



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

AHORRO DE ENERGIA Y AUTOMATIZACION EN LA
BIBLIOTECA CENTRAL DE LA UNAM

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO ELECTRICO ELECTRONICO

P R E S E N T A N

ALTAMIRANO DEL MONTE FELIPE

CARMONA DURAN RICARDO

URZUA ROSAS IVAN



ASESOR: ING. AUGUSTO SANCHEZ CIFUENTES

CIUDAD UNIVERSITARIA,

SEPTIEMBRE DE 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

Agradecimientos

Agradecemos la invaluable colaboración de las siguientes instituciones:

Proyectos de Ahorro de Energía (P.A.E)

Ing. Augusto Sánchez Cifuentes

Ing. Juan Carlos Ovando Sierra

Sr. Juan Antonio Pacheca Reyes

y a todo el personal que ahí labora

Genertek

Ing. Alex Ramírez Rivera

Dirección General de Obras UNAM

Ing. Mario Suazo

Ing. Juan Tuxpan

Sr. Israel Calderón Montaña

Técnicos que trabajan ahí

Biblioteca Central UNAM

Lic. Raúl Ortega Muñoz

Lic. Ramón Trejo

Lic. Guillermo Chávez

Y a los ingenieros:

Ing. Javier Jiménez Juárez

Ing. Jorge Alfredo Pérez Rodríguez

Cuyo apoyo fue trascendental para el desarrollo de este trabajo.

Agradecemos al jurado asignado para nuestro examen profesional

Ing. Rodolfo Petes Lammel

Ing. Juan Manuel Hernández Osnaya

Ing. Augusto Sánchez Cifuentes

Ing. Norma Elva Chávez Rodríguez

Ing. Eduardo Carranza Torres

Por su comprensión para permitirnos continuar nuestra preparación profesional.

AGRADECIMIENTOS:

A mi Papá por darme día con día su ejemplo, sus consejos y su amistad.

A mi Mamá por todo su amor, responsabilidad y preocupación.

A los dos por estar siempre juntos.

A mi hermano Armando por estar siempre ahí cuando lo he necesitado y por ser otro ejemplo muy fuerte en mi vida.

A mi hermana Liliana por su bondad, cariño y palabras de aliento.

A mi hermano Carlos por todos los momentos felices que hemos compartido.

A mis Abuelitos, a cada uno de ellos, por ser cuatro de los pilares más fuertes en mi vida.

A la UNAM mi Universidad y a la Facultad de Ingeniería por haberme dado conocimientos, cultura y vivencias que nunca olvidaré.

A mis dos compañeros de Tesis: Felipe e Duán, por compartir esta última etapa de la licenciatura y por el apoyo incondicional que siempre han mostrado.

Ricardo

*A
Mis Padres,
Hermanos,
Amigos
y
Compañeros*

Quienes me han demostrado su amor, cariño y apoyo de una forma u otra, haciendo de mi la persona que soy hoy en día, por lo que les estoy eternamente agradecido.

*A
Mis Maestros,
A la Facultad de Ingeniería
Y
A la UNAM*

Por darme la formación para poder desempeñarme como profesionalista.

Gracias,

Duán

THE SHOW MUST GO ON

Empty spaces - what are we living for
Abandoned places - I guess we know
the score
On and on, does anybody know what we
are looking for

Another hero, another mindless crime
Behind the curtain, in the pantomime
Hold the line, does anybody want to take
it anymore

The show must go on
The show must go on

Inside my heart is breaking
My make-up may be flaking
But my smile still stays on

Whatever happens, I'll leave it all to
chance

Another heartache, another failed
romance
On and on, does anybody know what we
are living for

I guess I'm learning, I must be warmer
now
I'll soon be turning, round the corner
now

Outside the dawn is breaking
But inside in the dark I'm aching to be
free

The show must go on
The show must go on

Inside my heart is breaking
My make-up may be flaking
But my smile still stays on

My soul is painted like the wings of
butterflies
Fairytale of yesterday will grow but
never die
I can fly - my friends

The show must go on
The show must go on

I'll face it with a grin
I'm never giving in
On - with the show -

I'll drop the bill, I'll overkill
I have to find the will to carry on
On with the -
On with the show -
The show must go on

Queen

Te agradezco a ti...

*Universidad Nacional Autónoma de México
Por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente en ti,
mi Alma Mater.*

*Mamá y Papá
Por sus enseñanzas, comprensión, apoyo y amor,
base fundamental de lo que soy.*

*Cutti y Dandy
Por los gratos momentos que pasamos juntos
y por ser hermanos ejemplares.*

*M, M, K y R
Por enseñarme tanto sobre la amistad.*

*Ricardo e Iván
Por cada uno de los instantes que compartimos
en los que reforzamos nuestros
lazos de amistad.*

*...y a ti amigo mío
por estar conmigo en las buenas y en las malas,
kinder, primaria, secundaria, Prepa, Facultad,
y todos ustedes que siempre están presentes
en mi mente y corazón.*

¡Gracias!

Felipe

“ Así es, debemos encontrar cada uno nuestro sueño; cuando lo hacemos, el camino ya no es tan difícil. Ahora debemos entender que no hay un sueño eterno; cada sueño es reemplazado por otro nuevo y no debemos aferrarnos a uno exclusivamente”

Herman Hesse

“ A mesure qu'on a plus d'esprit, on trouve qu'il y a plus d'hommes originaux. Les gens du común ne trouvent pas de différence entre les hommes”

Pascal

INDICE

CAPÍTULO 1 – Introducción	
1.1 Antecedentes históricos.....	1
1.2 El porqué de la tesis.....	1
1.3 Planteamiento: Ahorro de energía y automatización.....	1
1.4 Conveniencias de automatizar la Biblioteca Central de la UNAM.....	2
1.5 Equipo de la biblioteca por automatizar.....	3
1.6 Objetivos.....	3
1.7 Metas.....	4
1.8 Resultados esperados.....	4
CAPÍTULO 2 – Biblioteca Central	
2.1 Estado de la subestación eléctrica.....	5
2.2 Informe de las mediciones realizadas en los tableros de la Biblioteca Central...	8
2.3 Tableros de la Biblioteca Central.....	9
2.4 Consumo de energía eléctrica actual.....	10
CAPÍTULO 3 – Sistema de Iluminación	
3.1 Métodos para ahorrar energía en edificios.....	19
3.2 Sistema de iluminación instalado actualmente.....	22
3.3 Beneficio del conjunto lámparas T8 balastro electrónico.....	24
3.4 Normatividad de la propuesta de cambio.....	25
3.5 Comparación equipo actual /equipo propuesto.....	27
3.5.1 Equipo propuesto.....	30
3.6 Controles de iluminación.....	31
3.7 Métodos de control.....	32
3.8 Factores humanos.....	35
3.9 Sistemas y componentes.....	38
3.10 Análisis del sistema de control de acuerdo a las necesidades de la Biblioteca Central(Filosofía del control de iluminación).....	39
3.11 Encuesta a secciones que funcionarán con Temporizadores.....	47
3.12 Consideraciones técnicas del equipo seleccionado para el sistema de iluminación.....	47
3.12.1 Sensores de presencia.....	48
3.12.2 Temporizadores.....	49
3.12.3 Sensores de luz.....	50
3.13 Por qué no se seleccionaron atenuadores (Dimmer's).....	51
3.14 Ahorro debido a los sensores de presencia.....	51
3.15 Análisis económico.....	52
Bibliografía.....	58
CAPÍTULO 4 – Sistema de Acondicionamiento de aire	
4.1 Condiciones actuales del sistema de ventilación de la Biblioteca Central.....	59
4.2 Antecedentes.....	60
4.3 Cargas térmicas.....	65

4.4	Transferencia de calor.....	66
4.5	Condiciones de diseño.....	69
4.6	Pérdida de calor del recinto y carga del recinto.....	69
4.7	Cargas de calefacción de la construcción.....	69
4.8	Cargas de enfriamiento.....	69
4.9	Conducción a través de la estructura interior.....	72
4.10	Radiación solar a través de vidrios.....	73
4.11	Condiciones de diseño para la Biblioteca Central.....	74
4.12	Alumbrado.....	75
4.13	Personas.....	75
4.14	Equipo Misceláneo.....	76
4.15	Condiciones del aire de suministro.....	76
4.16	Aplicación al cálculo de cargas térmicas de la Biblioteca Central.....	76
4.17	Psicrometría.....	78
4.18	Equipo seleccionado para la Biblioteca Central.....	86
4.19	Análisis económico.....	88
	Bibliografía.....	89

CAPÍTULO 5 – Sistema de Monitoreo y Alarmas

5.1	Introducción.....	90
5.1.1	Condiciones actuales.....	90
5.2	Sensores de Temperatura.....	91
5.3	Sensores de humo.....	91
5.4	Variables a monitorear en la Biblioteca Central.....	93
5.4.1	Monitoreo de temperatura.....	93
5.4.2	Monitoreo de la Humedad Relativa.....	93
5.4.3	Monitoreo de alarma de presencia no permitida.....	94
5.4.4	Monitoreo de alarma contra incendio.....	95
5.5	Diseño del sistema de monitoreo.....	96
5.5.1	Periféricos de entrada y salida (e/s) para comunicaciones de una computadora.....	96
5.5.2	Puerto serial.....	97
5.5.3	Planteamiento del sistema de monitoreo de la Biblioteca Central.....	100
5.5.4	Diagrama de flujo del sistema de monitoreo de la Biblioteca Central.....	101
5.5.5	Desplegado de las variables de monitoreo.....	104
5.6	Análisis Económico.....	104
	Bibliografía.....	106

CONCLUSIONES.....	107
-------------------	-----

APÉNDICES.....	110
----------------	-----

Capítulo 1

Introducción

1.1 Antecedentes históricos

El 5 de abril de 1956 la Biblioteca Central de la Ciudad Universitaria abrió sus puertas y puso en servicio sus colecciones para apoyar las labores de la comunidad estudiantil, docentes e investigadores, que abandonaba los edificios del centro de la Ciudad de México, donde había trabajado durante cerca de cincuenta años para trasladarse al sur, en una nueva etapa de vida de la institución de educación superior más importante del país, la Universidad Nacional Autónoma de México.

1.2 El porqué de la tesis

Este trabajo de tesis surge como una preocupación de nosotros, tres alumnos de la Facultad de Ingeniería, por mejorar las instalaciones de la Biblioteca Central, ya que al estudiar algunos semestres en ella nos damos cuenta que las condiciones de trabajo en las salas de la biblioteca son inadecuadas. Por esto, ese documento va orientado a resolver los dos problemas principales que se han detectado luego de la aplicación de una encuesta a los trabajadores de la biblioteca: iluminación y ventilación.

1.3 Planteamiento: Ahorro de energía y automatización

El enorme consumo de energía eléctrica en inmuebles representa una importante área de oportunidad de ahorro. En especial en las bibliotecas, la iluminación representa el mayor consumo de energía eléctrica. El diseño de instalaciones sin criterios luminotécnicos avanzados, la ausencia durante muchos años de normalización sobre eficiencia energética, la falta de observancia de las normas y recomendaciones vigentes, el continuo crecimiento de carga en instalaciones existentes y la falta de mantenimiento adecuado son algunas de las causas del uso ineficiente de la energía en inmuebles. Aunque los problemas, y por lo tanto las soluciones, son particulares para cada unidad, algunos de los primeros se repiten frecuentemente.

Parte importante para el ahorro de energía es la selección del equipo adecuado, éste debe ser eficiente y adecuado a las necesidades particulares de cada problema.

Nos damos cuenta que el sistema de aire acondicionado de la Biblioteca Central no es el adecuado, no se usa correctamente o simplemente no existe, por lo que el ambiente de trabajo puede ser no confortable, representando además consumo innecesario de consumo de energía eléctrica y condiciones de trabajo inadecuadas.

Dentro de la reducción de costos operativos se deben tener en cuenta los sistemas de control a utilizar, las técnicas de diseño, así como también el sistema de adquisición de datos para lograr un buen monitoreo de las variables a controlar; ya que con esto se logra

un sistema eficiente dedicado a tareas específicas, reduciendo así el uso de personal para la atención de estas.

Hay que evaluar constantemente las condiciones de un inmueble ya que éstas pueden ser buenas en el momento de su reciente construcción, pero con el paso del tiempo deben ser modificadas para cubrir las nuevas necesidades.

De acuerdo con numerosas experiencias en inmuebles de diversos tipos actualmente es factible en México lograr ahorros de energía que fluctúan entre 20% y 50%¹, dependiendo de las condiciones particulares existentes y de la capacidad de inversión para llevar a cabo las medidas necesarias o bien del tiempo de recuperación deseado para dicha inversión. Conservadoramente se pueden estimar para este sector un ahorro promedio de 25%, lo que representa un atractivo 4% del gran total nacional.

En la UNAM se han logrado en algunas dependencias ahorros de más del 40% como en la ENEP Acatlán¹.

Para el caso de la Biblioteca central, de acuerdo a estudios previos realizados por el grupo de ahorro de energía, la distribución por uso final en edificios como éste es variable, se distinguen cuatro tipos principales de carga: Iluminación, aire acondicionado, motores (para elevadores y equipo de bombeo) y cargas múltiples (de contactos principalmente).

Con la realización de este trabajo de tesis se contará con el diseño, para su futura aplicación, del sistema de monitoreo y ahorro de energía, así como la automatización del sistema de iluminación y aire acondicionado de la Biblioteca Central de la UNAM.

1.4 Conveniencias de automatizar la Biblioteca Central de la UNAM

La Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales define la Automática como el estudio de los métodos y procedimientos cuya finalidad es la sustitución del operador humano por un operador artificial en la generación de una tarea física o mental previamente programada.²

Implementar un sistema automatizado requiere de una planeación cuidadosa y sistemática. La introducción de un sistema automatizado invariablemente tendrá un impacto en las actividades del personal y en las interrelaciones de los mismos. Favorecerá un ambiente positivo en las relaciones del personal al proveer un ambiente de trabajo agradable con sistemas de control encargados de realizar sus tareas específicas y permitiendo a los usuarios y al personal concentrar toda su atención en sus labores.

El impacto de la conservación de la energía en los interiores puede ser muy grande, sobre todo debido a los reducidos niveles de ventilación y los edificios cerrados construidos

¹ Informe del seguimiento de la ENEP PUE-UNAM, 1996, Reporte Interno.

² Romera, J. Pedro, et. al.; Automatización Problemas resueltos con autómatas programables; Paraninfo; España; segunda edición; 1996; pp. 1

para minimizar el ingreso del aire exterior. Los conflictos entre calidad del aire y las razones económicas de la conservación de la energía son evidentes en los códigos de construcción y los esfuerzos para reducir estos conflictos continúan.

1.5 Equipo de la biblioteca por automatizar

La Biblioteca Central cuenta con una serie de procesos que pueden ser automatizados, sin embargo este trabajo estará orientado a la automatización de tres procesos esenciales para el ahorro en el consumo general de energía de la biblioteca. Estos procesos se mencionan a continuación:

El sistema de iluminación: Como se mencionó con anterioridad la iluminación es una de las cargas más grandes a considerar en el consumo de energía de los edificios, por esta razón es importante tenerla controlada principalmente por horarios y en salas en las que en determinado momento no hayan usuarios.

Aire acondicionado: El sistema de aire acondicionado también es uno de los grandes consumidores de energía eléctrica. El control de este sistema deberá de considerar la humedad, temperatura, horario y la existencia de usuarios en el área, ya que dependiendo de estas variables se podrá poner en operación el sistema en mayor o menor grado.

Alarmas contra incendio: El sistema de alarmas es esencial para el buen funcionamiento de la biblioteca central, este sistema de alarmas se basará en el uso de diversos sensores colocados en forma estratégica en el inmueble, muchos de estos sensores nos serán de ayuda para el control de los otros dos sistemas, por lo cual el control de las alarmas también es fundamental en nuestro trabajo.

1.6 Objetivos

Como objetivos particulares se pueden mencionar los siguientes:

- Se realizará el estudio del sistema eléctrico y consumo de energía en las condiciones de operación actuales de la biblioteca.
- Se analizarán los sistemas de iluminación, aire acondicionado y alarmas con los que cuenta el inmueble.
- Se seleccionará el método de control más adecuado para el ahorro de energía.
- Se diseñará el sistema de monitoreo de las variables a controlar (Humedad, Temperatura y alarmas)
- Se realizará el análisis económico del proyecto.

El presente trabajo encuentra justificación en el hecho de que la Biblioteca Central no cuenta con un sistema de monitoreo y mediciones de consumo de energía eléctrica, además de que la antigüedad del edificio exige una revisión de las instalaciones para evitar consumo innecesario de energía. Al concluir este trabajo se contará con el diseño de sistemas eficientes de iluminación, climatización y alarmas que darán como resultado la innovación tecnológica de la biblioteca.

1.7 Metas

Como metas de este trabajo se pueden mencionar las siguientes:

- Revisión de instalaciones y equipo con el que cuenta el inmueble.
- Revisión de la capacidad de la subestación eléctrica de la biblioteca.
- Medición del consumo de energía.
- Análisis y propuesta del sistema de aire acondicionado y ventilación.
- Análisis y mejora del sistema de iluminación.
- Propuesta de instalación del sistema de alarmas contra incendio y presencia no permitida.
 - Análisis y propuesta del sistema de monitoreo.
 - Análisis económico.
 1. Estudio comparativo de características técnicas y costo de las marcas de los equipos que existen en el mercado.
 2. Diseño de equipo no disponible en el mercado o de alto costo.
 - Selección de equipo eficiente y adecuado para cumplir con el modo de operación deseado.
 - Análisis y propuesta del sistema de monitoreo de las variables a controlar, a través de un ambiente de PC amigable para los usuarios responsables del monitoreo.

1.8 Resultados Esperados

Finalmente se espera contar con un proyecto que pueda ser implementado en la Biblioteca Central para obtener los siguientes logros

- Tener un ambiente de trabajo agradable dentro de la biblioteca.
- Lograr operación eficiente del equipo de los sistemas diseñados.
- Efectuar el ahorro de energía eléctrica.
- Disminuir carga conectada.

Capítulo 2

Biblioteca Central

La Biblioteca Central tiene ya más de 50 años de vida y ha sufrido algunas remodelaciones, por lo cual se hará una revisión rápida de su estado actual para poder determinar que normas actuales cumple, además de calcular su consumo.



Figura 2.1
Biblioteca Central de la UNAM

2.1 Estado de la subestación eléctrica

La Biblioteca Central cuenta con una subestación que está conectada a la red de media tensión del sistema de anillo de la Ciudad Universitaria (C.U.) de 6.3 kV. Se encuentra ubicada en la planta Basamento del mismo edificio, el local donde está instalada cumple con las normas universitarias de “Local y espacio” en su artículo NOU-DEL-10 Subestaciones¹ en cuanto a las distancias de la subestación a los muros del local, las cuales son de 1 m de separación en los costados y en la parte posterior y de 2 m en su parte frontal (figura 2.2), además la altura del local también es la adecuada debido a que ésta rebasa a la subestación en por lo menos un metro, como se establece en la norma.

¹ Normas Oficiales Universitarias de Ingeniería Electromagnética; Volumen 1, Ingeniería Eléctrica; septiembre de 1998; página 121.

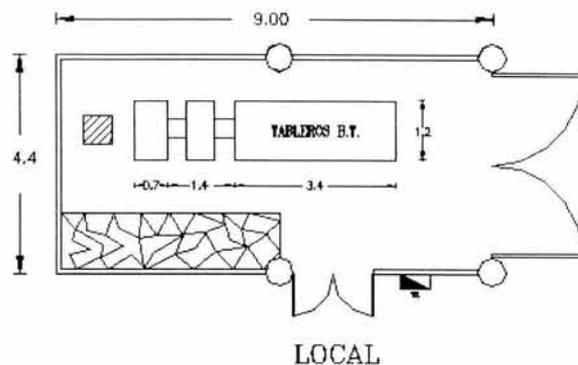
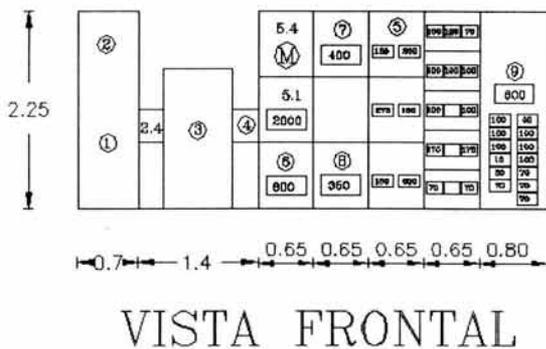
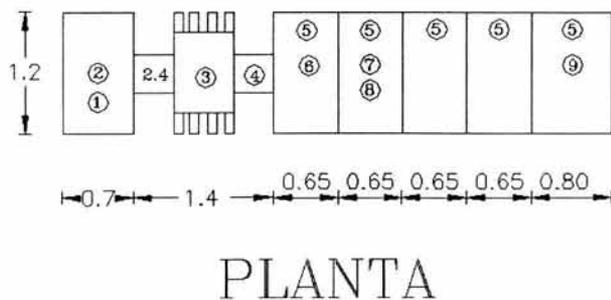


Fig. 2.2a
Subestación eléctrica vista de planta



VISTA FRONTAL

Fig. 2.2b
Subestación eléctrica vista frontal



PLANTA

Fig. 2.2c
Subestación eléctrica vista de planta

DESCRIPCION

- ① SECCION ACOMETIDA DE 5.3 KV, CALIBRE 3H-4 AWG. DEL SECCIONADOR No 22.
- ② SUBESTACION TIPO INTERIOR, MARCA SQUARE D 3 FASES, 3H-4 AWG
- 2.1 CUCHILLAS DESCONECTADORAS DE OPERACION EN GRUPO SIN CARGA
- 2.2 APARTARRAYOS - NO APLICA
- 2.3 CORTACIRCUITO MCA. WESTINGHOUSE, TIPO BA, 7.5 KV, 300 AMP.
- 2.3.1 PORTAFUSIBLE, MCA. WESTINGHOUSE, MOD 1305061 TIPO BA, 7.5 KV, 200 AMP MAX.
- 2.4 SECCION DE ACOPLAMIENTO A.T. 3H-1/0
- ③ TRANSFORMADOR EN ACEITE, MCA VIGGERS HNO3 TIPO OA, CLASE 8.7 KV, No. SERIE 37-15 500 KVA, 6300-220/127 V, 3 Ø, 60 HZ, 585 LTS.
- ④ SECCION DE ACOPLAMIENTO BT BARRAS DE COBRE DE 3" x 1/4" (3 POR FASE)
- ⑤ TABLERO GENERAL EN BAJA TENSION MARCA SQUARE D TIPO LVME, AUTOSOPORTADO, No SERIE 300278, 3 Ø, 220V, 600 A.
- 5.1 INTERRUPTOR GENERAL TERMOMAGNETICO 3 X 2000 A MASTER PACT, MCA. MERKIN GERIN (FEDERAL PACIFIC) MOD M20H1, In 2000 A.
- 5.2 BUS DE BAJA TENSION BARRAS DE COBRE DE 2" x 1/4" (2 POR FASE)
- 5.3 TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (MEDISION) MCA. DNG S.A. R Y 3, TIPO TCB-1, REL. 1000 - 5 AMP POSICION O.S, AISLAMIENTO 0.6 KV, 125 VA 60 HZ, SERIE 318986
- 5.4 EQUIPO DE MEDICION EN BAJA TENSION VOLMETRO ANALOGICO 0-300 V, MARCA WESTINGHOUSE. AMPERIMETRO ANALOGICO 0-1200 A, MARCA WESTINGHOUSE. WATTMETRO ANALOGICO 0-500 KW, MARCA WESTINGHOUSE. WATTHORIMETRO ANALOGICO 1200-5 A., 120V, 3 Ø, 50 HZ. MARCA WESTINGHOUSE, TIPO CB-2FW, No SERIE 26327504.
- ⑥ INTERRUPTOR GENERAL TERMOMAGNETICO 3 X 800 A MARCA ITE, TIPO KC No SERIE C-9843, CAP INT 50000 A, 600 V, 800 A, 60 HZ
- ⑦ INTERRUPTOR GENERAL TERMOMAGNETICO 3 X 400 A MARCA ITE, TIPO KV No SERIE B-11336, CAP INT 50000 A, 500 V, 400 AMP, 60 HZ
- ⑧ INTERRUPTOR GENERAL TERMOMAGNETICO 3 X 350 A MCA ITE, TIPO KV No SERIE B-11335, CAP INT 26000, 600 V, 350 AMP, 50 HZ
- ⑨ INTERRUPTOR GENERAL TERMOMAGNETICO 3 X 800 A MCA FEDERAL PACIFIC, MARCO NJG, CAP INT 22-50KA, 600 V/22 KA, 60 HZ

TAP	VOLT	AMP
1	6615	43.64
2	8458	44.7
3	8390	45.82
4	6143	47.00
5	5985	48.23

Fig. 2.2d

Características de la subestación eléctrica
Diagrama unifilar de la subestación de la Biblioteca Central.

Como se observa en la figura las dimensiones del local donde está instalada son de 9 x 4.4 m y las de la subestación son de 5.5 x 1.2 m, vistos de planta.

Para mayores referencias se puede consultar el diagrama unifilar de la subestación en el Apéndice 1 al final de éste escrito.



Fig. 2.3

Transformador de la Subestación

En cuanto a sus características eléctricas la subestación es de una capacidad de 500 kVA, marca Square D, cuyos datos de placa del transformador son los mostrados en la tabla T.2.1.

Marca	Viggers
Capacidad	500 kVA
Tensión	6300 – 220/127 V
Tipo	OA
Clase	8.7 kV
Fases	3
Frecuencia	60 Hz
Altitud	2300 msnm
Temperatura	65 °C

Tabla T.2.1
Características eléctricas del transformador.

Finalmente se puede mencionar que el mantenimiento que se le brinda a la subestación se da cada año por parte de la Dirección General de Obras y Conservación.

2.2 Informe de las mediciones realizadas en los tableros de la Biblioteca Central

Para analizar las condiciones actuales de los tableros se hizo uso de los datos obtenidos en el análisis más reciente realizado a la biblioteca por parte del personal de Proyecto de Ahorro de Energía² en el año 2000. A continuación se presenta el estudio de los problemas encontrados en dicho análisis.

Para detectar las anomalías de las instalaciones eléctricas, se realizaron mediciones en cada uno de los circuitos de los tableros derivados, instalados en el edificio, las mediciones se hicieron puntuales en base a su voltaje, corriente y temperatura para así determinar si efectivamente están trabajando en condiciones normales, o si existen problemas, saber las posibles causas que los originan.

Se identificó en cada tablero el calibre y la protección de cada uno de sus circuitos, para determinar si efectivamente el circuito está diseñado de acuerdo con la carga instalada y con esto, determinar si el calibre del conductor y su protección son las adecuadas.

A continuación se presenta un resumen de las condiciones actuales de las instalaciones de la Biblioteca Central, así como los problemas encontrados y propuestas de soluciones.

² PAE Proyectos de Ahorro de Energía, Facultad de Ingeniería PAEFI

Se encontraron:

1. Circuitos con sobrecalentamiento de hasta 40°C de temperatura.
2. Tableros desbalanceados, mal instalados con circuitos compartidos, sin conexión a tierra física.
3. Circuitos con conductores delgados y sobrecargados.
4. Conexiones flojas y protecciones eléctricas viejas.

Se propone:

1. Cambio de tableros actuales por tableros de mayor capacidad.
2. Cambio de protecciones y conductores por unos de mejor calidad.
3. Balanceo de tableros a un máximo del 3%.
4. Separación de carga de contactos e iluminación.
5. Independizar los circuitos compartidos.
6. Mantenimiento preventivo a todos los tableros (limpieza, peinado de cables, apriete de conexiones, cambio de protecciones dañadas).

El informe completo y recomendaciones para cada caso particular, resultado del estudio, se presentan en el Apéndice 2.

2.3 Tableros de la Biblioteca Central

En la Biblioteca Central existen 31 tableros derivados, los cuales se encuentran distribuidos en todo el edificio. En la tabla T2.2 se puede observar, el nombre de los tableros, su ubicación, el área y el tipo de carga que controla cada uno de ellos.

Tablero	Ubicación	Área que controla	Tipo de carga que controla
TISOT2	Sótano 2	Acervo	Lámparas y contactos
TISOT1	Sótano 1	Almacén	Lámparas y contactos
T2SOT1	Sótano 1	Acervo y bodega	Lámparas y contactos
T1PBAS	Planta Basamento	Pasillos externos	Lámparas y contactos
T2PBAS	Planta Basamento	Oficinas	Lámparas y contactos
T3PBAS	Planta Basamento	Departamento de producción	Lámparas y equipo de cómputo
T4PBAS	Planta Basamento	Departamento de producción	Lámparas y contactos
T5PBAS	Planta Basamento	Departamento de producción	Regulador de 7.5 KVA
T6PBAS	Planta Basamento	Departamento de producción	Equipo de aire acondicionado 4320 W
T7PBAS	Planta Basamento	Departamento de producción	Lámparas y contactos de oficinas
T8PBAS	Planta Basamento	Área técnica	Lámparas y equipo de cómputo
T9PBAS	Planta Basamento	Departamento de adquisiciones bibliográficas	Lámparas y contactos
T10PBAS	Planta Basamento	Baños y pasillos	Lámparas

T1PBP	Planta Principal	Fotocopias	Contactos
T1EP	Entrepiso	Oficinas y pasillos	Lámparas, contactos y equipo de cómputo
T2EP	Entrepiso	Oficinas	Lámparas y contactos
T3EP	Entrepiso	Varias	Lámparas, contactos, carga de 220 V
T1PA	Planta Alta	Oficinas de información y divulgación	Lámparas, contactos y equipo de cómputo
T1N1	Primer Nivel	Oficinas	Lámparas y contactos
T2N1	Primer Nivel	Oficinas y sala de lectura	Contactos regulados para el 1º, 2º y 3er Nivel
T1N2	Segundo Nivel	Salas de préstamo	Lámparas y contactos
T1N3	Tercer Nivel	Salas de préstamo	Lámparas y contactos
T1N4	Cuarto Nivel	Biblioteca Economía y Derecho	Lámparas y contactos con ventiladores
T2N4	Cuarto Nivel	Biblioteca Economía y Derecho	Contactos regulados para el 5º, 6º y 7º Nivel
T1N5	Quinto Nivel	Publicaciones periódicas	Lámparas y contactos con ventiladores
T1N6	Sexto Nivel	Publicaciones periódicas	Lámparas y contactos con ventiladores
T1N7	Séptimo Nivel	Departamento de tesis	Lámparas y contactos con ventiladores
T1N8	Octavo Nivel	Departamento de tesis	Lámparas y contactos con ventiladores
T2N8	Octavo Nivel	Departamento de tesis	Contactos del 8º, 9º y 10º Nivel
T1N9	Noveno Nivel	Departamento de selección	Lámparas y contactos
T1N10	Décimo Nivel	Departamento de adquisiciones	Lámparas y contactos

Tabla T2.2
Taleros de la Biblioteca Central

Nota: Para observar la ubicación de estos tableros en el edificio se pueden consultar los planos de la Biblioteca Central en el Apéndice 3.

2.4 Consumo de energía eléctrica actual

Para realizar el análisis de consumo de energía se realizó un monitoreo a la subestación eléctrica utilizando un analizador de redes eléctricas, dicho aparato tomó muestras en intervalos de una hora durante una semana (11/Mayo/00 al 18/Mayo/00) de las siguientes variables: tensión, corriente, potencia (real y aparente), Energía en kWh, factor de potencia y frecuencia.

Para este estudio es importante tener claro algunos conceptos, los cuales se presentan a continuación.

Demanda Máxima: Es la mayor demanda en kW, sostenida en un intervalo de 15 minutos, durante un periodo especificado (día, semana o mes).

Factor de demanda: Es la relación entre la demanda máxima, ocurrida en el intervalo considerado, de un sistema o parte de un sistema y la carga total conectada al sistema o a la parte del sistema bajo consideración.

Factor de utilización: Es el cociente entre la demanda máxima y la capacidad nominal de una subestación.

Gráficas del monitoreo de la subestación
del 11/05/00 al 18/05/00

Demanda Total por semana

Biblioteca Central, S.E. 500 kVA, (11-18/05/00)

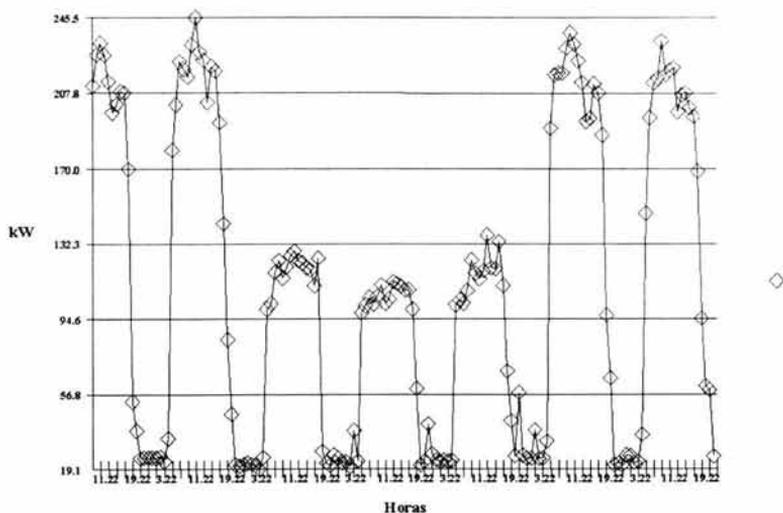
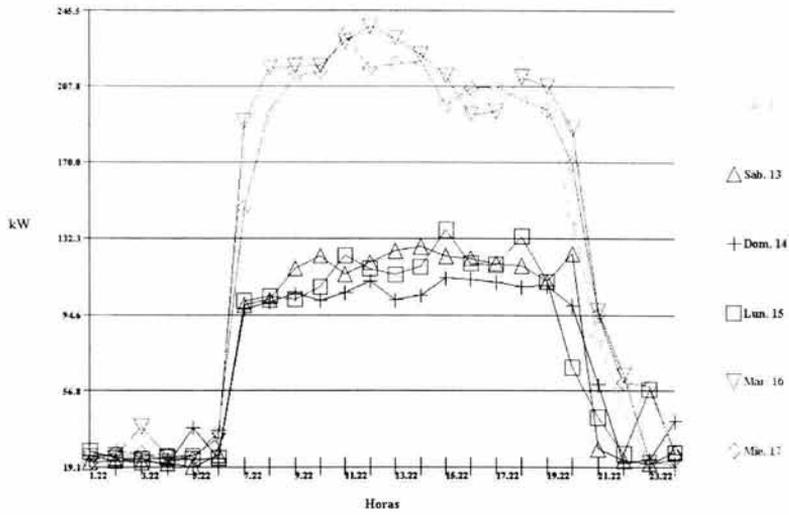


Figura 2.4

**Demanda Total por semana
Comparativo por día
Biblioteca Central, S.E. 500 kVA, (11-18/05/00)**



**Figura 2.5
Variación de Voltaje**

Biblioteca Central, S.E. 500 kVA, Viernes 12

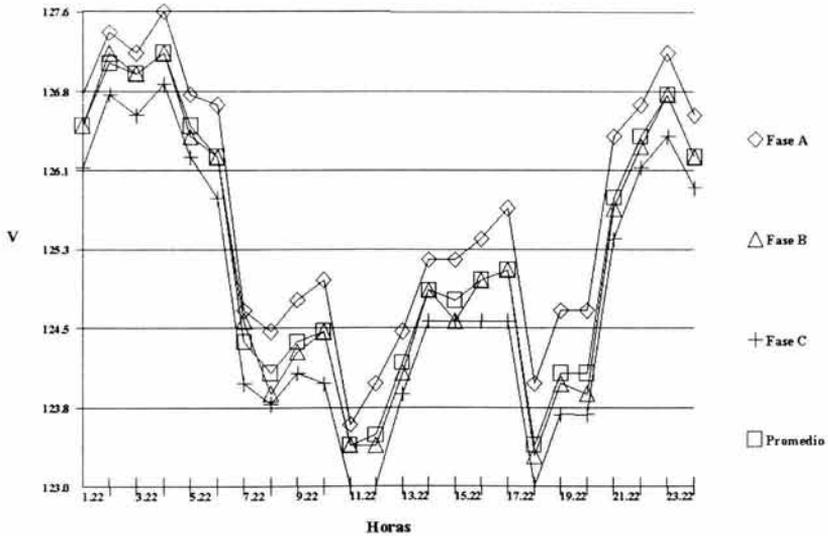


Figura 2.6

Variación de Corriente

Biblioteca Central, S.E. 500 kVA, Viernes 12

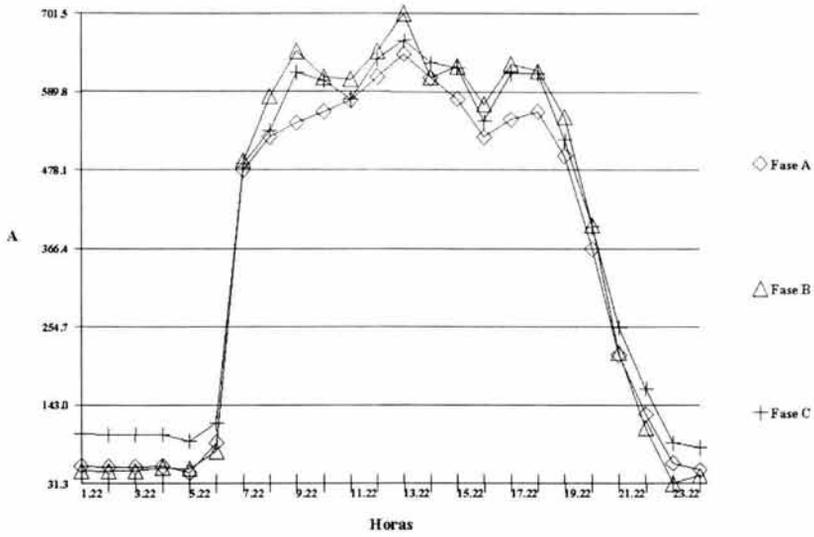


Figura 2.7
Frecuencia

Biblioteca Central, S.E. 500 kVA, Viernes 12

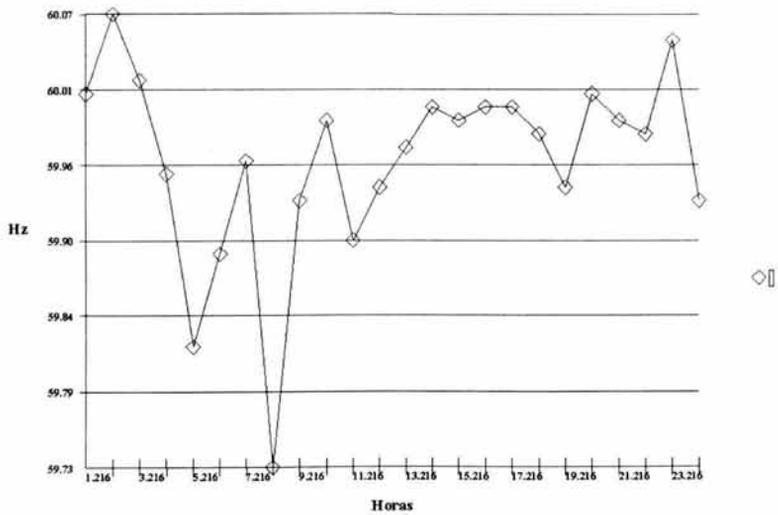


Figura 2.8

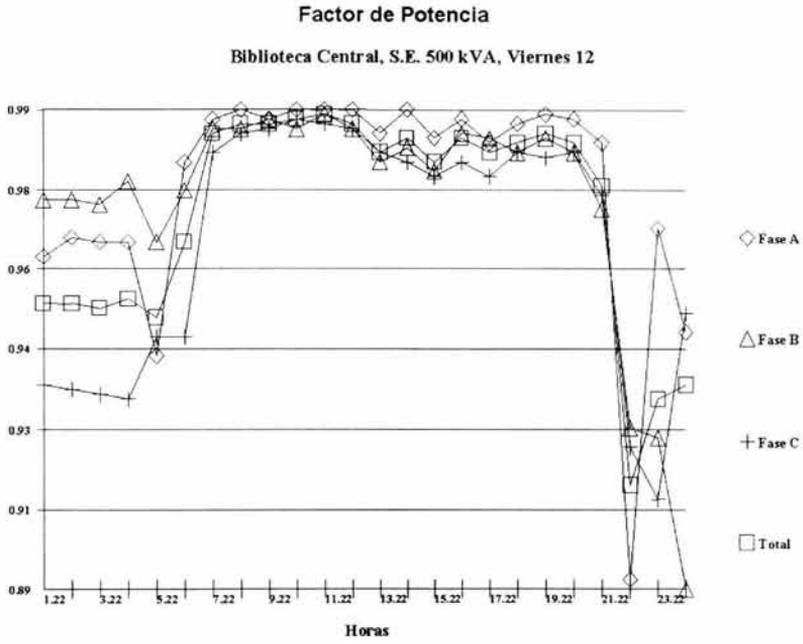


Figura 2.9

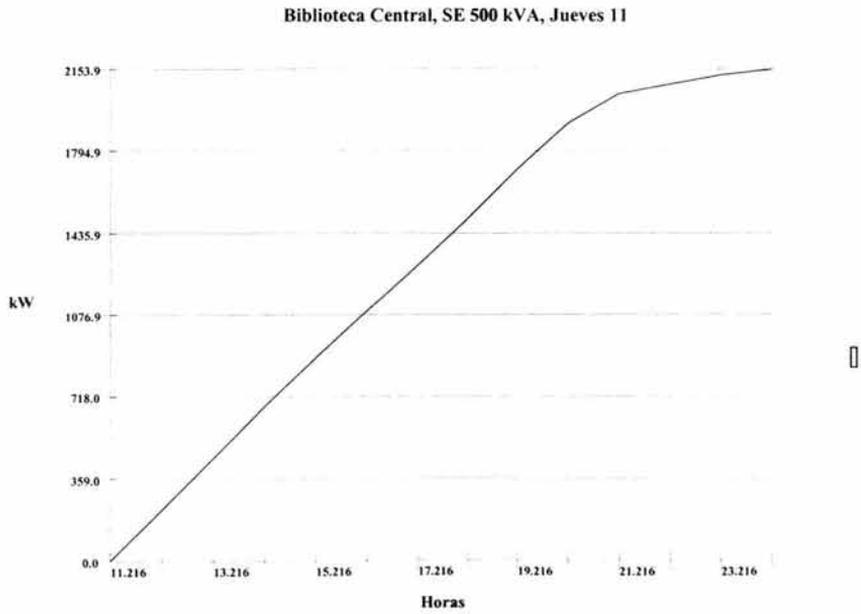


Figura 2.10

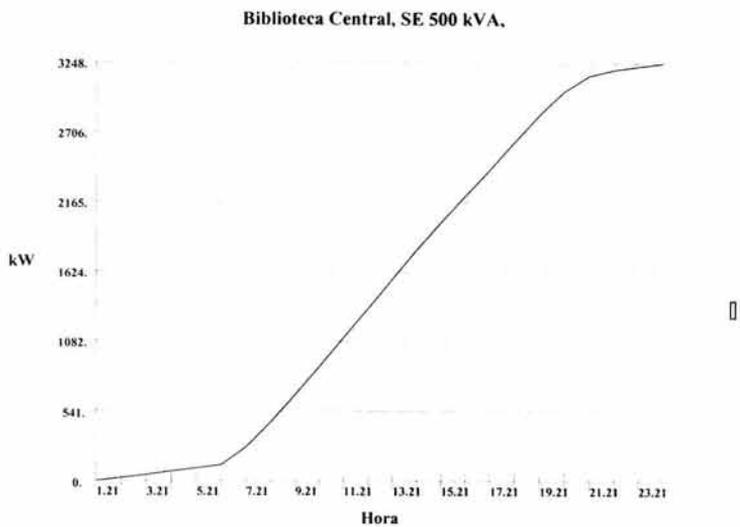


Figura 2.11

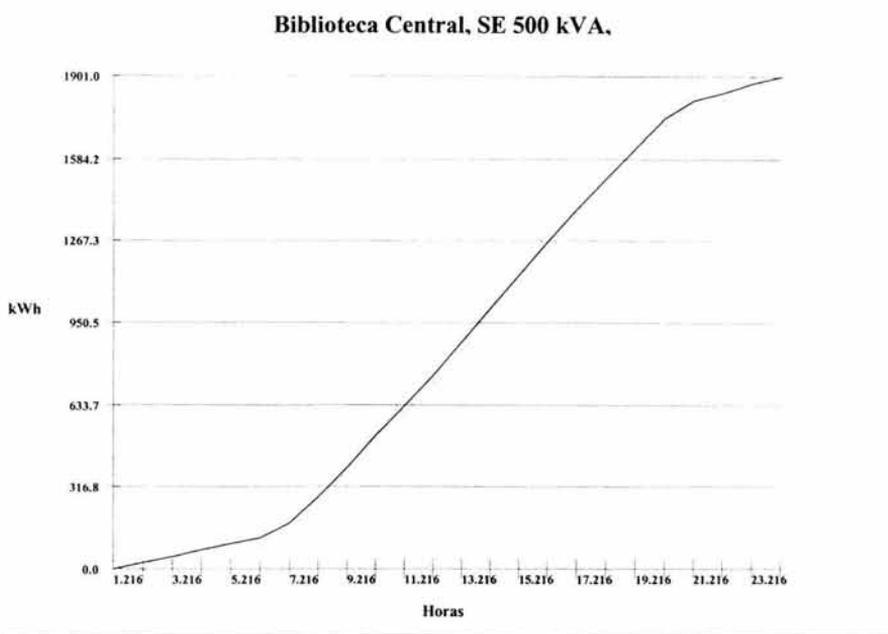


Figura 2.12

Biblioteca Central, SE 500 kVA,

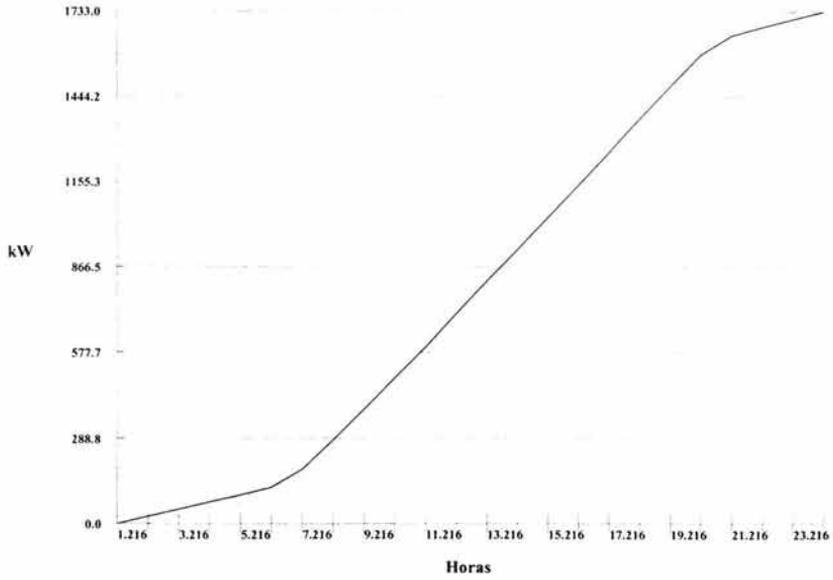


Figura 2.13

Biblioteca Central, SE 500 kVA,

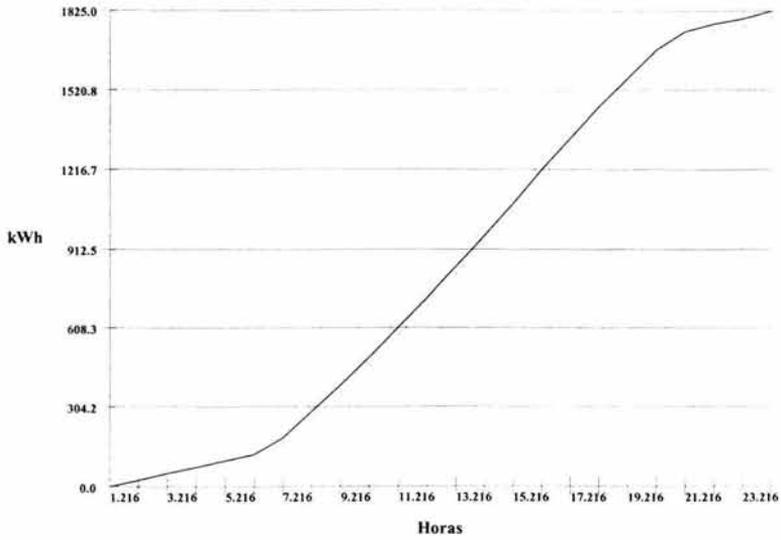


Figura 2.14

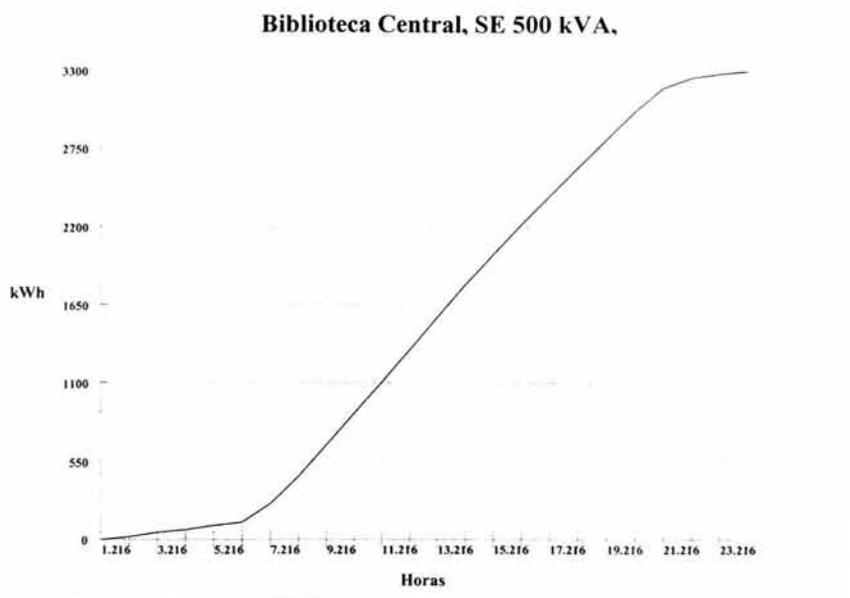


Figura 2.15

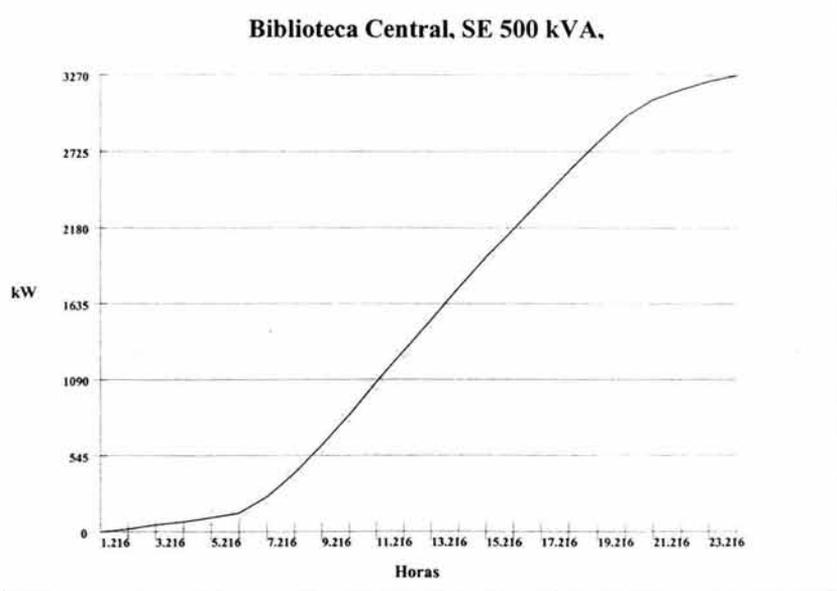


Figura 2.16

Para nuestro caso los valores que se encuentran en las mediciones son:

Demanda máxima	245.5 kW
Factor de demanda	0.3456745
Factor de utilización (I _p =0.9)	0.5455556

Tabla T2.3

Resultados del consumo de energía.

Como se puede observar se está demandando solo un 34.56% de la carga conectada, mientras que la subestación está siendo utilizada en un 54.55%.

El dato de demanda máxima se obtuvo consultando las gráficas generadas de las mediciones del monitoreo.

Costo de la energía

La tarifa contratada por la UNAM es Horaria a Media tensión (HM)³, todas las características de dicha tarifa se presentan en el Apéndice 3.

Conociendo los términos de cobro de la tarifa H-M y con ayuda de los datos obtenidos del monitoreo realizado a la subestación podemos estimar el costo de la energía, en este caso se calcula para una semana del mes de mayo del 2003.

Los datos se muestran en la tabla T2.4.

COSTO DE LA DEMANDA FACTURABLE											
	DP	DI	DB	DPI	FRI	FRB	DI-DP	DB-DPI	DF	COSTO kW	COSTO MENSUAL \$
C x Dem Fact	185	245	108.6	245	0.3	0.15	60	60	212	90.63	19,213.56
COSTO DE kWh EN EL PERIODO BASE											
	Lun-Vie	Sábado	Dom y fest.	Costo kWh	Total \$						
C x kWh Base	568.7	171.6	1480.1	0.4576	1,016.05						
COSTO DE kWh EN EL PERIODO INTERMEDIO											
	Lun-Vie	Sábado	Dom y fest.	Costo kWh	Total \$						
C x kWh Intermedio	13090.24	1742.4	122.34	0.5478	8,192.31						
COSTO DE kWh EN EL PERIODO PUNTA											
	Lun-Vie	Sábado	Dom y fest.	Costo kWh	Total \$						
C x kWh Punta	906.35	0	0	1.7124	1,552.03						

TOTAL \$
29,973.95

T2.4
Costo de la energía

³ Tarifas eléctricas en: www.lfc.gob.mx

Capítulo 3

Cambio del equipo de iluminación

3.1 Métodos para ahorrar energía en edificios

Ahorro de energía en la iluminación de interiores

El enorme consumo de energía eléctrica en inmuebles representa una importante área de oportunidad de ahorro. El diseño de instalaciones sin criterios luminotécnicos avanzados, la ausencia durante muchos años de normalización sobre eficiencia energética, la falta de observancia de las normas y recomendaciones vigentes, el continuo crecimiento de carga en instalaciones existentes y la falta de mantenimiento adecuado son algunas de las causas del uso ineficiente de energía en inmuebles. Aunque los problemas y por lo tanto las soluciones son particulares para cada unidad, algunos de los primeros se repiten frecuentemente.

En el 2001 el consumo final energético (3,718.829 Peta joules¹) por sector y tipo fue de la siguiente manera²:

- 42.5% debido al sector Transporte (1,614.226 Pj) del cual 0.3% fue energía eléctrica.
- 32.5% debido al sector Industrial (1,166.370 Pj) del cual 28.7% fue energía eléctrica.
- 20% debido al sector Residencial, comercial y público (837.315 Pj) del cual 24.2% fue energía eléctrica.
- 3% debido al sector Agropecuario (110.393 Pj) del cual 24.3% fue energía eléctrica.

Con base a las experiencias de diagnósticos energéticos en cuanto al consumo de energía eléctrica en la zona metropolitana de la Ciudad de México se han encontrado los siguientes porcentajes promedio: iluminación 50%, aire acondicionado 30%, contactos 12% y motores 8%².

Alternativas para ahorro de energía en iluminación

Parte importante para el ahorro de energía es la selección del equipo adecuado, este debe ser eficiente y adecuado a las necesidades particulares de cada problema. A continuación se mencionan algunos equipos y sus características.

¹ 1 Peta Joule = 1×10^{15} Joule

² Balance Nacional de Energía 2001, Secretaría de Energía (SENER).

Lámparas fluorescentes

Funcionamiento: las lámparas fluorescentes son lámparas de descarga de vapor de mercurio en baja presión. Una corriente eléctrica se hace pasar a través del vapor de mercurio en el tubo de vidrio provocando que ésta emita una radiación ultravioleta. Los fósforos en el interior del tubo de vidrio convierten a la radiación ultravioleta en luz visible. Diferentes fósforos dan como resultado las diferentes apariencias de color. El balastro provee la cantidad de corriente necesaria a la lámpara.

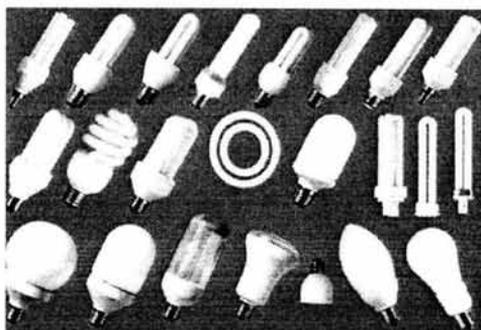


Figura 3.1
Lámparas fluorescentes

Lámparas fluorescentes ahorradoras

- *Descripción general.* Fueron desarrolladas para sustituir a las fluorescentes normales, pero operando con 10-20% menos de consumo a cambio de 5-10% de reducción de luz
- *Características físicas.* Están rellenas de mejores gases, recubrimientos fosfóricos especiales, algunos tipos incorporan una guarda para disminuir la depreciación de lúmenes.
- *Vida útil.* Bajo condiciones estándar de operación tienen una vida útil de 20,000 horas.
- *Beneficios para el usuario.* Cuando se operan con balastos adecuados, se obtiene una reducción promedio de consumo de 24% contra 10% en reducción de luz.

Balastro para lámparas fluorescentes

Es un dispositivo que, por medio de inductancias, capacitancias o resistencias, solas o en combinación, limitan la corriente de lámparas fluorescentes al valor requerido para su operación correcta y también, cuando es necesario suministra la tensión y corriente de encendido, y en el caso de balastos para lámparas de encendido rápido suministra la tensión para calentamiento de cátodos.

Balastros electromagnéticos de alta eficiencia

- *Descripción general.* Son balastros fabricados con alta tecnología y mejores materiales para reducir pérdidas. Trabajan a temperaturas internas muy bajas con lo que aumentan su vida útil.
- *Ahorro de energía típica.* Ahorran directamente 10% en promedio con respecto a los normales, además de que reducen la carga térmica.
- *Vida útil.* Se considera de 50,000 horas.
- *Beneficios para el usuario.* El ahorro de energía es atractivo, con factor de balastro similar a los normales. Al reducir la carga térmica se ahorra también en el equipo de acondicionamiento ambiental.

Balastros electrónicos

- *Descripción.* Son balastros de estado sólido que pueden ser discretos o integrados y trabajan con alta frecuencia y bajas pérdidas (4 a 6 watts promedio) mejorando además la eficacia de la lámpara.
- *Características físicas.* Como trabajan a alta frecuencia evitan el efecto estroboscopio. Los hay de potencia de lámpara constante y de potencia variable (dimmer's).
- *Ahorro de energía.* En combinación con lámparas ahorradoras pueden permitir ahorros de hasta 35% si se les compara con balastros y lámparas normales.
- *Vida útil.* Se considera de 50,000 horas.
- *Beneficios para el usuario.* Como trabajan con máximo factor de eficacia de balastro (ver apéndice 5), a alta frecuencia, con factor de cresta idóneo, excelente regulación, mínimo nivel de ruido, termoprotector integrado, pérdidas reducidas y otras cualidades.

Los posibles ahorros en términos económicos ó de energía que se esperan obtener a través del cambio de equipo se calculan fácilmente en función de la variación de densidades de carga, la tarifa contratada y las horas de operación en un periodo determinado.

Existen acciones adicionales, entre las que se encuentran las siguientes:

- Optimización de luz natural
- Apego a las densidades de carga
- Revaloración de reflectancias
- Mantenimiento

El ahorro potencial por concepto de iluminación es en general muy grande. Sin embargo, debe tenerse especial cuidado al emprender acciones para ahorrar energía en iluminación. Debe entenderse que, de acuerdo a la filosofía de Ahorro y uso eficiente de la energía, se puede considerar ahorro exclusivamente aquella disminución en el consumo que no disminuya la calidad de vida del usuario.

3.2 Sistema de iluminación instalado actualmente en la Biblioteca Central

Actualmente en la Biblioteca Central se encuentra instalado el siguiente equipo de iluminación fluorescente:

Tipo de luminario	4X40 W	4X75 W	2X75 W	1X75 W	2X40 W	1X40 W
Cantidad	15	61	674	551	374	503

Tipo de luminario	2X32 W *	2X20 W	1X20 W
Cantidad	139	28	27

Tabla T3.1

Cantidad y tipos de luminarios instalados actualmente

* Este equipo es de alta eficiencia con lámparas T8 y balastos electrónicos cuyo consumo es de 61 Watts. Se encuentran instaladas en las oficinas del nivel Basamento



Figura 3.2
Lámparas T8
Nivel Basamento



Figura 3.3
Lámparas T12
Salas de Consulta

Considerando que todos los demás conjuntos son T12 con balastos electromagnéticos convencionales que agregan aproximadamente un 25% de consumo en watts se tienen los siguientes consumos por luminario:

Conjunto	Potencia
4X40	200 W
4X75	375 W
2X75	187.5 W
1X75	93.75 W
2X40	100 W
1X40	50 W
2X20	50 W
1X20	25 W

Tabla T3.2
Consumos por luminarios

Considerando el total de luminarios instalados se tiene que la carga total instalada por iluminación es de 276,910.25 W.

Actualmente se encuentra en remodelación los niveles del basamento, el ala poniente de este nivel esta totalmente remodelada en cuanto al sistema de iluminación se refiere con equipo de 2X32 W T8, estos se encuentran en luminarios de rejilla, en la parte oriente se encuentra equipo T8 parcialmente instalado, motivo por el cual no se harán recomendaciones para este nivel.

3.3 Beneficio del conjunto lámparas T8 balastro electrónico

Este equipo a pesar de ser fluorescente y esto en teoría se pudiera interpretar como un adecuado sistema de iluminación, no es así, debido a que los elementos mencionados anteriormente no son los más eficientes que existen ahora en el mercado, estas lámparas fluorescentes T12 en conjunto con sus balastos convencionales electromagnéticos, pueden sustituirse por lámparas T8 y balastos electrónicos de alta eficiencia logrando beneficios como son:

En lámparas T8

- Mayor nivel de iluminación
- Disminución de la carga conectada ya que tienen un menor consumo usadas en conjunto con balastos electrónicos
- Mayor índice de rendimiento de color con respecto a las T12 (86 aprox.)



Fig. 3.4
Lámparas fluorescentes T8

En balastos electrónicos

- 1) Supresión de radio interferencia.
 - Compatibilidad electromagnética.
- 2) Desconexión automática.
 - En respuesta a fallas de lámpara.
 - En respuesta a operación sin carga.
- 3) Alta eficiencia.
 - Bajas pérdidas (<10% de la potencia de la lámpara)
 - Mínimo calentamiento (<30°C)
- 4) Amplios rangos de tensión.
 - 127 a 277V \pm 10%.
 -
- 5) Bajo contenido de armónicas <10% y alto factor de potencia.

- 6) Encendido confiable.
 - Operan sobre un amplio rango de temperatura (0°C a 50°C)
- 7) Nivel de ruido clase A (de 20 a 24 dB).
- 8) Menores dimensiones y peso con respecto a los balastros electromagnéticos.³

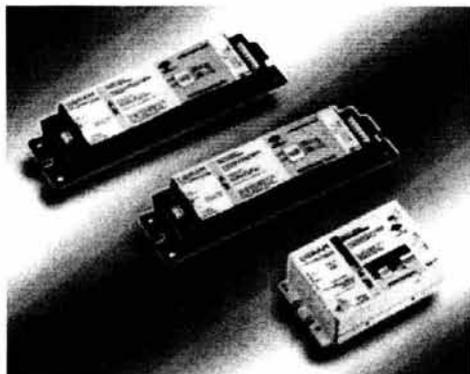


Fig. 3.5
Balastros electrónicos

En el Apéndice 5 se muestran más características a considerar para la selección de equipo eficiente.

Por los motivos anteriormente mencionados es que se propone este tipo de equipo para la Biblioteca Central.

3.4 Normatividad de la propuesta de cambio

La propuesta de cambio del sistema de iluminación debe también considerar situaciones como la densidad de carga, cuyo valor en la norma mexicana es de 16W/m² (NOM-007-ENER-1995) y los niveles de iluminación recomendados en las normas universitarias:

- Bibliotecas 500 luxes
- Baños 150 luxes
- Pasillos interiores y exteriores 150 luxes
- Escaleras interiores 50 luxes

La norma universitaria permite una variación de $\pm 10\%$.

³ Los datos aquí presentados fueron tomados del catálogo de Luz de Osram del año 2002

Teniendo en cuenta estos puntos se hará una propuesta de cambio de iluminación con la menor inversión inicial posible, que disminuya la carga conectada por iluminación y nos represente el mejor modo de manejarlo de forma automática.

Para determinar los niveles de iluminación actuales en la biblioteca se realizaron mediciones con un luxómetro, dichas mediciones se hicieron de noche para observar únicamente la iluminación proveniente de los luminarios sin la contribución de la luz natural.

Dichos valores son de:

Planta Principal	
Mesas de lectura	298.3 luxes
Estantes	144.55 luxes
Niveles 2 al 7	
Mesas de lectura	227.77 luxes
Estantes	154.78 luxes
Oficinas	211.42 luxes

Tabla T3.3
Niveles de iluminación actuales

Se mencionan los niveles del edificio donde se encuentran salas de consulta.

Como se pretende que la inversión inicial sea mínima se sugiere que las lámparas del nuevo sistema sean de las mismas dimensiones que las que se van a sustituir, esto con el fin de evitar gastos por cambio de plafón o situaciones similares, ya que la gran mayoría de los luminarios colocados son de tipo empotrado, por lo cual este es un aspecto importante a considerar para minimizar la inversión.

Por otro lado para garantizar que se cumplirán con los niveles de iluminación adecuados con los equipos seleccionados para sustituir al equipo actual, debido a esto se hará uso de un programa para simular estos niveles, dicho programa es el Visual 2.2 (Apéndice 6), en el se ocupará la información de las curvas fotométricas de los luminarios propuestos y se analizarán sus comportamientos.

	T12	T8
WATTS	75	59
LUMENES	6300	5900
WATTS	40	32
LUMENES	3100	2950
IRC* (%)	62	86
WATTS	20	17
LUMENES	1260	1400

Tabla T3.4
Comparación de lámparas T12 con T8

* Índice de Rendimiento de Color

La comparación se hace en base al tamaño y la temperatura de color correlacionada (ver Apéndice 5) de los luminarios actualmente instalados en la Biblioteca Central, esto con el fin de aprovechar los lugares que ya se tiene para los luminarios, como se mencionó anteriormente, se observa una disminución en los lúmenes que entregan las lámparas T8, para compensar esta disminución se seleccionarán luminarios que tengan reflectores especulares de aluminio (figura 3.6), con el fin de aprovechar al máximo la luz que se perdería en un luminario que no tenga reflector, como los que se encuentran actualmente instalados, además también es conveniente seleccionar luminarios con difusor de rejilla para las oficinas, la ventaja de este tipo de difusor es que no producen reflejos en los monitores de las computadoras (figura 3.7) y esto agrega un grado de confort para las personas que trabajan en estas áreas.

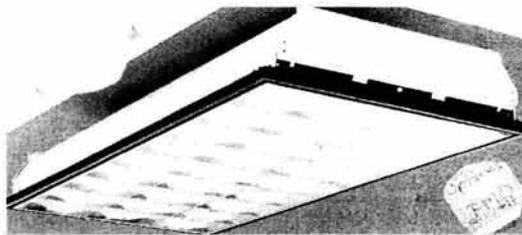


Figura 3.6
Tipos de luminarios propuestos

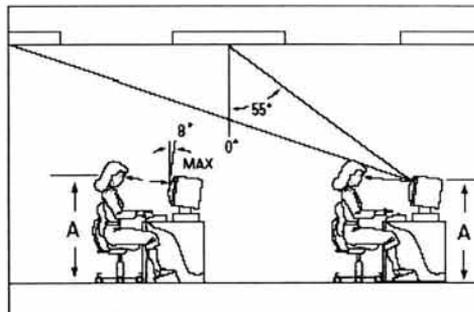


Figura 3.7
Eliminación de reflejos en monitores

3.5 Comparación equipo actual / equipo propuesto

Cabe señalar que no se cambiarán todos los luminarios ya que hay algunas áreas de poco acceso o tránsito en las cuales no se justifica hacer una inversión que lo único que ocasionaría es que el tiempo de recuperación aumentará, algunas de estas áreas son los sótanos y el nivel 10 que son de acceso restringido y por lo tanto de poca ocupación. En el caso del cambio de las lámparas de 20W T12 por lámparas de 17W T8 se justifica debido al aumento en los lúmenes de ésta última, característica que nos favorece ya que son para iluminar el área donde se encuentran ubicados los ventiladores y ya que en ocasiones

necesitan mantenimiento y es necesario tener una buena iluminación en dicha área para de prevenir los accidentes.

Luminarios que permanecen sin cambios

Los luminarios que permanecerán sin cambios son los que se encuentran en los siguientes niveles:

- Sótano 1
- Sótano 2
- Basamento*
- Nivel 10

* El basamento permanece sin cambios para fines de estudio debido a que se encuentra en etapa de remodelación motivo por el cual no se cuenta con los datos necesarios para actualizar los planos con los que se cuenta.

Niveles donde se proponen cambios en los luminarios

Los niveles en los cuales se hace propuesta de cambio son los siguientes:

- Planta Principal
- Entrepiso
- Planta Alta
- Niveles del 1- 9

A continuación se muestra la cantidad de luminarios que se van a cambiar y los que se proponen.

Luminarios instalados actualmente

		4X75	2X75	1X75	4X40	2X40	1X40	1X20
PP	T2EP	8	86	30	2	14		
	T3EP	53	81					
EP	T1EP		85			49		
PA	T1PA		25	20	12	53		
	T2PA		2	20		20		
	T3PA				12			
NIVEL 1	T1N1		50			30		2
NIVELES	T1		27	44		10	44	2
2,3,4,5 Y7								
NIVEL 6	T1N6		32	36		10	36	2
NIVEL 8	T1N8		67			11		2
NIVEL 9	T1N9		20	55		9	55	2
	TOTAL	61	475	205	26	206	135	10
	WATTS	22875	89062.5	19218.75	5200	20600	6750	250
	WATTS TOTALES			163956.25				

Tabla T3.5

Resumen del equipo de iluminación actual

Propuesta de cambio de luminarios

		4X32	2X32	1X32	1X17
PP	T2EP	18	186	60	
	T3EP	106	162		
EP	T1EP		221		
PA	T1PA		79		
	T2PA		24	40	
	T3PA	12			
NIVEL 1	T1N1		132		2
NIVELES	T1		64	144	2
2,3,4,5 Y7					
NIVEL 6	T1N6		74	108	2
NIVEL 8	T1N8		145		2
NIVEL 9	T1N9		49	165	2
	TOTAL	136	1136	517	10
	WATTS	15232	64752	15510	160
	WATTS TOTALES			95654	
	DIFERENCIA			68302.25	watts
				58.34	%

Tabla T3.6

Resumen del equipo de iluminación propuesto

Los consumos de estos últimos conjuntos son los siguientes:

Conjunto	Potencia
4X32	112W
2X32	57W
1X32	30W
1X17	16W

Tabla T3.7
Consumos del equipo de iluminación propuesto

Estos valores son para balastros de encendido instantáneo (ver apéndice 5).

En el apéndice 7 se presentan los cuadros de carga propuestos para el sistema de iluminación, se propone separar los circuitos de iluminación y los circuitos de contactos por lo que se presentan los cuadros únicamente considerando el equipo de iluminación y balanceados a un máximo de 3%, con una caída de tensión máxima de 2%, como aclaración se esta proponiendo utilizar prácticamente el mismo arreglo que se tiene actualmente y al igual que la tubería. En el apéndice 3 se muestran los planos correspondientes a los cambios propuestos.

Como se puede observar se tiene una reducción de 68,302.25W con respecto al sistema actual, lo cual corresponde a un 58.34%.

3.5.1 Equipo Propuesto

A continuación se muestra un listado con los productos propuestos para la realización de este proyecto.

Luminarios:

- Para lámparas de 2x32 con reflector de aluminio con difusor de rejilla de 18 celdas, tipo empotrado
- Para lámparas de 1x32 con reflector de aluminio con difusor de rejilla de 9 celdas, tipo empotrado
- Para lámparas de 4x32 con reflector de aluminio con difusor de rejilla, tipo empotrado
- Para lámparas de 1x17 de canaleta

Balastros

- 2x32 T8 electrónico de encendido instantáneo a 127 V
- 1x32 T8 electrónico de encendido instantáneo a 127 V

- 4x32 T8 electrónico de encendido instantáneo a 127 V

- 1x17 T8 electrónico de encendido instantáneo a 127 V

Las lámparas son T8 con temperatura de color blanco cálido.

Los balastos y lámparas que aquí se propone son marca Osram.

Finalmente se analizará lo referente a la densidad de carga por iluminación en el área donde se proponen los cambios, esta se calcula fácilmente dividiendo la potencia por iluminación instalada entre el área total, para nuestro caso considerando los niveles donde se proponen los cambios (Planta Principal, Entrepiso, Planta Alta y Niveles del 1 al 9) se tiene un área total de 10,555.68 m². Y tomando en cuenta los datos de potencia de las tablas T3.6 y T3.7 se tiene:

DPEA = 15.53 W/m² para el equipo actual

DPEA = 9.06 W/m² para el equipo propuesto

Por lo cual se puede notar que ambos valores están dentro de la norma (NOM-007-ENER-1995), pero aun así la DPEA con el cambio de sistema de iluminación propuesto resulta estar muy por debajo de lo establecido por la norma, por lo cual es más conveniente.

En cuanto a lo niveles de iluminación que se obtienen con el cambio propuesto, se puede observar que se encuentran en niveles bastante aceptables para lo que son salas de lectura que son iguales o superiores al nivel propuesto de 500 luxes, esto se puede notar más a detalle en el Apéndice 6.

3.6 Controles de iluminación

El diseño total de iluminación junto con la selección de luminarias es lo que se lleva la mayor parte en la determinación del costo de energía requerida para el sistema de iluminación; más reducciones pueden realizarse con el uso de un sistema de control de iluminación efectivo.

Se debe tener en cuenta que:

El objetivo de un control de iluminación es el de fomentar el máximo uso de luz solar y el evitar el uso innecesario de luz cuando los espacios estén desocupados.

Además, las condiciones de luz producidas por los sistemas de control siempre deben proveer iluminación satisfactoria a los habitantes del inmueble. Cualquier sistema de control debe asegurar que condiciones aceptables sean siempre provistas a los ocupantes. Seguridad, efectividad visual y confort son prioritarios al ahorro de energía.

Mientras que el mayor beneficio del control de iluminación es usualmente generado en términos de ahorro de energía, un buen sistema de control también provee:

- *Productividad y Satisfacción a los ocupantes*
Un buen ambiente de trabajo es esencial para la productividad y el confort.

- *Flexibilidad de Planeación*

El uso de controles electrónicos permite el rediseño o reasignación de los lugares de trabajo sin alterar las nuevas luminarias.

- *Mejor administración de la información*

Un sistema de control de iluminación centralizado puede proveer información de iluminación de diferentes zonas, asistir a su mantenimiento y también asistir a la seguridad cuando esté ligado a detectores de presencia.

3.7 Métodos de control

Cinco métodos básicos de control de iluminación serán descritos, los cuales pueden ser empleados por separado o en combinación. No todo tipo de lámparas son apropiadas para disminuir su intensidad de luz o para cambiar su frecuencia; esto se considerará a continuación.

1. Controles manuales locales

Interruptores locales y atenuadores de intensidad de luz (dimmer's) pueden estar permanentemente conectados como interruptores de pared ó pueden ser operados por control remoto. Éstos son similares a los controles de TV y están basados en señales en el infrarrojo o pueden ser ultrasónicos. El receptor debe ser montado cerca de las luminarias a controlar. Así al hacer cambios de mobiliario no es necesario recablear.

Luminarios controlados por un solo receptor deberán cubrir un área que tenga un factor de luz solar constante. En espacios largos, hileras de luminarios paralelas a las ventanas deben tener su propio interruptor. Donde haya múltiples interruptores, una señalización clara es muy benéfica.

2. Interruptores de tiempo

Se utilizan para horarios preestablecidos en el inmueble; encender la luz poco antes del inicio del horario de trabajo y apagar todo el sistema de luz al finalizar la jornada de trabajo. Suficientes luces deben permanecer encendidas por seguridad y alguna forma de sobrepaso en el tiempo de encendido debe ser provista para personas que trabajan tarde. Los interruptores de tiempo también son efectivos para iluminación exterior, pero requieren ser ajustados conforme a la época del año.

Estos interruptores son diseñados para que los ocupantes puedan utilizar controles locales que comiencen de nuevo la cuenta del tiempo (reset) de luminarios individuales o de pequeños grupos cuando se requiera.

3. Detección de presencia

Sensores de presencia pueden ser empleados para encender la luz en cuanto una persona entra a un área controlada. La luz es apagada cuando no se ha detectado presencia en después de un intervalo de tiempo preestablecido; este intervalo de tiempo es escogido a modo de evitar un encendido-apagado frecuente.

Sensado Ausente. Una estrategia alternativa es usar un interruptor manual que prenda la luz, el sensor apaga las luces cuando no se ha detectado presencia en un tiempo establecido.

Sensado Presente. Funciona tanto el encendido como el apagado debido a la presencia de la persona, esto es muy útil en áreas donde la gente mantiene sus manos ocupadas.

Tecnologías Tecnología PIR (Rayos Infrarrojos Pasivos)

Los detectores PIR reaccionan sólo ante determinadas fuentes de energía tales como el cuerpo humano. Estos captan la presencia detectando la diferencia entre el calor emitido por el cuerpo humano y el espacio alrededor.

Los sensores PIR utilizan un lente de Fresnel que distribuye los rayos infrarrojos en diferentes radios (o zonas), los cuales tienen diferentes longitudes e inclinaciones, obteniendo así una mejor cobertura del área a controlar. Cuando se da un cambio de temperatura en alguno de estos radios o zonas, se detecta la presencia y se acciona la carga.

Con objeto de lograr total confiabilidad, esta tecnología integra además, un filtro especial de luz que elimina toda posibilidad de falsas detecciones causadas por la luz visible (rayos solares), así como circuitos especiales que dan mayor inmunidad a ondas de radio frecuencia.

La tecnología PIR permite definir con precisión al 100% el área de cobertura requerida.

Tecnología Ultrasónica

Los detectores ultrasónicos son sensores de movimiento volumétricos que utilizan el principio Doppler. Los sensores emiten ondas de sonido ultrasónico hacia el área a controlar, las cuales rebotan en los objetos presentes y regresan al receptor del detector. El movimiento de una persona en el área provoca que las ondas de sonido regresen con una frecuencia diferente a la cual fue emitida lo cual es interpretado como detección de presencia.

Los sensores ultrasónicos contienen un transmisor y uno o varios receptores.

Estos transmiten las ondas sonoras a una alta frecuencia generada por un oscilador de cristal de cuarzo. Dicha frecuencia es tan alta que no alcanza a ser percibida por el hombre.

Dado a que la cobertura ultrasónica puede "ver" a través de puertas y divisiones, es necesario darle una ubicación adecuada al sensor para evitar así, posibles detecciones fuera de la zona deseada.

Las áreas con alfombra gruesa y materiales antiacústicos absorben el sonido ultrasónico y pueden reducir la cobertura. La eficiencia del sensor también puede verse alterada por flujo excesivo de aire (provocado por aires acondicionados, ventiladores, calefacción, etc.).

Tecnología Dual

La tecnología Dual combina las tecnologías PIR y Ultrasónica, proporcionando así el control de iluminación en áreas donde los sensores de una sola tecnología pudieran presentar deficiencias en la detección.

La combinación de PIR y Ultrasónica permite que el sensor aproveche las mejores características de ambas tecnologías, ofreciendo así mayor sensibilidad y exactitud de operación.

Esta tecnología presenta diferentes configuraciones de operación. La configuración estándar enciende la iluminación cuando las dos tecnologías detectan ocupación de forma simultánea, la mantiene encendida mientras una de las dos siga detectando presencia y la apaga cuando el área se desocupa. Según las condiciones específicas de la zona a controlar, es posible cambiar dicha configuración.

Un ejemplo de aplicación pudiera darse en una sala de cómputo: El flujo de aire (generado por el aire acondicionado) podría provocar falsos encendidos para un sensor ultrasónico, mientras que la falta de actividad en el área pudiera provocar falsos apagones con un PIR. Este tipo de problemas se pueden resolver con la tecnología Dual, ya que para el encendido de las luces, el detector, en su configuración estándar, necesita detección de presencia de las dos tecnologías (pudiéndose entender esto como "confirmación" de presencia en el área), mientras que para mantener la luz encendida, sólo es necesario que alguna de las dos tecnologías detecte movimiento por mínimo que éste sea.

A los detectores de presencia se les pueden agregar fotoceldas, las cuales limitan la operación de la lámpara cuando hay suficiente luz ambiental.

4. Nivel de luz

En espacios continuamente ocupados que tienen una buena proporción de iluminación natural, es posible controlar la luz de modo que ésta se apague cuando la iluminación natural sea suficiente, y de nuevo, suministre la cantidad de luz requerida conforme la iluminación natural disminuye. Las fotoceldas son utilizadas para monitorear el nivel de iluminación en el espacio y regularla.

Además, es necesario incorporar un retraso temporal en los sensores a modo de evitar un encendido-apagado causado por niveles de luz variantes, por ejemplo, debido a una nube pasajera.

5. Control de escenarios

El control de iluminación de escenarios es una parte importante en el diseño interior. Éste es utilizado para cambiar los esquemas de iluminación en diferentes horas del día; como por ejemplo, en Hoteles, Restaurantes, etc. Otros ejemplos son los cuartos multifunciones que requieren un rango de escenas de iluminación acordes a diferentes actividades.

En este tipo de controles se guardan las condiciones individuales de las luminarias para cambiar o intercambiar entre escenarios según se requiera.

3.8 Factores humanos

La operación de controles de iluminación es inmediatamente perceptible para los ocupantes del inmueble y por esta razón es esencial que las necesidades y el comportamiento de los usuarios sean tomados en cuenta desde un principio.

Encuestas han mostrado que donde los usuarios tienen poco o nulo control sobre las luces en su lugar de trabajo, o pocos conocimientos del uso apropiado de los controles, satisfacción y desperdicio de energía son comunes. Alta satisfacción y eficiencia energética son asociadas generalmente con altos niveles de control local y un alto conocimiento de cómo operan los controles, por ambos, usuarios finales y administradores de la instalación.

Encuestas a ocupantes han sugerido algunos puntos generales a tener en mente:

- *La gente es buena para juzgar si necesitan o no las luces encendidas*

No prenda las luces o aumente la intensidad automáticamente a menos que sea esencial por seguridad, o apropiado para áreas de administración.

- *La gente no es buena para apagar las luces*

Trate de proveer apagado automático, pero...

- *A la gente no le gusta que la dejen en la oscuridad*

Donde sea posible que las luces sean atenuadas porque se deba dar un aviso de emergencia, debe haber interruptores locales fácilmente accesibles y visibles.

- *A la gente le disgustan los sistemas automáticos que los distraen o que no hacen lo que ellos quieren*

Encendido automático u oscurecimiento por pasos es mejor a tiempos predeterminados que a intervalos aleatorios.

- *Controles locales deben ser accesibles y con una operación intuitiva*

Los interruptores deben estar cerca del punto de decisión y con una clara señalización de su operación.

- *Existen diferentes opiniones*

Seleccionado el equipo, los usuarios deciden dentro de un rango de niveles de iluminación. Niveles bajos son escogidos para trabajar con computadoras y gente con deficiencias visuales o encargados de un trabajo más exacto necesitarán una taza adicional de luz. (Ver tabla T 3.8).

ESPACIO	CARACTERÍSTICAS	EJEMPLOS	PROBLEMAS	MÉTODO SATISFACTORIO
Propio	Los ocupantes miran el espacio como suyo y quieren tomar sus propias decisiones acerca del estado de las luces.	Pequeñas oficinas, particularmente de una o dos personas.	Los ocupantes necesitan tener el control al prender y apagar los interruptores. Cualquier ajuste automático debería ser imperceptible, por ejemplo: sensado de ocupación o atenuación de luz gradual.	Evitar apagado automático, excepto posiblemente en pequeñas habitaciones sin ventanas. Interruptores manuales al lado de la puerta pueden ser usados eficazmente. Considere sensado ausente y atenuado de luces fotoeléctrico para evitar pérdidas. Siempre proveer anulación manual.
Compartido	Los ocupantes miran su parte del espacio como suya, pero no puede tener total control de los sistemas los cuales tienen que satisfacer a otros también. Idealmente debería haber algún control de	Oficinas de planeo. Algunas de producción, mantenimiento y áreas de laboratorio.	Los sistemas omiten los estados convenientes pero ineficaces, típicamente con todas las luces encendido. El estado entonces cambia solamente	Circuitos de control de iluminación separados para circulación, decoración y seguridad evitan el encendido de luces en todo. Idealmente tener interruptores

	iluminación.		si la situación llega a ser indeseable o en el final del día. Personal de seguridad y de limpieza quizá necesiten diferentes controles.	manuales y ajuste en diferentes estaciones de trabajo. Considere una instalación del tipo "último en salir, luces apagadas".
Temporalmente Propio	Los ocupantes están usualmente presentes por unas cuantas horas. Ellos pueden tener control individual o en consenso mientras estén allí, pero quizá no estén muy familiarizados con los controles. Las luces se dejan prendidas cuando el lugar se queda vacío y nadie se hace responsable.	Salas de juntas, habitaciones para entrevistas, áreas de laboratorio de escritura, salones de clase, salones de lectura.	Controles difíciles de encontrar o de entender. En salas de juntas la detección de presencia debe contar con anulación local para presentaciones, etc. Fastidio del accionamiento de los detectores de presencia. Interruptor manual a menudo preferible.	Controles locales altamente visibles y fáciles de entender son requeridos en lugares obvios. Sensado ausente es deseable, preferiblemente con una instalación del tipo "último en salir, luces apagadas" a la salida. Salas de enseñanza y de presentaciones puedan requieran atenuado de luces y control desde un atril.
Ocasionalmente Visitado	Los ocupantes visitan ocasionalmente el área. Quizá hay largos periodos de vacaciones durante ese tiempo. La gente quizá tenga sus manos ocupadas. Iluminación segura quizá sea necesaria en espacios amplios.	Baños, almacenes, cuartos de maquinas, armarios del personal de limpieza, pasillos del almacén.	Las luces se dejan encendidas por largos periodos innecesariamente. Sensores de presencia puedan no ver a las personas en partes remotas del espacio o puedan ser disparados por personas pasajeras.	Considerar sensores de presencia o temporizadores, si no hay implicaciones de seguridad, e.g. en áreas donde los pasillos principales deben estar con iluminación todo el tiempo. Para pequeños cuartos un interruptor a la puerta y una luz indicadora pueden ser suficientes.
No propio	Espacios en los cuales sin embargo pasa la gente. La gente esperará que su camino esté iluminado adecuadamente. La gente pueda ser preparada para operar los interruptores bien localizados, pero quizá no apague las luces luego.	Pasillos, áreas de circulación, escaleras, vestíbulos, bahías de cargamento, estacionamientos. Iluminación debería ser bien estructurada que satisfaga la ruta, y que ahorre energía.	Las luces seguidas son dejadas prendidas innecesariamente, ya sea en el día o cuando el área se vacía. Dificultad para encontrar interruptores de día; éstos necesitan estar en obvios lugares, bien	Sensorias de detección de presencia o interruptores de tiempo (temporizadores) permiten apagar las luces cuando la gente se ausenta. Evitar oscuridad repentina por atenuamiento de las luces (dimmeo).

			marcados y quizás con indicadores de luz. Muchas luces encendidas al mismo tiempo.	En áreas de iluminación de día, controles fotoeléctricos (sensores de luz) pueden dar excelentes ahorros de energía.
Manejado	Los espacios públicos más largos en los cuales los ocupantes normalmente no esperarían operar las luces. Niveles ambientales de luz pueden a menudo variar dentro de un rango ancho.	Restaurantes, bibliotecas, áreas para multitudes, etc. A menudo horas de uso bien determinadas, así los sistemas pueden ser programados.	Las luces a menudo se dejan encendidas innecesariamente, ya sea cuando hay suficiente luz solar o cuando no hay gente presente. La gerencia está a menudo muy ocupada con otras cosas para hacer ajustes finos a la iluminación.	Arregle los circuitos según uso y luz del día. Considere el ligar lo fotoeléctrico a la luz del día o iluminación baja fuera de las horas donde se requiere. Trate de utilizar iluminación decorativa de baja energía donde se requiera.

Tabla T 3.8

Controles de iluminación para diferentes categorías de espacio ocupado

3.9 Sistemas y componentes

Selección del sistema

Los factores que influyen en la selección de un sistema de control de iluminación son:

- Patrón de Ocupación-Presencia esperado
- La disponibilidad de luz solar
- El nivel deseado de sofisticación del sistema de control
- El costo del sistema vs. los potenciales de ahorro
- La necesidad de cumplir cambios para el edificio o patrones de uso

Un inmueble con poca luz solar y un personal trabajando en un horario regular requerirá más que un simple interruptor que se apague al final de la jornada de trabajo. Requerirá prevenir que no se enciendan de nuevo las luces una vez terminada la jornada de trabajo o que se dejen encendidas por personas de mantenimiento o de seguridad.

¿LUZ DE DÍA DISPONIBLE?

Si:

{

MULTI OCUPACIÓN

{

Ocupación variable

*** Interruptor de tiempo

** Interruptor manual

* Fotoeléctrico

* Sensor de presencia

Ocupación intermitente programada

*** Interruptor de tiempo

- * Interruptor manual
- * Fotoeléctrico
- * Sensor de presencia

Ocupación total

- *** Interruptor de tiempo
- *** Fotoeléctrico
- * Interruptor manual
- }

1 ó 2 OCUPANTES

{

Ocupación variable

- *** Interruptor de tiempo
- ** Sensor de presencia
- }

No:

- Todos los tipos de ocupación
- *** Interruptor de tiempo e interruptor manual
- *** Sensor de presencia

Donde el número de asteriscos significa:

- *** Definitivamente Recomendado y debería producir ahorros.
- ** Se espera producir ahorro, pero la tasa de recuperación no es muy alta.
- * Bajo consideración; ahorros dependen de una examinación detallada.

3.10 Análisis del sistema de control de acuerdo a las necesidades de la Biblioteca Central (Filosofía del control de iluminación)

El diseño del sistema de control de la iluminación va de la mano del análisis de las necesidades de cada uno de los recintos de la Biblioteca Central, por esto se llevó a cabo el análisis de cada uno de los niveles del inmueble, así como de cada una de las oficinas, salas y pasillos de éste; ya que de este análisis resultará el tipo de sensores a utilizar para cada caso específico. Los diversos tipos de sensores existentes en el mercado se tratan más adelante de este capítulo.

Como se observó en el capítulo anterior, la Biblioteca Central se compone de diez y seis niveles que se muestran a continuación:

- * Fotoeléctrico

Ocupación total

- *** Interruptor manual
- ** Fotoeléctrico
- * Interruptor de tiempo
- }

BAJA OCUPACIÓN

{

Ocupación intermitente

- *** Sensor de presencia
- * Interruptor manual
- * Interruptor de tiempo
- * Fotoeléctrico
- }

1. Sótano 2
2. Sótano 1
3. Basamento
4. Planta principal
5. Entrepiso
6. Planta alta
7. Primer nivel
8. Segundo nivel
9. Tercer nivel
10. Cuarto nivel
11. Quinto nivel
12. Sexto nivel
13. Séptimo nivel
14. Octavo nivel
15. Noveno nivel
16. Décimo nivel

Cada uno de estos niveles se inspeccionaron físicamente, los resultados de dicha inspección se presentan en los siguientes párrafos:

Sótano 1 y Sótano 2

Consideramos que, al usarse los sótanos como bodegas principalmente, el control de la iluminación será de tipo ON-OFF, es decir que de manera manual y mediante un interruptor el usuario de estos recintos podrá encender las luces mientras se encuentra dentro de este lugar.

Basamento

Actualmente este nivel cuenta con un sistema de iluminación eficiente, y al tratarse de oficinas en las que laboran trabajadores durante todo el día consideramos que las luces de éste nivel deberán permanecer encendidas para evitar el desgaste de los luminarios por encendido y apagado.

Planta principal

En esta planta es en donde se llevan a cabo muchas de las actividades de la biblioteca, tal es el caso de la consulta de los catálogos vía Internet, préstamo del servicio de computadoras, fotocopiado, sala de consulta, caja de la biblioteca, préstamo a domicilio, etc. De igual manera se cuenta con algunas oficinas.

SALA ORIENTE

En esta sección de la planta principal siempre se encuentra a gente en las mesas de consulta, así como también hay gente en los pasillos de los estantes de libros. En la zona de trámites como credenciales y préstamo a domicilio también hay personas laborando la mayor parte del tiempo en que la biblioteca presta sus servicios. Por estas razones

consideramos que en este lado de la planta principal el sistema de iluminación siempre deberá permanecer encendido, esto para evitar el desgaste innecesario de los luminarios. Además se cuenta con un par de oficinas, las cuales cuentan con iluminación natural a través de pequeñas ventanas, por lo que en éstas el sistema de iluminación podrá ser con interruptores manuales, atenuadores de luz (dimmer's) o con sensores de luz; que detectan el nivel de luz ambiental y en base a éste prenden o apagan la luz, de acuerdo con la oficina que se trate. En la sección de mesas de lectura se puede hacer uso de un sistema de iluminación con atenuadores de luz (dimmer's) ya que se cuenta con un gran número de ventanales que proveen durante el día una buena cantidad de luz natural, lo cual nos llevará a ahorrar energía en el sistema de iluminación.

PARTE CENTRAL

En la parte central de esta planta se cuenta con pasillos, elevadores y baños, todas estas secciones son muy concurridas por lo que el sistema de iluminación deberá permanecer encendido todo el tiempo.

También existen dos secciones de fotocopiado, una debajo de las escaleras principales de la biblioteca, esta sección deberá permanecer con iluminación artificial todo el tiempo que se tenga gente laborando, y como los tiempos en que se labora en ese lugar bien se puede usar un interruptor manual para encender el sistema de iluminación. La otra sección de fotocopiado cuenta con ventanales que proveen luz natural durante el día, por lo que en esta sección se puede hacer uso de sensores atenuadores de luz (dimmer's).

SALA PONIENTE

En esta sala se encuentra localizada la sección de computadoras en la que generalmente se encuentran usuarios trabajando, por lo cual deberá permanecer siempre encendido el sistema de iluminación. En la zona de estantes se puede mantener el sistema de iluminación siempre encendido por la presencia constante de usuarios. De igual manera que la sala oeste, esta sala cuenta con oficinas con ventanales por lo que su sistema de iluminación podrá ser atenuado para aprovechar la luz natural.

Entre Piso

En el entrepiso los pasillos y zona de escaleras la iluminación deberá permanecer siempre encendida ya que circula gente regularmente, estos pasillos incluyen la parte de la DGB (Dirección General de Bibliotecas) y la subdirección de informática. Los baños deberán contar con sensores de presencia ya que a éstos sólo tienen acceso los trabajadores con llave propia, por lo que solo deberán encender cuando alguna persona los esté usando. En este nivel se cuenta con oficinas que reciben directamente luz natural a través de ventanales durante el día, por esto en estos recintos se podrá realizar el control a través de sensores atenuadores de luz (dimmer's) para aprovechar la luz natural.

Planta alta

Esta planta se encuentra dividida por varias secciones, sin embargo en general se trata de oficinas que cuentan con ventanas que proveen buena cantidad de luz natural por lo

que su sistema de iluminación podrá ser con atenuadores de luz (dimmer's). Los pasillos y escaleras deberán permanecer siempre encendidos por la constante circulación de personas. De las secciones con las que cuenta esta plata se encuentran: Planeación, Información y divulgación, Secretaría Académica.

Los baños son de uso exclusivo de los trabajadores, ya que el acceso es con llave, por lo que su sistema de iluminación será activado por sensores de presencia.

Primer Nivel

En el lado Oriente se tiene la videoteca, cuyo sistema de iluminación deberá permanecer siempre encendido. Además se cuenta con una pequeño salón de conferencias, que por su uso el sistema de iluminación deberá se con atenuadores de luz (dimmer's) dependiendo del material que se exponga

El lado poniente, elevador, pasillos y escaleras deberán permanecer siempre prendidos por su constante circulación de personas.

Los baños de ambos lados deberán contar con sensores de presencia.

Segundo Nivel

En general en todos los niveles la sección de elevador y escaleras deberán permanecer todo el tiempo con iluminación por lo que no se mencionarán de aquí en adelante. Tanto en la sala poniente como en la oriente constantemente hay usuarios en la sala por lo que en la sección de consulta y estantes deberá haber iluminación todo el tiempo, así como también en las secciones de préstamo a domicilio. La iluminación de los baños deberá de controlarse a través de sensores de presencia.

Tercer Nivel

Este nivel se encuentra en la misma situación que el Segundo Nivel por lo que se controlará del mismo modo.

Cuarto Nivel

Este nivel se encuentra en la misma situación que el Segundo Nivel por lo que se controlará del mismo modo.

Quinto Nivel

En este nivel se cuenta con el acervo científico y técnico, tanto en la sala poniente como en la oriente constantemente hay usuarios por lo que en la sección de consulta y estantes el sistema de iluminación estará encendido todo el tiempo, así como también en las secciones de préstamo a domicilio. La iluminación de los baños deberá de controlarse a través de sensores de presencia.

Sexto Nivel

SALA PONIENTE

En esta sala se encuentra un área de consulta, los catálogos por computadora y oficinas. Todas estas secciones deberán contar con iluminación todo el tiempo, mientras que en los estantes, al tratarse de una zona no abierta al público, el sistema de iluminación se controlará a través de interruptores de tiempo y los baños por sensores de presencia.

SALA ORIENTE

Esta sala se manejará con el mismo criterio de la Sala Poniente debido a que tiene las mismas características: área de consulta, estantes no accesible al público, baños. Y además aquí se encuentra la zona de intendencia la cual deberá permanecer con iluminación controlada por interruptor manual

Séptimo Nivel

SALA PONIENTE

En esta sala el sistema de iluminación deberá permanecer todo el tiempo encendido, mientras que en los sanitarios se deberá controlar con sensores de presencia

SALA ORIENTE

En esta sala se encuentra un área de consulta que permanecerá todo el tiempo con iluminación mientras que en los estantes, al tratarse de una zona no abierta al público, el sistema de iluminación se controlará a través de interruptores de tiempo y los baños por sensores de presencia. Y además aquí se encuentra la zona de intendencia la cual deberá permanecer con iluminación controlada por interruptor manual

Octavo Nivel

En este nivel se tiene la consulta de tesis.

SALA PONIENTE

En la sección de consulta de tesis en microfilm se deberá tener iluminación todo el tiempo, mientras que en los baños la iluminación se controlará a través de sensores de presencia.

SALA ORIENTE

En esta sala se encuentra la sección de préstamo de tesis impresas, como no es una sección de libre acceso al público el sistema de iluminación será siempre encendido en la zona de recepción, mientras que se controlará a través de interruptores de tiempo en la zona de estantes.

Noveno Nivel

Este nivel al tratarse de los procesos técnicos, deberá contar con iluminación constantemente por lo que la iluminación estará siempre encendida.

Décimo Nivel

En el décimo nivel se tiene el fondo antiguo en la sala poniente, al cual no se tiene acceso, por eso el sistema de iluminación se controlará a través de sensores de presencia o por interruptores manuales. En la sala Oriente se cuenta con una zona de trabajo, donde regularmente se dan pláticas, por esta razón esta sección deberá contar con un sistema de iluminación ajustable al trabajo que se realice ahí, es decir se controlará a través de dimmer's.

A continuación se presenta una tabla-resumen (T 3.9) de los “Patrones de ocupación” vistos en la Biblioteca Central la cual nos auxilió a determinar el método de control adecuado para cada zona del recinto.

Cabe mencionar que no se analizaron los demás pisos (2-10) debido a que son muy parecidos al primer piso en cuanto a selección del método de control.

Tabla T 3.9 "Patrones de Ocupación"

LUZ	OCUPACIÓN	PATRÓN	PP ESTE	PP OESTE	EP ESTE	EP OESTE	PA ESTE	PA OESTE	P1 ESTE	P1 OESTE	
Luz	Multi Ocupación	1.Variable	-Estantería								
		2.Intermitente									
		3.Total	-Copias-ventana -Mesas-perímetro -Baños -Oficinas	-Mesas-perímetro	-Baños -Subdirección informática	-Sala de Juntas -Baños -Oficinas con ventana	-Oficina (3)	-Oficinas (3 y Central)			
	1 o 2 Ocupantes	4.Variable			-Baños	-Baños	-Baños	-Baños			
		5.Total		-Oficina	-Oficina	-Oficinas (1,2,4,5)	-Oficinas (1,2)	-Oficinas (1-9)			
	Baja Ocupación	6.Intermitente									
		7.Todos los tipos de Ocupación	-Trámites -Pasillo y Entrada -Computadoras-consulta -Copias-escalera -Escaleras de servicio	-Estantería -Préstamo-computadoras	-Oficinas (1-4) -Pasillos -Escaleras de servicio	-Pasillos -Oficinas del centro	-Oficinas (6,7) -Pasillos		-Pasillos -Baños -Oficinas	-Pasillos -Baños -Oficinas	
No Luz											

- Con base a la figura 3.8 se recomienda el Tipo de Control (señalado con asteriscos) para determinado Patrón:

1. Variable	2. Intermitente	3. Total	4. Variable
*** Interruptores de tiempo	*** Interruptores de tiempo	*** Interruptores de tiempo	*** Interruptores de tiempo
** Interruptores manuales	* Sensores de presencia	*** Dimmer's	** Sensores de presencia
* Sensores de presencia	* Interruptores de tiempo	** Interruptores manuales	* Dimmer's
* Dimmers	* Dimmers		
5. Total	6. Intermitente	7. Todos los tipos de Ocupación	
*** Interruptores manuales	*** Sensores de presencia	*** Interruptores de tiempo e	
** Dimmer's	** Interruptores manuales	Interruptores manuales	
* Interruptores de tiempo	* Interruptores de tiempo	*** Sensores de presencia	
	* Dimmer's		

- Donde el número de asteriscos significa:

*** Definitivamente Recomendado y debería producir ahorros.

** Se espera producir ahorro, pero la tasa de recuperación no es muy alta.

* Bajo consideración; ahorros dependen de una examinación detallada.

Figura 3.8
Patrones de ocupación

3.11 Encuesta a secciones que funcionarán con Temporizadores

El 27 de agosto del 2003 se aplicó una encuesta en las zonas de estantería cerrada para saber los tiempos y la posible distribución de los interruptores en los pasillos de estos estantes, pudiendo entrevistar a algunos bibliotecarios de los pisos 7 y 8 de la Biblioteca Central. De estas entrevistas se pudieron obtener valiosas conclusiones que se muestran a continuación:

1. El tiempo de búsqueda de una tesis (Nivel 8) es de aproximadamente de 20 a 60 segundos, dependiendo de la lejanía del estante.
2. Las tesis más recientes, del 2002 en adelante son más fáciles de localizar debido a que se cuenta con dos ejemplares de cada una, mientras que de las anteriores solo se cuenta con un ejemplar, y son un poco más tardadas de localizar, llegando a ser la búsqueda de 60 segundos aproximadamente.
3. El tiempo de búsqueda del material periódico del Nivel 7, depende de la cantidad de material que se requiera por el usuario, ya que en muchas ocasiones se pueden llegar a pedir más de 6 documentos, esto hace que el tiempo de búsqueda aumente.
4. En general el tiempo que se requiere para encontrar un documento en el Nivel 7 es muy semejante al del piso 8, es decir, entre 20 y 60 segundos.
5. De acuerdo con las consideraciones de tiempo y número de documentos por encontrar, llegamos a la conclusión de que cinco minutos es un intervalo de tiempo adecuado para programar los Timmer's, ya que da el tiempo suficiente para entrar al pasillo donde se encuentre el documento, buscarlo y salir del pasillo.
6. El Timmer deberá contar con un sistema de interruptor para iniciar el conteo del tiempo de encendido de las lámparas, de forma que si la búsqueda del documento excede los cinco minutos se pueda reiniciar un nuevo conteo.
7. Además el sistema deberá contar con una alarma que indique que el intervalo actual de tiempo está por concluir (4 minutos 30 segundos) de forma que el bibliotecario tenga oportunidad de reiniciar el Timmer con un nuevo conteo de cinco minutos.
8. Los interruptores para reiniciar el Timmer deberán de ser 2, al inicio del pasillo y a la mitad, de esta forma el bibliotecario no tiene que atravesar todo el pasillo para reiniciar el Timmer, esto en caso de que el tiempo de búsqueda esté por concluir.

3.12 Consideraciones técnicas del equipo seleccionado para el sistema de iluminación

Selección del equipo de control

Dentro del mercado especializado en los sistemas de automatización de edificios se encuentran una gran cantidad de marcas disponibles, lo importante de las marcas a escoger es que cumplan con las normas de calidad y ahorro de energía en sus productos, esto al hablar de las NOM, del sello FIDE, además se busca que proporcionen diagramas de conexiones y garantía directa del fabricante. La investigación de las marcas se realizó vía Internet al buscar sensores que se apegaran a las necesidades que la Biblioteca requiere, sin embargo se pudo contar con una mayor información al asistir a la Expo Eléctrica Internacional 2003, llevada a cabo del 23 al 25 de julio del 2003 en el Centro Banamex.

A continuación se presentan los sensores de presencia, temporizadores y sensores de luz que se proponen.

3.12.1 Sensores de presencia

Se seleccionó este sensor para funcionar en los sanitarios por lo antes ya mencionado:

“Los baños deberán contar con sensores de presencia ya que a éstos sólo tienen acceso los trabajadores con llave propia, por lo que solo deberán encender cuando alguna persona los esté usando...”.

TORK

- *PS51D-120 Interruptor pasivo infrarrojo – línea de pared*

Características:

- Controla luces fluorescentes y balastos electrónicos.
- Reemplaza un interruptor ordinario en sólo unos minutos.
- Ángulo de cobertura de 180° de vista.
- Apagado manual / auto-interruptor.
- Cobertura de más de 7.6x11 m.
- Llave puente que permite un encendido permanente si se requiere.

CAPACIDAD DEL INTERRUPTOR:

- Balastro de 1000 W
- Consumo de energía: 500 mW

INSTALACIÓN

Simplemente se reemplaza el interruptor manual existente ya que la unidad cabe perfectamente en una caja de interruptor simple o múltiple.

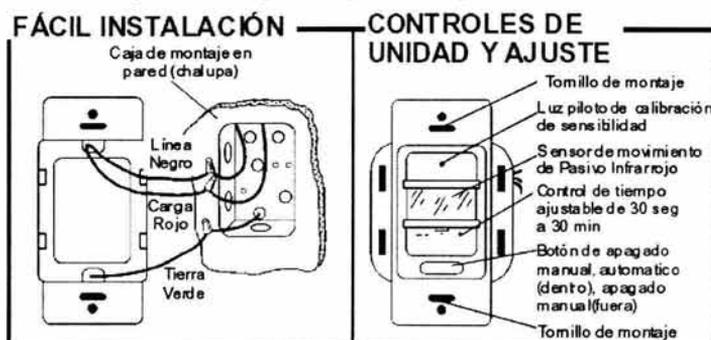


Figura 3.9
Instalación del PS51D-120

3.12.2 Temporizadores

“Pasa todo el tiempo en cada hogar y oficina: Alguien utiliza una habitación por 15 minutos pero las luces permanecen encendidas todo el día (aún toda la noche).”⁴

Se seleccionó este interruptor para funcionar en los pasillos sin acceso al público por lo antes ya mencionado:

“...en los estantes, al tratarse de una zona no abierta al público, el sistema de iluminación se controlará a través de interruptores de tiempo...”

TORK

- *SSA100 Interruptor de tiempo predeterminado*

Características:

- Ofrece intervalos de 5, 15 ó 30 minutos o de 1, 3, 6, 9 ó 12 horas.
- La programación de la unidad se hace previa a la colocación de la placa de pared.
- Cuenta con advertencia audible y/o visual que comenzará 2 minutos antes de que termine el tiempo programado.
- Compatible con balastos electrónicos, iluminación incandescente o cargas de motores.

Especificaciones:

Entrada:	127 V~
Precisión de la temporización:	0.002%
Humedad de operación:	90% humedad relativa, no condensante

INSTALACIÓN

Fácilmente reemplaza interruptores de pared en instalaciones existentes.

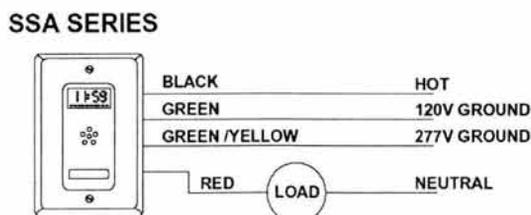


Figura 3.10
Instalación del SSA100

⁴ <http://www.leviton.com/savings/timerSwitches.asp>

3.12.3 Sensores de luz

Se seleccionó este sensor para funcionar en las oficinas con ventana por lo antes ya mencionado:

“...se cuenta con un par de oficinas, las cuales cuentan con iluminación natural a través de pequeñas ventanas, por lo que en éstas el sistema de iluminación podrá ser con interruptores manuales, atenuadores de luz (dimmer`s) o con sensores de luz...”

TORK

- *ELS-I Sensor de luz electrónico*

Características:

Es un dispositivo que asegura que la luz se apague cuando hay suficiente nivel de iluminación natural, lo cual significa un gran ahorro. Cuando el nivel de luz del día es menor al ajustado por el usuario, las luces se encenderán. Cuando el nivel de luz del día rebasa el ajuste, las luces se apagarán. Cuenta con anulación manual en caso de una falla en el sistema.

Especificaciones:

Voltaje de entrada: 24 V_{CD} (suministrado por una fuente de poder, TRP)
Corriente: 24mA nominal
Montaje: Al techo

INSTALACIÓN

El sensor de luz se coloca en el techo a aproximadamente a 90 cm. de la ventana o de la luz de día donde pueda captar los cambios en el nivel de luz deseado. El sensor tiene un LED rojo que indica cuando el nivel de luz está abajo del ajuste de nivel de luz. Y también tiene un LED verde que indica cuando el nivel de luz está arriba del ajuste de nivel de luz. El sensor posee 7 interruptores deslizables para el ajuste de nivel de luz:

1. Bodegas: 107.6 lx
2. Corredores: 269 lx
3. Exhibidores de Equipo (lobby): 538 lx
4. Salones: 807 lx
5. Salas: 1076 lx
6. Exhibidores de menudeo: 1614 lx
7. Áreas altamente críticas, calificación y clasificación de productos: 2690 lx.

El sensor está provisto con un transformador relevador TRP que puede ser instalado lejos del sensor usando un bajo voltaje en la instalación. La fuente de poder se instala en una caja sencilla o múltiple. La fuente de poder lejana debe operar un máximo de un sensor. El transformador relevador adecuado para 127V AC es el modelo TRP-1 para cargas: 20 A balastro, 20 A Tungsteno, 1.0 HP.

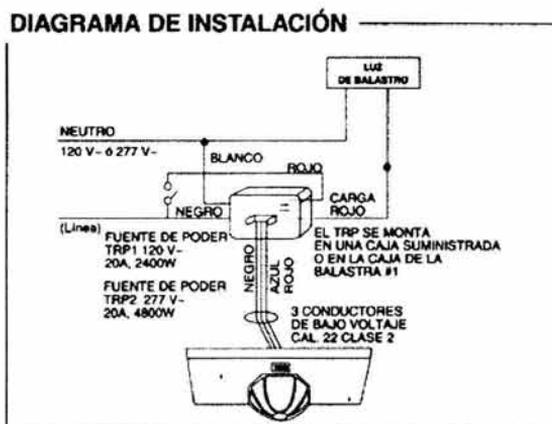


Figura 3.11
Instalación del ELS-1

3.13 Por qué no se seleccionaron atenuadores (Dimmer's)

LEVITON dice lo siguiente de sus Dimmer's:

“Atenuadores de luz (dimmer's) crean el ambiente correcto en cualquier habitación. Además, proveen el nivel adecuado de luz para cualquier tarea, ya sea en la cena, viendo TV, trabajando en la PC o leyendo. Ideal para teatros en casa, comedores, restaurantes, salones y salas de conferencias.”⁵

Para esto sirven los dimmer's; es decir, para crear un nivel de luz adecuado en una zona determinada. Pero para las necesidades de la BC y para las potenciales zonas de atenuación resultantes, los dimmer's no se aplican debido a que solo funcionarían en un intervalo relativamente corto (tarde a noche), desde que comienza a oscurecer y hasta que oscurece totalmente. Y este intervalo de tiempo, aunque si ofrece ahorros de energía, no justifica el uso de dimmer's por ser un periodo de tiempo muy corto, además de que se evita un futuro problema: la atenuación de los balastos a utilizar ya que algunos balastos no pueden ser atenuados.

3.14 Ahorro debido a los sensores de presencia

SENSORES DE PRESENCIA

“La iluminación típicamente aporta del 30% al 40%⁶ de la factura de la energía eléctrica de un edificio, aun así muchas oficinas y otras áreas permanecen desocupadas por largos periodos del día. En casa, las luces son encendidas durante horas en cuartos que están

⁵ <http://www.leviton.com/savings/dimmers.asp>

⁶ En el valle de México con clima templado este porcentaje llega al 75%.

vacíos. Tiene sentido que una excelente forma de reducir el consumo de energía sea el apagar las luces cuando las áreas están desocupadas.”⁷

Los sensores de ocupación son extremadamente rentables:	
Localización Comercial	Reducción Máxima en Consumo de Energía utilizando Sensores de Ocupación
Oficinas Privadas	25%
Cuartos de descanso	40%
Hospitales	80%

3.15 Análisis Económico

Para analizar la viabilidad del cambio del sistema de iluminación hay que tomar en cuenta aspectos como:

- Costo de mantenimiento
- Costo de la energía
- Costo del equipo propuesto

Con los primeros dos puntos podemos determinar el costo de operación del equipo y así realizar una comparación de lo que cuesta mantener el equipo actual y lo que se pudiera ahorrar realizando el cambio propuesto.

En este caso se hará dicho estudio tomando en cuenta solamente el consumo por iluminación del equipo que se planea cambiar, el equipo de iluminación que permanece sin cambios no será tomado en cuenta.

Para esto haremos las siguientes consideraciones:

Consideraremos un factor de utilización de 0.8 de lunes a viernes y de 0.7 de sábado a domingo, del total de la carga.

A pesar de que el horario al público es de 8:30 a 9:30, se considerará una media hora antes y una media hora después de dicho horario para el tiempo de trabajo de los empleados, dando un total de 14 horas al día.

Se considerará un salario para un trabajador de mantenimiento de \$200 al día.

Costo de la energía

Se supondrán los siguientes gráficos de demanda

⁷ <http://www.leviton.com/savings/indoorSensors.asp>

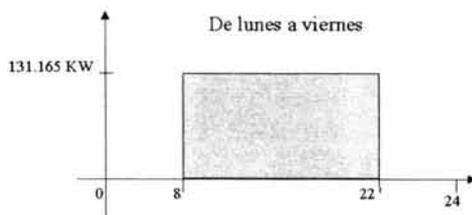


Figura 7.1
Consumo acumulado

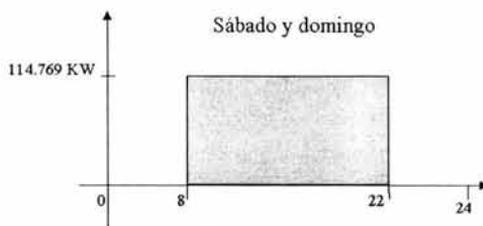


Figura 7.2
Consumo acumulado

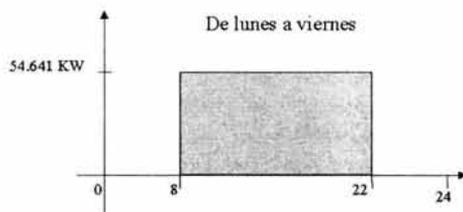


Figura 7.3
Consumo acumulado

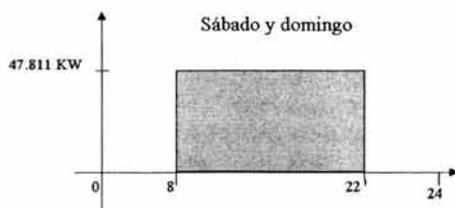


Figura 7.4
Consumo acumulado

Con base en estos gráficos se puede determinar la siguiente información, tomando en cuenta la tarifa HM usada anteriormente.

	Caso Base	Propuesta
Datos generales		
Lampara	T12	T8
Vida nominal (Hr)	12000	20000
Número de lámparas instaladas	2060	2983
Balastro	Electromagnético	Electrónico
Factor de balastro FB	0.925	0.875
Vida útil del balastro (Hr)	100000	100000
Número de balastos instalados	1118	1799
Características de uso		
Tiempo de operación al día (Hr)	14	14
Tiempo de operación al mes (Hr)	2979.2	2979.2
Tiempo de operación al año (Hr)	29792	29792
Ubicación del lugar	Zona Centro	Zona Centro
Tarifa contratada	HM	HM
Costos de energía		
Periodo abril - octubre		
Precio Kwh Base	0.4576	0.4576
Precio Kwh Intermedia	0.5478	0.5478
Precio Kwh Punta	1.7124	1.7124
Precio por demanda facturable por Kw	90.63	90.63
KWh consumidos Lu. a Vie. Base	0	0
KWh consumidos Lu. a Vie. Intermedia	1,836.31	764.98
KWh consumidos Lu. a Vie. Punta	262.33	109.28
KWh consumidos Sab. Base	0	0
KWh consumidos Sab. Intermedia	1,606.77	669.362
KWh consumidos Dom. Base	1262.46	525.927
KWh consumidos Dom. Intermedia	344.308	143.437
Demanda facturable KW	131.65	54.641
Costos por energía al mes sin IVA (\$)	25,454.62	10,585.68
Costos por energía sin IVA (\$)	127,273.10	52,928.41
Periodo noviembre - marzo		
Precio Kwh Base	0.4576	0.4576
Precio Kwh Intermedia	0.5478	0.5478
Precio Kwh Punta	1.7124	1.7124
Precio por demanda facturable por Kw	90.63	90.63
KWh consumidos Lu. a Vie. Base	0	0
KWh consumidos Lu. a Vie. Intermedia	1311.65	546.41
KWh consumidos Lu. a Vie. Punta	524.66	218.56
KWh consumidos Sab. Base	0	0
KWh consumidos Sab. Intermedia	1262.45	525.92
KWh consumidos Sab. Punta	229.54	95.62
KWh consumidos Dom. Base	1147.69	478.11
KWh consumidos Dom. Intermedia	459.07	191.24
Demanda facturable KW	131.65	54.641
Costos por energía al mes sin IVA (\$)	27,096.59	11,269.62
Costos por energía sin IVA (\$)	135,482.95	56,348.08
Costo por energía al año sin IVA (\$)	262,756.05	109,276.49

Con esto determinamos un aproximado de los beneficios económico que traería el cambio en cuanto al consumo eléctrico se refiere, que es un ahorro de 58.41%

Costo por mantenimiento

Para determinar este costo es necesario conocer el salario del trabajador, el número de lámparas y balastos que se encuentran instalados y su vida nominal para así poder determinar cuantos de estos se necesitan cambiar al año, además es necesario conocer cuanto tiempo se tarda una persona de mantenimiento para realizar dichos reemplazos.

Costos de material	Caso Base	Propuesta
Costo de lámpara (\$)	30	22
Costo del balastro (\$)	200	138
Costo del luminario (\$)	0	300
Factor de material diverso FMD	0.1	0.1
Número de lámparas reemplazadas (NLR) al año	5114	4443
Número de balastos reemplazados (NBR) al año	333	536
Costo de lámparas reemplazadas (\$)	242,048.08	188,890.57
Costo de mano de obra		
Salario de trabajador (\$)	200	200
Numero de trabajadores	2	2
Factor de Conversión SB-SR	1.7	1.7
Horas trabajador al año	29792	29792
Salario integrado al año (\$)	106,243.2	106,243.2
Tiempo de reemplazo por lámpara (Hr)	1	1
Tiempo de reemplazo por balastro (Hr)	2	2
Costo total por mantmto. sin IVA al año (\$)	20,614.01	19,668.80

Cabe hacer la aclaración que se tomaron precios promedio para el costo de las lámparas y de los balastos.

Una vez determinado estos costos se puede calcular el costo de operación de todo el equipo de iluminación al año.

Costo de Operación sin IVA al año (\$)	283,370.06	128,945.29
Costo de Operación con IVA al año (\$)	325,875.57	148,287.09

Y podemos notar que hay un ahorro de \$177,588.48 al año.

Pero, primero hay que realizar una inversión para poder adquirir el nuevo equipo, dicha inversión se muestra a continuación.

Luminario	Cantidad	Precio unitario	
4X32	136	1457.5	198220
2X32	1136	803.75	913060
1X32	517	753.75	389688

Nivel 9	2			2,482
TOTAL	22	16	9	\$ 55,250

Para mayores referencias acerca de los dispositivos anteriormente mencionados para el control de la iluminación se puede consultar el Apéndice 8.

Bibliografía

Apuntes del curso “Iluminación” Ing. Alex Ramírez R, Facultad de Ingeniería UNAM

Guía práctica para la adquisición de equipo eficiente, balastros electrónicos, CONAE, Agosto, 1999.

Catálogo de Luz de Osram, México, 2002

Paginas electrónicas:

Comisión Nacional para el Ahorro de Energía CONAE www.conae.org

Fideicomiso para el ahorro de Energía Eléctrica FIDE www.fide.org.mx

Secretaría de Energía SENER www.sener.gob.mx

Lithonia lighting www.lithonia.com

Capítulo 4

Acondicionamiento de Aire

4.1 Condiciones actuales del sistema de ventilación de la Biblioteca Central

La Biblioteca Central cuenta con un sistema de ventilación que actualmente es ineficiente para mantener las condiciones de confort. Se tienen instalados ventiladores en cada ala de la biblioteca desde el piso 1 hasta el piso 10 de las siguientes características:

Motor Trifásico de 1750 RPM
Potencia: 1.5HP
Tensión: 220V

Además se cuenta con ventiladores de pedestal que auxilian el movimiento del aire en un área reducida por lo que también resultan insuficientes.

Solo la Dirección General de Bibliotecas (DGB), situada en el Entrepiso, cuenta con un sistema de acondicionamiento de aire el cual únicamente alimenta la zona de oficinas. No se tuvo acceso a los datos de placa de este sistema.

Campo del acondicionamiento de aire

El acondicionamiento de aire es el proceso de tratamiento del mismo en un ambiente interior con el fin de establecer y mantener los estándares requeridos de Temperatura, Humedad, Limpieza y Movimiento.

¿Cómo se controla cada una de estas condiciones?

Temperatura.

La temperatura del aire se controla calentándolo ó enfriándolo.

Humedad.

La humedad, que es el contenido de vapor de agua en el aire, se controla agregando ó eliminando vapor de agua al aire (humidificación o deshumidificación).

Limpieza.

La limpieza ó calidad del aire se controla ya sea mediante filtración que es la eliminación de contaminantes indeseables por medio de filtros u otros dispositivos, o mediante ventilación, que es la introducción de aire exterior al espacio interior, con lo cual se diluye la concentración de contaminantes.

Movimiento.

El movimiento del aire se refiere a su velocidad y a los lugares hacia donde se distribuye. Se controla mediante el equipo adecuado para distribución de aire.

Los sistemas de acondicionamiento de aire que se usan en las construcciones comerciales e institucionales más recientes, así como en los edificios de apartamentos de lujo, por lo general controlan durante todo el año la mayor parte o todas las variables de acondicionamiento de aire descritas.

Aplicaciones

La mayor parte de los sistemas de acondicionamiento de aire se utilizan para dar confort a las personas, o en el control de procesos. Se sabe ya por experiencia que el acondicionamiento de aire aumenta la comodidad. Determinados rangos de temperatura, humedad, limpieza y movimiento de aire son confortables, otros no.

También se emplea el acondicionamiento de aire para obtener las condiciones que se requieren en determinados procesos. Por ejemplo, las instalaciones textiles, de imprenta, **bibliotecarias**, fotográficas, así como las **salas de computadoras** y las instalaciones médicas necesitan determinada temperatura y humedad para su buen funcionamiento.

4.2 Antecedentes

Componentes de los sistemas de acondicionamiento de aire

El calor va siempre de las zonas más calientes a las más frías.

En invierno hay una pérdida continua de calor desde el interior de una construcción hacia el exterior. Para mantener el aire interior a una temperatura confortable, se debe suministrar calor en forma continua al aire de las habitaciones. El equipo que suministra este calor se llama Sistema de Calefacción.

En verano, el calor entra incesantemente a las construcciones desde el exterior. Para mantener el aire a una temperatura confortable, este exceso de calor se debe eliminar continuamente de las habitaciones. Al equipo que elimina este calor se le llama Sistema de enfriamiento.

Un sistema de acondicionamiento de aire puede proporcionar calefacción, enfriamiento o ambos.

Sistemas de sólo agua (hidrónicos) para acondicionamiento de aire

En la figura 4.1 se muestra un sistema hidrónico típico de calefacción.

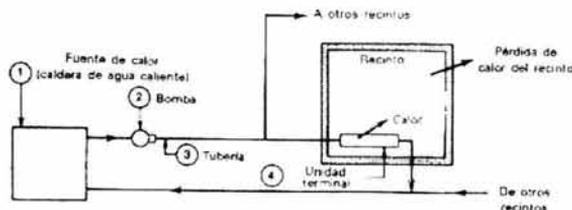


Fig. 4.1 Disposición de los componentes básicos de un sistema de calefacción por agua caliente (hidrónico).

El agua se calienta en la fuente de calor (1), que por lo general es una caldera. El agua caliente se hace circular mediante una bomba (2) y pasa a cada recinto a través de la tubería (3). Entra a una unidad terminal (4). El aire del recinto se calienta al entrar en contacto con la unidad terminal. Como el agua pierde su calor al pasar a las habitaciones, debe regresar a la fuente de calor para volver a calentarse.

Si se usa vapor en un sistema de calefacción, los componentes trabajan del mismo modo, pero con la excepción de que no es necesaria una bomba para hacer circular el vapor; la presión de éste es la que produce su circulación. Sin embargo, cuando el vapor se enfría en la unidad terminal, se condensa formando agua y podría necesitar una bomba de condensado para regresar a la caldera.

Un *sistema hidrónico* de enfriamiento (Fig. 4.2), funciona de modo semejante al de uno hidrónico de calefacción. El agua se enfría en un equipo de refrigeración, que se llama enfriadora de agua (1). Una bomba (2) hace circular el agua helada, y ésta pasa a cada recinto a través de tuberías (3) y entra a una unidad terminal (4). El aire caliente del cuarto pierde su calor en el agua fría de la unidad terminal. Como esta agua se calienta, debe regresar a la enfriadora de agua para volver a enfriarse.

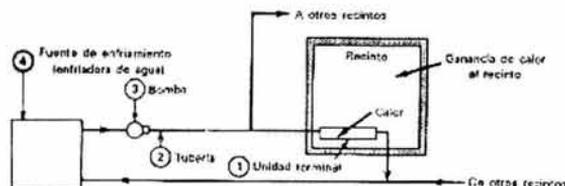


Fig. 4.2 Disposición de los componentes básicos de un sistema de enfriamiento (hidrónico).

Los *sistemas hidrónicos* son de uso frecuente en los sistemas de acondicionamiento de aire que necesitan tanto calefacción como enfriamiento. Esto se debe a que es posible emplear el mismo sistema de tubería para ambos, conectando en paralelo una caldera de agua caliente y una enfriadora de agua (Fig. 4.3), y se usa una de las dos según sea necesario.

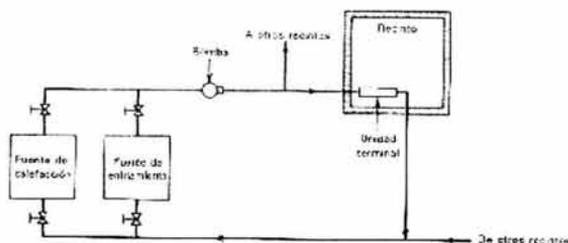


Fig. 4.3 Disposición de los componentes básicos de un sistema hidrónico de calefacción y enfriamiento.

La mayor parte de los sistemas de calefacción y enfriamiento tienen como mínimo los siguientes componentes básicos:

1. Una fuente de calefacción que agrega calor a un fluido, el cual generalmente es aire, agua o vapor.
2. Una fuente de enfriamiento que elimina el calor de un fluido.
3. Un sistema de distribución que es una red de ductos o tubería para transportar el aire, agua o vapor hacia los recintos que se van a calentar o a enfriar.
4. Equipo como ventiladores o bombas para mover el aire o el agua.
5. Dispositivos, como radiadores, para transmitir el calor entre el fluido y el recinto.

Los sistemas de acondicionamiento de aire que usan agua como fluido de calefacción o enfriamiento se llaman *sistemas hidrónicos*; los que usan aire se llaman *de solo aire*. Un sistema que emplea tanto aire como agua se llama *sistema combinado*.

Confort humano

Pérdida de calor corporal. El cuerpo humano genera calor al metabolizar (oxidar) sus alimentos. Este calor pasa continuamente a sus alrededores al medio ambiente más frío. El factor que determina si uno siente calor o frío es la Velocidad de Pérdida de Calor Corporal (VPCC).

Si la VPCC es mayor que un cierto límite se siente frío y si la VPCC es menor se siente calor.

Procesos para perder calor. Los procesos para perder calor son los siguientes:

- Convección: el aire que rodea al cuerpo recibe calor de éste. El aire caliente se aleja continuamente.
- Radiación: el calor corporal se transmite por el espacio directamente a los objetos cercanos, por ejemplo el calor corporal que se transmite a las paredes con una temperatura más baja que el cuerpo humano.
- Evaporación: el agua de la piel, la transpiración, que ha absorbido calor corporal, se evapora en el aire, llevándose el calor con ella.

A la VPCC la afectan cinco factores:

1. Temperatura del aire
2. Humedad del aire.
3. Movimiento del aire.
4. Temperatura de los objetos circundantes.
5. Prendas de vestir.

El diseñador y operador del sistema puede controlar el confort ajustando tres de estos factores:

1. Temperatura del aire.
2. Humedad del aire.
3. Movimiento del aire

Ajustes para mejorar el confort.

- La *temperatura del aire interior* se puede elevar para disminuir la pérdida de calor en invierno, o de puede bajar para aumentar la pérdida de calor en verano, mediante la convección.
- La *humedad del aire* se puede elevar para disminuir la pérdida de calor corporal en invierno (no hay necesidad de transpirar), o disminuir para aumentar la pérdida de calor corporal en verano (por transpiración) mediante la evaporación.
- El *movimiento del aire* se puede aumentar para elevar la pérdida de calor corporal en verano, o reducir para disminuir la pérdida de calor corporal en invierno.

No cabe duda de que los habitantes de los edificios tienen algún control sobre su propio confort. Por ejemplo; pueden decidir la cantidad de ropa que usan, emplear ventiladores locales para aumentar las pérdidas de calor corporal por convección o por evaporación, y hasta apartarse de paredes y ventanas para mantenerse calientes en invierno.

Calidad del aire. Otro factor que afecta el confort y la salud corporal es la calidad del aire que se refiere al grado de pureza del mismo. Éste empeora por la presencia de contaminantes como olores, humo y partículas de polvo, o gases indeseables.

Las partículas se pueden eliminar por filtración de aire, y los gases mediante el empleo de sustancias químicas absorbentes. Contaminantes como humo de cigarro u olores también pueden diluirse hasta un nivel aceptable introduciendo ventilación exterior en el edificio.

Estándares de confort

En EU se estableció una serie de condiciones ideales para interiores. El estándar 55-1981 de ANSI/ASHRAE, a partir de estudios sobre los efectos de la temperatura del aire, humedad del aire, el movimiento del aire y las prendas de vestir en el confort humano.

Condiciones del diseño interior para la conservación de energía. Son condiciones más específicas con el fin de conservar energía (ver Tabla T4.1). Las temperaturas que se indican están en el extremo inferior de la zona de confort en invierno y en el rango extremo superior de dicha zona en verano. Muchos países reglamentan actualmente las condiciones del diseño para la conservación de energía.

Tabla T4.1. Condiciones de confort humano recomendadas en el diseño de interiores.

VERANO:	25.6 - 26.7 ° C (BS)	y 50% HR
INVIERNO:	20 - 22.2 ° C (BS)	> 25% HR

Donde:

- BS: Temperatura del aire (Bulbo Seco).
- %HR: Porcentaje de Humedad Relativa. ¹

Refrigeración

Toda materia está compuesta por partículas, (moléculas) que se atraen entre sí, pero que también tienen una considerable energía de velocidad. La presión que rodea a un líquido inhibe el escape de sus moléculas. Sin embargo, si la temperatura del líquido se eleva, la velocidad de las moléculas aumenta y a determinada temperatura (punto de ebullición), éstas escapan rápidamente: el líquido se evapora. Si la presión aumenta, las moléculas deberán alcanzar una mayor velocidad, o sea una temperatura superior para escapar.

Por otro lado, si la presión exterior se reduce lo suficiente, hasta el punto de saturación, las moléculas tendrán la suficiente energía para escapar a una temperatura menor, así se logra la Refrigeración.

¹ Sherelyn Ogden; PROTECCIÓN FRENTE A PÉRDIDAS CAUSADAS POR AGUA E INCENDIOS, AGENTES BIOLÓGICOS, HURTOS Y VANDALISMO. ST. Paul, MN

Se usa un líquido que hierve a baja temperatura con respecto a la presión que se puede alcanzar. La presión se reduce por debajo de la presión de saturación y el líquido hierve repentinamente.

Como se dijo, los líquidos absorben calor cuando hierven: necesitan energía para cambiar de estado (calor latente de evaporación).

El calor absorbido de los alrededores a baja temperatura es lo que se llama refrigeración.

Ejemplo² E4.1

Se debe emplear la ebullición del agua para obtener una refrigeración a 50°F*³ ¿a qué valor debe bajarse la presión?

Solución:

Según la tabla A.3 ⁴, la presión de saturación del agua es 0.178 psia*⁵ a 50 °F. Si se reduce la presión a un valor menor, el agua hervirá. Esta ebullición necesita de calor latente. El calor pasará al agua desde cualquier objeto vecino con una temperatura mayor, enfriándose de este modo dicho objeto

4.3 Cargas térmicas

En los sistemas de calefacción y acondicionamiento de aire se pueden calcular cargas térmicas las cuales serán las responsables de la pérdida o ganancia de energía en el interior de un recinto, estas cargas térmicas se pueden clasificar en Cargas de Calefacción y Cargas de Enfriamiento.

Cargas de calefacción

Si en la época de invierno el sistema de calefacción deja de funcionar, la temperatura del aire baja rápidamente. La disminución de temperatura se debe a dos motivos: la transferencia de calor desde el aire caliente del interior hasta el aire frío del exterior a través de las paredes, ventanas y demás partes de la construcción, y las fugas de aire frío a través de las aberturas del edificio, es decir la infiltración.

Para contrarrestar estas pérdidas de calor, se debe agregar continuamente energía al interior de la construcción para mantener la temperatura de confort.

² En este ejemplo, y en general a lo largo de este trabajo se hará uso de unidades del sistema inglés, debido a que la mayoría de las tablas y gráficas a utilizar se encuentran en dicho sistema, se muestran notas al pie de página donde se presentan equivalencias de dicho sistema al SI.

*³ 1°F = -17.22°C

⁴ Pita, Edward; Acondicionamiento de aire, Principios y sistemas; 2ª edición; CECSA; México; 1997; 548p

*⁵ 1 psia = 0.0689 Bar = 6894.5 Pa

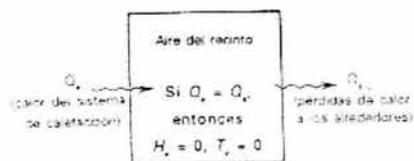


Figura 4.4

En la figura 4.4 se muestra el calor que fluye hacia dentro y hacia fuera del recinto. De la misma figura podemos observar que la entalpía del interior se mantiene constante, y por lo tanto la temperatura, por lo que el calor suministrado por el sistema de calefacción debe ser igual a las pérdidas de calor del recinto. Estas pérdidas de calor son fáciles de calcular y a partir de esta información se puede determinar la capacidad necesaria del equipo de calefacción.

La cantidad de calor que se debe suministrar para mantener el aire de la construcción o del recinto a la temperatura deseada se llama carga de calefacción, y se debe determinar para el posterior cálculo del equipo de calefacción, su cálculo exacto es fundamental en la planeación del sistema de calefacción.

4.4 Transferencia de calor

El calor se transmite solo cuando hay diferencia de temperaturas entre dos lugares, y el calor siempre fluye del lugar de mayor temperatura al de menor temperatura a través de conducción, convección o radiación.

El forma más común de transferencia de calor en las construcciones es la convección, un ejemplo familiar de la convección dentro de los recintos es cuando el aire se calienta mediante alguna unidad como puede ser un radiador de agua caliente, el calor se transmite al aire a través de la superficie metálica calentándolo, moviéndose en sentido vertical hacia arriba por que al aumentar su temperatura disminuye su densidad respecto al aire frío circundante, de este modo el aire se mueve de forma continua por el recinto, tal como se muestra en la figura 4.5.

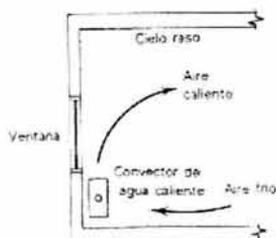


Figura 4.5

Cuando una superficie sólida recibe radiación, algo de esta se absorbe, calentando el material, y algo de ella se refleja, la proporción que se absorbe depende del calor y la aspereza de la superficie. Las superficies oscuras y ásperas absorben más calor radiante.

La velocidad a la cual se transmite el calor a través de una pared, techo, etc depende de tres factores.

1. La diferencia de temperatura a través de la cual fluye el calor.
2. El área de la superficie a través de la cual fluye el calor.
3. La resistencia térmica del material a la transferencia del calor.

Lo anterior se puede expresar mediante la siguiente expresión:

$$Q=(1/R)*A*\Delta T \dots\dots\dots(\text{Ec. 4.1})$$

Donde:

Q= Velocidad de transmisión del calor, BTU/h

R= resistencia térmica del material, h-ft²-°F/BTU*⁶

A= área de la superficie a través de la cual fluye el calor, ft²

ΔT= Diferencia de temperaturas por la que fluye el calor.

La transmisión del calor a través del material de construcción también se ve influida por la resistencia del aire cercano a la superficie sólida. La resistencia de la película de aire circundante en la superficie de la construcción depende de su orientación, ya sea horizontal, vertical o inclinada y de la velocidad del aire cerca de la superficie.

Algunos otros elementos que participan en la transferencia de calor en las construcciones son los siguientes:

La conductancia térmica “C”, que es el recíproco de la resistencia térmica del material en cuestión.

La conductividad térmica (k), es la conductancia térmica por unidad de espesor.

Resistencia térmica global

La transferencia de calor a través de las paredes, techo, pisos y demás elementos de una construcción es a través de la capa de aire de un lado de los materiales sólidos, y después por la capa de aire del otro lado, además el elemento constructivo está constituido frecuentemente de capas de diferentes materiales. La resistencia térmica global es la suma de las resistencias de cada uno de los elementos que cruza el calor (aire, paredes, etc).

*⁶ BTU= 1055 J = 252 cal

Coefficiente global de transferencia de calor

Para determinar la resistencia térmica global existen cálculos ya hechos para muchas combinaciones diferentes de materiales de construcción, pero la mayoría de las tablas no presentan la información como resistencia térmica global sino como conductancia general, a lo que se le conoce como coeficiente global de transferencia de calor (U). Por lo que la ecuación de transferencia de calor en términos de U quedaría como sigue:

$$Q=U*A*\Delta T.....(Ec. 4.2)$$

Donde

Q = velocidad de transferencia del calor

U = coeficiente global de transferencia de calor

A = Área de superficie a través de la cual pasa el calor

ΔT = diferencia de temperatura

Las pérdidas de calor por transferencia de calor se pueden clasificar de la manera siguiente:

Pérdidas por transferencia de calor por:

1. paredes y pisos de sótanos
2. pisos sobre el terreno y pisos sobre entrepisos

Pérdidas de calor por infiltración y ventilación

Además del calor necesario para compensar las pérdidas de calor en el invierno, también se necesita calor para compensar los efectos de cualquier aire frío que pueda entrar en la construcción. Los dos métodos por los cuales puede entrar el frío a la construcción se llaman infiltración y ventilación. Las cargas que resultan se llaman carga de calefacción por infiltración y carga de calefacción por ventilación.

La infiltración ocurre cuando el aire exterior entra a través de las aberturas en la construcción, debido a la presión del viento. El aire infiltrado que entra en un recinto en invierno hace descender la temperatura del aire interior.

Como con frecuencia el aire de infiltración es menos húmedo que el aire interior, la humedad interior puede descender a un nivel inadmisibles para el confort. Para conservar la humedad del aire del recinto, se le debe agregar vapor de agua.

Cargas de ventilación, o de aire exterior. En general se admite algo de aire exterior en construcciones no residenciales a través de equipo mecánico de ventilación, para mantener una buena calidad del aire interior. El aire exterior de ventilación será parte adicional de la carga de calefacción de la construcción, ya que el aire que entra está a la humedad y temperatura exteriores.

Algunos diseñadores limitan la reducción en la infiltración a un 50%; en algunos casos, cuando se siente que la construcción es relativamente hermética y está presurizada, no se incluye previsión para infiltración. La infiltración proporciona en general el aire fresco adecuado al recinto.

4.5 Condiciones de diseño

En general, los cálculos de carga de calefacción y de enfriamiento se basan en las condiciones de diseño interiores y exteriores. Las condiciones interiores de diseño se definen como aquellas combinaciones de temperatura y humedad que son confortables o que caen dentro de las zonas de confort de la tabla T4.1⁷. Las condiciones de diseño exteriores de para el invierno se basan en temperaturas esperadas relativamente bajas en el invierno promedio, de acuerdo a los registros climatológicos.

En la tabla A.9⁸ se enlistan las condiciones de diseño recomendadas para las condiciones exteriores esperadas en invierno y verano para varias ciudades de Estados Unidos y otros países.

4.6 Pérdida de calor del recinto y carga del recinto

La pérdida de calor del recinto es la suma de todas las pérdidas de calor por transferencia e infiltración del recinto.

Si se aplica la ecuación de conservación de la energía al recinto, encontraremos que el calor que se debe agregar al recinto es igual a la pérdida de calor del recinto, si es que dicho recinto se debe de mantener en las condiciones de diseño. El calor necesario para eso es llamado carga de calefacción del recinto.

4.7 Cargas de calefacción de la construcción

Además de calcular las cargas individuales de calefacción, también se debe calcular la carga de calefacción de la construcción, esto es, la cantidad de calor necesaria para la construcción en las condiciones de diseño exteriores.

4.8 Cargas de enfriamiento

El interior de un edificio gana calor debido a varias fuentes. Si la temperatura y humedad del aire en los recintos se deben de mantener a un nivel confortable se debe extraer calor para compensar las ganancias mencionadas. A la cantidad neta de calor que se retira se llama carga de enfriamiento. Se debe calcular esta carga por que es la base para seleccionar el equipo de enfriamiento adecuado.

⁷ Hernández Goribar, Eduardo; *Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración*; México ; Limusa; 1973; 470 p.

⁸ Idem. 2, pag. 532-536

El cálculo de la carga de enfriamiento se basa en los principios de transferencia de calor. Los métodos de cálculo de las cargas de enfriamiento que se emplean son esencialmente los que recomienda el ASHRAE (Fundamentals Handbook, 1985).

La ganancia de calor neta del recinto es la velocidad a la que se recibe el calor en cualquier momento en el recinto. Esta ganancia de calor está constituida por partes procedentes de muchas fuentes: radiación solar, alumbrado, conducción y convección, personas, equipo, infiltración. Algo del calor se absorbe en los materiales dentro del recinto, tanto de su estructura como de sus muebles, a esto se le llama el efecto de almacenamiento de calor, el cual puede ocasionar cargas reales apreciablemente menores, y se puede considerar como un periodo de retraso del calor, tal como se ve en la figura 4.6.

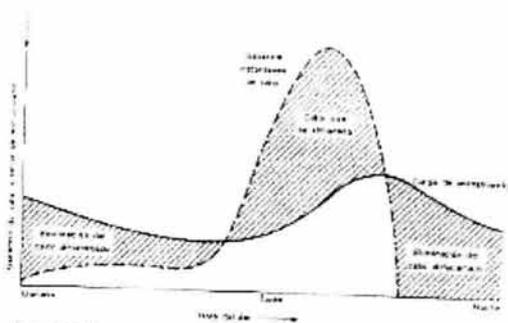


Figura 4.6

Ganancias de calor en los recintos

Los componentes que contribuyen a la ganancia de calor en el recinto son los siguientes (Figura 4.7)

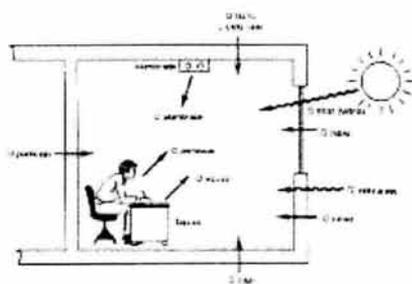


Figura 4.7

1. Conducción a través de paredes, techo y vidrios del exterior.
2. Conducción a través de divisiones internas, cielos rasos y pisos.
3. Radiación solar a través de vidrios.

4. Alumbrado.
5. Personas.
6. Equipos.
7. Infiltración del aire exterior a través de aberturas.

Conviene agrupar en dos partes esas ganancias de calor: las que proceden de fuentes externas al recinto, y las que se generan internamente. Los puntos 1,2 y 3 son ganancias de calor externo, y los puntos del 4 al 6 son ganancias de calor interno, se puede considerar que la infiltración es una clase separada.

También conviene agrupar las ganancias de calor en dos grupos distintos: ganancias de calor sensible y de calor latente. Las primeras ocasionan un aumento de la temperatura del aire y las ganancias de calor latente se deben a la adición de vapor de agua, y por lo tanto aumentan la humedad.

Conducción a través de la estructura exterior

Las ganancias de calor por conducción a través de paredes, techo y vidrios que dan al exterior se calculan con la siguiente ecuación:

$$Q=U*A*DTCE.....(Ec. 4.3)$$

Donde

Q= ganancia neta del recinto por conducción a través del techo, paredes o vidrio (BTU/h).

U= coeficiente general de transferencia de calor para el techo, paredes o vidrio (BTU/h – ft²-°F)

A= area del techo, pared o vidrios (ft²)

DTCE= Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento °F

Se calcula la superficie de cada uno de los componentes empleando los planos de construcción.

La DTCE es una diferencia de temperaturas que toma en cuenta el efecto de almacenamiento de calor y se obtiene de tablas, dependiendo de la forma de construcción de paredes y techo. Estos valores de DTCE⁹ se deben corregir como sigue:

$$DTCEe = ((DTCE+LM)*K+(78-t_R)+(t_0-85))*f(6.2)(Ec. 4.4)$$

Siendo

DTCEe= valor corregido de DTCE (°F)

DTCE= (°F)

LM= corrección para latitud al color y mes¹⁰

K= Corrección debida al color de la superficie

t_R = temperatura del recinto (°F)

t₀ = temperatura de diseño exterior promedio (°F)

⁹ Idem. 2, pag 137-138

¹⁰ Idem. 2, pag , de la tabla 139

Ejemplo

Se construye el techo de un edificio en Washington, de 30 ft con 40 ft con concreto pesado de 4 in, con 1 in de aislamiento y con cielo raso suspendido. La temperatura de diseño exterior es de 78 °F. Calcular la ganancia neta de calor que pasa por el techo de la construcción a las 2:00 PM de tiempo solar del 21 de julio.

Solución.

Vemos en la tabla 6.1 que el techo es del tipo No. 9, y que a las 2:00 PM, la DTCE = 29°F. La corrección para LM=1°F para el mes de julio, según la tabla 6.4 se usa la columna HORA. Washington DC está a 38 ° latitud N, según la tabla A6. Se usarán 40°N.

K=1.0 (suponer que el techo es obscuro)

f = 1.0 (sin ventilación del cielo raso)

Se calculan las temperaturas medias de diseño exterior para verano como sigue: según la tabla A9¹¹, la temperatura de BS de diseño para verano es de 91°F; y el rango = 18°F. Por lo tanto:

$$t_o = (91 - (18/2)) = 83^\circ\text{F}$$

Se calcula la DTCE_c:

$$\begin{aligned} \text{DTCE}_c &= ((\text{DTCE} + \text{LM})) * K + (78 - t_R) + ((t_o - 85)) * f \\ &= ((29 + 1)) * 1 + (78 - 78) + (83 - 85) * 1 \\ &= 28^\circ\text{F} \end{aligned}$$

$$U = 0.13 \text{ (tabla 6.1)}$$

$$A = 30 \text{ ft} * 40 \text{ ft} = 1200 \text{ ft}^2$$

Se calculan la ganancia de calor por conducción

$$\begin{aligned} Q &= U * A * \text{DTCE}_c \\ &= 0.13 * 1200 * 28 \\ &= 43070 \text{ BTU/h} \end{aligned}$$

4.9 Conducción a través de la estructura interior

El calor que pasa desde los espacios interiores, sin acondicionamiento hasta los espacios acondicionados a través de las divisiones, pisos y cielos rasos se pueden calcular con la ecuación siguiente:

$$Q = U * A * \Delta T \dots \dots \dots (\text{Ec. 4.5})$$

Donde

¹¹ Idem 2, pag. 532-536

Q= velocidad de transferencia del calor
U= coeficiente global de transferencia de calor
A=Area de superficie a través de la cual pasa el calor
 ΔT = diferencia de temperatura

4.10 Radiación solar a través de vidrios

La energía radiante del sol pasa a través de materiales transparentes como el vidrio y se transforma en ganancia de calor al recinto, su valor varía con la hora, orientación, sombreado y efecto de almacenamiento. La ganancia de calor neta se puede calcular mediante la siguiente ecuación.

$$Q = FGCS * A * CS * FCE \dots \dots \dots (\text{Ec. 4.6})$$

Donde

Q= Ganancia neta por radiación solar a través del vidrio, BTU/h
FGCS= Factor de ganancia máxima de calor solar, BTU/h-ft²
A= área del vidrio, ft²
CS= coeficiente de sombreado
FCE= Factor de carga de enfriamiento para el vidrio.

Ejemplo

Una pared de un edificio que da al suroeste tiene un área de ventanas de 240 ft². El vidrio es sencillo, de ¼ de pulgada y transparente, con persianas venecianas interiores de color claro. La edificación es de construcción media y está a los 40° de latitud N. Calcular la ganancia neta de calor a través de las ventanas, debida a la radiación solar de agosto, a las 3:00 PM hora solar.

Solución.

Consultando las tablas adecuadas, se calculan los términos de la ecuación:

$$\begin{aligned} Q &= FGCS * A * CS * FCE \\ &= 1986 * 240 * 0.55 * 0.83 \\ &= 21470 \text{ BTU/h} \end{aligned}$$

El área del vidrio es la parte de la construcción que recibe la radiación solar directa. Las proyecciones exteriores o los edificios vecinos pueden eliminar la radiación, sombreado todo o parte del vidrio. El efecto de las proyecciones superiores se puede

encontrar en la tabla 6.9¹². Los valores que aparecen allí son los pies de sombra en la pared causados por el pie de extensión del saliente.

Para el caso de la Biblioteca Central, se toma en cuenta que hay una pequeña zona de división central de la sala oriente y de la poniente, y que dicha zona quedará sin ningún tipo de acondicionamiento de aire, además hay que tomar en cuenta que los niveles del 1 al 9, son exactamente iguales, y por lo tanto solamente hay que realizar un solo cálculo para todos los niveles. A continuación se muestran los resultados de dichos cálculos (Tabla T4.2).

Mes	Sala Oriente*	Sala Poniente*
Enero	10683	11794
Febrero	10478	11744
Marzo	9790	11092
Abril	9313	10609
Mayo	9689	10963
Junio	9880	11152
Julio	9687	10959
Agosto	9310	10589
Septiembre	9782	11061
Octubre	10469	11721
Noviembre	10746	11949
Diciembre	10861	12043

Tabla T4.2
Capacidad del serpentín de enfriamiento

*Todos los datos en BTU/hr.

4.11 Condiciones de diseño para la Biblioteca Central

Los cálculos de carga de enfriamiento se basan en general sobre las condiciones de diseño, interiores y exteriores, de temperatura y humedad. Las condiciones interiores son las que dan confort suficiente. Las condiciones de diseño exteriores, en verano, se basan en máximos razonables, a partir de registros de clima. Muchos de estos datos se presentan en tablas de condiciones de diseño para algunas ciudades, como la tabla A6¹³ además de algunos otros valores como son la temperatura de Bulbo seco (BS) y la coincidente de bulbo húmedo (BH), que se emplean con los valores correspondientes de diseño. El valor de BH se necesita, sin embargo, por separado para seleccionar una torre de enfriamiento o para aplicaciones especiales.

Se pueden considerar a los meses de junio a septiembre, como aquellos para los que se toman las temperaturas de diseño exterior en el hemisferio norte. En México, se pueden

¹² Idem. 2, pag. 148

¹³ Idem. 2, pags. 525-527

presentar ondas cálidas entre los meses de abril y octubre, e inclusive en los meses de invierno. Es necesario consultar las tablas de datos climatológicos del país.

4.12 Alumbrado

La ecuación para calcular la ganancia de calor debida al alumbrado es:

$$Q=3.4*W*FB*FCE \dots\dots\dots(\text{Ec. 4.7})$$

Donde:

Q= ganancia neta de calor debida al alumbrado, BTU/h

W= capacidad del alumbrado, watts

FB= Factor de balastro

FCE= factor de carga de enfriamiento para el alumbrado.

El valor 3.4 es un factor para convertir watts a BTU/h.

El factor FCE toma en cuenta el almacenamiento de parte de la ganancia de calor por alumbrado. El efecto de almacenamiento depende de cuánto tiempo está encendido el alumbrado y trabaja el sistema de enfriamiento, así como de la construcción del edificio, el tipo de unidades de alumbrado, y la cantidad de ventilación. Para cualquiera de las siguientes condiciones no se puede permitir el efecto de almacenamiento:

1. Si el sistema de enfriamiento solo trabaja durante las horas de ocupación.
2. Si el sistema de enfriamiento trabaja más de 16 h.
3. Si se permite aumentar la temperatura del recinto durante las horas cuando no se ocupa.

Para los casos en que pueden aplicarse es posible constatar los valores de FCE en el ASHRAE Fundamentals Volume. En los demás casos, use un valor de FCE=1.0

4.13 Personas

La ganancia de calor debida a las personas se compone de dos partes: el calor sensible y el calor latente que resulta de la transpiración. Algo del calor sensible se puede absorber por el efecto del almacenamiento de calor, pero no el calor latente. Las ecuaciones para las ganancias de calor sensible y latente originado en las personas son

$$Q_s = q_s*n*FCE\dots\dots\dots(\text{Ec. 4.8})$$

$$Q_l = q_l*n\dots\dots\dots(\text{Ec. 4.9})$$

Donde

Qs, Ql = ganancias de calor sensible y latente

Q_s, q_l = ganancias de calor sensible ya latente por persona
 n = número de personas
 FCE = factor de carga de enfriamiento para las personas

La velocidad de ganancia de calor debida a la gente depende de su actividad física, los valores cambian ligeramente para diferentes temperaturas.

El factor FCE, del efecto de almacenamiento de calor, se aplica a la ganancia de calor debida a las personas. Si el sistema de acondicionamiento de aire se apaga durante la noche no se debe incluir almacenamiento de calor y el FCE = 1.0

4.14 Equipo Misceláneo

La ganancia de calor debida al equipo misceláneo (computadoras, fotocopiadoras, cafeteras, etc.) se puede calcular en ocasiones en forma directa consultando al fabricante o a los datos de placa, tomando en cuenta si su uso es intermitente. Algunos equipos producen tanto calor sensible como latente.

4.15 Condiciones del aire de suministro

Después de haber calculado las ganancias de calor sensible ya latente, se determinan las condiciones necesarias del aire de suministro: flujo, temperatura y humedad, necesarias para satisfacer las condiciones del recinto.

4.16 Aplicación al cálculo de cargas térmicas de la Biblioteca Central

A continuación se presenta el cálculo de las cargas térmicas de uno de los pisos de la biblioteca central como ejemplo, el cálculo total de la carga térmica del edificio se muestra en el apéndice 9.

Cargas térmicas por iluminación.

No. de Lámparas	Tipo de lámpara	Potencia
132	1x32	3960
67	2x32	3819
		7779 W

Tabla T4.3
Cálculo de la carga térmica en un nivel

$$Q_{\text{ilum}} = (3.4)(7779)(0.875)(1) = \boxed{23142.52 \text{ (BTU/h)}}$$

W= capacidad del alumbrado, 9012 W.

FB= Factor de balastra, 0.95.

FCE= factor de carga de enfriamiento para el alumbrado, 1.

Cargas térmicas por personas

Calor sensible y calor latente.

Calor sensible se define como el cambio de temperatura provocado por agregar o quitar calor de una sustancia que produce un cambio en la entalpía de ésta.

Calor latente se define como el cambio de estado provocado por agregar o quitar calor de una sustancia que produce un cambio en la entalpía de ésta.

Al cambio de entalpía al pasar de líquido a vapor se le llama calor latente de evaporación.

Al cambio de entalpía al pasar de vapor a líquido se le llama calor latente de condensación.

De tablas¹⁴ y considerando a las personas sentadas y realizando trabajo ligero, además de considerar 60 personas por sala, se tiene:

Calor sensible	Calor latente
230 BTU/h	190 BTU/h

Tabla T4.4
Calor sensible y calor latente por personas

$$Q_s = (230)(60)(1) = 13800 \text{ BTU/h}$$

$$Q_l = (190)(60) = 11400 \text{ BTU/h}$$

$$Q_{\text{personas}} = 25200 \text{ BTU/h}$$

Cargas térmicas por equipo

En la tabla que se presenta a continuación se muestra el equipo que contribuye al calentamiento del ambiente para el nivel 2 de la biblioteca central en su ala poniente.

Equipo	Potencia
1 enfriador de agua	1800 W
1 computadora	415 W
	2215 W

Tabla T4.5
Carga térmica por equipos misceláneos

¹⁴ Idem. 3, Tabla IX-7

4.17 Psicrometría

Psicrometría es el nombre que se ha dado al estudio de la mezcla del aire y vapor de agua. Se necesita del análisis psicrométrico para seleccionar el equipo adecuado de acondicionamiento para determinado trabajo, y para localizar fallas en los sistemas que no funcionan correctamente.

Para el cálculo psicrométrico existen innumerables textos, sin embargo este escrito y todos los cálculos hechos en él se basan en los capítulos de psicrometría de dos libros, estos son:

- Pita, Edward; Acondicionamiento de aire, Principios y sistemas
- Hernández Goribar, Eduardo; Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración

Localización de la condición del aire en la carta psicrométrica

Las propiedades del aire atmosférico se pueden representar en tablas o en formas de gráficas. A la forma gráfica se la llama carta psicrométrica (Figura 4.8). Su empleo es universal porque presenta una gran cantidad de información en forma muy sencilla y porque ayuda a estudiar los procesos de acondicionamiento de aire.

Cualquier condición del aire se puede representar mediante un punto en la Carta Psicrométrica. La condición puede ubicarse una vez que se conozcan dos propiedades independientes. Ya que cada propiedad se representa mediante una línea, la intersección de las dos líneas define el punto que representa la condición o estado del aire. Una vez localizado dicho punto, se pueden leer cualquiera de las propiedades adicionales en la carta.

La carta muestra las propiedades a la presión del nivel del mar (76 cm Hg), para presiones que difieren apreciablemente de esta, algunas de las propiedades no serán las correctas (volumen específico y punto de rocío), por lo cual es necesario corregir sus valores. En nuestro caso no es necesario corregir debido a que no utilizamos estos datos.

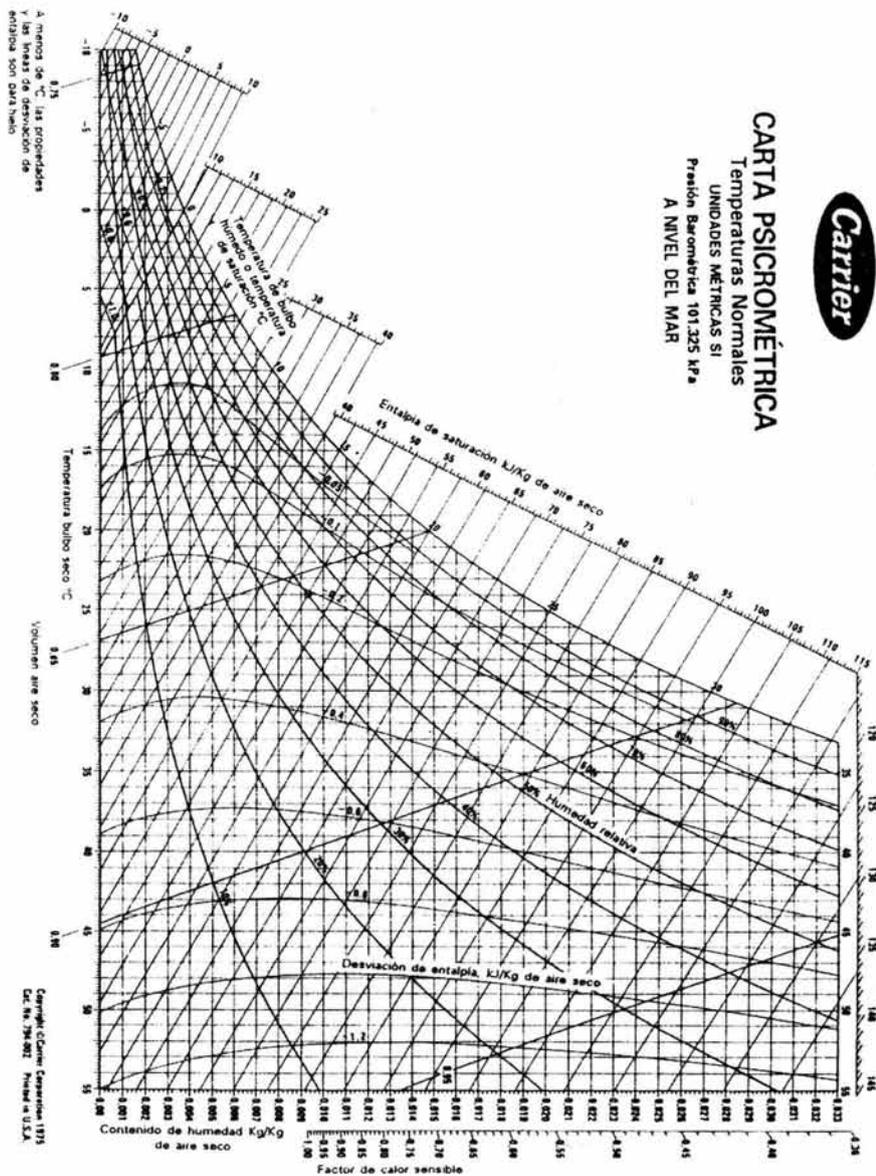
Líneas de proceso en la carta psicrométrica

El objetivo del equipo de acondicionamiento de aire es cambiar el estado del aire que entra y llevarlo a otra condición. A este cambio se le llama proceso.

Los procesos en una carta psicrométrica se indican trazando una línea desde el estado inicial del aire hasta su estado final. El aire cambia sus propiedades a lo largo de esa línea.

Cambios de calor sensible. El proceso de variación de calor sensible es aquel en el cual se agrega o se retira calor del aire y como resultado varía la temperatura de bulbo seco, pero sin embargo no varía el contenido de vapor de agua, por lo tanto la relación de proceso debe ser a lo largo de una línea de relación constante de humedad (figura 4.9). El calentamiento sensible (proceso 1-2) ocasiona un aumento de temperatura de bulbo seco y

en la entalpía, el proceso 1-3 es de enfriamiento sensible (eliminación de calor), y ocasiona una disminución de la temperatura de bulbo seco y de la entalpía.



APEN

Figura 4.8
 Carta psicrométrica

74

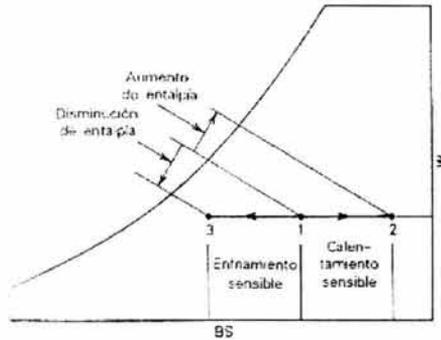


Figura 4.9

Variaciones de calor latente (humidificación y deshumidificación). Al proceso de agregar vapor de agua al aire se le llama humidificación, y a la eliminación de vapor de agua del aire se le llama deshumidificación, en el proceso 1-4, la humidificación, tiene como resultado un aumento en la relación de humedad y la entalpía. En la humidificación la entalpía del aire aumenta debido a la entalpía del vapor de agua que se agregó. Esto explica lo que se llama la variación de calor latente. En la deshumidificación, proceso 1-5, la eliminación de vapor de agua acarrea una disminución de entalpía (figura 4.10).

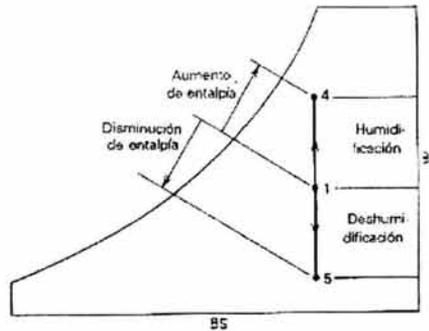


Figura 4.10

Estos procesos, deshumidificación y humidificación puras sin la variación de calor sensible, no se presentan con frecuencia en las instalaciones de acondicionamiento de aire.

Variación combinada de calor sensible y calor latente. En la figura 4.11 se muestran los procesos combinados de calor sensible y calor latente, que se pueden presentar en el acondicionamiento del aire.

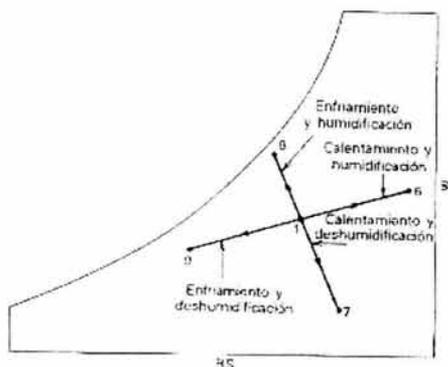


Figura 4.11

1. Calentamiento sensible y humidificación (1-6)
2. Calentamiento sensible y deshumidificación (1-7)
3. Enfriamiento sensible y humidificación (1-8)
4. Enfriamiento sensible y deshumidificación (1-9)

Se puede notar que en general cambian tanto la temperatura de bulbo seco, como la humedad y la entalpía, por ejemplo, en el proceso de enfriamiento y deshumidificación (1-9), disminuyen tanto la temperatura de bulbo seco como la humedad, y la entalpía disminuye debido a la eliminación de calor sensible y de calor latente.

Relación de calor sensible o Factor de calor sensible

A la relación de calor sensible también se le conoce como factor de calor sensible del recinto, y es que cualquier condición de suministro de aire que elimine en forma satisfactoria la cantidad adecuada de ganancias de calor sensible y calor latente del recinto, quedará sobre esta línea y cualquier condición del aire de suministro que no quede sobre esta línea no será adecuada.

$$FCS = \frac{\text{Ganancia de Calor Sensible}}{\text{Ganancia de Calor Sensible} + \text{Ganancia de Calor Latente}} \dots\dots\dots(\text{Ec. 4.10})$$

En la mayor parte de las cartas psicrométricas se muestra una escala para pendientes de relación de calor sensible, con el fin de facilitar el trazado de líneas con una pendiente.

Como se mencionó anteriormente una parte fundamental del sistema de aire acondicionado es el serpentín de enfriamiento, para calcular la capacidad que deberá tener dicho serpentín se hará a través de balances de energía de un sistema como el que se ilustra en la figura 4.12.

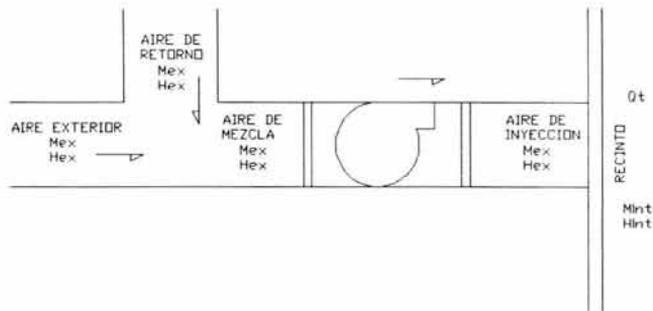


Figura 4.12

Calculo de transferencia de calor por paredes

El procedimiento del cálculo se muestra en seguida.

Tomando en cuenta que:

$$Q = m\Delta h \dots \dots \dots (\text{Ec. 4.11})$$

Donde:

Q = cantidad de calor de la masa de aire

m = masa de aire en kg

Δh = diferencia de entalpías de la masa de aire.

Para calcular el valor total del recito Q_T que se necesita para mantener al recinto en los niveles de confort, se hace utilizando la masa de aire en la salida del serpentín (M_{iny}) y la variación de la entalpía del aire (h_{iny} y h_{re}).

Las características que se requieren para el cálculo de la capacidad del equipo son la masa y entalpía del aire de mezcla (M_{me} y h_{me}). Observando la figura 5.12 podemos notar que:

$$M_{re} = M_{int} \dots \dots \dots (\text{Ec. 4.12})$$

$$h_{re} = h_{int} \dots \dots \dots (\text{Ec. 4.13})$$

$$M_{me} = M_{iny} \dots \dots \dots (\text{Ec. 4.14})$$

Debido a que el aire de mezcla pasa a través del serpentín de enfriamiento, hay un cambio en su valor de entalpía, por lo que

$$h_{me} \neq h_{iny} \dots \dots \dots (\text{Ec. 4.15})$$

Aplicando a ecuación E1 se tiene:

$$Q_T = M_{iny}(h_{int} - h_{iny}) \dots \dots \dots (\text{Ec. 4.16})$$

Donde Q_T , es la cantidad de calor que deseamos retirar del recinto (cargas de enfriamiento).

Realizando el despeje de M_{iny} se tiene:

$$M_{iny} = Q_T / (h_{int} - h_{iny}) \dots\dots\dots(\text{Ec. 4.17})$$

Los valores de h_{iny} , h_{re} y h_{ex} se obtienen usando la carta psicrométrica (Figura 5.8) con ayuda de los datos del departamento meteorológicos más cercano a la construcción (temperatura exterior promedio y humedad promedio anual) y el Factor de Calor Sensible (FCS). Con ayuda de dichos datos y la carta se traza el punto 1 sobre la carta, como se ve en la figura 5.8, el punto 2 corresponde a las características de confort de la biblioteca (21°C y 40% de humedad relativa). Esto es, las características del aire en 1 las debemos llevar a 2 efectuándose el proceso 1-2.

El proceso 2-3 se obtienen con el dato de FCS y la intersección con el 90% de h_r , el cual es un dato de diseño, donde el punto 3 representa las condiciones del aire de inyección.

Realizando los trazos correspondientes se obtienen los valores de h_{int} , h_{iny} , pudiendo calcular así el valor de M_{iny} . Además

$$M_{iny} = M_{me} \dots\dots\dots(\text{Ec. 4.18})$$

Al observar la figura 4.13, se puede hacer el siguiente balance de energía:

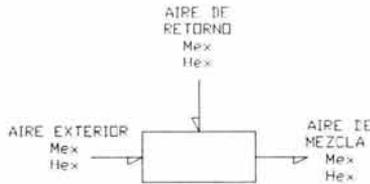


Figura 4.13

$$M_{me} = M_{ext} + M_{ret} \dots\dots\dots(\text{Ec. 4.19})$$

De tablas y considerando 60 personas por recinto se obtienen el valor de M_{ext}

$$M_{ext} = 1536 \text{ kg/hr}$$

Por otro lado, y con un balance de energía

$$h_{ext}M_{ext} + h_{re}M_{re} = h_{me}M_{me} \dots\dots\dots(\text{Ec. 4.20})$$

$$h_{me} = (h_{ext}M_{ext} + h_{re}M_{re}) / M_{me} \dots\dots\dots(\text{Ec. 4.21})$$

de donde se puede calcular la capacidad del serpentín de la siguiente manera:

$$Q_{eq} = M_{me}(h_{me} - h_{iny}) \text{ (BTU/h)} \dots\dots\dots(\text{Ec. 4.22})$$

Donde:

$$1 \text{ TON} = 12000 \text{ BTU/h}$$

A continuación se presenta un ejemplo del caso en estudio.

Para el nivel 2 de la biblioteca central en su ala poniente se tienen los siguientes valores de cargas de enfriamiento.

	Q_s	Q_L
Iluminación	14554.38	0
Personas	275 p.p.	125 p.p.
x60	16500	7500
Equipo misceláneo	6955.1	0
Paredes y vidrios	12617.44	0
	50626.92 (BTU/h)	75 (BTU/h)
1 BTU/h = 1.055056 kJ	53414.23 (kJ/h)	7912.92 (kJ/h)
Q_T	61327.16 kJ/h	

Tabla T4.6
Cargas de enfriamiento para el nivel 2 sala poniente

$$FCS = Q_s/Q_T = 0.87$$

Como

$$M_{iny} = Q_T / (h_{int} - h_{iny})$$

$$M_{me} = M_{iny} = Q_T / (h_{int} - h_{iny})$$

$$M_{me} = 61327.16 / (37 - 19.75) = 3555.19 \text{ kg/h}$$

Y también

$$M_{me} = M_{ext} + M_{ret}$$

$$\Rightarrow M_{ret} = M_{iny} - M_{ext} = 3555.19 - 1536 = 2019.19 \text{ kg/h}$$

Entonces

$$h_{me} = (h_{ext}M_{ext} + h_{re}M_{re}) / M_{me}$$

$$\Rightarrow h_{me} = ((78.5)(1536) + (37)(2019.19)) / 3555.19$$

$$\Rightarrow h_{me} = 54.93 \text{ kJ/kg}$$

Para la capacidad del equipo:

$$Q_{eq} = M_{me}(h_{me} - h_{iny})$$

$$Q_{eq} = 3555.19 * (54.93 - 19.75)$$

$$Q_{eq} = 125071.58 \text{ kJ/h}$$

Por seguridad se utiliza un 5% más que el valor obtenido

$$Q_{eq} = 125071.58(1.05) = 131325.16 \text{ kJ/h}$$
$$Q_{eq} = (131325.16 \text{ kJ/h})(1\text{BTU}/1.055056\text{kJ}) = 124472.22 \text{ BTU/h}$$

$$Q_{eq} = 124472.22/12000$$

$$Q_{eq} = 10.37 \text{ TR}$$

Con lo cual queda calculado la capacidad que deberá tener el serpentín del segundo Nivel en si ala poniente de la Biblioteca Central.

A continuación se muestra la tabla T4.7 donde se resumen los resultados obtenidos del calculo de los equipos del sistema de aire acondicionado, todos los datos se presentan en toneladas de refrigeración.

NIVEL	SALA ORIENTE*	SALA PONIENTE*
1	11.40	13.09
2	10.83	10.37
3	10.71	10.94
4	10.31	10.94
5	10.83	10.94
6	10.71	12.70
7	10.59	12.65
8	9.74	12.98
9	10.43	11.08
TOTAL	95.55	105.69

Tabla T4.7
Serpentines de enfriamiento por nivel (manejadoras de aire)

*Unidades en toneladas de refrigeración

4.18 Equipo seleccionado para la Biblioteca Central

El sistema completo para acondicionamiento de aire queda constituido por:

- 1. Una fuente de enfriamiento.**
Unidad de refrigeración: 30G de Carrier
Capacidad: 100 toneladas de refrigeración
- 2. Un sistema de distribución; red de ductos o tubería para transportar el aire, agua o vapor hacia los recintos que se van a calentar o a enfriar.**
Se propone un sistema de distribución hidráulico el cual debe ser diseñado ya que solo hay ductos para aire que forman parte del sistema de ventilación actualmente instalado en la biblioteca.
- 3. Equipo como ventiladores o bombas para mover el aire o el agua.**
- 4. Dispositivos, como radiadores, para transmitir el calor entre el fluido y el recinto.**
Manejadoras de aire (ventiladores y serpentín)
Manejadoras de Aire para Agua Helada: 40RMS de Carrier
Capacidad: 7.5 a 15 toneladas de refrigeración

El equipo se muestra a continuación

Carrier's 30G Chiller

30G Benefits

CONTRACTOR BENEFITS:	OWNER BENEFITS:
<ul style="list-style-type: none">• Reduces Start-up Time by Up to 30%• So Easy, Less Training is Needed• Makes Service Calls More Productive- Easy to Understand with No Codes to Interpret- Clear Language for Reliable Diagnostics- Multiple Languages for Reliable Diagnostics- Easy to Use Through Simple Menu Navigation- Simple Operation- Easy to See Brighter Display- Buttons Big Enough to Push While Wearing Gloves- Faster Display Response Quick Menu Access- Faster Diagnostics to Increase Productivity- Immediate Alarm Recognition through Status LED- Common Controls Mean Fewer Systems to Understand	<ul style="list-style-type: none">• Lower Operating and Maintenance Costs• Quicker Building Occupancy• Reduced Downtime During Service- Less Training for Facility Staff- Common Controls Mean Fewer System Variations to Maintain- Energy Management Features Save Operating Costs
	ENGINEER BENEFITS:
	<ul style="list-style-type: none">• Increases Construction Document Development Productivity• Faster Path to Punch List Completion Finishes the Job Faster- Common Controls on All 30 Series Mean Fewer Specs to Write- Faster Startup Means Getting Paid Faster- Can Spec Energy Management Capability for All Chillers

Figura 4.14
Beneficios de la unidad de refrigeración

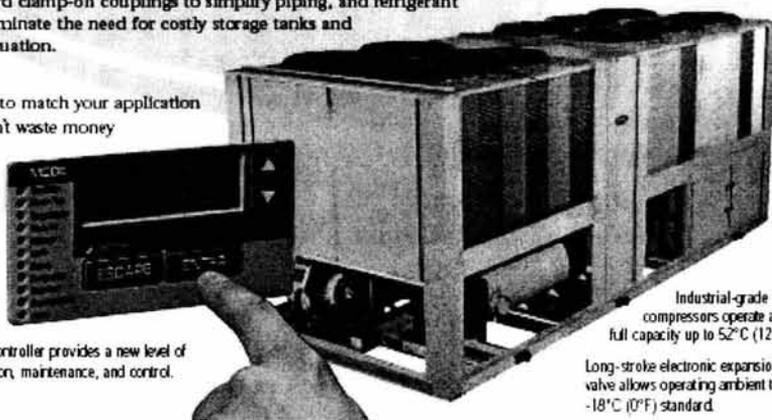
Low Operating & Labor Costs.

We know that no two applications are alike and no chiller operates at full load under a single temperature. So we've designed the 30G in a wide range of sizes with performance that exceeds current ASHRAE 90.1 requirements, and even higher part-load efficiencies and Integrated Part-Load Value ratings. Labor and installation costs are low, too, with industry-standard clamp-on couplings to simplify piping, and refrigerant isolation valves to eliminate the need for costly storage tanks and time-consuming evacuation.

The Perfect Fit.

Because there's a 30G to match your application requirements, you don't waste money on unused capacity. And whatever size you choose, you'll find it loaded with standard features that are *options* on competitive units.

ComfortLink controller provides a new level of ease in operation, maintenance, and control.



Industrial-grade compressors operate at full capacity up to 52°C (125°F).

Long-stroke electronic expansion valve allows operating ambient to -18°C (0°F) standard.

Figura 4.15
Unidad de refrigeración (chiller)

Manejadoras de Aire 40RMS CARRIER

Manejadoras de Aire para Agua Helada (40RMS) con capacidades de 7.5 a 30 Toneladas de refrigeración

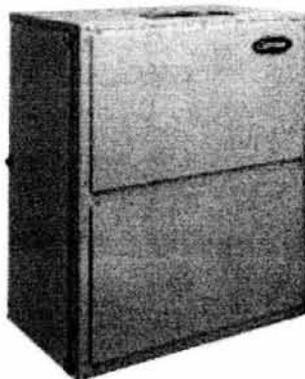


Figura 4.16
Serpentines de enfriamiento (manejadoras de aire)

4.19 Análisis Económico

Por el lado económico, se puede mencionar que se la compra del equipo de acondicionamiento de aire es una inversión inicial grande, sin la reducción de carga en el sistema eléctrico, sin embargo se debe tomar en cuenta que actualmente la Biblioteca Central no cuenta con un sistema parecido, y a través del sistema propuesto en este trabajo se obtendrán beneficios tanto en el acervo como en el bienestar de los trabajadores y usuarios de la biblioteca.

Otra cosa importante es que el equipo fue calculado con base al sistema de iluminación propuesto en este mismo trabajo, de este modo resulta de una dimensión menor a la que resultaría si se calcula con las condiciones actuales de la biblioteca.

Un punto a resaltar es que el sistema de ductos no será cambiado, se utilizarán los ductos del antiguo sistema de ventilación, esto nos proporciona un ahorro considerable en mano de obra e instalación. Sin embargo se deberá diseñar el sistema de tubería para el agua que va de la unidad de refrigeración cada una de las manejadoras de aire.

En la tabla T4.8 se muestra el costo del equipo de acondicionamiento de aire, proporcionado por la marca Carrier.

Equipo	Precio unitario (USD)	No. de equipos	Precio total (USD)
Chiller de 100 Toneladas de refrigeración	34'170.00 + iva	2	68'340.00 + iva
Manejadoras de aire de 10 a 15 toneladas de refrigeración	1'720.00 + iva	18	30'960.00 + iva
			99'300.00 + iva

Tabla T4.8
Costo del equipo de Acondicionamiento de Aire

Convirtiéndolo a moneda nacional resulta una inversión de \$1'092,300.00 M.N. aproximadamente.

Bibliografía

Pita, Edward; Acondicionamiento de aire, Principios y sistemas; 2ª edición; CECSA; México; 1997.

Hernández Goribar, Eduardo; Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración; México; Limusa; 1973.

Página WEB de Carrier: <http://www.mx.carrier.com>

Capítulo 5

Diseño del sistema de comunicación y alarmas

5.1 Introducción

Las centrales de supervisión de los sistemas de control permiten a una persona, localizada en la central, monitorear y controlar la operación de más de cientos de elementos de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado en edificios o en complejos. La adición de circuitos de alarma y audio mejora la seguridad simplificando y mejorando el grado de control que pueda mantenerse. Los primeros costos adicionales de estos sistemas muchas veces pueden ser amortizados por la eficiencia de los equipo y por su propia operación. Donde varios usuarios están involucrados, el aumento de las satisfacciones de éstos es buena justificación para aumentar los costos.

Sistemas Alambrados

La central de los sistemas alambrados fue la primera en usarse. Como su nombre lo dice, esta es una simple extensión de los sistemas convencionales de control individual alambrados al punto central. Cada elemento en el sistemas de control, ya sea de inicio-paro del monitoreo, indicación de la temperatura, reinicio o la indicación de multifunción requiere uno o más conexiones en el camino hacia el panel de control, además de indicar la separación del dispositivo en el panel. Evidentemente, una construcción necesita no ser muy grande antes de que este equipamiento pueda llegar a ser muy voluminoso para utilizarse.

Sistemas basados en computadoras para el monitoreo y control

Al decir “basados en computadoras” nos referimos a los sistemas de control que usan varios tipos de computadoras digitales programables. Este tipo de sistemas puede proveer monitoreo, intervenciones de control, o control directo de los elementos del lazo local. También puede proveer sumarios de información, análisis de datos y mantener horarios.

El monitoreo significa una observación frecuente del estado o el valor de varios sensores o contactos conectados a la computadora. Esto usualmente incluye comparación de estados con las normas, un desplegado audible, visual o impreso de las condiciones de apagado normal de las alarmas.

5.1.1 Condiciones actuales

La biblioteca cuenta con un panel de control de alarmas contra fuego “Magnum Fire Alert 6000-Series” de marca NAPCO. El cual está conectado a la central de bomberos de Ciudad Universitaria vía telefónica. Solo puede ser activado manualmente mediante dos interruptores colocados uno en el nivel Basamento y el otro en el Piso 5, siendo éste el único sistema de alarmas con el que cuenta la biblioteca.

5.2 Sensores de Temperatura

Algunos de los transductores de temperatura convierten directamente la temperatura en una señal eléctrica. Los transductores de temperatura son los que se muestran en la lista siguiente.

1. Bandas bimetálicas
2. Termopares
3. Detectores de temperatura resistivos
4. Sensores de semiconductor*
5. Termistores
6. Pirómetros de radiación

Cada uno se adecua mejor para una aplicación particular o rango de temperaturas.

Transductores de temperatura de semiconductor

A continuación se presentan algunos transductores de temperatura basados en semiconductores, así como sus ventajas.

Fragmentos de silicio: Tienen un aspecto físico de resistencias de $\frac{1}{4}$ de Watt, cuya resistencia va de 10 a 10 K Ω , son baratos, lineales y miden temperaturas de -65 a $+200$ °C

Diodos semiconductores: Su funcionamiento se basa en el cambio de potencial de la juntura del diodo, aproximadamente de 2.2 mV/°C. Son baratos, de respuesta rápida y miden rangos de temperatura de -40 a -150 °C.

Circuitos integrados: Son dispositivos de pocas terminales, la corriente que pasa por el dispositivo es numéricamente igual a la temperatura absoluta (dentro del rango de -125 a -200 °C).

$$I(\mu A) = T (^{\circ}K)$$

Algunos ejemplos de estos circuitos integrados son AD590, LT1025, LM 35 y LM113.

* Se propone el sensor de semiconductor LM35.

5.3 Sensores de humo

Un sensor de humo es un aparato detector fijado al techo compuesto de una base de fijación y de una célula de detección de un modelo adecuado a la clase de fuego.

Detección de fuego

Una instalación de detección de incendios tiene por objetivo percibir las manifestaciones físicas que acompañan al inicio de la combustión. El empleo de la detección automática se aconseja en los tipos de locales con materiales con gran valor: archivos, bibliotecas, museos. Los lavabos y sanitarios en los edificios protegidos pueden estar protegidos o pueden estar exentos de detección.

Esquema de la instalación

Una instalación de detección funciona eléctricamente y se compone de los elementos siguientes:

Detectores de un tipo apropiado según la clase de fuego, dispuestos convenientemente en un número suficiente en los locales que se deben vigilar y equipados cada uno con una lámpara de señalización para indicar su funcionamiento.

Una central de alarma sonora y luminosa que indica el sector siniestrado.

Una fuente de alimentación autónoma que asegure el funcionamiento de la instalación de 10 a 15 horas en caso de fallo de la red eléctrica exterior.

Tipos de detectores

Cada aparato ha sido pensado para reaccionar frente a cada una de las manifestaciones del fuego.

- La elevación de temperatura se capta mediante los detectores TERMICOS o TERMOVELOCÍMETROS (combustión viva sin llamas)
- La emisión de humos o gases de combustión es analizada por detectores IÓNICOS (combustión lenta)*
- Las llamas son detectadas por detectores ÓPTICOS (combustión viva)

La preferencia será dada al que sea más seguro en función de las condiciones de cada ambiente, siendo la rapidez de acción el segundo criterio.

Detectores de humo por variación de la IONIZACIÓN

El funcionamiento se efectúa sin corriente eléctrica. Estos detectores son insensibles a las corrientes de aire, lo que permite utilizarlos en los conductos de acondicionamiento de aire, por el contrario, son sensibles a los polvos húmedos. La fuente radiactiva es suficientemente débil para no presentar ningún peligro para las personas. Estos detectores son particularmente sensibles e indicados para los fuegos de evolución lenta.

* Se propone el sensor de humo SA150 CM

5.4 Variables a monitorear en la Biblioteca Central

Para el caso de la Biblioteca Central de la UNAM, y como alcance de este trabajo mantendrán monitoreadas las siguientes variables, por considerarlas primordiales para la seguridad y funcionamiento del inmueble:

- Temperatura de las salas y recintos.
- Humedad relativa.
- Alarma de presencia no permitida, por zonas o por horarios.
- Alarma de conato de incendio.

5.4.1 Monitoreo de temperatura

Para llevar a cabo el sensado de la temperatura de las salas de la biblioteca se utilizará un sensor de semiconductor, debido a su precisión en las lecturas. El circuito que se utilizará será el LM35 de National Instruments (figura 5.1), el cual es un sensor de precisión de temperatura en °C.

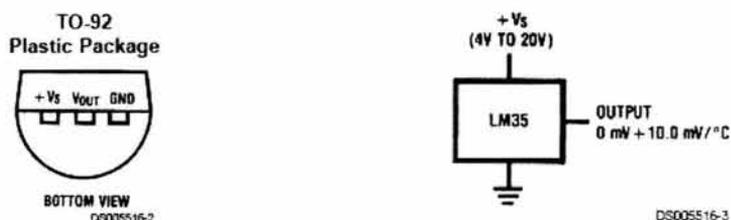


Figura 5.1
Encapsulado y circuito básico del LM35

Otra de las ventajas por las que se eligió este circuito es por su linealidad, es decir, el cambio en la temperatura del encapsulado produce una variación proporcional de la tensión de salida del circuito.

Para obtener las características eléctricas completas de este circuito consultar el Apéndice 10 al final de esta tesis.

5.4.2 Monitoreo de la Humedad Relativa

De la misma forma que la temperatura, la humedad relativa se sensorará con ayuda de un circuito electrónico, se trata del circuito HIH-3605 de Honeywell (figura 5.2), que se encuentra en el mercado.

5.4.4 Monitoreo de alarma contra incendio

La alarma contra incendio será sensada con ayuda de sensores de humo iónicos autónomos con pila de 9 volts con luz de emergencia., este tipo de sensores son fáciles de instalar y resultan de gran utilidad por respaldo de pila de 9 V, además de las indicaciones físicas de alarma. Este sensor se observa en la figura 5.4



Figura 5.4
Sensor de humo SA150 CM

Para obtener las características eléctricas completas de este circuito consultar el Apéndice 10 al final de esta tesis.

En la figura 5.5 se muestra la distribución propuesta para los circuitos de monitoreo y los sensores de presencia y de humo, el ala faltante es igual a la que se muestra.

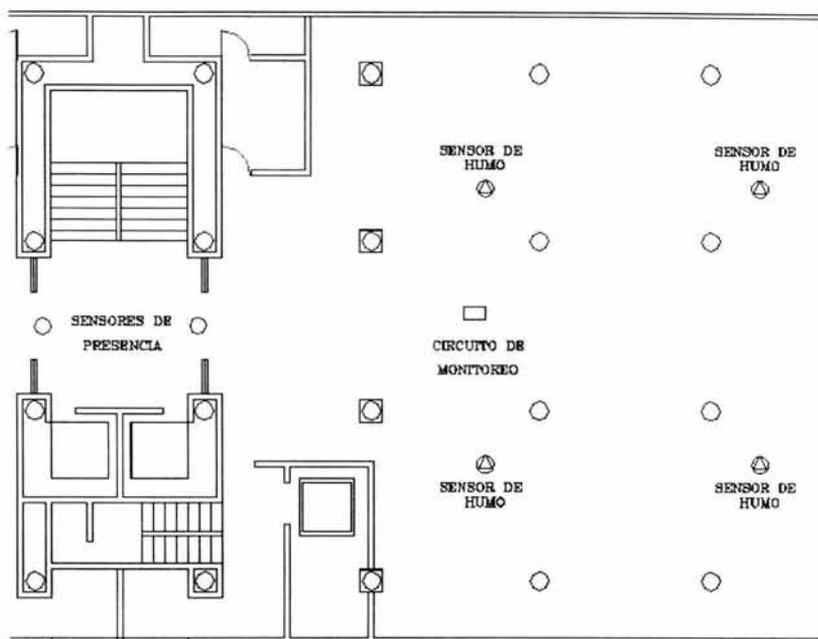


Figura 5.5
Distribución de circuitos de monitoreo
Nivel 4

5.5 Diseño del sistema de monitoreo

El sistema de monitoreo se diseñará con base en un sistema de comunicación serial entre microcontroladores PIC de Microchip. Este diseño se muestra mas adelante.

5.5.1 Periféricos de entrada y salida (e/s) para comunicaciones de una computadora

Actualmente algunos de los organismos más importantes para la normalización de las diferentes interfaces y protocolos son CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telecomunicaciones y Telefonía), el ANSI (Instituto Nacional Americano de Normalización), la ISO (organización Internacional de Estándares) y la EIA (Asociación de Industrias Electrónicas).

La EIA enfoca su actividad principalmente en el campo de la normalización eléctrica, y entre sus logros más destacados en las interfaces RS-232C y RS-449, convertidos en estándares y usados por la mayoría de los fabricantes de equipo de cómputo.

Cabe definir la interfase como una frontera compartida, que está determinada mediante una serie de características eléctricas y funcionales perfectamente especificadas. Las interfaces constituyen el medio por el cual los periféricos se conectan a la CPU.

Las interfaces serie generalmente responden a una especificación estándar denominada RS-232C, son muy comunes y permiten la conexión de terminales, ratones, lápices ópticos, scanners, modems, sistema de adquisición de datos, impresoras y plotters.

Un mismo equipo puede contar con una o varias de ellas, identificándose como COM1, COM2, etc. Su principal característica es transmitir información por un solo conductor o cable (uno para los datos de entrada, otro para los datos de salida y un cable común), es decir, que los datos se transmiten uno a continuación de otro, en un modo determinado asíncrono en que se debe establecer la velocidad de comunicación y una convección respecto de la información que se envía o recibe.

5.5.2 Puerto serial

Comunicación serial

Una de las formas de comunicación bidireccional que proporcionan las computadoras personales (PC's) se realiza a través del puerto asíncrono, puerto serie o "puerto COM". Debido a que este puerto opera bajo el estándar RS-232C de EIA.

Estos puertos convierten los ocho o más bits en una cadena de pulsos y transfieren la información en series largas de bits. A esta forma de intercambio de datos se le llama transferencia serial.

La transferencia de información en forma serial se puede efectuar básicamente por dos métodos:

Transmisión síncrona

Transmisión asíncrona

En la comunicación síncrona, los sistemas de transmisor y receptor son sincronizados de tal forma que la conexión lógica entre los sistemas se realice al mismo tiempo, así se permite que los caracteres sean enviados uno tras otro, pero incluye caracteres especiales al principio de cada mensaje y caracteres de relleno que son enviados cuando no se está enviando información. Por esto, los caracteres deben de estar espaciados.

La otra alternativa es marcar en el tren de los datos para indicar el inicio y término de los bloques de datos, este método le permite evitar confusiones en la sincronización. Este tipo de transmisión se denomina asíncrona y es la base de operación en los puertos seriales de las computadoras personales. La velocidad en que se transmite la información en sincronía es mayor a la transmisión asíncrona debida a que esta requiere de bits extra con cada carácter.

En la mayoría de los sistemas asíncronos los datos son divididos en pequeños bloques de bits llamados palabra, los cuales pueden consistir de cinco a ocho bits. La longitud de palabra comúnmente utilizada es de siete u ocho bits, debido a que las palabras formadas se asemejan a la descripción de caracteres del código ASCII,

Para el protocolo de transmisión serial de datos, los bits de una palabra son enviados de uno en uno a través del canal de comunicación. Cuando no se transmite ningún carácter, la línea está en alto y cuando cambia a bajo, se sabe que se transmiten datos. Por convención, primero se envía el bit menos significativo de la palabra, el resto de los bits son enviados uno tras otro en orden creciente de significación.

Además de los bits de datos se tiene un pulso de doble longitud llamado bit de inicio, e cual indica el inicio de la palabra de datos. También se tiene otro bit para indicar el fin de la palabra. Entre el último bit de la palabra y el bit de fin se tiene un bit más llamado bit de paridad, este bit se utiliza para verificar la integridad de los datos.

Las señales seriales también se describen por la velocidad nominal a la cual son transmitidos los trenes de bits. La forma estándar de medición es la cantidad de bits que son enviados en una unidad de segundo o bits por segundo (bps). La velocidad mínima más común es de 300 bps, sin embargo, existen también submúltiplos de esta velocidad que son: 50, 100 y 150 bps. Por el contrario, las velocidades de transmisión mayores a 300 bps son 600, 1200, 2400, 4800, 9600 hasta 19200 bps.

Tipos de transmisión

Los diferentes tipos de transmisión utilizados comúnmente para comunicar dos puntos, operan bajo los siguientes esquemas:

Transmisión simplex: la comunicación se efectúa solamente en un sentido: del transmisor al receptor.

Transmisión Half-duplex: es la comunicación electrónica en dos sentidos, la cual se efectúa en un solo sentido a la vez. Por lo que debe existir algún protocolo para cambiar el modo de transmisión utilizada, por ejemplo, la comunicación entre la gente es usualmente half-duplex, uno escucha mientras el otro habla.

Transmisión Full-duplex: este tipo de comunicación también se efectúa en ambos sentidos, aunque la principal diferencia con el anterior es que aquí se lleva a cabo en ambos sentidos al mismo tiempo. En consecuencia, se utilizan líneas diferentes para las dos direcciones de la señal.

Estándar RS-232C

Es el método de comunicaciones más empleado para interconectar computadoras personales o algún otro dispositivo de forma sencilla. Este estándar representa los 1's entre -3 hasta -20 volts y los 0's entre +3 y +20 volts, siendo los valores de tensión más utilizados para este propósito -12 y +12 volts respectivamente. Esto ofrece un intervalo

mayor de tensión entre cada valor diferente así como un cruce por cero que brinda una inmunidad más grande al ruido que los niveles de tensión TTL.

Conectores para comunicación serial

Este estándar también posee un conector especial para la comunicación serial llamado DB-25, que es un conector de 25 pines, pero generalmente se utilizan un máximo de 9 pines para realizar esta función, lo que crea un conector llamado DB-9. Dichos conectores se muestran en la figura 6.9. Pero si se trata de aplicaciones sencillas, la conexión para la comunicación serial puede ser reducida a solamente 2 pines que serán los conductores necesarios para dicho propósito: uno para transmitir y otro para recibir información. Por lo anterior solamente 3 conductores son necesarios: los dos mencionado anteriormente y uno más para establecer una referencia o tierra común entre los dispositivos.



Figura 5.6
Conectores DB9 y DB25

Generalmente en las computadoras se emplea un conector DB-9 macho, que se muestra en la figura 6.10. A la computadora en este caso se le denomina DTE (Data Terminal Equipment) que, a través de un cable es conectado a un periférico que posee un conector hembra denominado DCE (Data Communications Equipment). En dichos conectores, las señales generadas son las siguientes:

PIN #	SEÑAL
1	Data Carrier Detect (DCD)
2	Received Data (RxD)
3	Transmitted Data (TxD)
4	Data Terminal Ready (DTR)
5	Ground (GND)
6	Data Set Ready (DSR)
7	Request to Send (RTS)
8	Clear to Send (CTS)
9	Ring Indicator



Figura 5.7
Conector DB9 macho

Los datos son recibidos y transmitidos por los pines 2 y 3 respectivamente, la señal DSR del pin 6 es un indicador de que los datos están listos. De forma similar, DCD, pin 1, indica que los datos son recibidos correctamente. Los pines 7 (RTS) y 8 (CTS) son usados para control. En la mayoría de las situaciones, RTS y CTS se encuentran encendidos durante toda la sesión de comunicación.

5.5.3 Planteamiento del sistema de monitoreo de la Biblioteca Central

El sistema de monitoreo que proponemos se basa en la comunicación asíncrona serial de los PIC's, en el Apéndice 11 se menciona más sobre éstos dispositivos. Un PIC estará colocado en cada sala de la biblioteca, este será el encargado de recopilar la información de los sensores de temperatura, humedad y las alarmas (de presencia no deseada e incendio). Un PIC localizado en el local será el encargado de controlar el sensor de cada uno de los PIC's de las salas, a este último PIC lo llamaremos *Maestro*, así mismo este PIC Maestro tendrá la función de verificar la correcta transmisión de los datos y finalmente enviarlo a una PC para su despliegue. A los PIC's localizados en cada una de las salas de la biblioteca les llamaremos *Esclavos*.

A continuación se muestra un diagrama a bloques del sistema de monitoreo:

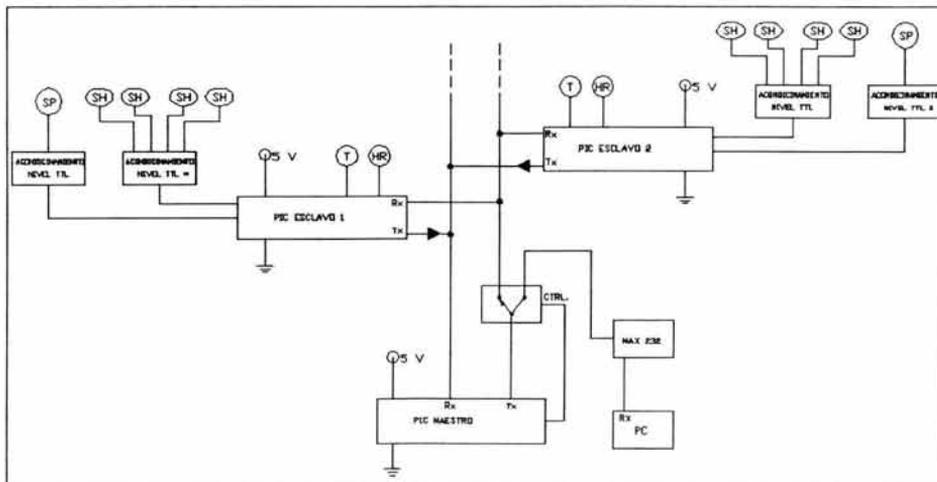


Figura 5.8
Sistema de monitoreo

Características de comunicación del sistema de monitoreo:

- La señal eléctrica es Unipolar NRZ (ver figura 5.9), con niveles TTL* entre PIC's.
- La comunicación entre PIC's Maestro y Esclavos es del tipo Half-duplex.
- La comunicación entre PIC Maestro y PC es del tipo Simplex, con una interfaz que convierte el nivel TTL del PIC a RS232 (C.I. MAX232).
- Se utiliza el puerto serie de la PC para recibir la información.
- La velocidad de transmisión es de 4800bps.

* Se le llama Unipolar porque se asigna al "1" lógico un valor de voltaje positivo y al "0" lógico un voltaje de cero. Se le llama NRZ (Non Return to Zero) debido a que el nivel del uno o el cero es constante durante todo el intervalo de bit (No baja a cero). Y Es TTL debido a que un "0" es definido entre 0V y 0.8V y un "1" entre 2V y 5V.

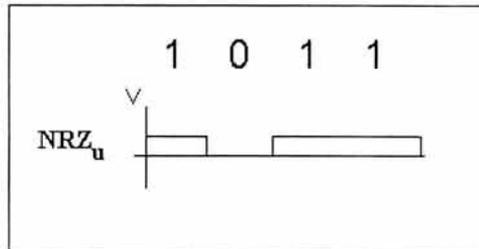


Figura 5.9
Señal Unipolar NRZ

5.5.4 Diagrama de flujo del sistema de monitoreo para la Biblioteca Central

En la figura 5.8 se observa el diagrama de flujo en que se basará la programación del PIC maestro del sistema de monitoreo.

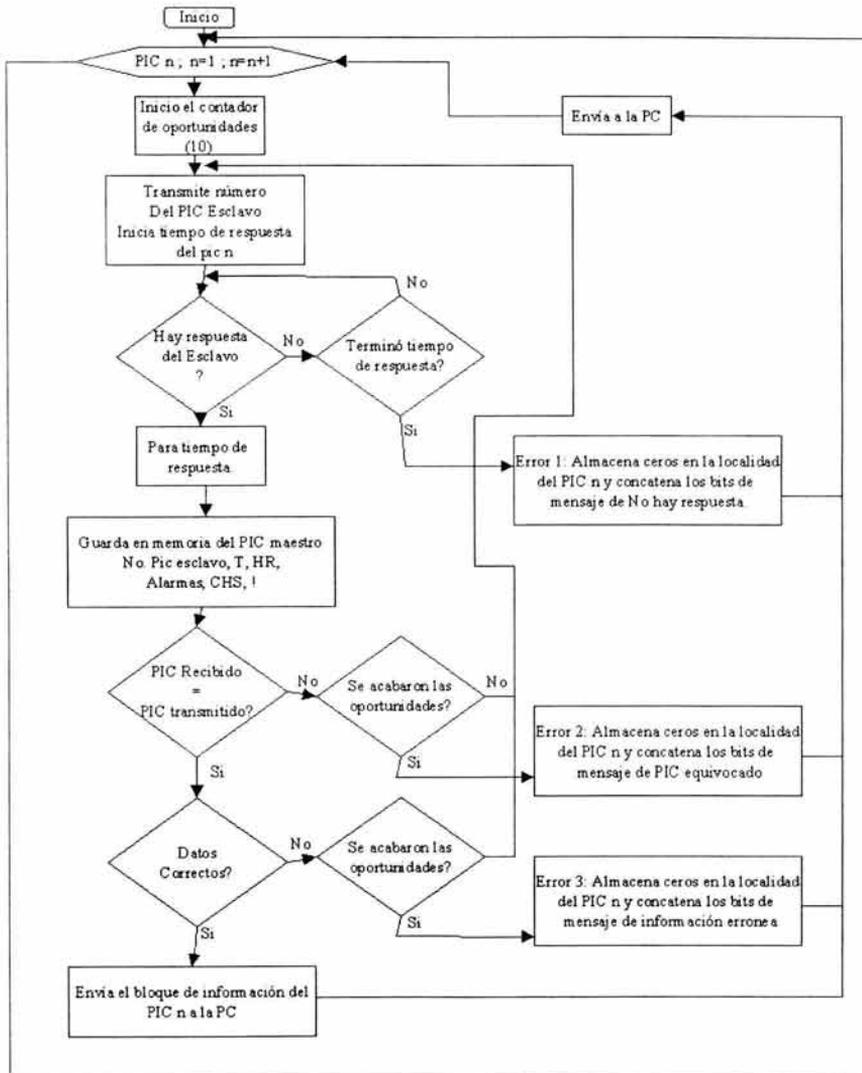


Figura 5.10
Diagrama de Flujo
PIC Maestro

En la figura 6.12 se observa el diagrama de flujo en que se basará la programación del PIC esclavo del sistema de monitoreo.

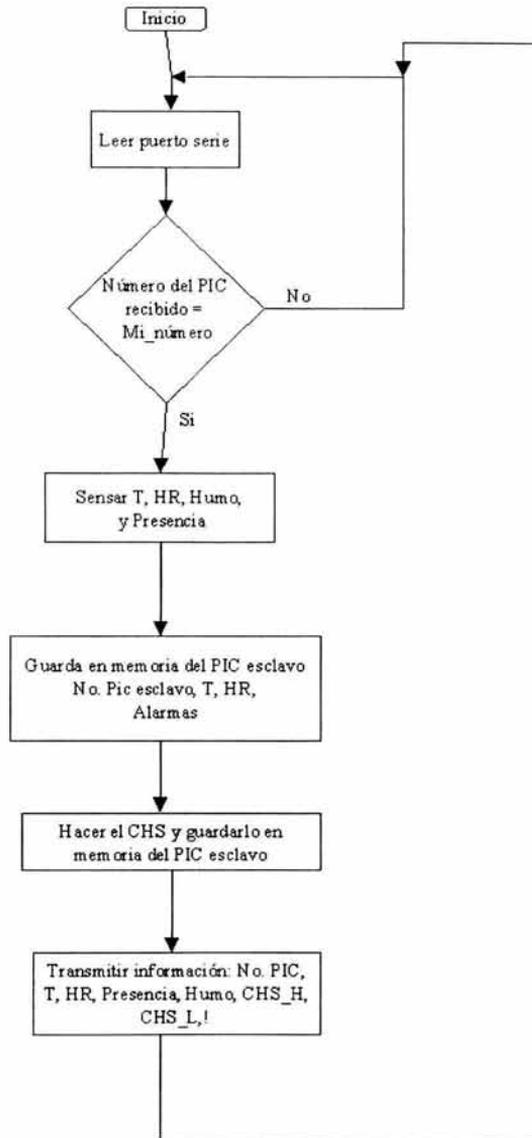


Figura 5.11
Diagrama de Flujo
PIC Esclavo

A partir de los diagramas de flujo de las figura 5.10 y 5.11 se programarán los PIC's 16F876 en lenguaje ensamblador con ayuda del set de instrucciones (ver Apéndice 12). Los programas fuente del maestro y esclavo se encuentran en el Apéndice 13.

La implementación de los circuitos se muestra en el archivo esquemático del Apéndice 14, este circuito fue elaborado en el programa Protel.

5.5.5 Despliegado de las variables de monitoreo

Con ayuda de la comunicación serial entre PIC's se transmitirá la información entre el PIC maestro y la PC para desplegar en forma gráfica todas las variables a monitorear en cada una de las salas de la biblioteca. La interfaz gráfica se realizó con ayuda del lenguaje de programación C++ Builder 6. La interfaz gráfica se muestra en la figura 5.12.

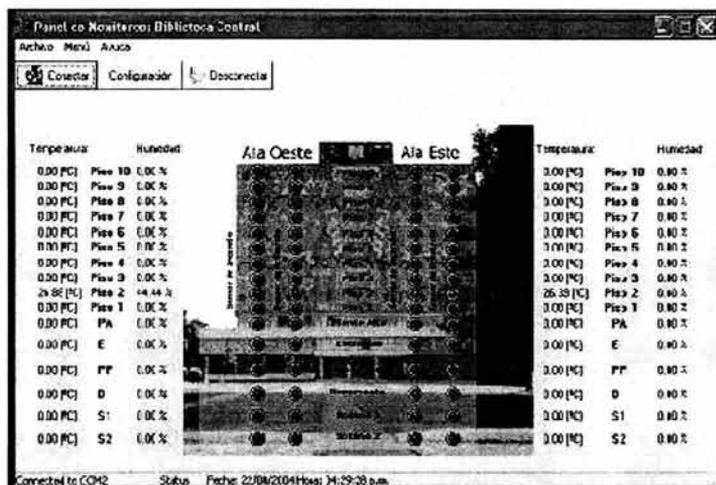


Figura 5.12
Panel de Monitoreo: Biblioteca Central

5.6 Análisis Económico

En las siguientes tablas se muestran los precios de los elementos que se necesitan para construir el sistema de monitoreo.

POR 32 ESCLAVOS:

Sensor de Humedad, HH3605-B	\$277
Sensor presencia, LX28A	\$160
Microcontrolador, PIC16F876-04/SP	\$110.43
4 Sensores humo, SA150 CM	\$100
Circuito Impreso, PCB	\$50
Caja de plástico protectora	\$30

Sensor de Temperatura, LM35 DZ	\$13.65
Dip Switch, 8 posiciones	\$12
Cristal de Cuarzo, 4 MHZ	\$6.10
1 compuerta OR cuádruple, 4019	\$3.50
8 Resistencias, 1 MOhm @ ¼W	\$2.61
2 Capacitores cerámicos, 22pF	\$1.74
1 Led, verde	\$1
1 Resistencia, 100 Ohm @ ¼ W	\$0.26
TOTAL DE 1 ESCLAVO	\$768
TOTAL DE 32 ESCLAVOS	\$24,585

Tabla 5.1
Precio por módulos-esclavos

PARA UN MAESTRO:

Microcontrolador, PIC16F876-04/SP	\$110.43
Circuito Impreso, PCB	\$50
Caja de plastico protectora	\$30
Cristal de Cuarzo, 4 MHZ	\$6.10
Convertidor de Niveles TTL/RS232, MAX232N	\$6.08
5 Capacitores electrolíticos, 1 uF @ 25V	\$3.92
Buffer Cuádruple 3 Estados, 74LS125AN	\$3.04
Switch Analógico Cuádruple, HC4066	\$3.04
2 Capacitores cerámicos, 22pF	\$1.74
Transistor, BC546	\$1.74
1 Led, verde	\$1
1 Resistencia, 100 Ohm @ ¼ W	\$0.26
1 Resistencia, 10k Ohm @ ¼ W	\$0.26
1 Resistencia, 1k Ohm @ ¼ W	\$0.26
TOTAL 1 MAESTRO	\$218

Tabla 5.2
Precio por módulo-maestro

PRECIO TOTAL:

TOTAL DE MAESTRO Y ESCLAVOS	\$24,803
------------------------------------	-----------------

Tabla 5.3
Precio Total Maestro-Esclavos

Bibliografía

Libros

Pérez Rodríguez, Jorge Alfredo; Sistema portátil recolector de datos (hand held) por medio de códigos de barras en base a un microcontrolador m68ch11; México; El autor, 2003; Tesis Licenciatura (Ingeniero Eléctrico Electrónico)-UNAM, Facultad de Ingeniería ; Cap. 3.

Morrison, Trevor P.; The art of computerized measurement; New York, EUA; Oxford University Press; 1997; 285 p.

Páginas WEB

Hardware: Programador de PIC's "Trivial LVP programmer"
<http://www.finitesite.com/d3jsys/#SOFTWARE>

Software: Free flash PIC programming software for Windows and DOS (fpp0943.zip)
<http://people.man.ac.uk/~mbhstdj/piclinks.html>

Ambiente de programación de PIC's "MPLAB Integrated Development Environment (IDE) V. 6.5"
<http://microchip.com>

Conclusiones

Es el momento de analizar los resultados de este trabajo, por lo cual analizaremos lo siguiente:

- ¿Se cumplieron los objetivos originalmente planteados?
- ¿Cuáles son los principales resultados obtenidos?
- ¿Cuáles son las posibles líneas de extensión?

Contestando la primera pregunta:

El objetivo general propuesto fue el siguiente:

OBJETIVO GENERAL:

Con la realización de este trabajo de tesis se contará con el diseño para su posible aplicación, del sistema de automatización y ahorro de energía para la Biblioteca Central de la UNAM.

SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

El sistema de Automatización que propusimos consta de tres partes esenciales:

1. Sistema de Iluminación
2. Acondicionamiento de aire
3. Control de alarmas

El sistema de Iluminación queda automatizado al proponer un conjunto de controles que ayudan a fomentar el máximo uso de luz solar y además evitando el uso innecesario de luz cuando los espacios están desocupados.

En cuanto al acondicionamiento de aire se analizó el sistema actual de la biblioteca central y se encontró que solo consta de ventilación la cual es ineficiente por lo que se propuso un sistema de acondicionamiento de aire que fue diseñado para satisfacer las necesidades propias de una biblioteca como son:

- Temperatura adecuada que favorece el estudio evitando fatiga o sueño por altas temperaturas.
- Humedad Relativa adecuada la cual preserva el estado de los libros.
- Además el sistema aumenta la comodidad de los usuarios de la biblioteca.

Atendiendo a la necesidad de tener un sistema de control de alarmas contra incendios que no dependiera de un botón para activarse se propuso un conjunto de sensores distribuidos en varios puntos de la biblioteca los cuales están conectados al sistema de monitoreo que constantemente verifica el estado del sistema.

AHORRO DE ENERGÍA

El ahorro de energía que propusimos es en cuanto al sistema de iluminación puede resultar una buena solución si se planea con el suficiente cuidado, ya que una disminución de 58% en la carga conectada por iluminación resulta muy interesante para disminuir consumos, pero debido al alto costo de inversión inicial solamente es viable realizarlo de un mediano a un largo plazo. Por otro lado esta disminución de carga conectada resulta benéfica si se considera instalar un equipo de acondicionamiento de aire, ya que disminuye la capacidad de éste.

Además si se combina la disminución de carga con las acciones de control propuestas, el resultado resulta aún más atractivo para poder ahorrar energía.

Contestando la segunda pregunta:

Los principales resultados obtenidos son los siguientes:

- Se necesitaba conocer el estado actual de la subestación eléctrica de la Biblioteca Central para saber si su capacidad sería suficiente para nuestras necesidades. Después de verificar esto se hicieron observaciones de las condiciones de operación de la subestación eléctrica y equipo periférico proponiendo mejoras para un correcto funcionamiento de éstos.
- Se propusieron métodos de control que mejor se adaptaran a las necesidades de la Biblioteca como lo son los diversos controles de iluminación, control automático del sistema de acondicionamiento de aire y controles de alarma.
- Se diseñó un sistema de monitoreo con circuitos existentes en el mercado de bajo costo que proveen una sencilla pero completa inspección de variables que proveen información valiosa para la Biblioteca como son: Temperatura, Humedad Relativa y estado de Alarmas contra Fuego y área restringida a los usuarios.
- Para tener un diagnóstico energético completo también se hizo un análisis económico del proyecto.

Contestando la tercera pregunta:

Como posibles líneas de extensión:

El sistema de alarmas se completaría añadiendo alarmas audibles y visibles en cada sala. Diseñando las interfaces correspondientes para conectar estas alarmas a los dispositivos diseñados por nosotros para monitorear las variables de control por sala.

También se podría complementar el registro del sistema de monitoreo añadiendo datos de consumo de energía eléctrica por sala o zona con mediciones continuas a la subestación eléctrica con ayuda de analizadores de redes.

Y una línea de extensión muy importante, es que este análisis y diseño no quedé solo como un trabajo de tesis sino que se tome en cuenta como una propuesta seria para evaluación y posible aplicación con la cual nos sentiríamos muy orgullosos de haber retribuido a nuestra Universidad por todo lo que nos ha dado.

Apéndices

Apéndice 2

Reporte de las condiciones eléctricas de la Biblioteca Central a partir de las mediciones efectuadas en Mayo del año 2000

DURANTE LA REALIZACIÓN DE LAS MEDICIONES EN LOS TABLEROS, SE DETECTARON LAS SIGUIENTES ANOMALÍAS:

Es muy importante que se les de una solución a estos problemas.

1.- Los tableros que presentan calentamiento en sus circuitos y alcanzan una temperatura de 40 °C son los siguientes:

- El TIN9 es trifásico, de 30 polos, tipo QO, de zapatas principales, sin interruptor general. Su calentamiento probablemente se deba a que maneja una carga bastante grande en cuanto a lámparas y contactos debido a que tiene protecciones viejas y conductores de mala calidad, además presenta un desbalance de 41.67%, probablemente el tablero esté en el límite de su capacidad de carga. En la fase A circula una corriente de 33.7 A, en la fase C 30 A, en la fase B 4 A y en el neutro 24.7 A.

- El tablero TIN8 es un tablero trifásico de 30 polos, tipo NQO, con interruptor general de 3X100 A, este tablero también controla gran cantidad de lámparas, contactos y equipo de cómputo, que están encendidos durante todo el día, aunque sus circuitos no estén sobrecargados no es un tablero para manejar esa cantidad de carga y se requiere un tablero de mayor capacidad o repartir la carga para que disminuya su temperatura. También tiene protecciones dañadas y un desbalance del 34.28%, ya que en la fase C circulan 42 A, en la fase B 30 A, en la fase A 27.6 A y en el neutro una corriente de 27 A que debería ser cero.

- El tablero TIN7 es un tablero trifásico de 30 polos, tipo NQO sin interruptor general, está saturado de cables y son de mala calidad. Su calentamiento se debe probablemente a que está sobrecargado o en el límite de su capacidad. Presenta un desbalance del 24.2%, con una corriente en fase A de 28.1 A, en fase B de 24.3 A y en fase C de 21.3 A.

2.- Los tableros que presentan calentamiento de menor temperatura, pero pueden presentar serios problemas son los siguientes:

Los tableros TIN1, TIN2, TIN3, son tableros trifásicos de 4 hilos, 30 polos, tipo QO. Manejan una carga considerable, pero como se alimentan directamente, sin interruptor general, es más fácil de producir calentamiento en las barras del tablero, estas soportan una carga menor a las del tipo NQO.

3.- Los tableros que tienen algunos circuitos con calentamiento son los siguientes:

El tablero TIN5 C-8, C-11; TIN4 C-3; T1EP C-3, C-4, C-5, C-6, C-7, C-17; TIN10 C-1, C-3,4; TIN6 C-9; T3EP C-13,15.

Estos tableros son tipo NQO, sin embargo, tienen circuitos compartidos, conexiones flojas, protecciones viejas y cables que producen calentamiento en los circuitos mencionados anteriormente.

4.- Los tableros que están mal instalados, con circuitos compartidos, conductores delgados, sin sistema de tierra o tienen circuitos sobrecargados de la Planta de Basamento son los siguientes:

- El tablero T1PBAS tiene circuitos con calibres de conductores muy delgados del 14 y 16 AWG, los circuitos **C-9** y **C-10** sin mantenimiento preventivo, limpieza, apriete de conexiones, peinado de cables y un circuito compartido **C-2**.

- El tablero T2PBAS tiene una tapa en mal estado, no cierra bien, le falta mantenimiento preventivo, apriete de conexiones y limpieza.

- El tablero T3PBAS no tiene bien instalado su sistema de tierra, todos los cables se unen sin hacer contacto en una barra fija sujeta al tablero, están unidas en un mismo punto.

- Al tablero T4PBAS le hace falta su sistema de tierra, controla varias computadoras y contactos del departamento de producción.

- El tablero T5PBAS tiene su cable del sistema de tierra desconectado y controla el regulador del servidor de las computadoras de la biblioteca, es importante que se le conecte su sistema de tierra.

- El tablero T6PBAS controla aire acondicionado, tiene bien conectado su sistema de tierra, está en buenas condiciones, es un tablero nuevo.

- El tablero T7PBAS es un tablero marca Cuttler Hamer, tiene bastante tiempo. El circuito **C-1** compartido, controla un UPS de 2000 VA, no tiene sistema de tierra.

- El tablero T8PBAS es un tablero que controla el área técnica, varias computadoras, lámparas y contactos, tiene un circuito compartido sobrecargado, circula una corriente en el límite de la capacidad de la protección con una temperatura de 41°C. El circuito **C-17** no tiene sistema de tierra y es conveniente instalarle adecuadamente un sistema de tierra para protección de los equipos.

- El tablero T9PBAS tiene circuitos compartidos **C-5** y **C-9**, no tiene sistema de tierra y controla equipo de cómputo, le falta darle mantenimiento preventivo (apriete y ajuste de conexiones, limpieza y peinado de cables), tiene los alimentadores muy cortos y no se pueden hacer mediciones.

- El tablero T10PBAS tiene dos circuitos compartidos, el **C-5** y el **C-16**. Maneja una carga considerable, tiene un empalme sin cinta de aislar, tiene un circuito derivado en el interruptor general, le falta mantenimiento preventivo (limpieza y apriete de conexiones).

5.- *Los tableros ubicados en el Sótano 1 se les detectaron los siguientes problemas:*

- T1SOT1 le falta fijar la barra del neutro con un tornillo, le falta mantenimiento preventivo (limpieza y apriete de conexiones).

- T2SOT1 se encuentra ubicado en un área sin iluminación, no tiene tapa, le falta mantenimiento preventivo, peinado de cables, limpieza, apriete de conexiones, etc. Se le debe colocar su iluminación y despejarlo de mobiliario viejo que no deja poder ver sus protecciones, para el control del área.

- El tablero del Sótano 2 es el T1SOT2, este tablero se encuentra sin tapa, con cables sueltos, no tiene iluminación para ver sus circuitos, está muy sucio, le falta su mantenimiento preventivo, apriete de conexiones, etc.

6.- *A los tableros de la planta principal, entepiso y planta alta se les observaron los siguientes problemas:*

El tablero T1PBP es un tablero ubicado en la planta principal y controla los contactos de las fotocopiadoras, existe un circuito sobrecargado, controla carga monofásica es el circuito C-4,6 en

el cual circula una corriente de 39 A y su protección es de 20 A, le falta mantenimiento preventivo, apriete de conexiones, limpieza, arreglo de cables y conectarlo a un sistema de tierra física.

Los tableros T1EP, T2EP y T3EP ubicados en el entepiso básicamente les falta mantenimiento preventivo apriete de conexiones, peinado de cables, limpieza y balancear sus cargas en un máximo del 3% ya que presentan un desbalance del 38.1%, 24.3% y 23.5% respectivamente.

El tablero T1PA ubicado en la planta alta presenta un gran desbalance del 86.19% y circula una corriente en el neutro de 26.1 A. y no tiene mantenimiento preventivo.

RECOMENDACIONES PARA LA SOLUCIÓN DE LAS ANOMALÍAS Y PROBLEMAS DE LOS TABLEROS MENCIONADOS ANTERIORMENTE

1.- *Para los tableros que presentan calentamientos en sus circuitos y tienen una temperatura de más de 45 °C. T1N9, T1N8 y T1N7 se recomienda lo siguiente:*

- Cambiar el tablero por uno que soporte mayor carga de preferencia tipo NQO marca Square D con su interruptor general de 3X100 A para la carga total instalada o separar la carga de iluminación o contactos a otro tablero con la capacidad adecuada para evitar el calentamiento ya que se puede dañar la instalación.

- Ponerle protecciones nuevas y cambiar los conductores por unos de mejor calidad (Square D y Condumex respectivamente) y balancear los tableros a un máximo del 3 %.

2.- Para los tableros que presentan calentamiento menor a los 45 °C. T1N1, T1N2 y T1N3 se recomienda lo siguiente:

- Separar la carga de contactos o iluminación a un tablero con la capacidad adecuada para la carga, de preferencia tipo NQO marca Square D con interruptor general, ya que la carga ha aumentado considerablemente.

- Balancear los tableros a un máximo del 3 %.

3.- Para los tableros que tienen solo algunos circuitos con temperatura alta mencionados anteriormente en el punto 3 se recomienda lo siguiente:

- Cambiar las protecciones dañadas por nuevas, marca Square D que es la marca del tablero, apretar sus conexiones y cambiar cables por unos de mejor calidad, los tableros son el T1EP, T3EP, T1N4, T1N5, T1N6 y T1N10.

- Independizar los circuitos compartidos en los mismos tableros (ver cuadros de mediciones).

4.- Los tableros de la Planta de Basamento con conductores delgados, circuitos compartidos y sobrecargados, se recomienda lo siguiente:

- Cambiar los conductores delgados calibre 14 y 16 AWG por los adecuados del 12 AWG Tablero T1PBAS C-9 Y C-10.

- Ponerle una tapa en buen estado al tablero T2PBAS.

- Conectar o instalar a un sistema de tierra a los tableros que controlan equipo de cómputo o electrónico, para la protección de los mismos. Tableros : T4PBAS, T7PBAS, T8PBAS y T9PBAS

- Instalar adecuadamente el sistema de tierra a través de una barra fija sujeta al tablero, para que no haya falsos contactos o se desconecten los cables. Tableros: T3PBAS y T5PBAS.

- Independizar circuitos compartidos sobrecargados, con su protección y conductor adecuados.

Tableros: T7PB C-1, T8PBAS C-17, T9PBAS C-5 y C-9, T10PBAS C-5 y C-16.

- Darles mantenimiento preventivo a todos los tableros de la Planta de Basamento (limpieza, peinado de cables, apriete de conexiones y cambiar las protecciones dañadas).

5.- A los tableros ubicados en el sótano se les recomienda lo siguiente:

- Al tablero T1SOT1, ponerle a la barra del neutro el tornillo que le hace falta, darle mantenimiento preventivo (limpieza y apriete de conexiones).

- Para los tableros T1SOT1 y T1SOT2 se recomienda colocarles su tapa, ponerles iluminación y darles también mantenimiento preventivo.

6.- A los tableros ubicados en la planta principal, entrepiso y planta alta se les recomienda lo siguiente:

- Al tablero T1PBP se recomienda cambiarle la protección del circuito sobrecargado C-4,6 por una protección de 40 A, conectarlo a un sistema de tierra física para protección de las fotocopiadoras que controla y darle mantenimiento preventivo.

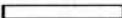
- Para los tableros T1EP, T2EP Y T3EP ubicados en el entrepiso y el T1PA ubicado en la planta alta, se recomienda darles mantenimiento preventivo (peinado de cables, apriete de conexiones, limpieza, etc.) y balancearlo en un máximo del 3% para evitar calentamiento y corrientes en el neutro.

Los cuadros de carga de los tableros se pueden consultar en el Apéndice A al final de este escrito.

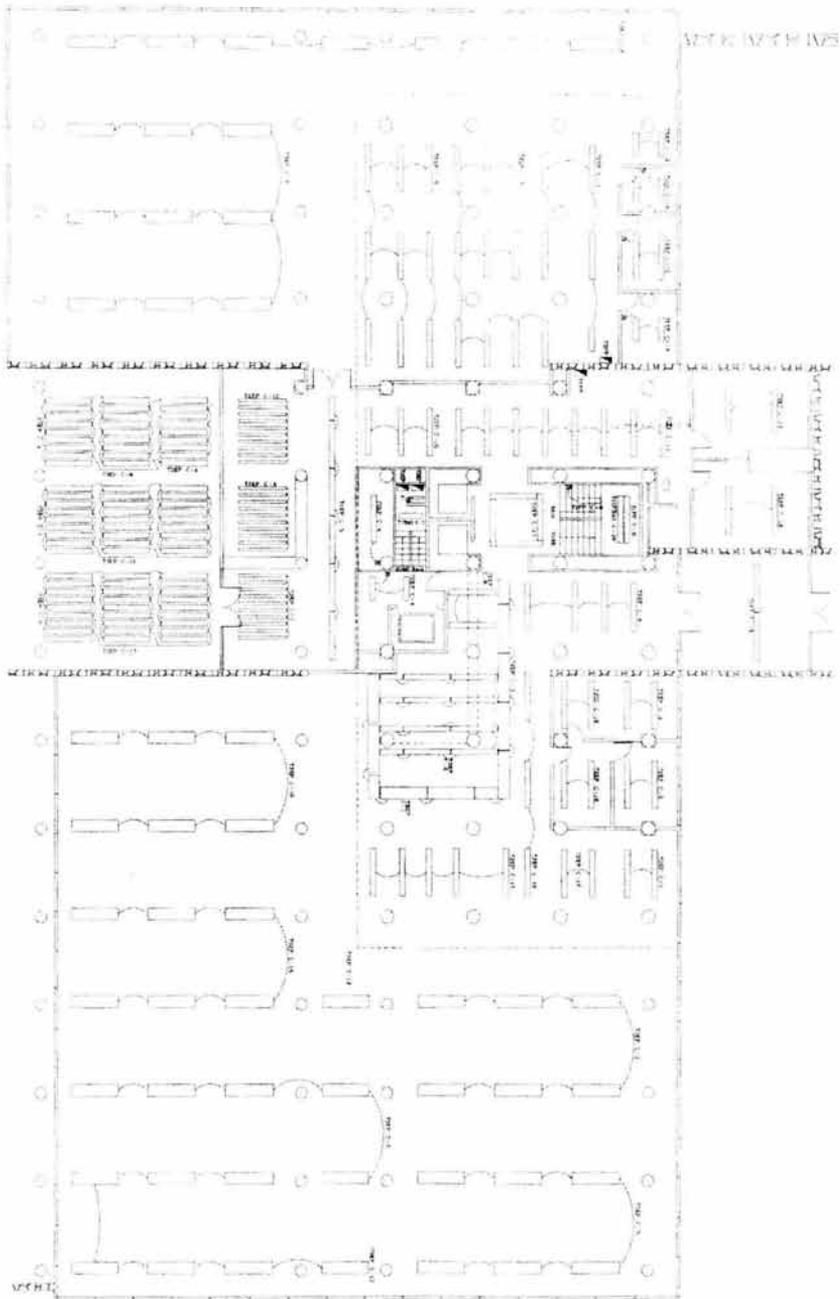
Apéndice 3

Planos de la Biblioteca Central

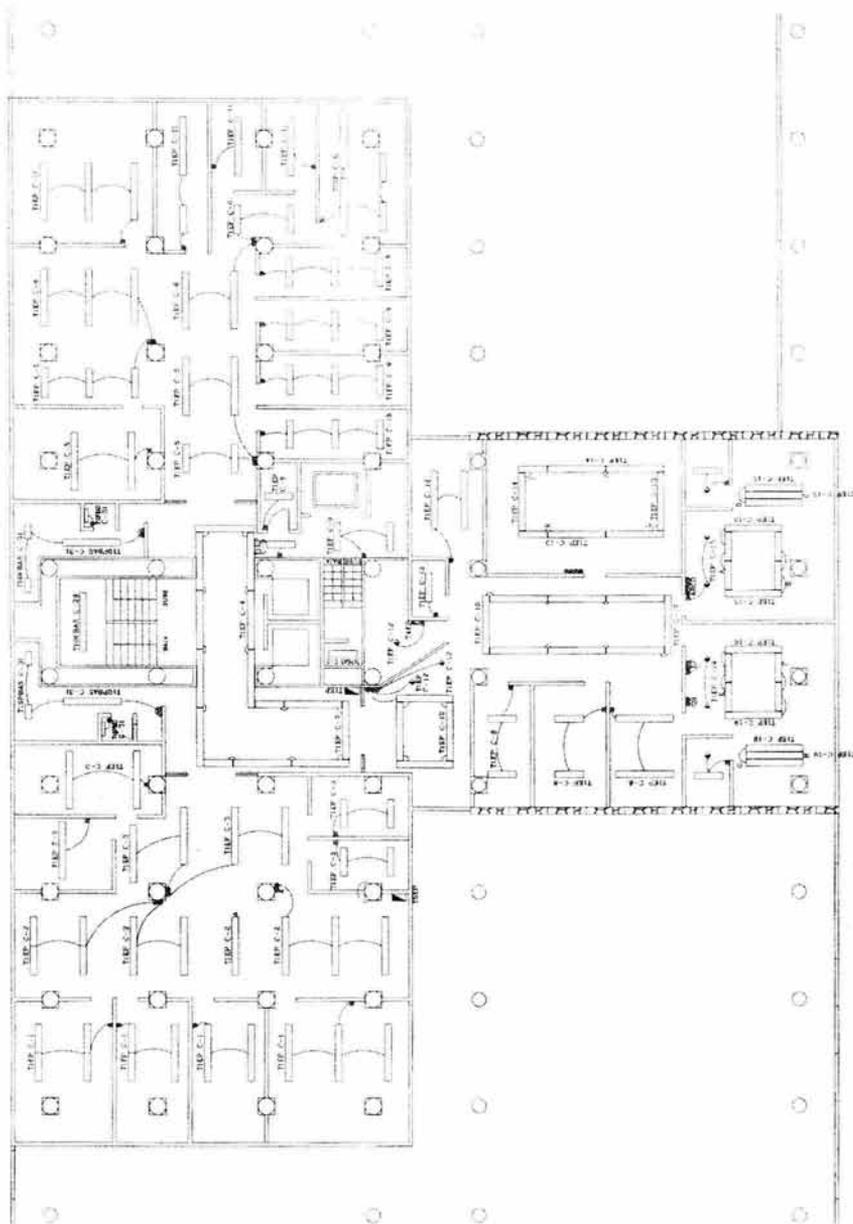
Simbología

	CONJUNTO DE LUMINARIOS FLUORESCENTES TIPO SLIMLINE DE 2X32 W 4 UNIDADES DANDO EN TOTAL LAS SIGUIENTES DIMENSIONES 0.6 X 2.44 MTS.
	LUMINARIO FLUORESCENTE TIPO SLIMLINE DE 2X17 W EN GABINETE DE 0.3 X 0.6 MTS.
	CONJUNTO DE LUMINARIOS FLUORESCENTES TIPO SLIMLINE DE 2X32 W 8 UNIDADES DANDO EN TOTAL LAS SIGUIENTES DIMENSIONES 0.9 X 2.44 MTS.
	LUMINARIO FLUORESCENTE TIPO SLIMLINE DE 2X32 W EN GABINETE DE 0.3 X 1.22 MTS.
	CONJUNTO DE LUMINARIOS FLUORESCENTES TIPO SLIMLINE DE 1X32 W 8 UNIDADES DANDO EN TOTAL LAS SIGUIENTES DIMENSIONES 0.16 X 2.44 MTS.
	LUMINARIO FLUORESCENTE TIPO SLIMLINE DE 1X32 W EN BASE DE 0.15 X 1.22 MTS.
	LUMINARIO FLUORESCENTE TIPO SLIMLINE DE 1X17 W EN BASE DE 0.15 X 0.8 MTS.
	APAGADOR TIPO QUINCINO DE 15 AMP. UBICADO A 1.80 MTS. DEL PISO
	ARRANCADOR PARA MOTOR TRIFASICO
	MOTOR TRIFASICO DE 1.5 HP PARA AIRE ACONDICIONADO
	LINEA DE CONEXION ENTRE LAMPARAS (NO INDICA CANALIZACION)
TMN-CX	TABLERO, NUMERO DE TABLERO, NIVEL-NUMERO DE CIRCUITO.

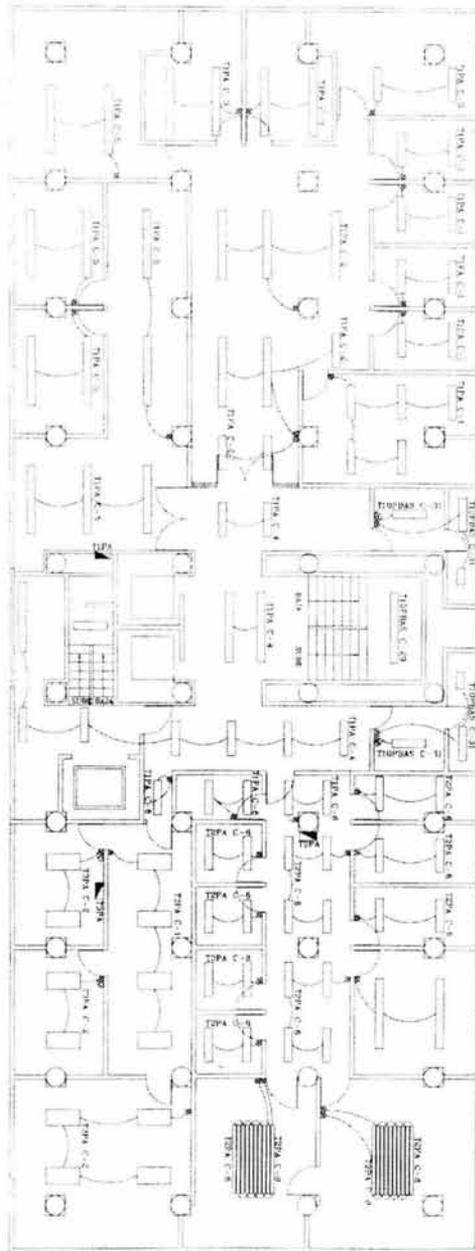
Planta Principal



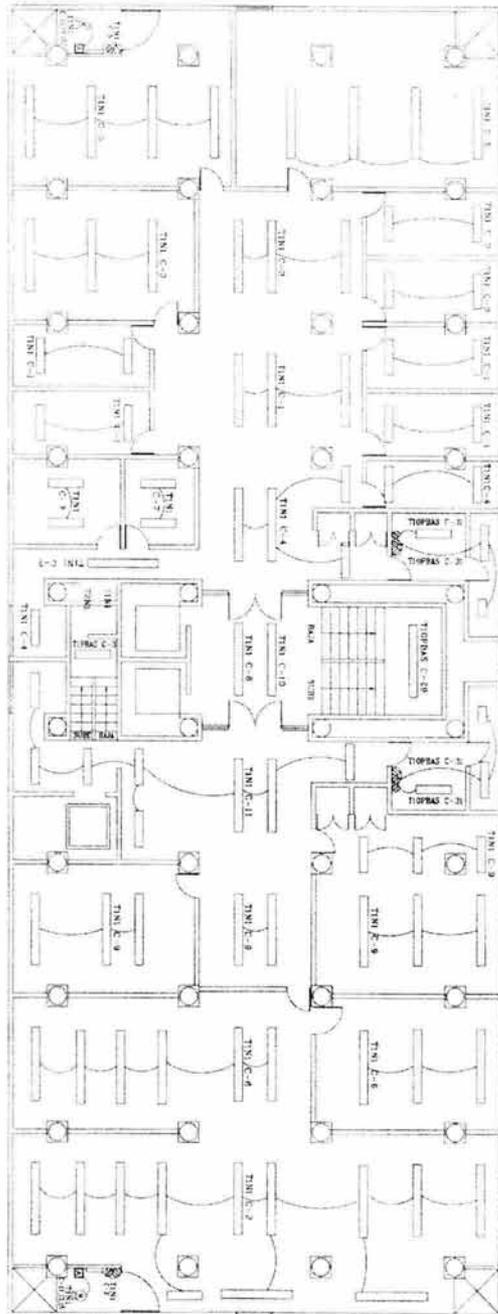
Entrepiso



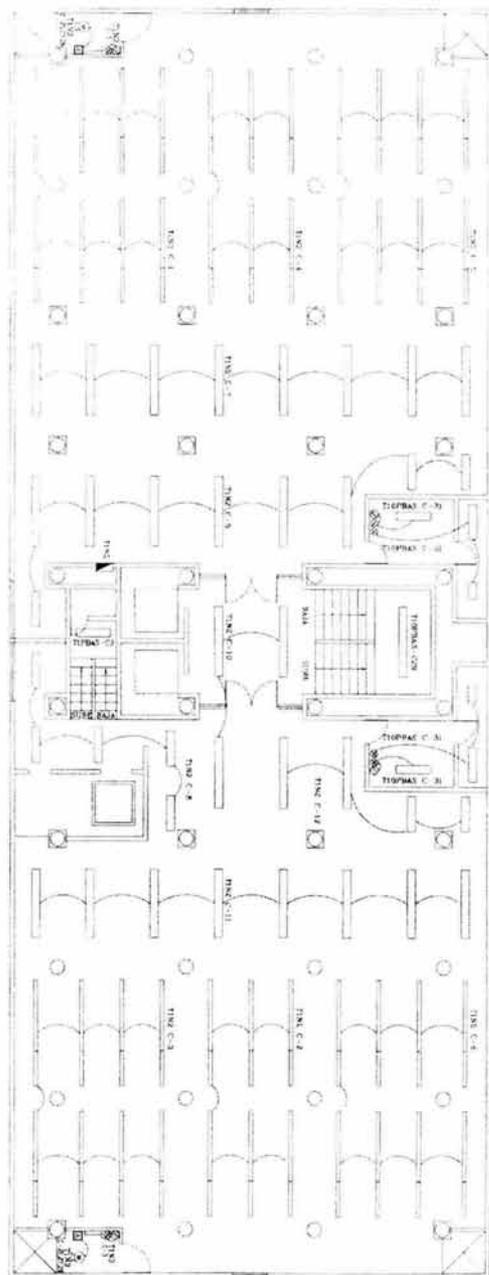
Planta Alta



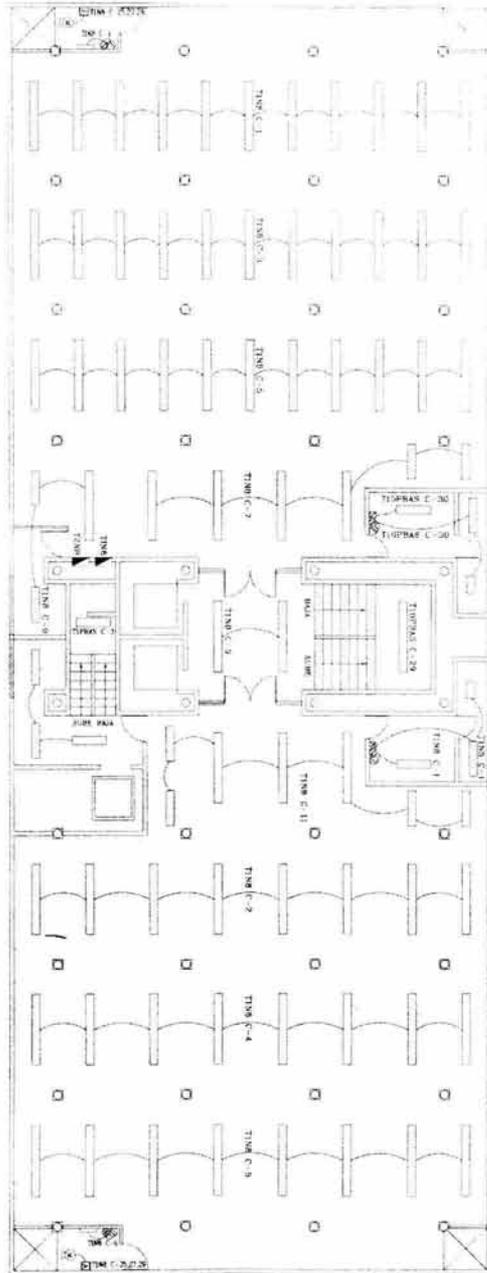
Nivel 1



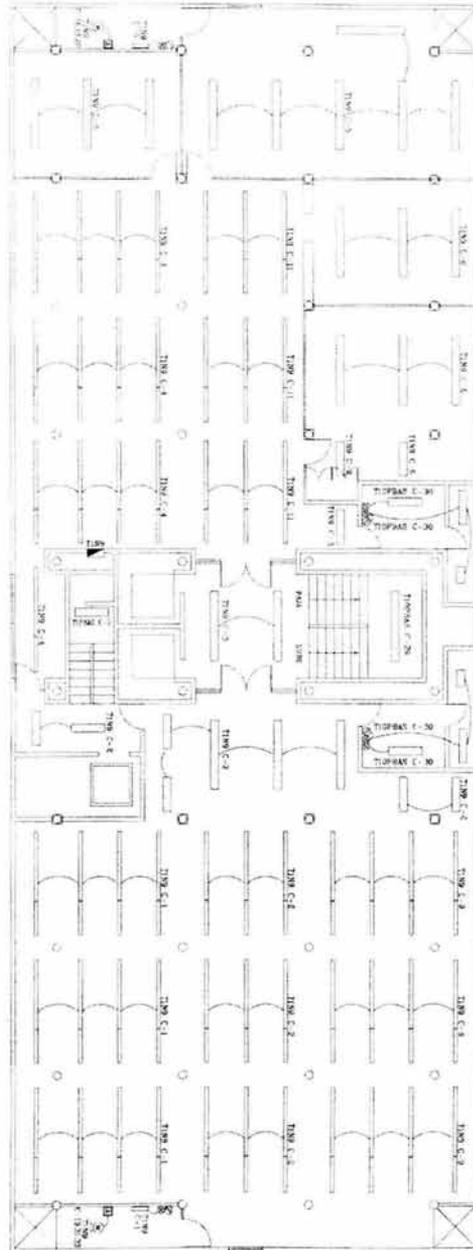
Niveles 2, 3, 4, 5 y 7



Nivel 8



Nivel 9



Apéndice 4

Tarifas eléctricas: Horaria a Media Tensión

La tarifa contratada por la UNAM es Horaria a Media tensión (HM)

1.- APLICACION

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda de 100 kilowatts o más.

2.- CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE

Se aplicarán los siguientes cargos por la demanda facturable, por la energía de punta, por la energía intermedia y por la energía de base. Seleccione la región que le corresponde

Año 2003 Región Central

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
C x Dem Fact	80.77	81.21	83.08	88.01	90.63							
C x kWh Punta	1.5260	1.5344	1.5697	1.6628	1.7124							
C x kWh Intermedio	0.4881	0.4908	0.5021	0.5319	0.5478							
C x kWh Base	0.4079	0.4101	0.4195	0.4444	0.4576							

3.- MINIMO MENSUAL

El importe que resulte de aplicar el cargo por kilowatt de demanda facturable al 10% de la Demanda Contratada.

4.- DEMANDA CONTRATADA

La Demanda Contratada la fijará inicialmente el usuario; su valor no será menor del 60% (sesenta por ciento) de la carga total conectada, ni menor de 100 kilowatts o de la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En el caso de que el 60% (sesenta por ciento) de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 90% (noventa por ciento).

5.- HORARIO

Para los efectos de la aplicación de esta tarifa, se utilizarán los horarios locales oficialmente establecidos. Por días festivos se entenderán aquellos de descanso obligatorio, establecidos en el artículo 74 de la Ley Federal del Trabajo, a excepción de la fracción IX, así como los que se establezcan por Acuerdo Presidencial.

6.- PERIODO DE PUNTA, SEMIPUNTA, INTERMEDIO Y BASE

Estos periodos se definen en cada una de las regiones tarifarias para las distintas temporadas del año, como se describe a continuación.

REGIONES

Regiones Central, Noreste, Norte y Sur

Del primer domingo de abril, al sábado anterior al último domingo de octubre

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	00:00 - 06:00	06:00 - 20:00 22:00 - 24:00	20:00 - 22:00
Sábado	00:00 - 07:00	07:00 - 24:00	
Domingo y festivo	00:00 - 19:00	19:00 - 24:00	

Del último domingo de octubre, al sábado anterior al primer domingo de abril

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	01:00 - 06:00	06:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00
Sábado	01:00 - 08:00	08:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00

Domingo y festivo	00:00 - 18:00	18:00 - 24:00
-------------------	---------------	---------------

7.- DEMANDA FACTURABLE

La Demanda Facturable se define como se establece a continuación:

$$DF = DP + FRI * \max(DI-DP,0) + FRB * \max(DB-DPI,0)$$

Donde:

- DP es la Demanda Máxima Medida en el Periodo de Punta.
- DI es la Demanda Máxima Medida en el Periodo Intermedio.
- DB es la Demanda Máxima Medida en el Periodo en el Periodo de Base.
- DPI es la Demanda Máxima Medida en los Periodos de Punta e Intermedio.
- FRI y FRB son factores de reducción que tendrán los siguientes valores, dependiendo de la región tarifaria:

Región	Factores de Reducción	
	FRI	FRB
Central	0.300	0.150
Sur	0.300	0.150

En las fórmulas que definen las Demandas Facturables, el símbolo "max" significa máximo, es decir, que cuando la diferencia de demandas entre paréntesis sea negativo, ésta tomará el valor cero.

Las Demandas Máximas Medidas en los distintos periodos se determinarán mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda media en kilowatts, durante cualquier intervalo de 15 (quince) minutos del periodo en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 (quince) minutos en el periodo correspondiente.

Para las regiones de Baja California, Baja California Sur y Noroeste, DP tomará el valor cero durante temporada que no tiene Periodo de Punta.

Cualquier fracción de kilowatt de Demanda Facturable se tomará como kilowatt completo.

Cuando el usuario mantenga durante 12 meses consecutivos valores de DP, DI y DB inferiores a 100 kilowatts, podrá solicitar al suministrador su incorporación a la tarifa O-M.

8.- ENERGIA DE PUNTA, INTERMEDIA Y DE BASE

Energía de Punta es la energía consumida durante el Periodo de Punta.

Energía Intermedia es la energía consumida durante el Periodo Intermedio.

Energía de Base es la energía consumida durante el Periodo de Base.

9.- DEPOSITO DE GARANTIA

2 (dos) veces el importe que resulte de aplicar el cargo por demanda facturable a la demanda contratada.

NOTA:

Las cuotas indicadas estarán sujetas a un ajuste automático en los términos del resolutive TERCERO del Acuerdo de Autorización de Ajuste del 30 de diciembre de 1999.¹

¹ <http://www.lfc.gob.mx/tarifas/t-ca-mt-hm.htm> (24/05/03)

Apéndice 5

Parámetros a considerar para la selección de lámparas y balastos

Índice de rendimiento de color (IRC):

Es un método para describir el efecto de una lámpara en el color de los objetos que ilumina, en comparación con el color del mismo objeto iluminado por una fuente de luz de referencia. Para fines prácticos sólo puede tomarse valores entre 0 y 100, siendo 100 el valor que corresponde a una lámpara que reproduce fielmente todos los colores. Las lámparas con IRC menos a 100 sólo pueden compararse cuando tienen la misma temperatura de color correlacionada (TCC).

Color de la luz:

El color de la luz de una lámpara se puede definir claramente en base a la temperatura cromática. De esta manera se pueden distinguir tres categorías: Cálido <3300 K, Blanco 3300 a 5000 K y Luz de día >5000 K. A pesar de tener el mismo color de luz, diferentes lámparas pueden contar con diferentes propiedades de reproducción cromática. Esto se debe a la composición espectral de la luz.

Flujo luminoso:

Se llama flujo luminoso a la energía radiada que es emitida por una fuente de luz y que es percibida por el ojo humano, su unidad es el lúmen (lm).

Clasificación de balastos

Los balastos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- a) Para lámparas fluorescentes
- b) Para lámparas de alta intensidad de descarga (HID por sus siglas en inglés)
- c) Para lámparas de baja intensidad de descarga (LID por sus siglas en inglés)

Otro modo de clasificarlos es de acuerdo a su factor de potencia. Los hay de factor de potencia bajo o normal (menor a 0.8), factor de potencia corregido (0.8 a 0.9) y alto factor de potencia (mayor a 0.9).

O también se pueden clasificar de acuerdo a su construcción y principio de funcionamiento:

- Electromagnéticos
 - a) Baja energía
 - b) Estándar

- c) Ahorradores de energía
- Híbrido
 - a) Con pulso de arranque
 - b) Con cortador de filamentos
- Electrónicos
 - a) Discreto
 - b) Con circuito integrado

Las funciones generales de un balastro son:

1. Proporcionara la tensión o tensiones de encendido y operación de la lámpara.
2. Limitar la corriente de la operación de la lámpara.
3. Proporcionar la energía necesaria con una mínima distorsión de la corriente.

Parámetros a considerar en la selección de balastos para lámparas fluorescentes

Se ha establecido una hoja para cada tipo de balastro, en la que se consignan los parámetros a considerar de acuerdo con el número y potencia de lámparas, así como la calidad del balastro. Los parámetros se han clasificado en dos categorías: los obligatorios y los deseables:

Requisitos obligatorios

Protección térmica.

No es un parámetro para ahorrar energía, pero sí es fundamental para incrementar la seguridad en las instalaciones eléctricas. En balastos electromagnéticos y en los híbridos se logra por medio de un protector sensible a la temperatura de los devanados y a la magnitud de la corriente. En algunos balastos electrónicos se usa un fusible, con el inconveniente de que no se auto repone. En balastos electrónicos de calidad superior la protección se hace por medio de semiconductores y se le llama protección inherente. En general, a los balastos termo protegidos se les conoce como clase “P”.

Clasificación de sonido

De acuerdo con su construcción y principio de funcionamiento, todos los balastos producen sonido audible. Se han clasificado en 6 categorías, que van desde la “A” a la “F”, siendo “A” la más silenciosa (20 a 24 dB) y “F” la de mayor ruido (más de 49 dB) En

inmuebles, el sonido excesivo puede causar dolor de cabeza, fatiga prematura y bajo rendimiento de los usuarios.

Tensión de alimentación elevada

Una sobretensión en balastos puede causar falla prematura de lámparas y balastos, además de un consumo excesivo de energía. Mientras mayor sobre tensión sea capaz de soportar el balastro, mejor.

Tensión de alimentación reducida

Una tensión de alimentación al balastro menor a la nominal puede causar incertidumbre en el encendido de las lámparas, sobre todo en condiciones de baja temperatura. Mientras más baja sea la tensión aceptada por el balastro sin arriesgar el encendido de las lámparas, mejor.

Regulación de Tensión

La regulación de un balastro establece la variación de la luz producida por las lámparas (dada en por ciento) debida a una variación en la tensión de alimentación (también expresada en por ciento) Una regulación perfecta significa luz constante a pesar de las variaciones de tensión.

Distorsión armónica total (THD por sus siglas en ingles)

Se expresa en por ciento con respecto a la onda fundamental y puede darse en tensión, corriente o potencia. Un THD alto produce exceso de corriente en el neutro de los sistemas trifásicos, elevación de pérdidas en cables y transformadores, etc. Mientras más bajo sea su valor mejor.

Factor de cresta de corriente

Es la relación entre el pico y el r.m.s. de una onda. Cuando el factor de cresta se eleva, la vida de la lámpara se reduce. El óptimo es igual o menor a $\sqrt{2}$, pero en lámparas de encendido rápido el máximo permitido es 1.7 y en instantáneo 1.85.

Frecuencia nominal de alimentación. En algunos tipos de balastos la frecuencia de alimentación modifica las características de los circuitos y el desempeño del balastro. En México la frecuencia única es 60 Hz., por lo que los balastos deben estar diseñados para funcionar a esta frecuencia.

Calentamiento continuo de cátodos

En lámparas de encendido rápido se aplica una pequeña tensión para calentar los cátodos durante toda la operación de una lámpara. Una reducción o una interrupción en el calentamiento disminuyen la vida de la lámpara y causa problemas en el encendido.

Frecuencia de operación en las lámparas

Los balastos electrónicos generalmente operan en alta frecuencia, mejorando la eficiencia de las lámparas fluorescentes. Frecuencias demasiado altas pueden producir interferencia electromagnética e interferencia de radio (EMI y RFI)

Factor de potencia

Los balastos pueden influir en la producción de un factor de potencia general, con las consiguientes altas de corrientes en la instalación. Comisión Federal de Electricidad y Luz y Fuerza del Centro penalizan a los usuarios con factor de potencia bajo. Mientras más cercano a la unidad sea el factor de potencia de un balastro, mejor.

Tensión de circuito abierto (OCV por sus siglas en inglés)

Para que una lámpara fluorescente encendida, se requiere que el balastro le aplique una tensión lo suficientemente alta para iniciar el arco en el tubo. Una tensión baja dificulta el encendido.

Sin resina o cápsula

Algunos fabricantes de balastos electrónicos del tipo discreto (con compuestos visibles) encapsulan a sus balastos con resina o algún compuesto equivalente para protegerlo de la humedad, efecto de punta y otros agentes perjudiciales, por lo que el peso total del balastro se incrementa, lo que puede causar un error al confundirlos con balastos electromagnéticos.

Sin contenido de askareles (sustancias cancerígenas)

Los capacitores usados en los balastos usan un dieléctrico, que puede ser askarel o un compuesto similar. El askarel es no biodegradable y causa daños serios a la salud y al medio ambiente. Se debe evitar absolutamente su uso.

Potencia total a tensión de línea

Es la potencia total demandada por el balastro y su(s) lámpara(s), asumiendo tensión nominal constante. Para ahorro de energía es un parámetro fundamental.

Corriente de línea

Dependiendo del número y potencia de lámparas, de su eficiencia y del factor de potencia, cada balastro demanda ciertos amperes o mili amperes. Es un valor a considerar para el dimensionamiento de la instalación y su protección. Cuando un balastro se energiza, se puede producir momentáneamente una alta corriente mayor a la nominal (corriente de inrush).

Factor de balastro (FB)

Para balastos de encendido rápido es la relación entre la luz producida por un balastro comercial y la luz producida por las mismas lámparas operadas por un balastro patrón o de laboratorio.

Para encendido instantáneo es la misma relación, pero se sustituye a la luz por la potencia de las lámparas en cuestión. Se expresa generalmente en porcentaje, aunque para fines de cálculo de otros parámetros puede expresarse en por unidad y la información se obtiene del fabricante. Un factor de balastro bajo causa reducción en los niveles de iluminación.

Factor de eficacia de balastro (FEB)

Es la relación entre el factor de balastro en porcentaje y los watts totales demandados por el conjunto lámpara-balastro. Se establece un valor mínimo para cada tipo de balastro y depende del número y potencia de las lámparas. Mientras más alto, mejor.

Eficacia a tensión nominal

Es la relación entre los lúmenes totales producidos por el conjunto lámpara-balastro y los watts totales (asumiendo tensión constante). El flujo luminoso para cada lámpara se considera como sigue: 1,400 lm para 17 W T8, 3,050 lm para 32 W T8 y 6,000 lm para 59 W T8. La eficacia se expresa en lúmenes por watt (lm/W) y mientras más alta mejor.

Eficiencia a tensión nominal

Es la relación entre los watts entregados por el balastro a las lámparas y los watts demandados por el conjunto lámpara-balastro. Se multiplica por cien para expresarla en porcentaje y mientras más alta mejor, no pudiendo llegar nunca a cien.

Requisitos deseables

Sello FIDE

Es un estricto sistema de certificación implementado por el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) para verificar que equipos eléctricos como motores, sensores de presencia, balastos, lámparas, etc. Cumplen con los requisitos para ser considerados ahorradores de energía.

Sello NOM/ANCE

Las normas nacionales establecen que todos los materiales y equipos utilizados en las instalaciones eléctricas deben presentar el sello NOM, con el objeto de garantizar la seguridad de los usuarios.

Diagrama de conexiones

Dado que se tiene un sin número de alternativas de circuitos y tipos de balastro, las formas de conectar a las lámparas es diversa, por lo que es un requisito indispensable que el propio fabricante incluya en la etiqueta el diagrama de conexiones.

Garantía directa del fabricante

Los fabricantes garantizan sus balastos en función de la calidad de sus productos, asumiendo una aplicación adecuada. A más garantía, los costos de mantenimiento se reducen, por lo que se justifica una inversión mayor en balastos garantizados por más años.

Otros parámetros a considerar:

Iluminancia

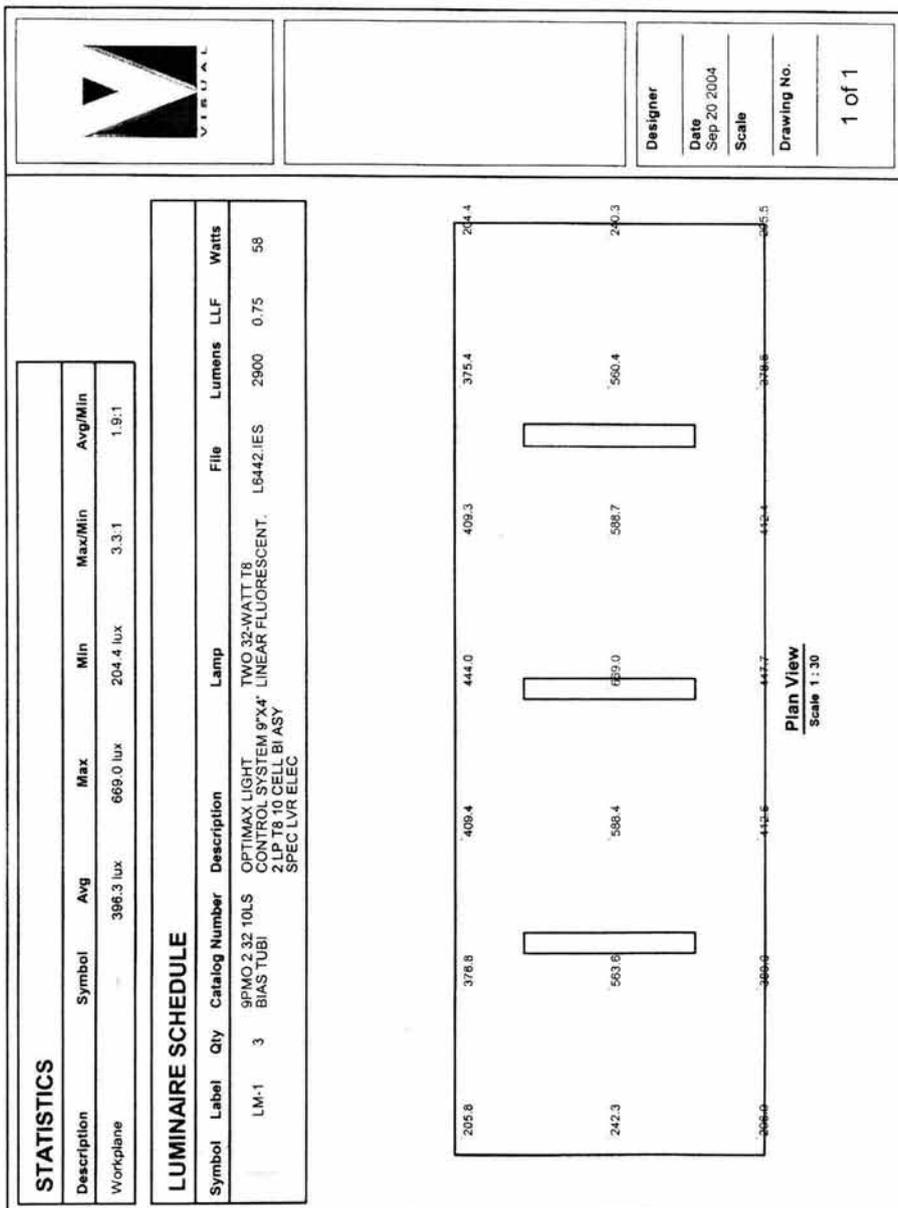
La iluminancia es la relación entre el flujo luminoso y el área que deberá ser iluminada. Su unidad de medida es el lux (lx). Una iluminancia de 1lx ocurre cuando un flujo luminoso de 1 lm ilumina 1 metro cuadrado.

Eficiencia del luminario

Es un parámetro que define el coeficiente de iluminación. La eficiencia del luminario es un criterio de gran importancia para su elección de acuerdo al consumo energético que éste tenga y a la emisión lumínica que ofrezca. Se trata de la relación de entre el flujo luminoso emitido por el luminario y el flujo luminoso de la lámpara (o lámparas) instaladas en el mismo.

Apéndice 6 Simulaciones del equipo de Iluminación

Oficinas



Designer

Date
Sep 20 2004

Scale

Drawing No.

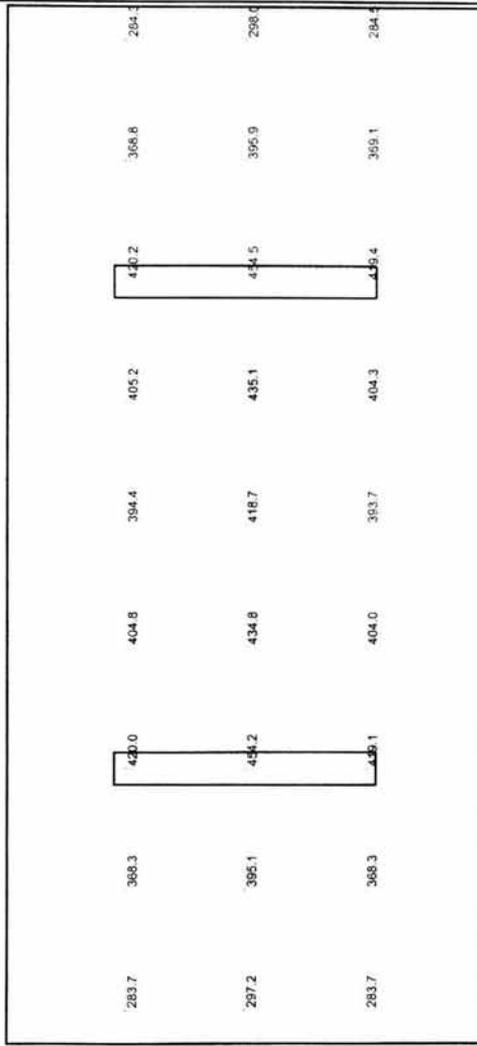
1 of 1

STATISTICS

Description	Symbol	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
Workplane		380.7 lux	454.5 lux	283.7 lux	1.6:1	1.3:1

LUMINAIRE SCHEDULE

Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	File	Lumens	LLF	Watts
LM-1	2	9PAC 2 32 10LS BIAS TUBI	OPTIMAX LIGHT CONTROL SYSTEM 07X4' 2 LP T8 CELL BIASY SPEC LVR ELEC	TWO 32-WATT T8 LINEAR FLUORESCENT.	L6442 IES	2900	0.75	58	



Designer

Date
Sep.20.2004

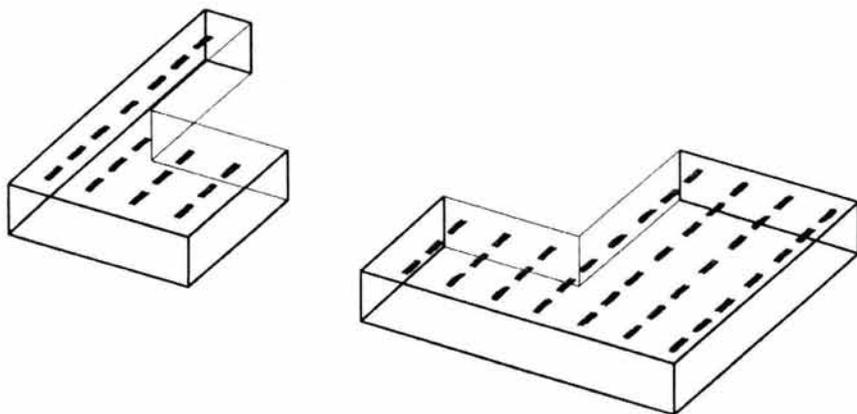
Scale

Drawing No.

1 of 1

Plan View
Scale 1:20

Planta Principal



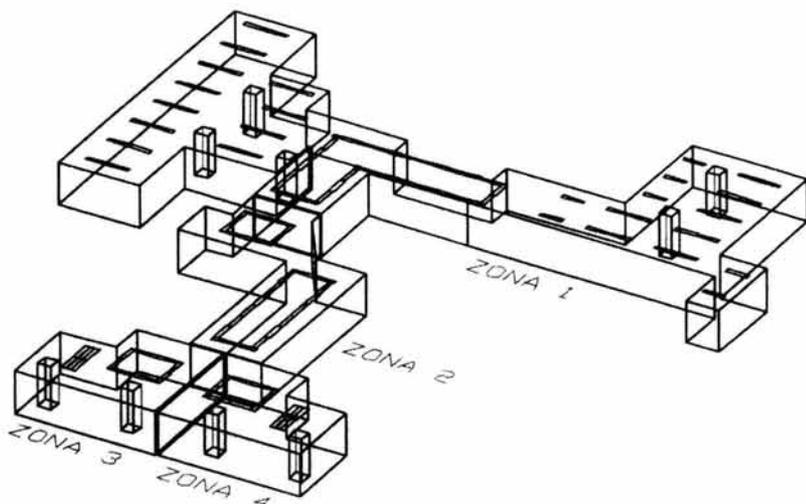
Southeast View

Not to Scale

LUMINAIRE SCHEDULE					
Symbol	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	Watts
	PMO 2 32 9LS TUBI	OPTIMAX LIGHT CONTROL SYSTEM 1'X4' 2 LP T8 9 CELL SPEC LVR ELEC	TWO 32-WATT T8 LINEAR FLUORESCENT.	2900	58

STATISTICS				
Description	Symbol	Avg	Max	Min
Calc Zone #1		469.2 lux	868.6 lux	26.8 lux
Calc Zone #2		579.3 lux	835.1 lux	118.1 lux

Entrepiso



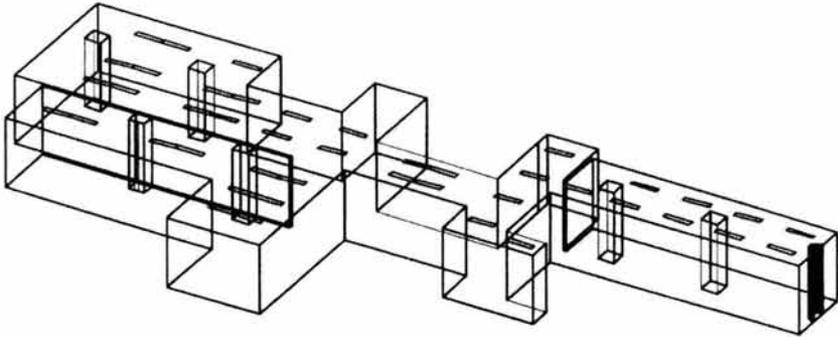
Southeast View

Not to Scale

STATISTICS				
Description	Symbol	Avg	Max	Min
Calc Zone #1		692.0 lux	1741.4 lux	114.1 lux
Calc Zone #2		910.3 lux	1606.7 lux	85.2 lux
Calc Zone #3		749.2 lux	2681.7 lux	4.3 lux
Calc Zone #4		752.2 lux	2607.2 lux	4.6 lux

LUMINAIRE SCHEDULE						
Symbol	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	LLF	Watts
	PMO 2 32 9LS TUBI	OPTIMAX LIGHT CONTROL SYSTEM 1'X4' 2 LP T8 9 CELL SPEC LVR ELEC	TWO 32-WATT T8 LINEAR FLUORESCENT,	2900	0.75	58

Planta Alta



Southeast View

Not to Scale

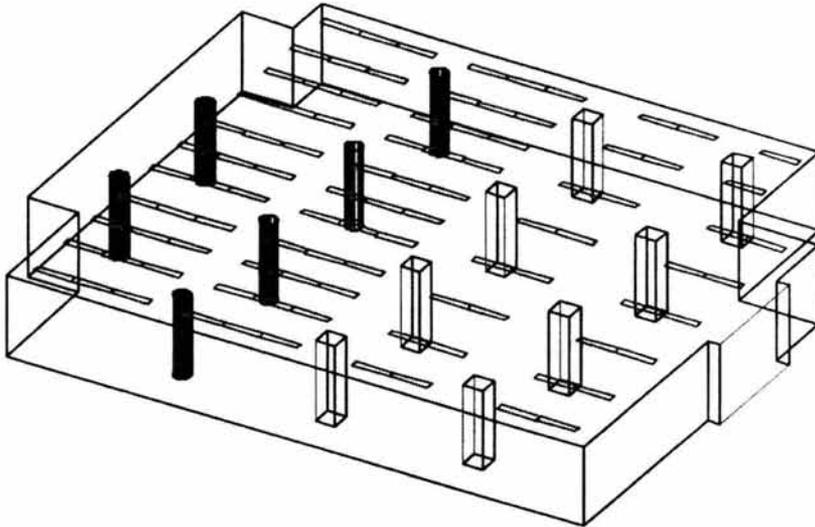
LUMINAIRE SCHEDULE

Symbol	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	LLF	Watts
	PMO 2 32 9LS TUBI	OPTIMAX LIGHT CONTROL SYSTEM 1'X4' 2 LP T8 9 CELL SPEC LVR ELEC	TWO 32-WATT T8 LINEAR FLUORESCENT.	2900	0.75	58

STATISTICS

Description	Symbol	Avg	Max	Min
Calc Zone #1	-	458.6 lux	1006.9 lux	4.1 lux

Niveles 2,3, 4, 5 y 7



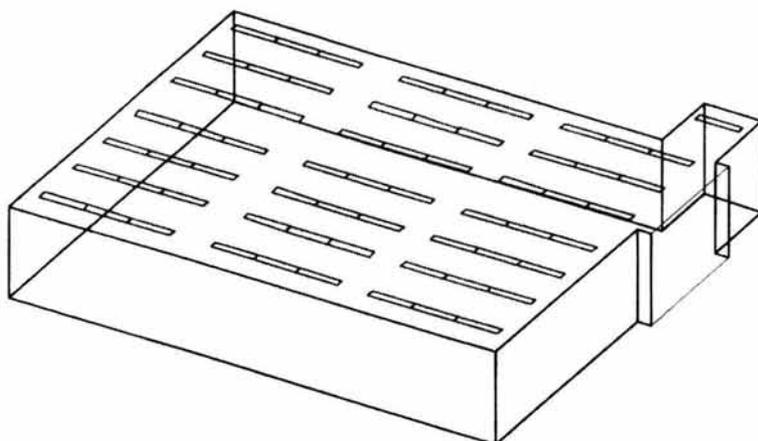
Southeast View

Not to Scale

LUMINAIRE SCHEDULE					
Symbol	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	Watts
	PMO 2 32 9LS TUBI	OPTIMAX LIGHT CONTROL SYSTEM 1'X4' 2 LP T8 9 CELL SPEC LVR ELEC	TWO 32-WATT T8 LINEAR FLUORESCENT.	2900	58
	PMO 1 32 9LS	OPTIMAX LIGHT CONTROL SYSTEM 1'X4' 1 LP T8 9 CELL SPEC LVR	ONE 32-WATT T8 LINEAR FLUORESCENT.	2900	36

STATISTICS				
Description	Symbol	Avg	Max	Min
Calc Zone #1		626.8 lux	1164.2 lux	60.8 lux

Nivel 9



Southeast View

Not to Scale

LUMINAIRE SCHEDULE						
Symbol	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	LLF	Watts
	PMO 2 32 9LS TUBI	OPTIMAX LIGHT CONTROL SYSTEM 1'X4' 2 LP T8 9 CELL SPEC LVR ELEC	TWO 32-WATT T8 LINEAR FLUORESCENT.	2900	0.75	58
	PMO 1 32 9LS TUBI	OPTIMAX LIGHT CONTROL SYSTEM 1'X4' 1 LP T8 9 CELL SPEC LVR ELEC	ONE 32-WATT T8 LINEAR FLUORESCENT.	2900	0.75	32

STATISTICS				
Description	Symbol	Avg	Max	Min
Calc Zone #1		558.4 lux	963.5 lux	241.0 lux

Apéndice 7

Cuadros de carga propuestos

Los cuadros de carga que se muestran están calculados con un desbalance de menos de 5%, y una caída de tensión máxima de 3%

T1EP

NUM. CIRCUITO	4X2 112 W	2X2 57 W	1X2 30 W	1X17 16 W	WATTS TOTALES	Comenta AMPS	LONGITUD m	CALIBRE AWG	CAIDA %	FASE A	FASE B	FASE C
1		18			1026	8.98	40	10	2.15	1026		
2		16			912	7.98	35	12	2.66	912		
3		18			1026	8.98	28	12	2.39		1026	
4		16			912	7.98	17	12	1.29		912	
5		13			741	6.48	34	12	2.10			741
6		18			1026	8.98	40	10	2.15			1026
7		10			570	4.99	17	12	0.81	570		
8		8			456	3.99	25	12	0.95	456		
9		13			741	6.48	28	12	1.73		741	
10		8			456	3.99	21	12	0.80		456	
11		13			741	6.48	45	12	2.78			741
12		13			966	8.45	17	12	1.37			966
13		7			399	3.49	30	12	1.00	399		
14		7			399	3.49	30	12	1.00	399		
15		15			1305	11.42	31	10	2.12		1305	
16												
17		8			456	3.99	21	12	0.80			456
18		5			735	6.43	25	12	1.53			735
19		15			855	7.48	38	12	2.71	855		
TOTALES		221			13722	120.05				4617	4440	4655
										Desbalance %	4.82	

T2EP

NUM. CIRCUITO	4X2 112 W	2X2 57 W	1X2 30 W	1X17 16 W	WATTS TOTALES	Comenta AMPS	LONGITUD m	CALIBRE AWG	CAIDA %	FASE A	FASE B	FASE C
1	9				1008	8.82	20	12	1.58	1008		
2		12			684	5.98	44	12	2.51	684		
3	9				1008	8.82	25	12	2.10		1008	
4		4	20		828	7.24	15	12	1.04		828	
5		11	20		1227	10.73	20	12	2.05			1227
6		24			1368	11.97	22	12	2.51			1368
7		20			1140	9.97	25	12	2.38	1140		
8		18			1026	8.98	25	12	2.14	1026		
9		8			456	3.99	27	12	1.03		456	
10		6	20		942	8.24	15	12	1.18		942	
11		9			513	4.49	37	12	1.58			513
12		10			570	4.99	35	12	1.66			570
13		16			912	7.98	22	12	1.67	912		
14												
15		10			570	4.99	41	12	1.95		570	
16		18			1026	8.98	42	10	2.26		1026	
17		8			456	3.99	18	12	0.68			456
18		12			684	5.98	38	12	2.17			684
TOTALES	18	186	60		14418	125.14				4770	4830	4818
										Desbalance %	1.24	

T3EP

NUM. CIRCUITO	4X32 112 W	2X32 57 W	1X32 30 W	1X17 16 W	WATTS TOTALES	Comente AMPS	LONGITUD m	CALIBRE AWG	CAIDA %	FASE A	FASE B	FASE C
1		30			1710	14.96	34	8	1.91	1710		
2	16				1792	15.68	50	8	2.96	1792		
3	12				1344	11.76	60	8	2.66		1344	
4		28			1596	13.96	28	10	2.34		1596	
5	12				1344	11.76	60	8	2.66			1344
6		30			1710	14.96	30	10	2.69			1710
7	18				2016	17.64	45	8	2.99	2016		
8	14				1568	13.72	50	8	2.58	1568		
9		26			1482	12.97	28	10	2.17		1482	
10	12				1344	11.76	45	8	1.99		1344	
11		24			1368	11.97	28	10	2.01			1368
12	10				1120	9.80	48	10	2.82			1120
13												
14												
15	12				1344	11.76	45	8	1.99		1344	
16												
17		24			1368	11.97	28	10	2.01			1368
TOTALES	106	162			21106	184.65				7086	7110	6910
										Desbalance %		2.81

T1N1

NUM. CIRCUITO	4X32 112 W	2X32 57 W	1X32 30 W	1X17 16 W	WATTS TOTALES	Comente AMPS	LONGITUD m	CALIBRE AWG	CAIDA %	FASE A	FASE B	FASE C
1		14			798	6.98	31	12	2.06	798		
2		23		1	1327	11.61	47	8	2.05	1327		
3		16			912	7.98	41	10	1.96		912	
4		8			456	3.99	26	12	0.99		456	
5		16		1	928	8.12	36	12	2.78			928
6		18			1026	8.98	42	10	2.26			1026
7		6			342	2.99	11	12	0.31	342		
8		2			114	1.00	11	12	0.10	114		
9		19			1083	9.48	37	10	2.10		1083	
10		2			114	1.00	11	12	0.10		114	
11		10			570	4.99	19	12	0.90			570
TOTALES		134		2	7670	67.10				2581	2565	2524
										Desbalance %		2.21

T1N2-7

NUM. CIRCUITO	4X32 112 W	2X32 57 W	1X32 30 W	1X17 16 W	WATTS TOTALES	Comente AMPS	LONGITUD m	CALIBRE AWG	CAIDA %	FASE A	FASE B	FASE C
1			24	1	736	6.44	28	12	1.72	736		
2			24		720	6.30	42	12	2.52	720		
3			24	1	736	6.44	37	12	2.27		736	
4			24		720	6.30	38	12	2.28		720	
5			24		720	6.30	33	12	1.98			720
6			24		720	6.30	47	12	2.82			720
7		16			912	7.98	30	12	2.28	912		
8		5			285	2.49	30	12	0.71	285		
9		15			855	7.48	25	12	1.78		855	
10		5			342	2.99	18	12	0.51		342	
11		16			912	7.98	35	12	2.66			912
12		6			342	2.99	18	12	0.51			342
TOTALES		64	144	2	8000	69.99				2653	2653	2694
										Desbalance %		1.52

T1N6

NUM. CIRCUITO	4X32 112 W	2X32 57 W	1X32 30 W	1X17 16 W	WATTS TOTALES	Comenta AMPS.	LONGITUD m	CALIBRE AWG	CAIDA %	FASE A	FASE B	FASE C
1			24		720	6.30	41	12	2.46	720		
2		18		1	1042	9.12	29	12	2.52	1042		
3		10			570	4.99	32	12	1.52		570	
4		4			228	1.99	15	12	0.28		228	
5			24		720	6.30	48	12	2.98			720
6			18		540	4.72	43	12	1.93			540
7		13			741	6.48	24	12	1.48	741		
8												
9		13			741	6.48	19	12	1.17		741	
10		16			912	7.98	24	12	1.82		912	
11			24	1	736	6.44	38	12	2.33			736
12			18		540	4.72	34	12	1.53			540
TOTALES		74	108	2	7490	65.53				2503	2451	2536
										Desbalance %	3.35	

T1N8

NUM. CIRCUITO	4X32 112 W	2X32 57 W	1X32 30 W	1X17 16 W	WATTS TOTALES	Comenta AMPS.	LONGITUD m	CALIBRE AWG	CAIDA %	FASE A	FASE B	FASE C
1		22		1	1270	11.11	42	10	2.79	1270		
2		16			912	7.98	48	10	2.29	912		
3		22			1254	10.97	38	10	2.50		1254	
4		16			912	7.98	43	10	2.05		912	
5		22			1254	10.97	33	10	2.17			1254
6		16		1	928	8.12	38	12	2.94			928
7		10			570	4.99	25	12	1.19	570		
8												
9		11			627	5.49	15	12	0.78		627	
10												
11		10			570	4.99	30	12	1.42			570
TOTALES		145		2	8297	72.59				2752	2793	2752
										Desbalance %	1.47	

T1N9

NUM. CIRCUITO	4X32 112 W	2X32 57 W	1X32 30 W	1X17 16 W	WATTS TOTALES	Comenta AMPS.	LONGITUD m	CALIBRE AWG	CAIDA %	FASE A	FASE B	FASE C
1			36	1	1096	9.59	37	10	2.12	1096		
2		12	27		1494	13.07	42	8	2.07	1494		
3		6			342	2.99	21	10	0.38		342	
4			39		1170	10.24	23	10	1.41		1170	
5		18		1	1042	9.12	41	10	2.24			1042
6		13			741	6.48	36	10	1.40			741
7												
8												
9			36		1080	9.45	48	10	2.72		1080	
10												
11			27		810	7.09	30	10	1.27			810
TOTALES		49	165	2	7775	68.02				2590	2592	2593
										Desbalance %	0.12	

Apéndice 8

Características técnicas del equipo de control de iluminación

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL INTERRUPTOR PASIVO INFRARROJO
PS51D-120

http://www.torkmexico.com.mx/html/tork_sen_1.htm

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL INTERRUPTOR DE TIEMPO SSA100

http://www.torkmexico.com.mx/html/tork_int_20.htm

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SENSOR DE LUZ ELECTRÓNICO ELS-1

http://www.torkmexico.com.mx/html/tork_sen_7.htm

Apéndice 9

Cálculo total de la carga térmica del edificio

Paredes Norte

Factores de Corrección

DTCE+LM

Paredes N	DIC	ENE/NOV	FEB/OCT	MAR/SEP	ABR/AGO	MAY/JUL	JUN									
1	12	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	8	8	9	9	11	16	18	
2	10	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	6	6	7	7	9	14	16	
3	8	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	4	4	5	5	7	12	14	
4	7	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	3	3	4	4	6	11	13	
5	5	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	1	1	2	2	4	9	11	
6	4	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	0	0	1	1	3	8	10	
7	3	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	-1	-1	0	0	2	7	9	
8	4	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	0	0	1	1	3	8	10	
9	5	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	1	1	2	2	4	9	11	
10	6	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	2	2	3	3	5	10	12	
11	7	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	3	3	4	4	6	11	13	
12	9	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	5	5	6	6	8	13	15	
13	11	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	7	7	8	8	10	15	17	
14	13	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	9	9	10	10	12	17	19	
15	15	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	11	11	12	12	14	19	21	
16	17	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	13	13	14	14	16	21	23	
17	19	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	15	15	16	16	18	23	25	
18	20	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	16	16	17	17	19	24	26	
19	21	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	17	17	18	18	20	25	27	
20	23	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	19	19	20	20	22	27	29	
21	20	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	16	16	17	17	19	24	26	
22	18	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	14	14	15	15	17	22	24	
23	16	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	12	12	13	13	15	20	22	
24	14	-4	-4	-3	-3	-1	4	6	10	10	11	11	13	18	20	

DTCEe

Coficiente Area

78- Tr	To-85	DIC	ENE/NOV	FEB/OCT	MAR/SEP	ABR/AGO	MAY/JUL	JUN	U	A
8.2	-2.24	13.96	13.96	14.96	14.96	16.96	21.96	23.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	11.96	11.96	12.96	12.96	14.96	19.96	21.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	9.96	9.96	10.96	10.96	12.96	17.96	19.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	8.96	8.96	9.96	9.96	11.96	16.96	18.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	6.96	6.96	7.96	7.96	9.96	14.96	16.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	5.96	5.96	6.96	6.96	8.96	13.96	15.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	4.96	4.96	5.96	5.96	7.96	12.96	14.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	5.96	5.96	6.96	6.96	8.96	13.96	15.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	6.96	6.96	7.96	7.96	9.96	14.96	16.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	7.96	7.96	8.96	8.96	10.96	15.96	17.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	8.96	8.96	9.96	9.96	11.96	16.96	18.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	10.96	10.96	11.96	11.96	13.96	18.96	20.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	12.96	12.96	13.96	13.96	15.96	20.96	22.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	14.96	14.96	15.96	15.96	17.96	22.96	24.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	16.96	16.96	17.96	17.96	19.96	24.96	26.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	18.96	18.96	19.96	19.96	21.96	26.96	28.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	20.96	20.96	21.96	21.96	23.96	28.96	30.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	21.96	21.96	22.96	22.96	24.96	29.96	31.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	22.96	22.96	23.96	23.96	25.96	30.96	32.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	24.96	24.96	25.96	25.96	27.96	32.96	34.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	21.96	21.96	22.96	22.96	24.96	29.96	31.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	19.96	19.96	20.96	20.96	22.96	27.96	29.96	0.22271712	439.185
8.2	-2.24	17.96	17.96	18.96	18.96	20.96	25.96	27.96	0.22271712	439.185

CARGA TOTAL POR TRANSFERENCIA DE CALOR POR MUROS

1,365.48	1,365.48	1,463.30	1,463.30	1,658.93	2,148.00	2,343.62
1,169.86	1,169.86	1,267.67	1,267.67	1,463.30	1,952.37	2,148.00
974.23	974.23	1,072.04	1,072.04	1,267.67	1,756.74	1,952.37
876.41	876.41	974.23	974.23	1,169.86	1,658.93	1,854.55
680.79	680.79	778.60	778.60	974.23	1,463.30	1,658.93
582.97	582.97	680.79	680.79	876.41	1,365.48	1,561.11
485.16	485.16	582.97	582.97	778.60	1,267.67	1,463.30
582.97	582.97	680.79	680.79	876.41	1,365.48	1,561.11
680.79	680.79	778.60	778.60	974.23	1,463.30	1,658.93
778.60	778.60	876.41	876.41	1,072.04	1,561.11	1,756.74
876.41	876.41	974.23	974.23	1,169.86	1,658.93	1,854.55
1,072.04	1,072.04	1,169.86	1,169.86	1,365.48	1,854.55	2,050.18
1,267.67	1,267.67	1,365.48	1,365.48	1,561.11	2,050.18	2,245.81
1,463.30	1,463.30	1,561.11	1,561.11	1,756.74	2,245.81	2,441.44
1,658.93	1,658.93	1,756.74	1,756.74	1,952.37	2,441.44	2,637.07
1,854.55	1,854.55	1,952.37	1,952.37	2,148.00	2,637.07	2,832.69
2,050.18	2,050.18	2,148.00	2,148.00	2,343.62	2,832.69	3,028.32
2,148.00	2,148.00	2,245.81	2,245.81	2,441.44	2,930.51	3,126.14
2,245.81	2,245.81	2,343.62	2,343.62	2,539.25	3,028.32	3,223.95
2,441.44	2,441.44	2,539.25	2,539.25	2,734.88	3,223.95	3,419.58
2,148.00	2,148.00	2,245.81	2,245.81	2,441.44	2,930.51	3,126.14
1,952.37	1,952.37	2,050.18	2,050.18	2,245.81	2,734.88	2,930.51
1,756.74	1,756.74	1,854.55	1,854.55	2,050.18	2,539.25	2,734.88
1,561.11	1,561.11	1,658.93	1,658.93	1,854.55	2,343.62	2,539.25

Paredes Este

Factores de corrección

DTCE+LM

1	14	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	10	10	12	13	13	13
2	12	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	8	8	10	11	11	11
3	10	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	6	6	8	9	9	9
4	8	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	4	4	6	7	7	7
5	6	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	2	2	4	5	5	5
6	5	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	1	1	3	4	4	4
7	6	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	2	2	4	5	5	5
8	11	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	7	7	9	10	10	10
9	18	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	14	14	16	17	17	17
10	26	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	22	22	24	25	25	25
11	33	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	29	29	31	32	32	32
12	36	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	32	32	34	35	35	35
13	38	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	34	34	36	37	37	37
14	37	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	33	33	35	36	36	36
15	36	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	32	32	34	35	35	35
16	34	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	30	30	32	33	33	33
17	33	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	29	29	31	32	32	32
18	32	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	28	28	30	31	31	31
19	30	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	26	26	28	29	29	29
20	28	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	24	24	26	27	27	27
21	25	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	21	21	23	24	24	24
22	22	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	18	18	20	21	21	21
23	20	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	16	16	18	19	19	19
24	17	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	13	13	15	16	16	16

DTCEe

78-Tr	To-85	DIC	ENE/NOV	FEB/OCT	MAR/SEP	ABR/AGO	MAY/JUL	JUN	U	A
8.2	-2.24	15.96	15.96	17.96	18.96	18.96	18.96	18.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	13.96	13.96	15.96	16.96	16.96	16.96	16.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	11.96	11.96	13.96	14.96	14.96	14.96	14.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	9.96	9.96	11.96	12.96	12.96	12.96	12.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	7.96	7.96	9.96	10.96	10.96	10.96	10.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	6.96	6.96	8.96	9.96	9.96	9.96	9.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	7.96	7.96	9.96	10.96	10.96	10.96	10.96	0.286533	305.67

8.2	-2.24	12.96	12.96	14.96	15.96	15.96	15.96	15.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	19.96	19.96	21.96	22.96	22.96	22.96	22.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	27.96	27.96	29.96	30.96	30.96	30.96	30.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	34.96	34.96	36.96	37.96	37.96	37.96	37.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	37.96	37.96	39.96	40.96	40.96	40.96	40.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	39.96	39.96	41.96	42.96	42.96	42.96	42.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	38.96	38.96	40.96	41.96	41.96	41.96	41.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	37.96	37.96	39.96	40.96	40.96	40.96	40.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	35.96	35.96	37.96	38.96	38.96	38.96	38.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	34.96	34.96	36.96	37.96	37.96	37.96	37.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	33.96	33.96	35.96	36.96	36.96	36.96	36.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	31.96	31.96	33.96	34.96	34.96	34.96	34.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	29.96	29.96	31.96	32.96	32.96	32.96	32.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	26.96	26.96	28.96	29.96	29.96	29.96	29.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	23.96	23.96	25.96	26.96	26.96	26.96	26.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	21.96	21.96	23.96	24.96	24.96	24.96	24.96	0.286533	305.67
8.2	-2.24	18.96	18.96	20.96	21.96	21.96	21.96	21.96	0.286533	305.67

CARGA TOTAL POR TRANSFERENCIA DE CALOR POR MUROS

VIDRIOS

1,397.85	1,397.85	1,573.02	1,660.60	1,660.60	1,660.60	1,660.60	0.73	81.49	55.40	3,295.58
1,222.68	1,222.68	1,397.85	1,485.43	1,485.43	1,485.43	1,485.43	0.73	81.49	55.40	3,295.58
1,047.51	1,047.51	1,222.68	1,310.26	1,310.26	1,310.26	1,310.26	0.73	81.49	55.40	3,295.58
872.34	872.34	1,047.51	1,135.10	1,135.10	1,135.10	1,135.10	0.73	81.49	55.40	3,295.58
697.17	697.17	872.34	959.93	959.93	959.93	959.93	0.73	81.49	55.40	3,295.58
609.59	609.59	784.76	872.34	872.34	872.34	872.34	0.73	81.49	55.40	3,295.58
697.17	697.17	872.34	959.93	959.93	959.93	959.93	0.73	81.49	55.40	3,295.58
1,135.10	1,135.10	1,310.26	1,397.85	1,397.85	1,397.85	1,397.85	0.73	81.49	55.40	3,295.58
1,748.19	1,748.19	1,923.36	2,010.94	2,010.94	2,010.94	2,010.94	0.73	81.49	55.40	3,295.58
2,448.86	2,448.86	2,624.03	2,711.62	2,711.62	2,711.62	2,711.62	0.73	81.49	55.40	3,295.58
3,061.96	3,061.96	3,237.12	3,324.71	3,324.71	3,324.71	3,324.71	0.73	81.49	55.40	3,295.58
3,324.71	3,324.71	3,499.88	3,587.46	3,587.46	3,587.46	3,587.46	0.73	81.49	55.40	3,295.58
3,499.88	3,499.88	3,675.05	3,762.63	3,762.63	3,762.63	3,762.63	0.73	81.49	55.40	3,295.58
3,412.29	3,412.29	3,587.46	3,675.05	3,675.05	3,675.05	3,675.05	0.73	81.49	55.40	3,295.58
3,324.71	3,324.71	3,499.88	3,587.46	3,587.46	3,587.46	3,587.46	0.73	81.49	55.40	3,295.58
3,149.54	3,149.54	3,324.71	3,412.29	3,412.29	3,412.29	3,412.29	0.73	81.49	55.40	3,295.58
3,061.96	3,061.96	3,237.12	3,324.71	3,324.71	3,324.71	3,324.71	0.73	81.49	55.40	3,295.58
2,974.37	2,974.37	3,149.54	3,237.12	3,237.12	3,237.12	3,237.12	0.73	81.49	55.40	3,295.58
2,799.20	2,799.20	2,974.37	3,061.96	3,061.96	3,061.96	3,061.96	0.73	81.49	55.40	3,295.58
2,624.03	2,624.03	2,799.20	2,886.79	2,886.79	2,886.79	2,886.79	0.73	81.49	55.40	3,295.58
2,361.28	2,361.28	2,536.45	2,624.03	2,624.03	2,624.03	2,624.03	0.73	81.49	55.40	3,295.58
2,098.53	2,098.53	2,273.69	2,361.28	2,361.28	2,361.28	2,361.28	0.73	81.49	55.40	3,295.58
1,923.36	1,923.36	2,098.53	2,186.11	2,186.11	2,186.11	2,186.11	0.73	81.49	55.40	3,295.58
1,660.60	1,660.60	1,835.77	1,923.36	1,923.36	1,923.36	1,923.36	0.73	81.49	55.40	3,295.58

Paredes SUR

FACTORES DE CORRECCION

DTCE+LM

1	15	13	12	7	0	-6	-7	-7	28	27	22	15	9	8	8
2	12	13	12	7	0	-6	-7	-7	25	24	19	12	6	5	5
3	10	13	12	7	0	-6	-7	-7	23	22	17	10	4	3	3
4	8	13	12	7	0	-6	-7	-7	21	20	15	8	2	1	1
5	7	13	12	7	0	-6	-7	-7	20	19	14	7	1	0	0
6	5	13	12	7	0	-6	-7	-7	18	17	12	5	-1	-2	-2
7	4	13	12	7	0	-6	-7	-7	17	16	11	4	-2	-3	-3
8	3	13	12	7	0	-6	-7	-7	16	15	10	3	-3	-4	-4
9	4	13	12	7	0	-6	-7	-7	17	16	11	4	-2	-3	-3
10	5	13	12	7	0	-6	-7	-7	18	17	12	5	-1	-2	-2
11	9	13	12	7	0	-6	-7	-7	22	21	16	9	3	2	2
12	13	13	12	7	0	-6	-7	-7	26	25	20	13	7	6	6
13	19	13	12	7	0	-6	-7	-7	32	31	26	19	13	12	12
14	24	13	12	7	0	-6	-7	-7	37	36	31	24	18	17	17
15	29	13	12	7	0	-6	-7	-7	42	41	36	29	23	22	22
16	32	13	12	7	0	-6	-7	-7	45	44	39	32	26	25	25
17	34	13	12	7	0	-6	-7	-7	47	46	41	34	28	27	27
18	33	13	12	7	0	-6	-7	-7	46	45	40	33	27	26	26

19	31	13	12	7	0	-6	-7	-7	44	43	38	31	25	24	24
20	29	13	12	7	0	-6	-7	-7	42	41	36	29	23	22	22
21	26	13	12	7	0	-6	-7	-7	39	38	33	26	20	19	19
22	23	13	12	7	0	-6	-7	-7	36	35	30	23	17	16	16
23	20	13	12	7	0	-6	-7	-7	33	32	27	20	14	13	13

DTCEe

78-Tr	To-85	DIC	ENE/NOV	FEB/OCT	MAR/SEP	ABR/AGO	MAY/JUL	JUN
8.2	-2.24	33.96	32.96	27.96	20.96	14.96	13.96	13.96
8.2	-2.24	30.96	29.96	24.96	17.96	11.96	10.96	10.96
8.2	-2.24	28.96	27.96	22.96	15.96	9.96	8.96	8.96
8.2	-2.24	26.96	25.96	20.96	13.96	7.96	6.96	6.96
8.2	-2.24	25.96	24.96	19.96	12.96	6.96	5.96	5.96
8.2	-2.24	23.96	22.96	17.96	10.96	4.96	3.96	3.96
8.2	-2.24	22.96	21.96	16.96	9.96	3.96	2.96	2.96
8.2	-2.24	21.96	20.96	15.96	8.96	2.96	1.96	1.96
8.2	-2.24	22.96	21.96	16.96	9.96	3.96	2.96	2.96
8.2	-2.24	23.96	22.96	17.96	10.96	4.96	3.96	3.96
8.2	-2.24	27.96	26.96	21.96	14.96	8.96	7.96	7.96
8.2	-2.24	31.96	30.96	25.96	18.96	12.96	11.96	11.96
8.2	-2.24	37.96	36.96	31.96	24.96	18.96	17.96	17.96
8.2	-2.24	42.96	41.96	36.96	29.96	23.96	22.96	22.96
8.2	-2.24	47.96	46.96	41.96	34.96	28.96	27.96	27.96
8.2	-2.24	50.96	49.96	44.96	37.96	31.96	30.96	30.96
8.2	-2.24	52.96	51.96	46.96	39.96	33.96	32.96	32.96
8.2	-2.24	51.96	50.96	45.96	38.96	32.96	31.96	31.96
8.2	-2.24	49.96	48.96	43.96	36.96	30.96	29.96	29.96
8.2	-2.24	47.96	46.96	41.96	34.96	28.96	27.96	27.96
8.2	-2.24	44.96	43.96	38.96	31.96	25.96	24.96	24.96
8.2	-2.24	41.96	40.96	35.96	28.96	22.96	21.96	21.96
8.2	-2.24	38.96	37.96	32.96	25.96	19.96	18.96	18.96
8.2	-2.24	35.96	34.96	29.96	22.96	16.96	15.96	15.96

Coefficiente Area

U	A	ARGA TOTAL POR TRANFERENCIA DE CALOR POR MUROS						
0.22271712	457.263	3,458.50	3,356.66	2,847.45	2,134.57	1,523.53	1,421.69	1,421.69
0.22271712	457.263	3,152.98	3,051.14	2,541.93	1,829.05	1,218.01	1,116.17	1,116.17
0.22271712	457.263	2,949.29	2,847.45	2,338.25	1,625.37	1,014.33	912.49	912.49
0.22271712	457.263	2,745.61	2,643.77	2,134.57	1,421.69	810.65	708.81	708.81
0.22271712	457.263	2,643.77	2,541.93	2,032.73	1,319.85	708.81	606.97	606.97
0.22271712	457.263	2,440.09	2,338.25	1,829.05	1,116.17	505.13	403.29	403.29
0.22271712	457.263	2,338.25	2,236.41	1,727.21	1,014.33	403.29	301.45	301.45
0.22271712	457.263	2,236.41	2,134.57	1,625.37	912.49	301.45	199.61	199.61
0.22271712	457.263	2,338.25	2,236.41	1,727.21	1,014.33	403.29	301.45	301.45
0.22271712	457.263	2,440.09	2,338.25	1,829.05	1,116.17	505.13	403.29	403.29
0.22271712	457.263	2,847.45	2,745.61	2,236.41	1,523.53	912.49	810.65	810.65
0.22271712	457.263	3,254.82	3,152.98	2,643.77	1,930.89	1,319.85	1,218.01	1,218.01
0.22271712	457.263	3,865.86	3,764.02	3,254.82	2,541.93	1,930.89	1,829.05	1,829.05
0.22271712	457.263	4,375.06	4,273.22	3,764.02	3,051.14	2,440.09	2,338.25	2,338.25
0.22271712	457.263	4,884.26	4,782.42	4,273.22	3,560.34	2,949.29	2,847.45	2,847.45
0.22271712	457.263	5,189.78	5,087.94	4,578.74	3,865.86	3,254.82	3,152.98	3,152.98
0.22271712	457.263	5,393.46	5,291.62	4,782.42	4,069.54	3,458.50	3,356.66	3,356.66
0.22271712	457.263	5,291.62	5,189.78	4,680.58	3,967.70	3,356.66	3,254.82	3,254.82
0.22271712	457.263	5,087.94	4,986.10	4,476.90	3,764.02	3,152.98	3,051.14	3,051.14
0.22271712	457.263	4,884.26	4,782.42	4,273.22	3,560.34	2,949.29	2,847.45	2,847.45
0.22271712	457.263	4,578.74	4,476.90	3,967.70	3,254.82	2,643.77	2,541.93	2,541.93
0.22271712	457.263	4,273.22	4,171.38	3,662.18	2,949.29	2,338.25	2,236.41	2,236.41
0.22271712	457.263	3,967.70	3,865.86	3,356.66	2,643.77	2,032.73	1,930.89	1,930.89
0.22271712	457.263	3,662.18	3,560.34	3,051.14	2,338.25	1,727.21	1,625.37	1,625.37

Paredes Oeste

FACTORES DE CORRECCION										DTCE+LM									
1	26	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	22	22	24	25	25	25	25				
2	21	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	17	17	19	20	20	20	20				
3	17	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	13	13	15	16	16	16	16				
4	14	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	10	10	12	13	13	13	13				
5	11	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	7	7	9	10	10	10	10				
6	9	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	5	5	7	8	8	8	8				
7	7	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	3	3	5	6	6	6	6				
8	6	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	2	2	4	5	5	5	5				
9	6	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	2	2	4	5	5	5	5				
10	6	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	2	2	4	5	5	5	5				
11	7	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	3	3	5	6	6	6	6				
12	9	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	5	5	7	8	8	8	8				
13	11	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	7	7	9	10	10	10	10				
14	14	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	10	10	12	13	13	13	13				
15	20	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	16	16	18	19	19	19	19				
16	27	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	23	23	25	26	26	26	26				
17	36	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	32	32	34	35	35	35	35				
18	43	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	39	39	41	42	42	42	42				
19	49	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	45	45	47	48	48	48	48				
20	49	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	45	45	47	48	48	48	48				
21	45	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	41	41	43	44	44	44	44				
22	40	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	36	36	38	39	39	39	39				
23	34	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	30	30	32	33	33	33	33				
24	29	-4	-4	-2	-1	-1	-1	-1	25	25	27	28	28	28	28				

		DTCEe						
78-Tr	To-85	DIC	ENE/NOV	FEB/OCT	MAR/SEP	ABR/AGO	MAY/JUL	JUN
8.2	-2.24	27.96	27.96	29.96	30.96	30.96	30.96	30.96
8.2	-2.24	22.96	22.96	24.96	25.96	25.96	25.96	25.96
8.2	-2.24	18.96	18.96	20.96	21.96	21.96	21.96	21.96
8.2	-2.24	15.96	15.96	17.96	18.96	18.96	18.96	18.96
8.2	-2.24	12.96	12.96	14.96	15.96	15.96	15.96	15.96
8.2	-2.24	10.96	10.96	12.96	13.96	13.96	13.96	13.96
8.2	-2.24	8.96	8.96	10.96	11.96	11.96	11.96	11.96
8.2	-2.24	7.96	7.96	9.96	10.96	10.96	10.96	10.96
8.2	-2.24	7.96	7.96	9.96	10.96	10.96	10.96	10.96
8.2	-2.24	7.96	7.96	9.96	10.96	10.96	10.96	10.96
8.2	-2.24	8.96	8.96	10.96	11.96	11.96	11.96	11.96
8.2	-2.24	10.96	10.96	12.96	13.96	13.96	13.96	13.96
8.2	-2.24	12.96	12.96	14.96	15.96	15.96	15.96	15.96
8.2	-2.24	15.96	15.96	17.96	18.96	18.96	18.96	18.96
8.2	-2.24	21.96	21.96	23.96	24.96	24.96	24.96	24.96
8.2	-2.24	28.96	28.96	30.96	31.96	31.96	31.96	31.96
8.2	-2.24	37.96	37.96	39.96	40.96	40.96	40.96	40.96
8.2	-2.24	44.96	44.96	46.96	47.96	47.96	47.96	47.96
8.2	-2.24	50.96	50.96	52.96	53.96	53.96	53.96	53.96
8.2	-2.24	50.96	50.96	52.96	53.96	53.96	53.96	53.96
8.2	-2.24	46.96	46.96	48.96	49.96	49.96	49.96	49.96
8.2	-2.24	41.96	41.96	43.96	44.96	44.96	44.96	44.96
8.2	-2.24	35.96	35.96	37.96	38.96	38.96	38.96	38.96
8.2	-2.24	30.96	30.96	32.96	33.96	33.96	33.96	33.96

Coefficiente U	Area A	CARGA TOTAL POR TRANSFERENCIA DE CALOR POR MUROS						
0.286533	305.67	2,448.86	2,448.86	2,624.03	2,711.62	2,711.62	2,711.62	2,711.62
0.286533	305.67	2,010.94	2,010.94	2,186.11	2,273.69	2,273.69	2,273.69	2,273.69
0.286533	305.67	1,660.60	1,660.60	1,835.77	1,923.36	1,923.36	1,923.36	1,923.36
0.286533	305.67	1,397.85	1,397.85	1,573.02	1,660.60	1,660.60	1,660.60	1,660.60
0.286533	305.67	1,135.10	1,135.10	1,310.26	1,397.85	1,397.85	1,397.85	1,397.85

0.286533	305.67	959.93	959.93	1,135.10	1,222.68	1,222.68	1,222.68	1,222.68
0.286533	305.67	784.76	784.76	959.93	1,047.51	1,047.51	1,047.51	1,047.51
0.286533	305.67	697.17	697.17	872.34	959.93	959.93	959.93	959.93
0.286533	305.67	697.17	697.17	872.34	959.93	959.93	959.93	959.93
0.286533	305.67	697.17	697.17	872.34	959.93	959.93	959.93	959.93
0.286533	305.67	784.76	784.76	959.93	1,047.51	1,047.51	1,047.51	1,047.51
0.286533	305.67	959.93	959.93	1,135.10	1,222.68	1,222.68	1,222.68	1,222.68
0.286533	305.67	1,135.10	1,135.10	1,310.26	1,397.85	1,397.85	1,397.85	1,397.85
0.286533	305.67	1,397.85	1,397.85	1,573.02	1,660.60	1,660.60	1,660.60	1,660.60
0.286533	305.67	1,923.36	1,923.36	2,098.53	2,186.11	2,186.11	2,186.11	2,186.11
0.286533	305.67	2,536.45	2,536.45	2,711.62	2,799.20	2,799.20	2,799.20	2,799.20
0.286533	305.67	3,324.71	3,324.71	3,499.88	3,587.46	3,587.46	3,587.46	3,587.46
0.286533	305.67	3,937.80	3,937.80	4,112.97	4,200.55	4,200.55	4,200.55	4,200.55
0.286533	305.67	4,463.31	4,463.31	4,638.48	4,726.06	4,726.06	4,726.06	4,726.06
0.286533	305.67	4,463.31	4,463.31	4,638.48	4,726.06	4,726.06	4,726.06	4,726.06
0.286533	305.67	4,112.97	4,112.97	4,288.14	4,375.72	4,375.72	4,375.72	4,375.72
0.286533	305.67	3,675.05	3,675.05	3,850.22	3,937.80	3,937.80	3,937.80	3,937.80
0.286533	305.67	3,149.54	3,149.54	3,324.71	3,412.29	3,412.29	3,412.29	3,412.29
0.286533	305.67	2,711.62	2,711.62	2,886.79	2,974.37	2,974.37	2,974.37	2,974.37

N,E,S,VID

	DIC	ENE/NOV	FEB/OCT	MAR/SEP	ABR/AGO	MAY/JUL	JUN
1	9,517.41	9,415.57	9,179.35	8,554.05	8,138.64	8,525.87	8,721.50
2	8,841.09	8,739.25	8,503.03	7,877.73	7,462.32	7,849.55	8,045.18
3	8,266.61	8,164.77	7,928.55	7,303.26	6,887.84	7,275.07	7,470.70
4	7,789.95	7,688.11	7,451.89	6,826.59	6,411.18	6,798.41	6,994.04
5	7,317.31	7,215.47	6,979.25	6,353.95	5,938.54	6,325.77	6,521.40
6	6,928.23	6,826.39	6,590.17	5,964.88	5,549.46	5,936.69	6,132.32
7	6,816.16	6,714.32	6,478.10	5,852.81	5,437.39	5,824.62	6,020.25
8	7,250.06	7,148.22	6,912.00	6,286.70	5,871.29	6,258.52	6,454.15
9	8,062.80	7,960.96	7,724.75	7,099.45	6,684.03	7,071.26	7,266.89
10	8,963.13	8,861.29	8,625.08	7,999.78	7,584.37	7,971.59	8,167.22
11	10,081.40	9,979.56	9,743.34	9,118.05	8,702.63	9,089.86	9,285.49
12	10,947.14	10,845.30	10,609.09	9,983.79	9,568.37	9,955.60	10,151.23
13	11,928.98	11,827.14	11,590.93	10,965.63	10,550.21	10,937.44	11,133.07
14	12,546.23	12,444.39	12,208.17	11,582.87	11,167.46	11,554.69	11,750.32
15	13,163.47	13,061.63	12,825.41	12,200.12	11,784.70	12,171.93	12,367.56
16	13,489.45	13,387.61	13,151.39	12,526.10	12,110.68	12,497.91	12,693.54
17	13,801.18	13,699.34	13,463.12	12,837.82	12,422.41	12,809.64	13,005.27
18	13,709.57	13,607.73	13,371.51	12,746.21	12,330.80	12,718.03	12,913.65
19	13,428.53	13,326.69	13,090.47	12,465.17	12,049.76	12,436.99	12,632.62
20	13,245.31	13,143.47	12,907.25	12,281.95	11,866.54	12,253.77	12,449.40
21	12,383.59	12,281.75	12,045.53	11,420.24	11,004.82	11,392.05	11,587.68
22	11,619.69	11,517.85	11,281.63	10,656.33	10,240.92	10,628.15	10,823.78
23	10,943.37	10,841.53	10,605.31	9,980.02	9,564.60	9,951.83	10,147.46
24	10,179.47	10,077.63	9,841.41	9,216.11	8,800.70	9,187.93	9,383.56
max	13,801.18	13,699.34	13,463.12	12,837.82	12,422.41	12,809.64	13,005.27

N,W,S,VID

	DIC	ENE/NOV	FEB/OCT	MAR/SEP	ABR/AGO	MAY/JUL	JUN
1	10,568.42	10,466.58	10,230.36	9,605.07	9,189.65	9,576.88	9,772.51
2	9,629.35	9,527.51	9,291.29	8,665.99	8,250.58	8,637.81	8,833.44
3	8,879.70	8,777.86	8,541.64	7,916.35	7,500.93	7,888.16	8,083.79
4	8,315.46	8,213.62	7,977.40	7,352.10	6,936.69	7,323.92	7,519.54
5	7,755.23	7,653.39	7,417.17	6,791.88	6,376.46	6,763.69	6,959.32
6	7,278.57	7,176.73	6,940.51	6,315.21	5,899.80	6,287.03	6,482.66
7	6,903.75	6,801.91	6,565.69	5,940.39	5,524.98	5,912.21	6,107.83
8	6,812.14	6,710.30	6,474.08	5,848.78	5,433.37	5,820.60	6,016.22

9	7,011.79	6,909.95	6,673.73	6,048.43	5,633.02	6,020.25	6,215.88
10	7,211.44	7,109.60	6,873.39	6,248.09	5,832.67	6,219.90	6,415.53
11	7,804.20	7,702.36	7,466.15	6,840.85	6,425.43	6,812.66	7,008.29
12	8,582.36	8,480.52	8,244.30	7,619.01	7,203.59	7,590.82	7,786.45
13	9,564.20	9,462.36	9,226.14	8,600.84	8,185.43	8,572.66	8,768.29
14	10,531.78	10,429.94	10,193.73	9,568.43	9,153.01	9,540.24	9,735.87
15	11,762.12	11,660.28	11,424.06	10,798.76	10,383.35	10,770.58	10,966.21
16	12,876.36	12,774.52	12,538.30	11,913.01	11,497.59	11,884.82	12,080.45
17	14,063.93	13,962.09	13,725.87	13,100.58	12,685.16	13,072.39	13,268.02
18	14,673.00	14,571.16	14,334.94	13,709.64	13,294.23	13,681.46	13,877.08
19	15,092.64	14,990.80	14,754.58	14,129.28	13,713.87	14,101.10	14,296.73
20	15,084.58	14,982.74	14,746.53	14,121.23	13,705.81	14,093.04	14,288.67
21	14,135.28	14,033.44	13,797.23	13,171.93	12,756.51	13,143.74	13,339.37
22	13,196.21	13,094.37	12,858.15	12,232.86	11,817.44	12,204.67	12,400.30
23	12,169.56	12,067.72	11,831.50	11,206.20	10,790.79	11,178.02	11,373.64
24	11,230.48	11,128.64	10,892.43	10,267.13	9,851.71	10,238.94	10,434.57
max	15,092.64	14,990.80	14,754.58	14,129.28	13,713.87	14,101.10	14,296.73

FCE

Transferencia por ventanas

	Norte	CS	AREA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	0.09	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
2	0.09	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
3	0.08	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
4	0.07	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
5	0.09	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
6	0.75	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
7	0.67	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
8	0.66	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
9	0.74	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
10	0.8	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
11	0.86	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
12	0.89	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
13	0.88	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
14	0.85	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
15	0.8	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
16	0.73	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
17	0.76	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
18	0.88	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
19	0.23	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
20	0.17	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
21	0.14	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
22	0.13	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
23	0.11	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29
24	0.1	1	0	30	33	35	39	52	66	55	41	36	33	30	29

Transferencia de calor al NORTE

Q por radiacion solar											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

85.57	66.22	39.99	19.35	17.63	17.63	18.06	19.78	39.99	64.50	84.28	91.16	85.57	66.22	39.99	19.35
68.46	52.98	31.99	15.48	14.10	14.10	14.45	15.82	31.99	51.60	67.42	72.93	68.46	52.98	31.99	15.48
59.90	46.35	27.99	13.55	12.34	12.34	12.64	13.85	27.99	45.15	59.00	63.81	59.90	46.35	27.99	13.55
51.34	39.73	23.99	11.61	10.58	10.58	10.84	11.87	23.99	38.70	50.57	54.70	51.34	39.73	23.99	11.61
51.34	39.73	23.99	11.61	10.58	10.58	10.84	11.87	23.99	38.70	50.57	54.70	51.34	39.73	23.99	11.61
42.79	33.11	20.00	9.68	8.82	8.82	9.03	9.89	20.00	32.25	42.14	45.58	42.79	33.11	20.00	9.68

FCE

Transferencia por ventanas

	oeste	CS	AREA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	0.05	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
2	0.05	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
3	0.04	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
4	0.04	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
5	0.04	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
6	0.07	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
7	0.1	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
8	0.12	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
9	0.14	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
10	0.16	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
11	0.17	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
12	0.18	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
13	0.31	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
14	0.54	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
15	0.71	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
16	0.81	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
17	0.8	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
18	0.59	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
19	0.15	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
20	0.11	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
21	0.09	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
22	0.07	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
23	0.06	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198
24	0.06	1	4.3	21	231	239	227	215	207	210	219	227	223	206	198

Q por radiación solar

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
4.52	49.67	51.39	48.81	46.23	44.51	45.15	47.09	48.81	47.95	44.29	42.57
4.52	49.67	51.39	48.81	46.23	44.51	45.15	47.09	48.81	47.95	44.29	42.57
3.61	39.73	41.11	39.04	36.98	35.60	36.12	37.67	39.04	38.36	35.43	34.06
3.61	39.73	41.11	39.04	36.98	35.60	36.12	37.67	39.04	38.36	35.43	34.06
3.61	39.73	41.11	39.04	36.98	35.60	36.12	37.67	39.04	38.36	35.43	34.06
6.32	69.53	71.94	68.33	64.72	62.31	63.21	65.92	68.33	67.12	62.01	59.60
9.03	99.33	102.77	97.61	92.45	89.01	90.30	94.17	97.61	95.89	88.58	85.14
10.84	119.20	123.32	117.13	110.94	106.81	108.36	113.00	117.13	115.07	106.30	102.17
12.64	139.06	143.88	136.65	129.43	124.61	126.42	131.84	136.65	134.25	124.01	119.20
14.45	158.93	164.43	156.18	147.92	142.42	144.48	150.67	156.18	153.42	141.73	136.22
15.35	168.86	174.71	165.94	157.17	151.32	153.51	160.09	165.94	163.01	150.59	144.74
16.25	178.79	184.99	175.70	166.41	160.22	162.54	169.51	175.70	172.60	159.44	153.25
27.99	307.92	318.59	302.59	286.60	275.93	279.93	291.93	302.59	297.26	274.60	263.93
48.76	536.38	554.96	527.09	499.23	480.65	487.62	508.52	527.09	517.81	478.33	459.76
64.11	705.24	729.67	693.03	656.40	631.97	641.13	668.61	693.03	680.82	628.92	604.49
73.14	804.57	832.44	790.64	748.85	720.98	731.43	762.78	790.64	776.71	717.50	689.63
72.24	794.64	822.16	780.88	739.60	712.08	722.40	753.36	780.88	767.12	708.64	681.12
53.28	586.05	606.34	575.90	545.46	525.16	532.77	555.60	575.90	565.75	522.62	502.33
13.55	149.00	154.16	146.42	138.68	133.52	135.45	141.26	146.42	143.84	132.87	127.71
9.93	109.26	113.05	107.37	101.70	97.91	99.33	103.59	107.37	105.48	97.44	93.65
8.13	89.40	92.49	87.85	83.21	80.11	81.27	84.75	87.85	86.30	79.72	76.63
6.32	69.53	71.94	68.33	64.72	62.31	63.21	65.92	68.33	67.12	62.01	59.60

5.42	59.60	61.66	58.57	55.47	53.41	54.18	56.50	58.57	57.53	53.15	51.08
5.42	59.60	61.66	58.57	55.47	53.41	54.18	56.50	58.57	57.53	53.15	51.08

SUMA RADIACION SOLAR E Y S

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	46.40	72.84	61.10	48.72	45.80	44.42	45.15	47.56	59.04	70.61	77.57	79.64
2	45.49	62.91	50.83	38.96	36.55	35.52	36.12	38.14	49.28	61.02	68.71	71.12
3	36.94	56.29	46.83	37.02	34.79	33.76	34.31	36.16	45.28	54.57	60.29	62.01
4	36.94	56.29	46.83	37.02	34.79	33.76	34.31	36.16	45.28	54.57	60.29	62.01
5	36.94	56.29	46.83	37.02	34.79	33.76	34.31	36.16	45.28	54.57	60.29	62.01
6	137.47	549.63	537.29	489.81	463.15	446.64	453.31	473.77	512.52	531.22	517.89	508.95
7	210.49	827.75	807.93	735.69	695.61	670.84	680.86	711.65	770.78	800.06	781.05	767.98
8	277.61	953.57	918.14	827.32	781.91	754.39	765.74	800.83	876.86	921.92	910.91	899.90
9	401.45	1,003.23	926.74	807.54	762.13	736.33	747.68	783.42	888.04	970.73	993.04	994.07
10	559.95	996.61	862.84	709.59	667.96	646.98	657.38	691.14	831.36	965.48	1,037.59	1,057.20
11	677.90	893.97	711.01	535.57	502.03	488.27	496.65	525.03	690.37	867.31	986.42	1,024.26
12	724.25	791.33	584.84	402.70	375.69	367.09	373.84	397.62	571.94	768.63	912.55	960.36
13	695.87	741.66	542.02	367.61	342.67	335.10	341.33	363.44	530.66	720.51	860.69	907.47
14	592.28	652.27	483.75	334.63	312.27	305.04	310.63	330.28	472.91	633.52	750.69	789.57
15	436.45	513.21	391.21	280.27	262.04	255.51	260.06	275.85	381.41	498.24	581.27	608.45
16	296.83	377.45	296.40	220.03	206.10	200.60	204.08	215.95	288.14	366.27	419.85	437.05
17	235.12	311.23	247.85	186.96	175.27	170.45	173.38	183.27	240.63	301.95	343.14	356.21
18	163.06	218.53	174.75	132.44	124.18	120.74	122.81	129.77	169.59	211.99	240.28	249.23
19	90.99	125.82	101.65	77.92	73.10	71.04	72.24	76.28	98.56	122.03	137.43	142.24
20	72.97	102.64	83.38	64.29	60.33	58.61	59.60	62.91	80.80	99.55	111.71	115.50
21	64.41	96.02	79.38	62.35	58.57	56.85	57.79	60.93	76.80	93.10	103.29	106.38
22	54.95	79.46	65.10	50.65	47.56	46.18	46.96	49.54	63.04	77.06	86.00	88.75
23	54.95	79.46	65.10	50.65	47.56	46.18	46.96	49.54	63.04	77.06	86.00	88.75
24	46.40	72.84	61.10	48.72	45.80	44.42	45.15	47.56	59.04	70.61	77.57	79.64

SUMA RADIACION SOLAR W Y S

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	47.30	82.78	71.38	58.48	55.04	53.32	54.18	56.98	68.80	80.20	86.43	88.15
2	47.30	82.78	71.38	58.48	55.04	53.32	54.18	56.98	68.80	80.20	86.43	88.15
3	37.84	66.22	57.10	46.78	44.03	42.66	43.34	45.58	55.04	64.16	69.14	70.52
4	37.84	66.22	57.10	46.78	44.03	42.66	43.34	45.58	55.04	64.16	69.14	70.52
5	37.84	66.22	57.10	46.78	44.03	42.66	43.34	45.58	55.04	64.16	69.14	70.52
6	100.45	142.37	115.93	89.61	84.11	81.70	83.08	87.68	112.32	138.07	154.71	159.87
7	154.50	211.90	170.75	130.51	122.42	118.98	121.00	127.80	165.59	205.54	231.86	240.11
8	216.20	278.12	219.30	163.57	153.25	149.12	151.70	160.48	213.11	269.87	308.57	320.95
9	346.37	397.32	299.84	212.12	198.19	193.37	196.85	208.98	292.62	385.80	452.70	474.72
10	519.31	549.63	400.37	270.34	251.94	246.43	251.03	267.37	392.12	533.97	638.98	674.07
11	657.13	665.51	474.63	311.06	289.39	283.54	288.96	308.44	465.86	646.76	782.69	828.44
12	717.93	721.80	512.90	334.37	310.98	304.78	310.63	331.70	503.62	701.50	850.54	900.76
13	704.00	831.06	634.51	455.46	425.87	415.21	422.60	448.19	618.51	806.81	940.41	984.10
14	622.08	980.06	822.89	656.74	617.35	598.78	608.62	641.04	795.03	949.96	1,043.01	1,070.53
15	483.41	1,029.72	925.62	787.85	742.78	718.36	729.62	765.53	888.98	996.87	1,041.89	1,051.18
16	355.52	1,023.10	964.40	854.50	807.02	779.16	791.03	828.05	922.61	989.56	995.62	990.46
17	294.72	966.81	926.13	831.19	785.44	757.92	769.36	804.79	884.85	934.82	927.77	918.14
18	207.30	705.24	678.33	610.73	577.19	556.89	565.28	591.21	647.88	681.85	674.33	666.41
19	99.12	215.22	194.15	165.77	156.31	151.15	153.51	161.04	186.41	208.34	217.15	218.87
20	78.39	162.24	145.04	122.85	115.80	112.02	113.78	119.41	139.36	157.08	164.86	166.58
21	68.03	135.75	120.49	101.39	95.55	92.45	93.91	98.60	115.84	131.45	138.72	140.44
22	57.66	109.26	95.93	79.94	75.29	72.89	74.05	77.79	92.32	105.82	112.57	114.29
23	56.76	99.33	85.66	70.18	66.05	63.98	65.02	68.37	82.56	96.23	103.72	105.78
24	48.20	92.71	81.66	68.24	64.29	62.22	63.21	66.39	78.56	89.78	95.29	96.66

CARGA TÉRMICA TOTAL PAREDES Y RADIACION SOLAR(VENTANAS) ALA ESTE

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	9,461.96	9,252.19	8,615.15	8,187.36	8,571.66	8,765.91	8,571.02	8,186.20	8,613.09	9,249.95	9,493.14	9,597.04
2	8,784.74	8,565.94	7,928.56	7,501.28	7,886.10	8,080.70	7,885.67	7,500.46	7,927.01	8,564.05	8,807.96	8,912.21
3	8,201.71	7,984.84	7,350.08	6,924.86	7,309.86	7,504.45	7,309.39	6,924.00	7,348.53	7,983.12	8,225.06	8,328.62
4	7,725.04	7,508.18	6,873.42	6,448.20	6,833.19	7,027.79	6,832.72	6,447.34	6,871.87	7,506.46	7,748.39	7,851.95
5	7,252.41	7,035.54	6,400.78	5,975.56	6,360.56	6,555.15	6,360.08	5,974.70	6,399.23	7,033.82	7,275.76	7,379.32

6	6,963.86	7,139.80	6,502.16	6,039.27	6,399.84	6,578.96	6,390.00	6,023.24	6,477.39	7,121.39	7,344.28	7,437.18
7	6,924.81	7,305.85	6,660.73	6,173.08	6,520.23	6,691.09	6,505.48	6,149.04	6,623.58	7,278.16	7,495.37	7,584.14
8	7,425.83	7,865.57	7,204.84	6,698.61	7,040.43	7,208.54	7,024.26	6,672.12	7,163.56	7,833.92	8,059.13	8,149.96
9	8,362.41	8,727.98	8,026.18	7,491.57	7,833.40	8,003.22	7,818.95	7,467.45	7,987.48	8,695.47	8,954.01	9,056.88
10	9,421.24	9,621.69	8,862.62	8,293.95	8,639.56	8,814.20	8,628.98	8,275.50	8,831.14	9,590.56	9,898.88	10,020.33
11	10,657.46	10,637.31	9,829.05	9,238.20	9,591.89	9,773.75	9,586.51	9,227.66	9,808.41	10,610.65	10,965.98	11,105.66
12	11,569.55	11,400.42	10,568.63	9,971.07	10,331.30	10,518.32	10,329.45	9,966.00	10,555.73	11,377.71	11,757.85	11,907.51
13	12,523.01	12,332.59	11,507.64	10,917.82	11,280.11	11,468.17	11,278.78	10,913.65	11,496.29	12,311.43	12,687.83	12,836.46
14	13,036.67	12,860.44	12,066.62	11,502.08	11,866.95	12,055.36	11,865.32	11,497.74	12,055.79	12,841.69	13,195.08	13,335.79
15	13,498.08	13,338.62	12,591.33	12,064.98	12,433.98	12,623.07	12,432.00	12,060.55	12,581.53	13,323.66	13,642.91	13,771.92
16	13,684.44	13,528.85	12,822.50	12,330.71	12,704.01	12,894.14	12,701.99	12,326.63	12,814.24	13,517.67	13,807.47	13,926.51
17	13,934.46	13,774.35	13,085.67	12,609.37	12,984.91	13,175.72	12,983.01	12,605.67	13,078.45	13,765.06	14,042.48	14,157.39
18	13,770.78	13,590.03	12,920.96	12,463.24	12,842.21	13,034.40	12,840.83	12,460.57	12,915.80	13,583.50	13,848.01	13,958.79
19	13,417.68	13,216.29	12,566.83	12,127.68	12,510.09	12,703.65	12,509.23	12,126.04	12,563.73	13,212.51	13,464.12	13,570.78
20	13,216.44	13,009.89	12,365.33	11,930.82	12,314.10	12,508.01	12,313.37	11,929.45	12,362.75	13,006.80	13,255.18	13,360.81
21	12,346.17	12,141.55	11,499.61	11,067.17	11,450.62	11,644.53	11,449.84	11,065.75	11,497.03	12,138.63	12,385.04	12,489.97
22	11,572.80	11,361.10	10,721.44	10,291.57	10,675.71	10,869.96	10,675.11	10,290.46	10,719.37	11,358.69	11,603.85	11,708.44
23	10,896.49	10,684.78	10,045.12	9,615.26	9,999.39	10,193.64	9,998.79	9,614.14	10,043.05	10,682.37	10,927.53	11,032.12
24	10,124.03	9,914.25	9,277.22	8,849.42	9,233.72	9,427.98	9,233.08	8,848.26	9,275.15	9,912.02	10,150.25	10,259.11
MAX	13,934.46	13,774.35	13,085.67	12,609.37	12,984.91	13,175.72	12,983.01	12,605.67	13,078.45	13,765.06	14,042.48	14,157.39

CARGA TÉRMICA TOTAL PAREDES Y RADIACION SOLAR(VENTANAS) ALA OESTE

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	10,513.88	10,313.14	9,676.45	9,248.13	9,631.92	9,825.83	9,631.06	9,246.63	9,673.87	10,310.56	10,553.01	10,656.57
2	9,574.81	9,374.07	8,737.37	8,309.06	8,692.85	8,886.76	8,691.99	8,307.56	8,734.79	9,371.49	9,613.94	9,717.50
3	8,815.70	8,607.86	7,973.45	7,547.72	7,932.20	8,126.45	7,931.51	7,546.51	7,971.39	8,605.80	8,847.01	8,950.22
4	8,251.46	8,043.62	7,409.20	6,983.47	7,367.95	7,562.20	7,367.26	6,982.27	7,407.14	8,041.55	8,282.76	8,385.98
5	7,691.23	7,483.39	6,848.98	6,423.25	6,807.73	7,001.98	6,807.04	6,422.04	6,846.92	7,481.33	7,722.54	7,825.75
6	7,277.18	7,082.88	6,431.14	5,989.41	6,371.14	6,564.36	6,370.11	5,987.48	6,427.53	7,078.58	7,331.44	7,438.44
7	6,956.41	6,777.59	6,111.14	5,655.48	6,034.63	6,226.82	6,033.21	5,652.77	6,105.98	6,771.23	7,033.76	7,143.86
8	6,926.50	6,752.20	6,068.08	5,596.94	5,973.85	6,165.35	5,972.30	5,593.84	6,061.89	6,743.94	7,018.86	7,133.09
9	7,256.31	7,071.05	6,348.27	5,845.14	6,218.44	6,409.25	6,217.10	5,842.00	6,341.05	7,059.53	7,362.65	7,486.51
10	7,628.91	7,423.01	6,648.46	6,103.02	6,471.84	6,661.97	6,470.94	6,100.05	6,640.20	7,407.36	7,748.58	7,885.51
11	8,359.49	8,131.66	7,315.48	6,736.50	7,102.05	7,291.83	7,101.62	6,733.87	7,306.71	8,112.91	8,485.05	8,632.64
12	9,198.45	8,966.10	8,131.91	7,537.96	7,901.80	8,091.23	7,901.45	7,535.29	8,122.62	8,945.81	9,331.06	9,483.13
13	10,166.36	10,057.20	9,235.35	8,640.89	8,998.53	9,183.50	8,995.26	8,633.62	9,219.36	10,032.95	10,402.77	10,548.30
14	11,052.02	11,173.78	10,391.32	9,809.75	10,157.60	10,334.65	10,148.87	9,794.06	10,363.46	11,143.68	11,472.95	11,602.31
15	12,143.69	12,453.78	11,724.38	11,171.20	11,513.36	11,684.57	11,500.20	11,148.88	11,687.75	12,420.93	12,702.17	12,813.30
16	13,130.05	13,561.40	12,877.41	12,352.09	12,691.85	12,859.61	12,675.85	12,325.64	12,835.61	13,527.86	13,770.14	13,866.82
17	14,256.81	14,692.68	14,026.71	13,516.35	13,857.83	14,025.94	13,841.75	13,489.95	13,985.43	14,660.69	14,889.86	14,982.07
18	14,778.46	15,040.18	14,387.97	13,904.96	14,258.65	14,433.98	14,246.73	13,885.43	14,357.52	15,016.79	15,245.48	15,339.41
19	15,089.91	14,969.79	14,323.43	13,879.63	14,257.40	14,447.87	14,254.61	13,874.90	14,315.69	14,962.91	15,207.95	15,311.51
20	15,061.13	14,908.77	14,266.27	13,828.67	14,208.84	14,400.69	14,206.82	13,825.23	14,260.59	14,903.61	15,147.61	15,251.17
21	14,101.47	13,932.98	13,292.41	12,857.91	13,239.29	13,431.82	13,237.66	12,855.11	13,287.77	13,928.68	14,172.16	14,275.72
22	13,152.03	12,967.42	12,328.79	11,897.38	12,279.96	12,473.18	12,278.72	11,895.23	12,325.18	12,963.98	13,206.95	13,310.51
23	12,124.48	11,930.83	11,291.86	10,860.96	11,244.06	11,437.63	11,243.03	10,859.16	11,288.76	11,927.73	12,171.43	12,275.34
24	11,176.85	10,985.13	10,348.79	9,919.96	10,303.23	10,496.79	10,302.15	9,918.11	10,345.69	10,982.21	11,223.93	11,327.15
MAX	15,089.91	15,040.18	14,387.97	13,904.96	14,258.65	14,447.87	14,254.61	13,885.43	14,357.52	15,016.79	15,245.48	15,339.41

Apéndice 10

Características técnicas del equipo de monitoreo

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA HIH3605
<http://www.phanderson.com/3605.pdf>

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SENSOR DE TEMPERATURA LM35
<http://www.national.com/ds/LM/LM35.pdf>

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SENSOR DE HUMO SA150 CM
https://www.incendio.com.mx/catalog/product_info.php?products_id=89

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SENSOR INFRAROJO LX28A
<http://www.ipsanet.com>
(Productos->Sensores->Movimiento->LX28A)

Apéndice 11

Microcontroladores PIC's de Microchip

Un PIC (Programmable Intelligent Computer) es un circuito integrado de propósito especial que funciona como un administrador en un sistema con interrupciones. Acepta solicitudes del equipo periférico conectado a alguno de sus puertos, determina cuál de las solicitudes entrantes tiene la prioridad más alta, comprueba si ésta tiene un valor de una prioridad más alta que el nivel que se tiene en ese instante el PIC, y publica una interrupción a la CPU basada en esta determinación.

Arquitectura Harvard La arquitectura tradicional:

La arquitectura tradicional de computadoras y microprocesadores se basa en el esquema propuesto por John Von Neumann, en el cual la unidad central de proceso, o CPU, esta conectada a una memoria única que contiene las instrucciones del programa y los datos (figura 1.1.1). El tamaño de la unidad de datos o instrucciones esta fijado por el ancho del bus de la memoria. Es decir que un microprocesador de 8 bits, que tiene además un bus de 8 bits que lo conecta con la memoria, deberá manejar datos e instrucciones de una o más unidades de 8 bits (bytes) de longitud. Cuando deba acceder a una instrucción o dato de más de un byte de longitud, deberá realizar más de un acceso a la memoria. Por otro lado este bus único limita la velocidad de operación del microprocesador, ya que no se puede buscar de memoria una nueva instrucción, antes de que finalicen las transferencias de datos que pudieran resultar de la instrucción anterior. Es decir que las dos principales limitaciones de esta arquitectura tradicional son:

- a) Que la longitud de las instrucciones esta limitada por la unidad de longitud de los datos, por lo tanto el microprocesador debe hacer varios accesos a memoria para buscar instrucciones complejas.
- b) Que la velocidad de operación esta limitada por el efecto de cuello de botella que significa un bus único para datos e instrucciones que impide superponer ambos tiempos de acceso.

La arquitectura von Neumann permite el diseño de programas con código automodificable, práctica bastante usada en las antiguas computadoras que solo tenían acumulador y pocos modos de direccionamiento, pero innecesaria, en las computadoras modernas.

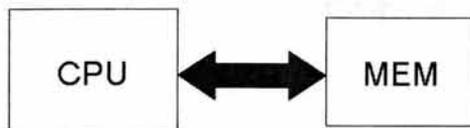


Figura. A1
Arquitectura Von Neumann

La arquitectura Harvard y sus ventajas:

La arquitectura conocida como Harvard, consiste simplemente en un esquema en el que el CPU esta conectado a dos memorias por intermedio de dos buses separados. Una de las memorias contiene solamente las instrucciones del programa, y es llamada Memoria de Programa. La otra memoria solo almacena los datos y es llamada Memoria de Datos (figura 6.10). Ambos buses son totalmente independientes y pueden ser de distintos anchos. Para un procesador de Set de Instrucciones Reducido, o RISC (Reduced Instrucción Set Computer), el set de instrucciones y el bus de la memoria de programa pueden diseñarse de manera tal que todas las instrucciones tengan una sola posición de memoria de programa de longitud. Además, como los buses son independientes, el CPU puede estar accediendo a los datos para completar la ejecución de una instrucción, y al mismo tiempo estar leyendo la próxima instrucción a ejecutar. Se puede observar claramente que las principales ventajas de esta arquitectura son:

- a) que el tamaño de las instrucciones no esta relacionado con el de los datos, y por lo tanto puede ser optimizado para que cualquier instrucción ocupe una sola posición de memoria de programa, logrando así mayor velocidad y menor longitud de programa,
- b) que el tiempo de acceso a las instrucciones puede superponerse con el de los datos, logrando una mayor velocidad de operación. Una pequeña desventaja de los procesadores con arquitectura Harvard, es que deben poseer instrucciones especiales para acceder a tablas de valores constantes que pueda ser necesario incluir en los programas, ya que estas tablas se encontraran físicamente en la memoria de programa (por ejemplo en la EPROM de un microprocesador).

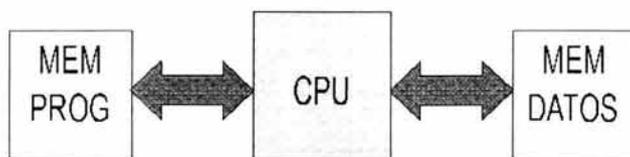


Figura A2
Arquitectura Harvard

Los microcontroladores PIC 16C5X, 16CXX y 17CXX poseen arquitectura Harvard, con una memoria de datos de 8 bits, y una memoria de programa que, según el modelo, puede ser de 12 bits para los 16C5X, 14 bits para los 16CXX y 16 bits para los 17CXX.

Programa fuente:

El programa fuente esta compuesto por una sucesión de líneas de programa. Cada línea de programa esta compuesta por 4 campos separados por uno o más espacios o tabulaciones.

Estos campos son:

[Etiqueta] Comando [Operando(s)] [Comentario]

La etiqueta es opcional. El comando puede ser un mnemónico del conjunto de instrucciones. El operando esta asociado al comando, si no hay comando no hay operando, e inclusive algunos comandos no llevan operando. El comentario es opcional para el compilador aunque es buena práctica considerarlo obligatorio para el programador.

La etiqueta, es el campo que empieza en la primera posición de la línea. No se pueden insertar espacios o tabulaciones antes de la etiqueta sino será considerado comando.

Identifica la línea de programa haciendo que el compilador le asigne un valor automáticamente. Si se trata de una línea cuyo comando es una instrucción de programa del microcontrolador, se le asigna el valor de la dirección de memoria correspondiente a dicha instrucción (location counter). En otros casos se le asigna un valor de una constante, o la dirección de una variable, o será el nombre de una macroinstrucción, etc.

El comando puede ser un código mnemónico de instrucción del microcontrolador, o una directiva o pseudoinstrucción para el compilador. En el primer caso será directamente traducido a código de maquina, en el segundo caso será interpretado por el compilador y realizara alguna acción en tiempo de compilación como ser asignar un valor a una etiqueta, etc.

El campo de parámetros puede contener uno o más parámetros separados por comas. Los parámetros dependen de la instrucción o directiva. Pueden ser números o literales que representen constantes o direcciones. El campo de comentario debe comenzar con un caracter punto y coma. No necesita tener espacios o tabulaciones separándolo del campo anterior, e incluso puede empezar en la primer posición de la línea. El compilador ignora todo el texto que contenga la línea después de un caracter punto y coma. De esta manera pueden incluirse líneas que contengan solo comentarios, y es muy buena práctica hacer uso y abuso de esta posibilidad para que los programas resulten autodocumentados.

Conjunto de instrucciones

El conjunto de instrucciones de los microprocesadores PIC 16F87X consiste en un pequeño repertorio de solo 35 instrucciones de 14 bits, que pueden ser agrupadas para su estudio en tres a cinco grupos. En este curso se ha optado por clasificarlas, desde el punto de vista del programador, en cinco categorías bien definidas de acuerdo con la función y el tipo de operandos involucrados. En primer lugar se agrupan las instrucciones que operan con bytes y que involucran algún registro de la memoria interna. instrucciones que operan solo sobre el registro W y que permiten cargarle una constante implícita o incluida literalmente en la instrucción (literales). En tercer lugar se agrupan las instrucciones que operan sobre bits individuales de los registros de la memoria interna. En cuarto lugar se

clasifican las instrucciones de control de flujo del programa, es decir las que permiten alterar la secuencia lineal de ejecución de las instrucciones. Por último se agrupan unas pocas instrucciones que llamaremos especiales, cuyas funciones o tipos de operandos son muy específicos y no encajan en ninguna de las clasificaciones anteriores.

Herramientas de desarrollo

¿Qué es el MPLAB ?

EL MPLAB es un “Entorno de Desarrollo Integrado ” (Integrated Development Environment, IDE) que corre en “Windows “, mediante el cual se pueden desarrollar aplicaciones para los microcontroladores de las familias PIC 16/17. EL MPLAB permite escribir, depurar y optimizar los programas (firmware) de diseños con PIC 16/17. El MPLAB incluye un editor de texto, un simulador y un organizador de proyectos. Además, el MPLAB soporta el emulador PICMASTER y a otras herramientas de desarrollo de Microchip como el PICSTART - Plus.

¿De qué forma ayuda el MPLAB ?

- Depurar sus programas fuente.
- Detectar errores automáticamente en sus programas fuente para editarlos.
- Depurar los programas utilizando puntos de corte (breakpoints) mediante valores de los registros internos.
- Observar el flujo del programa con el simulador MPLAB -SIM, ó seguirlo en tiempo real utilizando el emulador PICMASTER.
- Mirar variables en las ventanas de observación.
- Encontrar respuestas rápidas a sus preguntas, utilizando la Ayuda en línea del MPLAB.

LAS HERRAMIENTAS DEL MPLAB

El Organizador de Proyectos (Project Manager).

El organizador de proyectos (Project Manager) es parte fundamental de MPLAB. Sin crear un proyecto no se puede realizar depuración simbólica. Con el Organizador de Proyectos (Project manager) se pueden utilizar las siguientes operaciones:

- Crear un proyecto.
- Agregar un archivo de programa fuente de proyecto.
- Ensamblar o compilar programas fuente.
- Editar programas fuente.
- Reconstruir todos los archivos fuente, o compilar un solo archivo.
- Depurar su programa fuente.

Software ensamblador:

El software ensamblador que presenta Microchip viene en dos presentaciones, una, para entorno DOS llamado MPASM.EXE y la otra, para entorno Windows llamado MPASMWIN.EXE. Las dos presentaciones soportan a TODOS los microcontroladores de la familia PIC de Microchip.

Apéndice 12

Set de instrucciones

A continuación se muestra el set de instrucciones del PIC16F87XA

PIC16F87XA

15.0 INSTRUCTION SET SUMMARY

The PIC16 instruction set is highly orthogonal and is comprised of three basic categories:

- Byte-oriented operations
- Bit-oriented operations
- Literal and control operations

Each PIC16 instruction is a 14-bit word divided into an opcode which specifies the instruction type and one or more operands which further specify the operation of the instruction. The formats for each of the categories is presented in Figure 15-1, while the various opcode fields are summarized in Table 15-1.

Table 15-2 lists the instructions recognized by the MPASM™ Assembler. A complete description of each instruction is also available in the PICmicro® Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023).

For byte-oriented instructions, 'f' represents a file register designator and 'd' represents a destination designator. The file register designator specifies which file register is to be used by the instruction.

The destination designator specifies where the result of the operation is to be placed. If 'd' is zero, the result is placed in the W register. If 'd' is one, the result is placed in the file register specified in the instruction.

For bit-oriented instructions, 'b' represents a bit field designator which selects the bit affected by the operation, while 'f' represents the address of the file in which the bit is located.

For literal and control operations, 'k' represents an eight or eleven-bit constant or literal value.

One instruction cycle consists of four oscillator periods; for an oscillator frequency of 4 MHz, this gives a normal instruction execution time of 1 μs. All instructions are executed within a single instruction cycle, unless a conditional test is true, or the program counter is changed as a result of an instruction. When this occurs, the execution takes two instruction cycles with the second cycle executed as a NOP.

Note: To maintain upward compatibility with future PIC16F87XA products, do not use the `OPTION` and `TRIS` instructions.

All instruction examples use the format '0xhh' to represent a hexadecimal number, where 'h' signifies a hexadecimal digit.

15.1 READ-MODIFY-WRITE OPERATIONS

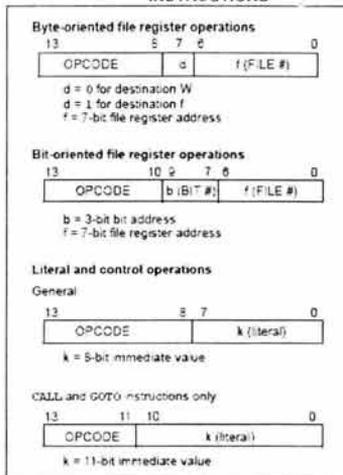
Any instruction that specifies a file register as part of the instruction performs a Read-Modify-Write (R-M-W) operation. The register is read, the data is modified, and the result is stored according to either the instruction or the destination designator 'd'. A read operation is performed on a register even if the instruction writes to that register.

For example, a `CLRF PORTB` instruction will read `PORTB`, clear all the data bits, then write the result back to `PORTB`. This example would have the unintended result that the condition that sets the `RBF` flag would be cleared.

TABLE 15-1: OPCODE FIELD DESCRIPTIONS

Field	Description
f	Register file address (0x00 to 0x7F)
w	Working register (accumulator)
b	Bit address within an 8-bit file register
k	Literal field: constant data or label
x	Don't care location (= 0 or 1). The assembler will generate code with x = 0. It is the recommended form of use for compatibility with all Microchip software tools.
d	Destination select: d = 0: store result in W, d = 1: store result in file register f. Default is d = 1.
PC	Program Counter
TO	Time-out bit
PD	Power-down bit

FIGURE 15-1: GENERAL FORMAT FOR INSTRUCTIONS



PIC16F87XA

TABLE 15-2: PIC16F87XA INSTRUCTION SET

Mnemonic, Operands	Description	Cycles	14-Bit Opcode		Status Affected	Notes
			MSb	LSb		
BYTE-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS						
ADDWF	f, d	Add W and f	1	00 0111 dfff ffff	C, DC, Z	1, 2
ANDWF	f, d	AND W with f	1	00 0101 dfff ffff	Z	1, 2
CLRF	f	Clear f	1	00 0001 1fff ffff	Z	2
CLRWF	-	Clear W	1	00 0001 0xxx xxxx	Z	-
COMF	f, d	Complement f	1	00 1001 dfff ffff	Z	1, 2
DECF	f, d	Decrement f	1	00 0011 dfff ffff	Z	1, 2
DECFSZ	f, d	Decrement f, Skip if 0	1(2)	00 1011 dfff ffff	Z	1, 2, 3
INCF	f, d	Increment f	1	00 1010 dfff ffff	Z	1, 2
INCFSZ	f, d	Increment f, Skip if 0	1(2)	00 1111 dfff ffff	Z	1, 2, 3
IORWF	f, d	Inclusive OR W with f	1	00 0100 dfff ffff	Z	1, 2
MOVF	f, d	Move f	1	00 1000 dfff ffff	Z	1, 2
MOVWF	f	Move W to f	1	00 0000 1fff ffff	-	-
NOP	-	No Operation	1	00 0000 0xxx 0000	-	-
RLF	f, d	Rotate Left f through Carry	1	00 1101 dfff ffff	C	1, 2
RRF	f, d	Rotate Right f through Carry	1	00 1100 dfff ffff	C	1, 2
SUBWF	f, d	Subtract W from f	1	00 0010 dfff ffff	C, DC, Z	1, 2
SWAPF	f, d	Swap nibbles in f	1	00 1110 dfff ffff	-	1, 2
XORWF	f, d	Exclusive OR W with f	1	00 0110 dfff ffff	Z	1, 2
BIT-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS						
BCF	f, b	Bit Clear f	1	01 00bb bfff ffff	-	1, 2
BSF	f, b	Bit Set f	1	01 01bb bfff ffff	-	1, 2
BTFSZ	f, b	Bit Test f, Skip if Clear	1(2)	01 10bb bfff ffff	-	3
BTFSZ	f, b	Bit Test f, Skip if Set	1(2)	01 11bb bfff ffff	-	3
LITERAL AND CONTROL OPERATIONS						
ADDLW	k	Add Literal and W	1	11 111x kkkk kkkk	C, DC, Z	-
ANDLW	k	AND Literal with W	1	11 1001 kkkk kkkk	Z	-
CALL	k	Call Subroutine	2	10 0kxx kkkk kkkk	-	-
CLRWDOT	-	Clear Watchdog Timer	1	00 0000 0110 0100	TO, PD	-
GOTO	k	Go to Address	2	10 1kxx kkkk kkkk	-	-
IORLW	k	Inclusive OR Literal with W	1	11 1000 kkkk kkkk	Z	-
MOVLW	k	Move Literal to W	1	11 0xxx kkkk kkkk	-	-
RETFIE	-	Return from Interrupt	2	00 0000 0000 1001	-	-
RETLW	k	Return with Literal in W	2	11 01xx kkkk kkkk	-	-
RETURN	-	Return from Subroutine	2	00 0000 0000 1000	-	-
SLEEP	-	Go into Standby mode	1	00 0000 0110 0011	TO, PD	-
SUBLW	k	Subtract W from Literal	1	11 110x kkkk kkkk	C, DC, Z	-
XORLW	k	Exclusive OR Literal with W	1	11 1010 kkkk kkkk	Z	-

- Note:**
- When an I/O register is modified as a function of itself (e.g., MOVF PORTB, 1), the value used will be that value present on the pins themselves. For example, if the data latch is '1' for a pin configured as input and is driven low by an external device, the data will be written back with a '0'.
 - If this instruction is executed on the TMRD register (and where applicable, d = 1), the prescaler will be cleared if assigned to the Timer0 module.
 - If Program Counter (PC) is modified, or a conditional test is true, the instruction requires two cycles. The second cycle is executed as a NOP.

Note: Additional information on the mid-range instruction set is available in the PICmicro® Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023).

Apéndice 13

Programa fuente de los PIC's

Maestro

```

PROGRAMA-MAESTRO
LIST P=16F876 ; Se indica el modo del procesador
RADIX HEX ; Sistema de numeración hexadecimal
INCLUDE <P16F876.INC>
__config XT_OSC & _WDT_OFF & _PWRTE_OFF & _BODEN_OFF & _WRT_ENABLE_OFF & _LVP_OFF
INCLUDE <maestro.h> ; Definición de constantes
INCLUDE <Macros.asm> ; Las macros debe ser incluidas antes que cualquier subrutina
; porque estas últimas usan a las primeras

ORG 0x00
; PRIMERO SE REALIZAN LAS CONFIGURACIONES E INICIALIZACIONES PERTINENTES
MOVLW STACK_BASE ;Es la dirección de la pila del PUSH y POPSTATUS
MOVWF STACK_PTR ;Es el apuntador a la pila

; CONFIGURACIÓN DEL PUERTO A
CLRF PORTA
BANK1
MOVLW D'7'
MOVWF ADCON1
MOVLW b'00000000' ; Todas son salidas, pero el unico que nos interesa es el bit_0
MOVWF TRISA

; CONFIGURACIÓN COMUNICACIÓN ASÍNCRONA
MOVLW D'51' ;4800 bps Xc=4Mhz.
BANK1
MOVWF SPBRG
BANK1
BSF TXSTA,BRGH ;Baudaje ALTO
BCF TXSTA,SYNC ;Transmisión asincrona
BANK0 ;Inicio de configuración puerto Serie
BSF RCSTA,SPEN
BANK1
BCF PIE1,TXIE ;Se deshabilita interrupción en la transmisión (para realizar poleo)
BSF TXSTA,TXEN
BCF PIE1,RCIE ;Se deshabilitan las interrupciones de recepción
BANK0
BSF RCSTA,CREN
BANK1
BSF TRISC,7 ;RC7/Rx entrada
BCF TRISC,6 ;RC6/Tx salida
; TERMINA CONFIGURACIÓN COMUNICACIÓN ASÍNCRONA

.....
..... INICIO .....
.....

BANK0
BSF PORTA,CTRL ; Habilitamos comunicación con esclavos
CALL DELAY10 ; 10ms de tiempo para el switch de flujo de datos

;prendemos al inicio por medio segundo el LED
BSF PORTA,LED
CALL DELAY
CALL DELAY
CALL DELAY

OTRA_VUELTA
;LED INDICADOR DE VIDA!!!
; medio segundo apagado
BCF PORTA,LED
CALL DELAY

```

```

CALL    DELAY
CALL    DELAY
: se queda prendido hasta dar una vuelta
BSF     PORTA,LED
:termina LED

MOVW   D'1'
MOVWF  NUMPCTX           ;CONTADOR DE PIC'S de 1-33
INICIO
MOVW   D'33'
SUBWF  NUMPCTX,0
BTFS   STATUS,Z
GOTO   OTRA_VUELTA

; INICIALIZACIÓN DEL CONTADOR DE OPORTUNIDADES
MOVW   D'10'
MOVWF  CHANCES

TRANSMITE
MOVWF  NUMPCTX
MOVWF  TXBUFFER
CALL   TRANSMITEDATO ;TRANSMITE #PIC
MOVW   BUFFER_RX
MOVWF  FSR
MOVW   H'0A'           ;Contadores para espera de 4.5seg.
MOVWF  CONT1
MOVW   H'FF'
MOVWF  CONT2
MOVWF  CONT3

RESPUESTA
CALL   RECIBEDATO3     ;Sino recibe un dato en 4.5seg se sale de esta subrutina
MOVWF  CONT1
SKPNZ
GOTO   ERROR1
BANK0
MOVWF  RCREG
BANK3
MOVWF  INDF
INCF   FSR,F
SUBLW  "!"
SKPZ
GOTO   RESPUESTA

SIDATO
MOVW   BUFFER_RX
MOVWF  FSR
BANK3
MOVWF  INDF
SUBWF  NUMPCTX,0
BTFS   STATUS,Z
GOTO   OKPIC
DECFSZ CHANCES,F
GOTO   TRANSMITE
GOTO   ERROR2

OKPIC
; VERIFICA BYTE DETECCION DE ERRORES MODIFICADO!!!
MOVW   BUFFER_RX     ;Apunta a #
MOVWF  FSR
BANK3
MOVWF  INDF
BANK0
CLRF  AH
MOVWF  AL             ;AH:AL=#
INCF  FSR,F          ;Apunta a T_H
BANK3
MOVWF  INDF           ;W<-T_H
BANK0
MOVWF  BH             ;BH<-T_H
INCF  FSR,F          ;Apunta a T_L

```

```

BANK3
MOVWF INDF ;W<-T_L
BANK0
MOVWF BL ;AL<-T_L
CALL SUMA16 ;# + T

INCF FSR,F ;apunta a HR_H
BANK3
MOVWF INDF ;W<-HR_H
BANK0
MOVWF BH ;BH<-HR_H
INCF FSR,F ;Apunta a HR_L
BANK3
MOVWF INDF ;W<-HR_L
BANK0
MOVWF BL ;AL<-HR_L
CALL SUMA16 ;# + T + HR

BANK0
CLRF BH
INCF FSR,F ;apunta a A
BANK3
MOVWF INDF
BANK0
MOVWF BL ;BL<-A
CALL SUMA16 ;# + T + HR + A

INCF FSR,F ;apunta a CH_SH
BANK3
MOVWF INDF
BANK0
MOVWF BH
INCF FSR,F ;apunta a CH_SL
BANK3
MOVWF INDF
BANK0
MOVWF BL
CALL RESTA16

INCF FSR,F
BANK3
CLRF INDF
BANK0
MOVWF AH ;Verifica si CH_SH Y CH_SL son ambos cero
SKPZ
GOTO ERROR3
MOVWF AL
SKPNZ
GOTO ENVIA_PC
DECFSZ CHANCES,F
GOTO TRANSMITE
GOTO ERROR3

ENVIA_PC
BANK0
BCF PORTA,CTRL ;HABILITA COMUNICACIÓN CON PC
CALL DELAY ;200ms de tiempo para el switch de flujo de datos

;BYTES DE INICIO "ABBA - DANCING QUEEN"
MOVLW H'AB'
MOVWF TXBUFFER
CALL TRANSMITEDATO
MOVLW H'BA'
MOVWF TXBUFFER
CALL TRANSMITEDATO

MOVLW BUFFER_RX
MOVWF FSR
MAS_DATOS
BANK3
MOVWF INDF

```

```

MOVWF TXBUFFER
CALL TRANSMITEDATO
MOVWF FSR
INCF FSR,I
SUBW FSR,5
SKPZ
GOTO MAS_DATOS
;Ya mandó datos hasta ALARMAS
INCF FSR,F ;apunta a CH_L
INCF FSR,F ;apunta a ERROR
MOVWF INDF
MOVWF TXBUFFER
CALL TRANSMITEDATO ;Finalmente manda el ERROR
INCF NUMPCTX,I
BANK0
BSF PORTA,CTRL ;Habilitamos comunicación con esclavos
CALL DELAY ;200ms de tiempo para el switch de flujo de datos
GOTO INICIO

```

ERROR1

```

MOVLW BUFFER_RX
MOVWF FSR
BANK3
MOVWF NUMPCTX
MOVWF INDF
INCF FSR,F
CLRF INDF ;BORRAS TEMP_H
INCF FSR,F
CLRF INDF ;BORRAS TEMP_L
INCF FSR,F
CLRF INDF ;BORRAS HUM_H
INCF FSR,F
CLRF INDF ;BORRAS HUM_L
INCF FSR,F
CLRF INDF ;BORRAS ALARMAS
INCF FSR,F
CLRF INDF ;BORRAS CH_SH
INCF FSR,F
CLRF INDF ;BORRAS CH_SL
INCF FSR,F
MOVLW d'1'
MOVWF INDF
GOTO ENVIA_PC

```

ERROR2

```

MOVLW BUFFER_RX
MOVWF FSR
BANK3
MOVWF NUMPCTX
MOVWF INDF
INCF FSR,F
CLRF INDF ;BORRAS TEMP_H
INCF FSR,F
CLRF INDF ;BORRAS TEMP_L
INCF FSR,F
CLRF INDF ;BORRAS HUM_H
INCF FSR,F
CLRF INDF ;BORRAS HUM_L
INCF FSR,F
CLRF INDF ;BORRAS ALARMAS
INCF FSR,F
CLRF INDF ;BORRAS CH_SH
INCF FSR,F
CLRF INDF ;BORRAS CH_SL
INCF FSR,F
MOVLW d'2'
MOVWF INDF
GOTO ENVIA_PC

```

ERROR3

```

MOVW  BUFFER_RX
MOVWF  FSR
BANK3
MOVWF  NUMPCTX
MOVWF  INDF
INCF  FSR,F
CLRF  INDF          ;BORRAS TEMP_H
INCF  FSR,F
CLRF  INDF          ;BORRAS TEMP_L
INCF  FSR,F
CLRF  INDF          ;BORRAS HUM_H
INCF  FSR,F
CLRF  INDF          ;BORRAS HUM_L
INCF  FSR,F
CLRF  INDF          ;BORRAS ALARMAS
INCF  FSR,F
CLRF  INDF          ;BORRAS CH_SH
INCF  FSR,F
CLRF  INDF          ;BORRAS CH_SL
INCF  FSR,F
MOVLW  d'3'
MOVWF  INDF
GOTO  ENVIA_PC

```

```

.....
; RECIBEDATO3
; Recepción de caracteres por puerto serie
; ENTRADA: ninguno
; SALIDA: RCREG, contiene el dato recién recibido
.....

```

```

RECIBEDATO3          ;Recibe un caracter por puerto serie
    PUSHSTATUS
    BCF          STATUS,IRP
    BANK0
    BTFS RCSTA,OEERR          ;Si existiera OVERRUN se limpia el error.
    GOTO LOOPRX
    MOVF RCREG,W
    MOVF RCREG,W
    BCF RCSTA,CREN
    BSF RCSTA,CREN
LOOPRX
    DECF CONT1,F
    SKPNZ
    GOTO YA
SIGUE_CONTEO
    DECF CONT2,F
    SKPNZ
    GOTO LOOPRX
CONT3_LOOP
    BTFS PIR1,RCIF
    GOTO LLEGO
    DECF CONT3,F
    SKPNZ
    GOTO SIGUE_CONTEO
    GOTO CONT3_LOOP
    GOTO LOOPRX
LLEGO
    MOVF RCREG,W          ;Leemos el dato recién llegado por el pto. serie.
YA
    POPSTATUS
    RETURN
.....

```

```

.....
; TRANSMITEDATO
; Rutina para escribir datos al puerto serie.
; ENTRADA: TXBUFFER, contiene el dato por transmitir
; SALIDA: Envía al puerto serie el contenido de TXBUFFER
.....
TRANSMITEDATO
    PUSHSTATUS

```

```

BANK0
BCF STATUS,IRP
MOVF TXBUFFER,W
MOVWF TXREG
BANK1
LOOPTX
    BTFSS TXSTA,TRMT
    GOTO LOOPTX
    NOP15
    NOP15
    NOP15
    NOP15
    NOP15
    POPSTATUS
    RETURN

```

```

; Rutina de retardo 200 ms
.....
DELAY
    MOVLW D'255'    ;w = 255 en decimal
    MOVWF J        ;J = w
JLOOP
    MOVWF K        ;K = w
KLOOP
    DECFSZ K,F     ;K = K - 1, salta si K = 0
    GOTO KLOOP
    DECFSZ J,F     ;J = J - 1, salta si J = 0
    GOTO JLOOP
    RETURN

```

```

; Rutina de retardo de 10 ms
.....
DELAY10
    MOVLW D'58'    ;w = 255 en decimal
    MOVWF J        ;J = w
JLOOP2
    MOVWF K        ;K = w
KLOOP2
    DECFSZ K,F     ;K = K - 1, salta si K = 0
    GOTO KLOOP2
    DECFSZ J,F     ;J = J - 1, salta si J = 0
    GOTO JLOOP2
    RETURN

```

```

;SUBROUTINA DE RETARDO de 200us
.....
T200
    PUSHSTATUS
    MOVLW D'50'
    MOVWF CONT
DECREM
    DECF          CONT,F
    BTFSS        STATUS,2
    GOTO         DECREM
    POPSTATUS
    RETURN

```

```

; Rutina de suma de 16 bits
; Entrada: AH:AL, BH:BL
; Salida: AH:AL
; Nota: AH:AL <- AH:AL + BH:BL
.....
SUMA16
    PUSHSTATUS
    BANK0
    MOVF BL,W

```

```

ADDWF AL,F
MOVF BH,W
SKPNC
INCF BH,W
ADDWF AH,F
POPSTATUS
RETURN

```

```

; Rutina de resta de 16 bits
; Entrada: AH:AL, BH:BL
; Salida: AH:AL
; Nota: AH:AL <- AH:AL - BH:BL

```

```

;-----
RESTA16
PUSHSTATUS
BANK0
MOVF BL,W
SUBWF AL,F
MOVF BH,W
BTFSZ STATUS,C
INCFSZ BH,W
SUBWF AH,F
POPSTATUS
RETURN

END

```

Esclavo

```

;PROGRAMA-ESCLAVO
LIST P=16F876 ; Se indica el modo del procesador
RADIX HEX ; Sistema de numeración hexadecimal
INCLUDE <P16F876.INC>
_config _XT_OSC & _WDT_OFF & _PWRTE_OFF & _BODEN_OFF & _WRT_ENABLE_OFF ;&
_LVP_OFF
INCLUDE <esclavo.h> ; Definición de constantes
INCLUDE <Macros.asm> ; Las macros debe ser incluidas antes que cualquier subrutina
; porque estas últimas usan a las primeras

ORG 0x00
; PRIMERO SE REALIZAN LAS CONFIGURACIONES E INICIALIZACIONES PERTINENTES
MOVLW STACK_BASE ;Es la dirección de la pila del PUSH y POPSTATUS
MOVWF STACK_PTR ;Es el apuntador a la pila

```

CONFIGURACIÓN DEL PUERTO A

```

;-----
CLRF PORTA
BANK1
MOVLW B'10000100'
MOVWF ADCON1
BSF TRISA,0 ; TEMPERATURA
BSF TRISA,1 ; HUMEDAD

```

PUERTO B

```

;-----
BANK1
MOVLW B'11111111' ; PORTB [0-7] SON ENTRADAS
MOVWF TRISB

```

PUERTO C

```

;-----
BANK1
BCF TRISC,4 ; PORTC [4] ES SALIDA, LED
BSF TRISC,HUMO ; PORTC [3] ES ENTRADA, HUMO
BSF TRISC,PRESENCIA ; PORTC [2] ES ENTRADA, PRESENCIA

```

CONFIGURACIÓN COMUNICACIÓN ASÍNCRONA

```

MOVLW      D'51'          ;4800 bps Xc=4Mhz
BANK1
MOVWF      SPBRG
BANK1
BSF        TXSTA,BRGH          ;Baudaje AL TO
BCF        TXSTA,SYNC          ;Transmisión asincrona
BANK0      ;Inicio de configuración puerto Serie
BSF        RCSTA,SPEN
BANK1
BCF        PIE1,TXIE           ;Se deshabilita interrupcion en la transmisión (para realizar poleo)
BSF        TXSTA,TXEN
BCF        PIE1,RCIE           ;Se deshabilitan las interrupciones de recepción
BANK0
BSF        RCSTA,CREN
BANK1
BSF        TRISC,7             ;RC7/Rx entrada
BCF        TRISC,6             ;RC6/Tx salida
; TERMINA CONFIGURACIÓN COMUNICACIÓN ASÍNCRONA

```

```

.....
.....; INICIO .....
.....

```

; LECTURA DEL DIP-SWITCH

```

BANK0
MOVWF      PORTB
MOVWF      MI_NUM

```

;CONFIGURACION RECEPCIÓN ESCLAVO PRINCIPAL

LEE

```

BANK0
BCF        PORTC,LED           ; El LED se queda apagado mientras no chambee
CALL      RECIBEDATO

```

COMP

```

CLRW
MOVWF      RCREG,0
SUBWF      MI_NUM,0           ; VERIFICA SU NUMERO
BTSS      STATUS,2
GOTO      LEE
BSF        PORTC,LED         ; si soy Yo PRENDO el LED
MOVLW     B'01000001'        ; SELECCIONA CANAL TEMPERATURA
MOVWF      ADCHAN
CALL      SENSE
BANK1
MOVWF      ADRESL
MOVWF      CELSIUSL
BANK0
MOVWF      ADRESH
MOVWF      CELSIUSH
MOVLW     B'01001001'        ; SELECCIONA CANAL HUMEDAD
MOVWF      ADCHAN
CALL      SENSE
BANK1
MOVWF      ADRESL
MOVWF      HUM_RELL
BANK0
MOVWF      ADRESH
MOVWF      HUM_RELH

```

; VERIFICA ALARMAS

```

CLRWF     ALARMA
BANK0
BTSS      PORTC,HUMO          ; VERIFICA ALARMA DE HUMO
GOTO      NO_HUMO
MOVLW     B'00000001'
MOVWF      ALARMA
NO_HUMO
BTSS      PORTC,PRESENCIA     ; VERIFICA ALARMA DE PRESENCIA

```

```

        GOTO      FIN_ALARMA
        MOVLW    B'00010000'
        ADDWF    ALARMA,I
FIN_ALARMA

;AGREGA BYTE DETECCION DE ERRORES MODIFICADO!!!
        BANK0
        CLRF     AH
        MOVWF    ALARMA
        MOVWF    AL
        MOVWF    HUM_RELH
        MOVWF    BH
        MOVWF    HUM_RELL
        MOVWF    BL
        CALL     SUMA16           ; Alarma + Humedad

        MOVWF    CELSIUSH
        MOVWF    BH
        MOVWF    CELSIUSL
        MOVWF    BL
        CALL     SUMA16           ;(Alarma + Humedad) + Temperatura

        CLRF     BH
        MOVWF    MI_NUM
        MOVWF    BL
        CALL     SUMA16           ;(Alarma + Humedad + Temperatura) + Mi_Numero

        MOVWF    AH
        MOVWF    CH_SH
        MOVWF    AL
        MOVWF    CH_SL           ; Alarma + Humedad + Temperatura + Mi_Numero = (CH_SH : CH_SL)

ENVIA
        MOVWF    MI_NUM
        BANK0
        MOVWF    TXBUFFER
        CALL     TRANSMITDATO

        MOVF     CELSIUSH,0
        MOVWF    TXBUFFER
        CALL     TRANSMITDATO

        MOVF     CELSIUSL,0
        MOVWF    TXBUFFER
        CALL     TRANSMITDATO

        MOVF     HUM_RELH,0
        MOVWF    TXBUFFER
        CALL     TRANSMITDATO

        MOVF     HUM_RELL,0
        MOVWF    TXBUFFER
        CALL     TRANSMITDATO

        MOVF     ALARMA,0
        MOVWF    TXBUFFER
        CALL     TRANSMITDATO

        MOVF     CH_SH,0
        MOVWF    TXBUFFER
        CALL     TRANSMITDATO

        MOVF     CH_SL,0
        MOVWF    TXBUFFER
        CALL     TRANSMITDATO

        MOVLW    "
        MOVWF    TXBUFFER
        CALL     TRANSMITDATO

```

```

BCF          PORTAJ.LD      ;como ya termino su chamba apaga el led!!!
GOTO        PRINCIPAL

```

```

.....
;SUBROUTINA SENSAR

```

```

;SALIDA: Valor de la conversión AD en W o en ADRESL

```

```

.....
SENSAR

```

```

    PUSHSTATUS
    MOVLW     B'10000100'
    BANK1
    MOVWF    ADCON1
    MOVF     ADCHAN,0
    BANK0
    MOVWF    ADCON0
    CALL     T20
    BSF     ADCON0,2

```

```

SIGUE

```

```

    BTFS    DCON0,2
    GOTO    SIGUE
    BANK1
    MOVWF   DRESL
    POPSTATUS
    RETURN

```

```

.....
;SUBROUTINA DE RETARDO de 20us

```

```

.....
T20

```

```

    PUSHSTATUS
    MOVLW     '5'
    MOVWF    ONT
    DECF     COUNT,F
    BTFS    STATUS,2
    GOTO    DECF
    POPSTATUS
    RETURN

```

```

DECF

```

```

.....
; Rutina de retardo 200 ms

```

```

.....
DELAY

```

```

    MOVLW     '255'      ;w = 255 en decimal
    MOVWF    J          ;J = w

```

```

JLOOP

```

```

    NOP15
    MOVWF    K          ;K = w

```

```

KLOOP

```

```

    DECFSZ   K,F       ;K = K - 1, salta si K = 0
    GOTO    KLOOP
    DECFSZ   J,F       ;J = J - 1, salta si J = 0
    GOTO    JLOOP
    RETURN

```

```

.....
; RECIBEDATO

```

```

; Recepción de caracteres por puerto serie

```

```

; ENTRADA: ninguno

```

```

; SALIDA: RCREG, contiene el dato recién recibido

```

```

.....
RECIBEDATO

```

```

; Recibe un caracter por puerto serie

```

```

    PUSHSTATUS
    BCF     STATUS,IRP
    BANK0
    BTFS    RCSTA,OERR
    GOTO    LOOPRX
    MOVF   RCREG,W
    MOVF   RCREG,W
    BCF   RCSTA,CREN
    BSF   RCSTA,CREN

```

```

;Si existiera OVERRUN se limpia el error.

```

```

LOOPRX
    BTFS    PIR1,RCIF
    GOTO   LOOPRX
    MOVF   RC,REG,W
    POPSTATUS
    RETURN

```

; Hemos el dato recién llegado por el pto. serie

```

.....
; TRANSMITIDATO
; Rutina para escribir datos al puerto serie.
; ENTRADA: TXBUFFER, contiene el dato por transmitir
; SALIDA: Envía al puerto serie el contenido de TXBUFFER
.....

```

```

TRANSMITIDATO
    PUSHSTATUS
    BANK0
    BCF    STATUS,IRP
    MOVF   TXBUFFER,W
    MOVWF  TXREG
    BANK1

```

```

LOOPTX
    BTFS    TXSTA,TRMT
    GOTO   LOOPTX
    NOP15
    NOP15
    NOP15
    NOP15
    POPSTATUS
    RETURN

```

```

.....
; Rutina de suma de 16 bits
; Entrada: AH:AL, BH:BL
; Salida: AH:AL
; Nota: AH:AL <- AH:AL + BH:BL
.....

```

```

SUMA16
    PUSHSTATUS
    BANK0
    MOVF   BL,W
    ADDWF  AL,F
    MOVF   BH,W
    SKPNC
    INCF   BH,W
    ADDWF  AH,F
    POPSTATUS
    RETURN

    END

```

Apéndice 14

Esquemático de los circuitos electrónicos Maestro y Esclavo

