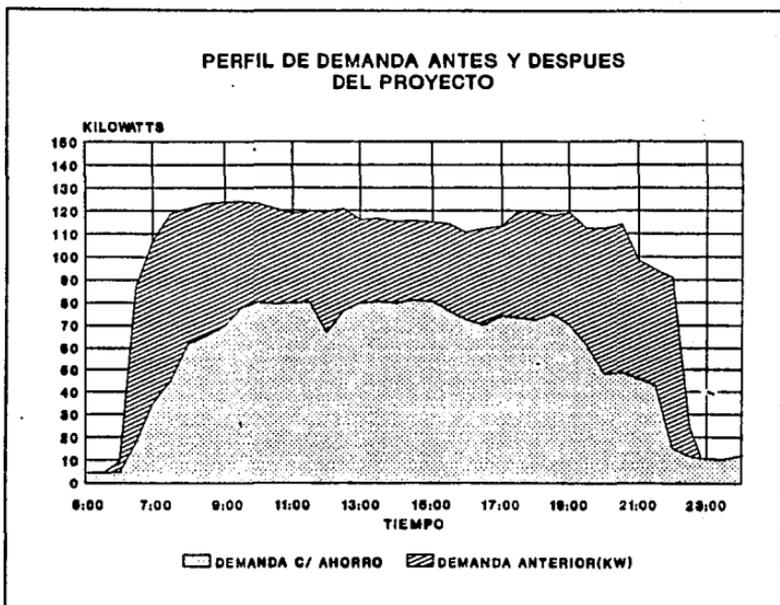


figura 51

CAPITULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En función de los resultados obtenidos se puede establecer que, en términos generales, este proyecto de demostración cumplió con todos sus objetivos. La reducción que se consiguió en el consumo de energía eléctrica y en el nivel de demanda máxima registrado fué del 43.3 % y del 36 % respectivamente.

Las medidas y modificaciones que se llevaron a cabo para lograr dichos ahorros fueron las siguientes:

- Reducción de la carga instalada en el sistema de iluminación mediante la colocación de reflectores ópticos en los gabinetes del alumbrado fluorescente; lo que permitió retirar la mitad de las lámparas y por lo tanto reducir el consumo y la demanda de energía eléctrica por concepto de iluminación en la misma proporción. Para mantener e inclusive incrementar ligeramente los niveles de iluminación, fué necesario substituir todos los tubos fluorescentes en acabado "luz de día" por tubos en acabado " blanco frío" para obtener un mayor flujo luminoso; además de pintar todas las paredes de las áreas de oficinas en un color más claro que tuviera un mayor índice de reflectancia.
- Reducción de desperdicios y concientización de los usuarios mediante la instalación de 150 apagadores individuales en todo el edificio ya que este no contaba con ninguno y la única posibilidad de encender y apagar el alumbrado era por pisos completos.
- Optimización de la operación del edificio mediante la instalación de un Sistema de control automático de cargas cuya función es la de encender y apagar las cargas de alumbrado y aire lavado de acuerdo a un programa horario preestablecido, con lo que se logra evitar los olvidos por parte del personal de seguridad y hacer un uso más racional de la energía. Para poder realizar el control horario de acuerdo a las costumbres de las diferentes áreas fué necesario modificar la disposición de algunos circuitos de alumbrado.

El costo asociado a la implantación de las medidas antes mencionadas fué de aproximadamente 172 millones de pesos y el ahorro anual resultante es de 77 millones de pesos; por lo que el periodo de recuperación de la inversión es de alrededor de 27 meses. Se puede decir que el proyecto, desde el punto de vista económico, resulta no solo viable sino atractivo.

Esto es solo una muestra de lo que se puede lograr en materia de ahorro de energía en el área de servicios y marca la pauta para que se continúen haciendo esfuerzos en este sentido en todos los edificios tanto del sector público como privado.

RECOMENDACIONES GENERALES

En este inciso se enumera una serie de recomendaciones para mantener e incrementar los resultados obtenidos.

- Mantener un balanceo adecuado en las fases de los tableros de cargas.
- Revisar y apretar las conexiones de tableros y equipos cada 6 meses.
- Dar un buen mantenimiento (recomendado por el fabricante) a las bombas, unidades de aire lavado y extracción para no tener fallas en los momentos del ciclado de cargas.
- Limpiar los gabinetes y reflectores ópticos de alumbrado por lo menos una vez cada año, con los jabones y limpiadores adecuados.
- No permitir que existan lámparas fundidas dentro de los gabinetes ya que esto acorta la vida del balastro y de las demás lámparas.
- Mantener un programa de mantenimiento general del sistema y llevarlo con entereza.
- Programar un elevador para que deje de funcionar en las horas de menos afluencia del personal y visitantes.
- Concientizar a los trabajadores para ahorrar energía, por medio de cursos, formando brigadas u otras acciones.
- Respetar al máximo los horarios programados en el controlador y evitar acciones manuales en los circuitos programados.
- Con el desarrollo tecnológico actual las generaciones de lámparas fluorescentes y balastos han ido avanzando, por lo que en un plazo no muy largo se pueden sustituir estos elementos, por otros más eficientes y de menor consumo de energía.
- Posibilidad de usar atenuadores, sensores de presencia, fotointerruptores y sensores de luminosidad que interactúen o no con controladores automáticos de cargas más sofisticados en donde se pueda llevar un control en la demanda máxima por medio de valores preestablecidos y prioridades en la desconexión, sin afectar los niveles de confort.

En general empiezan a surgir nuevas tecnologías y equipos ahorradores de energía eléctrica por lo que aquí se enumeran solo unos cuantos, es indispensable que la persona que se encargue del mantenimiento de los equipos y en general del edificio, este siempre a la vanguardia en el tema y ponga todo su entusiasmo en obtener la información necesaria.

BIBLIOGRAFIA

- **MEMORIAS DE LOS SEMINARIOS X, XI Y XII NACIONALES SOBRE EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA, PROMOVIDOS POR EL "ATPAE" (ASOCIACION DE TECNICOS Y PROFESIONISTAS EN APLICACION ENERGETICA). DEL AÑO 1989 AL 1991 RESPECTIVAMENTE.**
- **SOLUCIONES PARA REDUCIR EL COSTE DE LA ENERGIA ELECTRICA EN LA EMPRESA, JOSE LUIS GIL GIL, VOLUMEN I Y II, EDICIONES EUROSYSTEM S.A.**
- **MANUAL DE EFICIENCIA ENERGETICA ELECTRICA EN LA INDUSTRIA, D. EN ING. LUIS ALFONSO MOLINA IGARTUA, ING. GONZALO MOLINA IGARTUA, D. EN ING. JOSE Ma. MERINO AZCARRAGA, ING. RAFAEL GONZALEZ GONZALEZ, TOMOS I Y II, CENTRO PARA EL AHORRO Y DESARROLLO ENERGETICO Y MINERO "CADEM", GRUPO EVE, IMPRESO EN BILBAO, ESPAÑA (1985).**
- **LIGHTING EFFICIENCY APPLICATIONS, ALBERT TRUMANN, P.E., C.E.M., SECON EDITION, PUBLISHED BY THE FAIRMONT PRESS INC., EDITORIAL PRENTICE HALL.**
- **NETWORKING FOR BUILDING AUTOMATION AND CONTROL SYSTEMS, JHON J. MCGOWAN, CEM, PUBLISHED BY THE FAIRMONT PRESS INC., EDITORIAL PRENTICE HALL.**
- **ENERGY CONSERVATION IN EXISTING BUILDINGS DESKBOOK, EDITED BY ALBERT TRUMANN, P.E., C.E.M., PUBLISHED BY THE FAIRMONT PRESS INC., EDITORIAL PRENTICE HALL.**
- **THE INTELLIGENT BUILDING SOURCEBOOK, JHONSON CONTROLS, INC, EDITED BY JHON BERNARDEN AND RICHARD NEUBAUER, EDITORIAL PRENTICE HALL.**
- **HANDBOOK OF ENERGY AUDITS, ALBERT TRUMANN, P.E., C.E.M., THIRD EDITION, PUBLISHED BY THE FAIRMONT PRESS INC., EDITORIAL PRENTICE HALL.**
- **THE USE OF MICROPROCESSORS, M. AUMIAUX, JHON WILEY & SONS.**
- **MICROPROCESADORES Y MICROCOMPUTADORAS, VARIOS AUTORES, DE LA SERIE MUNDO ELECTRONICO, MARCOMBO BOIXAREU EDITORES.**