

instalarse para compensar individualmente un motor trifásico de inducción, en función de su potencia en H.P. y la velocidad de sincronismo.

Desde un punto de seguridad industrial, es conveniente tener en cuenta la excitación de las tensiones de auto excitación en el motor para tomar las medidas convenientes y se eviten accidentes ya que el personal puede creer que no existe tensión, una vez que ha sido desconectado el motor y se corre el riesgo de que ocurran accidentes.

Cuando se pretende compensar individualmente un motor trifásico de inducción, cuya operación se efectúe por medio de un contactor tripolar, la conexión del capacitor, o banco de capacitores, puede efectuarse tal como se indica en la Fig.4.12

Con este tipo de conexión, los capacitores quedan protegidos con los mismos fusibles del motor.

Además no es necesario contar con las resistencias de descarga, ya que los capacitores se descargan a través del devanado del motor.

TABLA N° 4.1 (1)*

Potencia reactiva máxima del banco de capacitores, para compensar motores trifásicos de inducción. Potencia reactiva en KVAR

Potencia del motor	Velocidad de sincronismo del motor, en RPM					
	3600	1800	1200	900	720	600
10	2.5	4	4	5	5	7.5
15	2.5	5	5	7.5	7.5	10
20	5	5	5	7.5	10	12.5
25	5	7.5	7.5	10	10	15
30	7.5	10	10	10	12.5	15
40	10	10	10	12.5	15	17.5
50	12.5	12.5	12.5	15	20	22.5
60	15	15	15	17.5	22.5	25
75	17.5	17.5	17.5	20	27.5	30
100	22.5	22.5	22.5	25	35	37.5
125	25	27.5	27.5	30	40	47.5
150	32.5	35	35	37.5	47.5	55
200	42.5	42.5	42.5	45	60	67.5

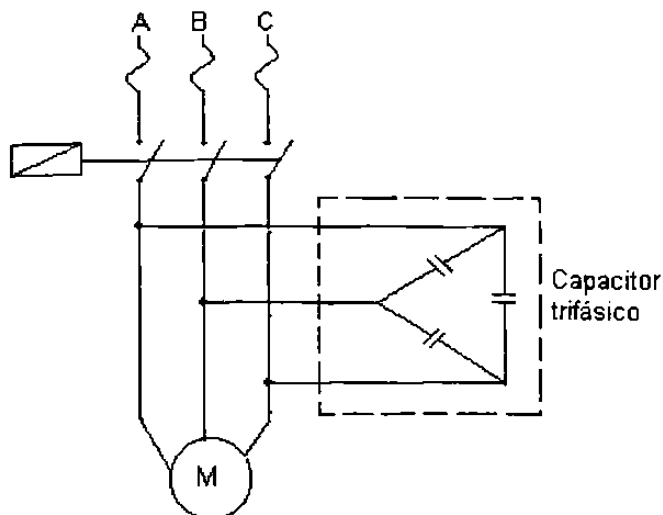


Fig.4.12 Conexión de un banco de Capacitores , acoplado en un motor de inducción trifásico.

Cuando el motor esta protegido con elementos térmicos, es conveniente tener la precaución de cambiarlos, ajustándolos a la nueva corriente que toma el motor con los capacitores, la cual debe ser mas baja que la del motor sin capacitores.

C) .- Compensación mixta.

En algunas instalaciones industriales en donde se instalan grandes motores y equipos que consumen grandes cantidades de potencia reactiva (inductiva), puede ser posible adoptar una combinación de las alternativas anteriores, que viene a ser una solución mixta, que consiste en compensar individualmente los aparatos de gran consumo de energía e instalar para el resto de la carga un solo banco, ya sea fijo o seccionado en partes desconectables localizado en el tablero de baja tensión.

4.2. Interruptores

Un interruptor es un dispositivo cuya función es interrumpir y restablecer la continuidad en un circuito eléctrico.

Para el caso de la subestación en la escuela si la operación se efectúa sin carga (corriente), el interruptor recibe el nombre de desconectador o cuchilla desconectadora.

Si en cambio la operación de apertura o cierre la efectúa con carga (corriente nominal) o con corriente de corto circuito (en caso de alguna perturbación), el interruptor recibe el nombre de disyuntor o interruptor de potencia.

Los interruptores, en caso de apertura deben asegurar el aislamiento eléctrico del circuito.

4.2.1. Interruptores manuales

Son seccionadores reforzados que permiten el corte a su intensidad nominal

4.2.2. Los interruptores y los arrancadores

4.2.2.1 Interruptor de potencia

Es un aparato con un gran poder de corte. Su cierre es manual y se realiza por compresión y enclavamiento de un sistema de resortes. Este enclavamiento puede liberarse automáticamente en condiciones preestablecidas, lo que produce, por acción de los resortes, un corte particularmente rápido.

4.2.2.2. Operación del contactor

En un contactor por el contrario ni el cierre ni la apertura son manuales. Es la atracción de una bobina electromagnética lo que hace el cierre de los contactos y los mantiene en esa posición. El fin de esa atracción lleva consigo la apertura; en la escuela se cuenta con uno para la bomba de agua del llenado del tanque elevado.

Esta disposición permite el mando a distancia y la instalación de variados sistemas de protección que actúan siempre, en último caso por apertura del circuito de la bobina.:

- Arranque y parada del motor, ya sea a partir de la caja, o ya sea a partir del motor.
- Protección del motor.

- Protección del cable entre la caja y el motor.

Entre los dispositivos de protección y control en las instalaciones se tienen aquellos que deben satisfacer las normas y recomendaciones dadas para las instalaciones y diseño de los circuitos.

Se debe proveer de circuitos separados para alumbrado general, para contactos y aplicaciones especiales.

Las ramas de los circuitos con más de una salida no deben tener una carga que exceda al 50% de la capacidad de conducción.

Los ramales individuales de cada circuito.

El tamaño menor de conductor en alumbrado no debe ser menor del N°12

De acuerdo con la capacidad de carga de cada circuito se deben instalar tableros de distribución con tantos circuitos como sea necesario.

Algunos dispositivos con los que hay que contar

1).- Interruptores en caja de lámina.

Se conocen como interruptores de seguridad, son interruptores de navaja con puerta y palanca exterior para la operación del interruptor.

2).- Tableros de distribución

4.3. Tableros Eléctricos.

Estos tableros también son conocidos como centros de carga, y consisten de dos o mas interruptores de navaja con palanca, o con interruptores automáticos termo magnéticos.

Su función es alimentar, proteger, interrumpir y transferir circuitos primarios.

Se clasifican como de alta tensión y baja tensión.

Un tablero de baja tensión es aquel que trabaja a una tensión no mayor de 1000 volts en corriente alterna o no mas de 1500 volts de corriente continua.

Las tensiones nominales de corriente alterna para tableros de baja tensión son:

- 120 volts
- 240 volts
- 480 volts
- 550 volts

Las tensiones nominales de corriente continua para tableros de baja tensión son:

- 125 volts
- 250 volts
- 550 volts

Las corrientes nominales para tableros de baja tensión en corriente alterna o corriente continua son las siguientes:

600 Amper	3000 Amper
1200 Amper	4000 Amper
2000 Amper	5000 Amper

Tablero de alta tensión es aquel que trabaja a una tensión mayor de 1000 volts de corriente alterna o mayor de 1500 volts de corriente continua.

Tipos de tableros

- Simple no blindado
- Simple blindado
- Duplex (con pasillo intermedio)
- De escritorio
- Combinación de tipo escritorio con duplex o duplex (blindado)

Las tensiones nominales de corriente alterna para tableros de alta tensión son:

- 1) 2400 volts
- 2) 4160 volts
- 3) 7200 volts
- 4) 13800 volts
- 5) 23000 volts
- 6) 34500 volts

Las corrientes nominales para tableros de alta tensión para corriente alterna o corriente continua son:

600 Amper	3000 Amper
1200 Amper	4000 Amper
2000 Amper	5000 Amper

Especificaciones y condiciones de servicio

Los tableros que utilizan aire como aislante y refrigerante deberán ser adecuados para operar en el interior hasta unos 1000 m.S.N.M. y a una temperatura más elevada, estas condiciones se consideran como especiales y se deben indicar al fabricante.

Condiciones especiales que se deben indicar:

- Si el tablero estará o no expuesto a la intemperie.
- Si el tablero va estar expuesto a salpicaduras o caídas de agua o lodo.
- Indicar la presencia de humos o vapores corrosivos.
- Indicar la presencia de vapores de agua.
- Indicar si hay presencia de vapores de aceite.

Fusibles.

Son elementos de protección que constan de un alambre o cinta de una aleación de plomo y estaño con un bajo punto de fusión, que se funde cuando se exceda el

límite para el cual fue diseñado interrumpiendo el circuito. Se fabrican para operación en dos tipos:

Fusibles de tapón, usados en casa habitación con capacidades de 10, 15, 20 y 30 amperes.

Tipo cartucho, que a su vez pueden ser tipo casquillo para capacidades de 3 a 60 amperes y tipo navaja para capacidades de 75 a 600 amperes, estos fusibles son renovables ya que se pueden reemplazar si se funde el elemento fusible, puede ser reemplazado. De acuerdo con sus características eléctricas los elementos fusibles pueden ser: De tipo normal y de acción retardada.

El tipo normal esta formado por cinta o alambre, el de acción retardada que tiene formas diversas para retardar el tiempo de fusión.

Interruptores termo magnéticos

Estos interruptores están diseñados para abrir el circuito en forma automática cuando ocurre una sobrecarga accionado por una combinación de un elemento térmico y un elemento magnético.

Operan desde el punto de vista de tiempo de apertura con curvas características de tiempo- corriente.

Los interruptores de seguridad para servicio normal, de navaja para fusible tipo cartucho, tiro sencillo en caja de usos generales. Se fabrican en 2 polos para 250 volts C.A. de 30 a 600 amperes, y en tres polos para 240 volts C.A. también de 30 a 600 amperes, en ambos casos las capacidades comerciales son : 30, 60, 100, 400 y 600 amperes.

Se fabrican también para servicio pesado de navajas para fusibles tipo cartucho, tiro sencillo, para usos generales hasta 600 volts máximo en corriente alterna.

Los interruptores termo magnéticos se fabrican según sus aplicaciones y capacidades para prestar servicio en:

a).- Tipo industrial - Se fabrican para distintas tensiones y capacidades de corriente como se muestra en la tabla N° 4.2

TABLA N°4.2 (1)*

Tensión C.A.	Número de polos	Corriente en amperes
240 Volts C.A.	2	15 , 20 , 30 , 40 , 50 , 70 , 100
125/250 Volts	3	15 , 20 , 30 , 40 , 50 , 70 , 100
480 Volts C.A.	3	15 , 20 , 30 , 40 , 50 , 70 , 100
250 Volts C.D.		
600 Volts C.A.	2	15 , 20 , 30 , 40 , 50 , 70
250 Volts C.D.	3	15 , 20 , 30 , 40 , 50 , 70 , 100, 125 , 150.

Para 600 volts C.A. en tres polos dependiendo de la caja NEMA se fabrican en capacidades de corriente hasta 225, 400 y 1000 amperes.

Centros de carga

Usados para distribución de corriente y protección de los circuitos de alumbrado en residencias, oficinas, comercios, edificios de escuelas y pequeñas industrias, en los siguientes tipos como se ve en la tabla N°4.3.(1)*

TABLA N°4.3 (1)*		120 / 240
Tipo de montaje	Número de circuitos	Capacidad en amperes
Sobreponer Embutir	2	40
Sobreponer Embutir	4	70
Sobreponer Embutir	8	100

Trifásico, 4 hilos con neutro sólido 120 / 240 volts.

Para 12 circuitos 100 amperes

Para 20 circuitos 100 amperes

Para 30 circuitos 100 amperes

Monofásico 3 hilos con neutro sólido 120 / 240 volts

Para 12 circuitos 100 amperes

Los interruptores termo magnéticos para estos centros de carga y tableros de alumbrado se fabrican en las siguientes capacidades que se muestran en la tabla N° 4.4 (1)*

TABLA N°4.4. (1)*

Volts C.A.	Número de polos	Capacidad en amperes
120	1	15 , 20 , 30 , 50
120/240	2	15 , 20 , 30 , 50 , 70 , 100
240	3	15 , 20 , 30 , 50 , 70

Estos interruptores bajo condiciones severas de corto circuito o sobrecarga operan su protección magnética en 8/1000 de segundo

Bajo condiciones no severas y temporales de sobrecarga se efectúa el disparo térmico.

4.3.1 Tableros de Distribución

Estos tableros son usados para la distribución de corriente y protección de circuitos de alumbrado y motores pequeños en edificios de escuelas, oficinas e industria en general ver tabla N° 4.5 (1*)Y 4.6.(1)*

TABLA N°4.5 (1)*

Números de circuitos	Capacidad en amperes
14	100
20	100
30	200
42	200
Con interruptor general de dos polos	
14	70
20	100
30	200
42	200

TRIFÁSICOS, 3 FASES, 4 HILOS, NEUTRO, C.A.

TABLA N°4.6 (1)*

Número de circuitos	Capacidad en amperes
14	100
20	100
30	100
42	200
Con interruptor general de 3 polos	
14	50
20	100
30	100
42	200

TABLA N° 4.7 (1)*

APLICACIONES DE GABINETES SEGÚN NEMA	
NEMA 1 USOS GENERALES	Servicio interior, condiciones atmosféricas normales, metálica.
NEMA 2 A PRUEBA DE GOTEÓ	Servicio interior, ofrece protección contra goteo de líquidos corrosivos, las entradas de conduit requieren de conectores especiales tipo glándula.
NEMA 3 SERVICIO INTEMPERIE	Servicio exterior, protección contra aire húmedo, polvo y corrosión.
NEMA 3R A PRUEBA DE LLUVIA	Servicio exterior a prueba de lluvia, resistente a la corrosión, requiere de conectores especiales tipo glándula.
NEMA 4 A PRUEBA DE AGUA Y POLVO	Servicio exterior, contra salpicaduras de agua y chorro directo, de lamina metálica o gabinete fundido, soporte exteriores de montaje.
NEMA 5 A PRUEBA DE POLVO	Servicio interior, protección hermética contra polvo.
NEMA 7 A PRUEBA DE GASES EXPLOSIVOS	Servicio interior o exterior en atmósferas peligrosas por gases explosivos, gabinete fundido, requiere de conectores especiales, soportes exteriores de montaje
NEMA 9 A PRUEBA DE POLVOS EXPLOSIVOS	Servicio interior exterior en atmósferas peligrosas evite la entrada de polvos explosivos.
NEMA 12 SERVICIO INDUSTRIAL	Servicio interior, protección contra polvos, pelusas, fibras, goteo, salpicaduras, insectos, aceite, líquidos refrigerantes,

4.4 Cuchilla fusible

La cuchilla fusible es un elemento de conexión y desconexión de circuitos eléctricos. Tiene dos funciones: como cuchilla desconectadora, por lo cual se conecta y desconecta, y como elemento de protección.

El elemento de protección lo constituye el dispositivo fusible, que se encuentra dentro del cartucho de conexión y desconexión. El dispositivo fusible se selecciona de acuerdo con el valor de corriente nominal que va a circular por él, pero los fabricantes tienen el correspondiente valor de corriente de ruptura para cualquier valor de corriente nominal.

Los elementos fusibles se construyen fundamentalmente de plata (en casos especiales), cobre electrolítico con aleación de plata, o cobre aleado con estaño, existen tablas que nos indican la capacidad mínima recomendada para la protección de corto circuito de transformadores monofásicos y trifásicos para diferentes capacidades y voltajes de operación que son proporcionadas por fabricantes y distribuidores de equipo eléctrico.

Existen diferentes tipos de cuchillas fusibles, de acuerdo con el empleo que se les dé. Entre los principales tipos y características tenemos las siguientes por ser las de uso en la subestación en la escuela, para ver los detalles de las demás consultar (1)*

La cuchilla desconectadora es un elemento que sirve para desconectar físicamente un circuito eléctrico como se observa en la Fig.4.13.

Por lo general se operan sin carga, pero con algunos aditamentos se puede operar con carga, hasta ciertos límites.

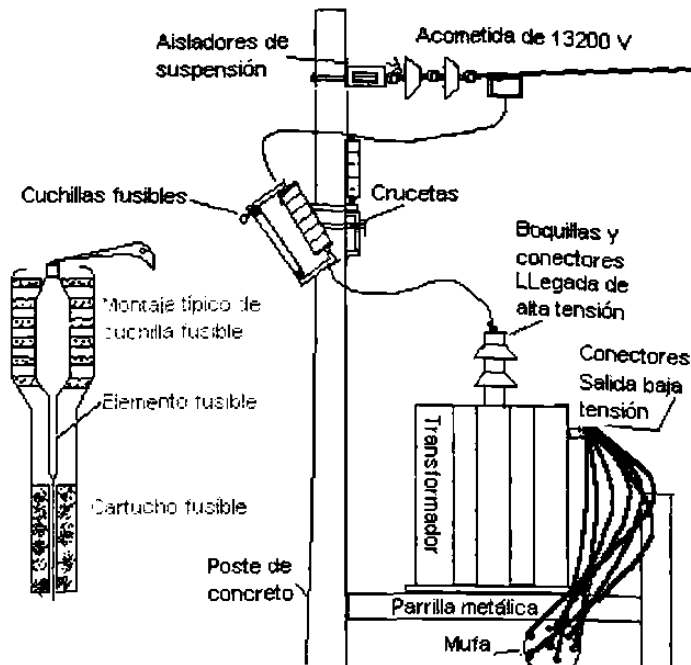


Fig.4.13 Cuchilla desconectadora para desconectar físicamente un circuito

4.5 Apartarrayos

Las sobretensiones que se presentan en las instalaciones eléctricas de un sistema pueden ser de dos tipos:

- .1. Sobretensiones de origen atmosférico
- .2. Sobretensiones por fallas en el sistema.

El apartarrayos es un dispositivo que nos permite proteger las instalaciones contra sobretensiones de origen atmosférico.

Las ondas que se presentan durante una descarga atmosférica viajan a la velocidad de la luz y dañan al equipo al no estar protegido correctamente, para la protección del mismo se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- .1. Descargas directas sobre la instalación.
- .2. Descargas indirectas.

Nos ocuparemos de las descargas indirectas por presentarse con mayor frecuencia .

El apartarrayos, es un dispositivo que se encuentra conectado permanentemente en el sistema, opera cuando se presenta una sobretensión de determinada magnitud, descargando la corriente a tierra.

Su principio de operación se basa en la formación de un arco eléctrico entre dos explosores cuya separación está determinada de antemano de acuerdo con la tensión a la que va a operar.

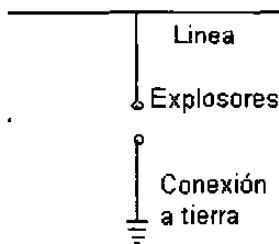


Fig.4.14 Conexión del apartarrayos

Se fabrican diferentes tipos de apartarrayos, basados en el principio general de operación: los más empleados son los tipo autovalvular y apartarrayos de resistencia variable.

El apartarrayo tipo autovalvular consiste de varias chapas de explosores conectados en serie por medio de resistencias variables cuya función es dar una operación más sensible y precisa. Se emplea en sistemas que operan a grandes tensiones, y que representan una gran seguridad de operación .

El apartarrayos de resistencia variable funda su principio de operación en el principio general, es decir, con dos explosores, y se conecta en serie a una resistencia variable. Se emplea en tensiones medianas y tiene mucha aceptación en sistemas de distribución.

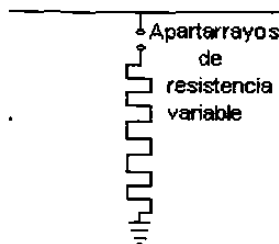


Fig.4.15 Apartarrayos de resistencia variable

La función del apartarrayos no es eliminar las ondas de sobretensión presentadas durante las descargas atmosféricas, sino limitar su magnitud a valores que no sean perjudiciales para las máquinas y equipos del sistema.

Las ondas que más se presentan son de 1.5×40 microseg. (onda americana) y 1×40 microseg, (onda europea). Esto quiere decir que alcanza su valor de frente en 1.5 a 1 microseg. (tiempo de frente de onda). La función del apartarrayos es cortar su valor máximo de onda (aplanar la onda).

Los apartarrayos protegen también a las instalaciones contra descargas directas, para lo cual tiene un cierto radio de protección. Para dar mayor seguridad a las instalaciones contra descargas directas se instalan unas varillas conocidas como bayonetas e hilos de guarda semejantes a los que se colocan en las líneas de transmisión.

La tensión a la que operan los apartarrayos se conoce como tensión de cebado del apartarrayo.

4.6 Transformadores para instrumentos

Se denominan transformadores para instrumentos los que se emplean para alimentación de equipos de medición, control o protección. Los transformadores para instrumento se dividen en dos clases:

1. Transformadores de corriente.
2. Transformadores de potencial.

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.

Se conoce como transformador de corriente a aquél cuya función principal es cambiar el valor de la corriente de uno más o menos elevado a otro con el cual se puedan alimentar instrumentos de medición, control o protección, como amperímetros, wáttmetros, instrumentos registradores, relevadores de sobre corriente, etc.

Su construcción es semejante a la de cualquier tipo de transformador, ya que fundamentalmente consiste de un devanado primario y un devanado secundario. La

capacidad de estos transformadores es muy baja, se determina sumando las capacidades de los instrumentos que se van a alimentar, y pueden ser 15, 30, 50, 60, 70, VA.

Estos transformadores son generalmente de tamaño reducido y el aislamiento que se emplea en su construcción tiene que ser de muy buena calidad, pudiendo ser en algunos casos resinas sintéticas (compound), aceite o líquidos no inflamables (pyranol, clorextol, etc).

Como estos transformadores normalmente van a estar conectados en sistemas trifásicos, las conexiones que pueden hacerse con ellos son las conexiones normales trifásicas entre transformadores (delta-delta, delta- estrella, etc.). Es muy importante en cualquier conexión trifásica que se hagan conectar correctamente los devanados de acuerdo con sus marcas de polaridad, y siempre conectar al lado secundario a tierra.

Hay transformadores de corriente que operan con corrientes relativamente bajas; estos transformadores pueden construirse sin devanado primario, ya que el primario lo constituye la línea a la que van a conectarse. En este caso a los transformadores se les denomina tipo dona.

La representación de un transformador de corriente en un diagrama unifilar es como lo muestra la Fig. 4.16.

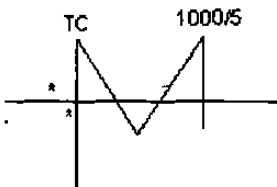


Fig.4.16 Diagrama unifilar de conexión de TC

Las relaciones de transformación son de diferentes valores, pero la corriente en el devanado secundario normalmente es de 5 amperes.

TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

Se denomina transformador de potencial aquél cuya función principal es transformar los valores de voltaje sin tomar en cuenta la corriente. Estos transformadores sirven para alimentar instrumentos de medición, control o protección que requieran señal de voltaje.

Los transformadores de potencial se construyen con un devanado primario y otro secundario; su capacidad es baja, ya que se determina sumando las capacidades de los instrumentos de medición que se van a alimentar, y varían de 15 a 60 VA. Los aislamientos empleados son de muy buena calidad y son en general los mismos que se usan en la fabricación de los transformadores de corriente.

Se construyen para diferentes relaciones de transformación, pero el voltaje en el devanado secundario es normalmente 115 volts. Para sistemas trifásicos se conectan en cualquiera de las conexiones trifásicas conocidas, según las necesidades. Debe tenerse cuidado de que sus devanados estén conectados correctamente de acuerdo con sus marcas de polaridad.

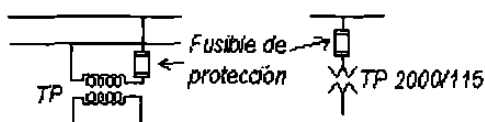


Fig. 4.17 Representación de un transformador de potencial en un diagrama unifilar:

Los transformadores de instrumento tienen diferente precisión de acuerdo con el empleo que se les dé. A esta precisión se le denomina clase de precisión y se selecciona con la siguiente lista

CLASE DE PRECISIÓN

- 0.1 Los pertenecientes a esta clase son generalmente transformadores patrones empleados en laboratorios para calibración.
- 0.2 Los de esta clase pueden emplearse como transformadores patrones o para alimentar instrumentos que requieran mucha precisión, como son instrumentos registradores, controladores, aparatos integradores, etc.
- 0.5 Los transformadores pertenecientes a esta clase se emplean comúnmente para alimentar los instrumentos de medición normal, como son amperímetros, voltímetros, wáttmetros, vármetros, etc.
3. los transformadores para instrumento que pertenecen a esta clase son empleados normalmente para alimentar instrumentos de protección como son relevadores; la tolerancia en esta clase es de 2.5 al 10 %.

Especificaciones para transformadores de instrumentos.

- 1) Transformador de corriente
 - Función que desempeñan
 - Relación de transformación (corriente primaria).
 - Tensión de operación.
 - Clase de operación y tolerancia
- 2) Transformador de potencial
 - Función a desempeñar.
 - Relación de transformación (voltaje primario)
 - Colocación de las boquillas (en caso de subestación a la intemperie)
 - Clase de precisión y tolerancia.

Valores comerciales de transformadores de corriente.

Capacidades	de 0.6 a 50 VA
Precisión:	de 0,1 a 3 % de valor nominal.
Fabricación	Hasta 13.8 Kv en tipo seco; para mayores voltajes el dieléctrico es aceite u otro líquido semejante (Pyranol o Chlorextol).
Relaciones comerciales	
.de transformación	10/5 , 25/5 , 100/5 , 800/5 , 1000/5

Valores comerciales de transformadores de potencial.

Capacidades	de 0.6 a 50 VA
Precisión:	de 0,1 a 3 % de valor nominal.
Fabricación	Hasta 13.8 Kv en tipo seco; para mayores voltajes el dieléctrico es aceite u otro líquido semejante (Pyranol o Chlorextol).
Relaciones comerciales	
.de transformación	220/115 , 480/115 , 750/115 , 1200/115 , 2400/115, 4160/115 , 7200/115 , 23000/115 , 34500/115.

4.7 Equipo de aire acondicionado

Planteamiento determinístico

En el planteamiento determinístico se evalúa el consumo de energía por CVAA (calefacción, ventilación y aire acondicionado) a partir de principios y datos técnicos. Primero se calculan las cargas térmicas para calefacción o enfriamiento ambiental en el edificio; estas cargas dependen del programa de operación y de la puesta en punto de los termostatos, de la temperie o clima, de las ganancias y pérdidas de calor por radiación y conducción, de la intensidad del cambio de aire y de las ganancias de calor debidas a fuentes internas.

La escuela cuenta con aire acondicionado en sus aulas de 2 Ton. Con un consumo de 2.970 Kw por aparato de los cuales tiene acoplado un motor eléctrico para el ventilador y otro para el compresor.

El consumo de energía en la escuela por este concepto requiere hacer un análisis de los parámetros que intervienen en el rendimiento.

También se requiere analizar el ruido provocado por los aparatos de A/C

Condiciones de comodidad

Factores que influyen en la comodidad.

La comodidad de las personas bajo el punto de vista del aire acondicionado, depende de cuatro factores primordiales, que son

- 3) temperatura del aire
- 4) Humedad del aire
- 5) Movimiento del aire
- 6) Pureza del aire

El comportamiento fisiológico del cuerpo humano demanda que la cantidad de calor interno producido por el cuerpo, sea igual a la cantidad de calor externo perdido.

El cuerpo humano tiene un sistema de control de temperatura para regular las pérdidas que ocurren por convección, radiación y evaporación. La proporción relativa de cada una depende de la cantidad de calor generado por el cuerpo, que a su vez depende de la actividad; también depende de la ropa, de la temperatura y condiciones del aire.

1.- Temperatura del aire

El control artificial de la temperatura del aire dentro de un espacio cerrado fue el primer intento para lograr la comodidad humana.

2.- Humedad relativa del aire

La evaporación del cuerpo humano se debe en gran parte a la baja humedad relativa del aire; las altas humedades la retardan.

Los excesos de la humedad relativa producen no solamente reacciones fisiológicas molestas, sino también afectan las propiedades de algunos materiales.

3.- Movimiento del aire

El movimiento del aire sobre el cuerpo humano incrementa la pérdida de calor y humedad y modifica la sensación de frío o calor.

4.- Pureza del aire

La composición química y física del aire es muy importante.

Poco interesa que aumente el CO₂, o que disminuya el oxígeno debido a la combustión fisiológica, ya que con ventilación se resuelve el problema. La nulificación de olores requiere, sin embargo, mucha ventilación, o bien, la purificación del aire por medio de algún recurso artificial.

Nulificar partículas sólidas en el aire es de vital importancia no solo para la salud, sino porque disminuye los gastos de limpieza y mantenimiento.

El humo que molesta los ojos y la nariz, requiere una buena ventilación.

En ciertos casos es necesario excluir el polen, porque causa asma y molesta a los que padecen cierto tipo de alergia.

La contaminación ambiental es hoy en día uno de los grandes problemas a los que tiene que enfrentarse la humanidad.

Temperatura efectiva

Cuando la humedad y el movimiento de aire se controlan adecuadamente, el índice de temperatura efectiva realmente mide la comodidad. Este índice se encuentra por medio de la carta de temperatura efectiva (5)*

Factores que determinan la temperatura efectiva

La carta de temperatura efectiva (5)*muestra en porcentajes, la cantidad de personas que se sienten cómodas en cada combinación , siempre habrá personas incómodas; sin embargo las normas de comodidad son para la mayoría.

Factores que pueden cambiar la temperatura efectiva

A.- Aclimatación diferente (la temperatura deseable en el verano y el invierno es muy diferente.

Temperatura deseable en invierno es de 67 a 71 °F ; en verano es de 69 a 73 °F.

La temperatura efectiva deseable y la humedad varían por lo general, según el individuo, país o región.

B.- Duración de la ocupación

La experiencia ha demostrado que mientras más poco tiempo se ocupe un volumen controlado debe haber un mayor cambio de temperatura; el cambio es con respecto a la temperatura exterior.

En la escuela se debe tener en cuenta esto ya que en algunos salones los estudiantes entran y salen sin haber un control de entrada y salida y perjudica a la eficiencia del equipo de aire acondicionado.

C.- Ropa

Algo de los puntos anteriores se solucionan despojándose o poniéndose ropa

La diferencia de peso de ropa de la mujer y la del hombre trae serios problemas para escoger la temperatura efectiva, pues por lo general, ellas visten mas ligero y requieren de mayor temperatura

D.- Edad y sexo

Las personas mayores de cuarenta años requieren, por lo general, 1 °F más de temperatura efectiva. Las mujeres requieren, por lo general, 1 °F más de temperatura efectiva que los hombres; sin embargo, las temperaturas de la carta de comodidad están consideradas para los hombres.

E.- Efecto de choque

Este efecto se debe a la entrada rápida del exterior a un lugar controlado. Este problema es más grave en verano. Para evitar el choque, en los pasillos o corredores se mantiene una temperatura efectiva media entre la exterior y la interior; sin embargo se ha demostrado que el choque no perjudica la salud de los que viven en lugares donde el aire acondicionado es indispensable y están acostumbrados a este tipo de cambios bruscos de temperatura.

F.- Actividad

Las recomendaciones para elegir una temperatura efectiva varían de acuerdo con la actividad.

G.- Calor radiado

Cuando hay mucha gente, en un salón , cine o teatro , el efecto del calor radiado por el cuerpo de una persona a otra requiere que se disminuya la temperatura efectiva. El calor radiado de una persona a muros o ventanas frías, requiere compensación. Aumentando la temperatura efectiva.

Refrigeración

Es la rama de la ciencia que trata del proceso de reducir y mantener más baja que su alrededor, la temperatura de un espacio dado o de un producto.

Ya que el calor absorbido se transfiere a otro cuerpo, es evidente que el proceso de refrigeración es opuesto al de calefacción.

Carga de calor

Es la cantidad de calor que debe retirarse del espacio por refrigerar, para reducir o mantener la temperatura deseada.

En la mayoría de los casos, la carga de calor es la suma del calor que se fuga al espacio refrigerado a través de paredes, rendijas, ranuras, etc., más el calor que produce algún producto por refrigerar o motores eléctricos, alumbrado, personas, etc.

Carga de refrigeración

En este caso lo dividimos en dos conceptos, a saber:

- I Carga de refrigeración tratándose de aire acondicionado para comodidad.
- II Carga de refrigeración tratándose de refrigeración industrial.

Carga de refrigeración tratándose de aire acondicionado para comodidad

La cantidad de calor que debe removerse con el equipo de refrigeración, se le llama carga de refrigeración, y se debe principalmente a las siguientes ganancias de calor:

- 1.- Ganancia de calor debida a la transmisión a través de las barreras que pueda haber, tales como paredes, ventanas, puertas, techos, particiones y pisos, y que es ocasionada por la diferencia de temperatura entre los lados de la barrera.
- 2.- Ganancia de calor debido al efecto solar
 - a) El calor transmitido por radiación a través de cristales y absorbido en el interior del espacio.
 - b) El calor absorbido por las paredes o techos expuestos a los rayos solares y posteriormente transferidos al interior.
- 3.- Ganancia de calor debida al aire de infiltración
- 4.- Ganancia de calor debida a los ocupantes
- 5.- Ganancia de calor debida a máquinas, alumbrado o cualquier otro equipo que genere calor.
- 6.- Ganancia de calor debida al aire de ventilación

1.- Ganancia de calor debida a la transmisión a través de barreras

La ganancia de calor a través de barreras se calcula con la siguiente formula

$$Q_1 = U A (t_e - t_i)$$

En la que :

$Q_1 \Rightarrow$ Carga de calor en Btu / h

$U \Rightarrow$ Coeficiente de transmisión de calor en Btu / hr - pie² - °F

$A \Rightarrow$ área neta en pies²

$t_e \Rightarrow$ Temperatura de diseño exterior en °F = 100 BS (bulbo seco)

$t_i \Rightarrow$ Temperatura de diseño interior en °F = 80 BS

Carga de refrigeración tratándose de aire acondicionado para comodidad

La cantidad de calor que debe removerse con el equipo de refrigeración, se le llama carga de refrigeración, y se debe principalmente a las siguientes ganancias de calor:

- 1.- Ganancia de calor debida a la transmisión a través de las barreras que pueda haber, tales como paredes, ventanas, puertas, techos, particiones y pisos, y que es ocasionada por la diferencia de temperatura entre los lados de la barrera.
- 2.- Ganancia de calor debido al efecto solar
 - a.) El calor transmitido por radiación a través de cristales y absorbido en el interior del espacio.
 - b.) El calor absorbido por las paredes o techos expuestos a los rayos solares y posteriormente transferidos al interior.
- 3.- Ganancia de calor debida al aire de infiltración
- 4.- Ganancia de calor debida a los ocupantes
- 5.- Ganancia de calor debida a máquinas, alumbrado o cualquier otro equipo que genere calor.
- 6.- Ganancia de calor debida al aire de ventilación

- 1.- Ganancia de calor debida a la transmisión a través de barreras

La ganancia de calor a través de barreras se calcula con la siguiente fórmula

$$Q_1 = U A (t_e - t_i)$$

En la que :

$Q_1 \Rightarrow$ Carga de calor en Btu / h

$U \Rightarrow$ Coeficiente de transmisión de calor en Btu / hr - pie² - °F

$A \Rightarrow$ área neta en pies²

$t_e \Rightarrow$ Temperatura de diseño exterior en °F = 100 BS (bulbo seco)

$t_i \Rightarrow$ Temperatura de diseño interior en °F = 80 BS

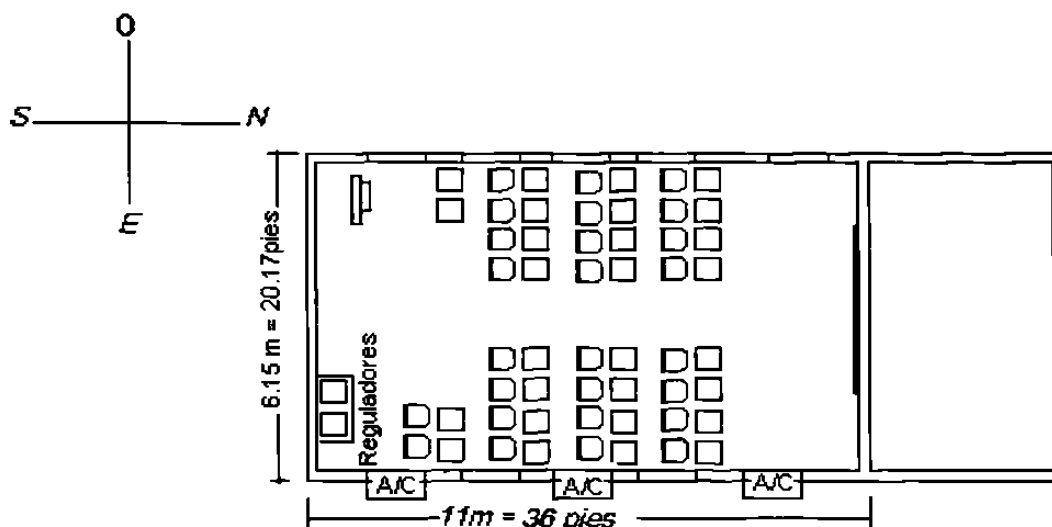


Fig.4.18 Vista superior del centro de cómputo

por lo general, la temperatura interior de diseño se considera entre 70°F y 80°F (en el aire acondicionado), y la temperatura exterior de diseño se selecciona de tablas no mostradas, según el lugar. La temperatura de bulbo seco exterior de diseño tiene, por lo general, su máximo a las 16.00 horas en verano.

La diferencia de temperaturas ($t_e - t_i$) se afecta en ocasiones, debido al “efecto solar”, pero esta consideración es un método para tomar en cuenta esta carga, que muchas veces no se utiliza.

La Fig. 4.18 muestra el plano del salón del centro de cómputo en el cual hay que comprobar la eficiencia del acondicionamiento existente el cual se tomará como **referencia** para los demás salones, oficinas y bibliotecas. El espacio por acondicionar se calcula para 15 personas (se hacen referencias de tablas que se localizan (5)*).

. a) Ganancia de calor por transmisión a través de barreras y por efecto solar

Fachada Oeste

Ancho 36 pies

Alto 8.52

Cristales

Ancho 3 pies

Alto 3 pies

Tiene una puerta sencilla de 3 X 6.5 pies, 5 marcos de cristal de 3X2,5 pies y el resto de la pared es concreto de 8 pulgadas de espesor, con 1/ 2 pulgada de yeso, con un coeficiente de transmisión $U = 0.53 \text{ BTU/ h-pie}^2\text{-}^\circ\text{F}$.

Fachada Este

Ancho 36 pies

Alto 8.52

Cristales

Ancho 3 pies

Alto 3 pies

Tiene 2 marcos de cristal de 3X2.5 pies donde se localizan los equipos A/C y el resto de la pared es concreto de 8 pulgadas de espesor, con 1/ 2 pulgada de yeso, con un coeficiente de transmisión $U = 0.53 \text{ BTU/ h-pie}^2\text{-}^\circ\text{F}$.

Fachada Sur

Ancho 20.17 pies

Alto 8.52

Pared de concreto de 8 pulgadas de espesor y 1 /2 pulgada de yeso, cuyo factor de transmisión $U = 0.53 \text{ Btu/ h-pie}^2\text{-}^\circ\text{F}$.

Pared Norte

Adyacente a la pared N hay un salón no acondicionado cuya temperatura es 90°F , la pared tiene también un coeficiente de transmisión de calor $U = 0.53 \text{ BTU/ h-pie}^2\text{-}^\circ\text{F}$.

Piso

El piso es de 5 pulgadas de concreto. $U = 0.46 \text{ Btu / h-pie}^2\text{-}^\circ\text{F}$. Debajo del piso hay tierra común con una temperatura de 80°F .

Techo

El techo es de 4 pulgadas de concreto $U = 0.46 \text{ Btu / h-pie}^2\text{-}^\circ\text{F}$ y 5 pulgadas de sobretecho con $U = 0.53 \text{ BTU/ h-pie}^2\text{-}^\circ\text{F}$.

Equipo:

24 Computadoras

12 Lámparas de 75 w

2 Reguladores

Condiciones de diseño

Temperatura exterior 100°F (BS) y 80°F (BH) (bulbo húmedo)

Temperatura interior 80°F (BS) y 67°F (BH)

.a).- Ganancia de calor debida a transmisión a través de barreras y al efecto solar.

Fachada Oeste

Área total $36 \times 8.52 = 306.72 \text{ pies}^2$

Área de cristales $5 \times 3 \times 2.5 = 37.5 \text{ pies}^2$

Área de puertas $1 \times 3 \times 6.5 = 19.50 \text{ pies}^2$

Factor U del muro : $U = 0.53 \text{ BTU/ h-pie}^2\text{-}^\circ\text{F}$.

Temperatura diferencial equivalente, tomada de la tabla 1X-4 para concreto de 8 pulgadas, latitud norte, pared Oeste, color claro para mediodía y corregida para 20°F diferenciales: como la tabla esta basada en 15°F se le agrega la diferencia (20-15)

$t_e = 2 + 5 = 7 \text{ }^\circ\text{F}$

$q_1 = 0.53 (306.72 - 37.5 - 19.50) \times 7 = 926.46 \text{ Btu / hr}$

como se menciona con anterioridad, q_1 representa el calor ganado por transmisión a través de muros, más el ganado por el efecto solar.

El calor ganado en los cristales es :

$\text{Área} = 37.5 + 19.50 = 57 \text{ pies}^2$

$$U = 1.13 \text{ Btu/ hr-pie}^2\text{-}^\circ\text{F.}$$

Calor ganado por transmisión por diferencia de temperatura:

$$.q_2 = A U (t_e + t_i)$$

$$.q_2 = 37.5 \times 1.13 (100 - 80) = 1288.20 \text{ Btu / hr}$$

Calor ganado en los cristales por efecto solar:

$$.q_3 = q_3^! \times f_2$$

$$q_3^! = 165 \text{ Btu/ h-pie}^2 \quad \text{Tomada de la tabla 1X- 1 (5)*}$$

para latitud 30° norte, orientación Oeste, a mediodía, para agosto 24.

$f_2 = 0.56$ tomado de la tabla 1X-2 (5)*debido a que el cristal está protegido con cornisa.

Luego

$$q_3^! = 165 \times 0.56 \times 37.5 = 3465.00 \text{ Btu / hr}$$

$$Q_3^! = q_1 + q_2 + q_3$$

$$Q_3^! = 926.46 + 1288.20 + 3465.00 = 5679.66 \text{ Btu/hr}$$

Fachada E

Ancho 36 pies

Alto 8.52

Cristales

Ancho 3 pies

Alto 2.5 pies

Área total $36 \times 8.52 = 306.72 \text{ pies}^2$

Área de cristales $2 \times 3 \times 2.5 = 15 \text{ pies}^2$

Puertas no hay

Factor U del muro = $0.53 \text{ Btu / hr-pies}^2 \cdot ^\circ\text{F}$

Temperatura diferencial equivalente, tomada de la tabla 1X-4 (5)* para concreto de 8 pulgadas, latitud norte, pared E, color claro para mediodía y corregida para 20°F diferenciales:

$$.t_e = 6 + 5 = 11 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$q_1 = 0.53 (306.72 - 15) \times 11 = 1700.72 \text{ Btu / hr}$$

como se menciona con anterioridad, q_1 representa el calor ganado por transmisión a través de muros, más el ganado por el efecto solar.

El calor ganado en los cristales es :

$$\text{Área} = 15 \text{ pies}^2$$

$$U = 1.13 \text{ Btu/ h-pie}^2 \cdot ^\circ\text{F}.$$

Calor ganado por transmisión por diferencia de temperatura:

$$.q_2 = A U (t_e + t_i)$$

$$.q_2 = 15 \times 1 (100 - 80) = 300 \text{ Btu / hr}$$

Calor ganado en los cristales por efecto solar:

$$.q_3 = q_3' \times f_2$$

$$q_3' = 165 \text{ Btu/ h-pie}^2 \text{ Tomada de la tabla 1X- 1 (5)*}$$

para latitud 30° norte, orientación E, 8 de la mañana. para agosto 24.

$$.f_2 = 0.56 \text{ tomado de la tabla 1X-2 (5)*}$$

Luego

$$q_3' = 165 \times 0.56 \times 15 = 1386.00 \text{ Btu / hr}$$

$$Q_3' = q_1 + q_2 + q_3$$

$$Q_3' = 1700.72 + 300 + 1386.00 = 3386.72 \text{ Btu /hr}$$

Pared N

$$\text{Área total} \quad 20.17 \times 8.52 = 171.84 \text{ pies}^2$$

$$\text{Factor U del muro} = 0.53 \text{ Btu / h - pies}^2 \text{ - } ^\circ\text{F}$$

Calor ganado a través del muro por transmisión debida a la diferencia de temperaturas

$$Q_1 = U A (t_e - t_i)$$

$$Q_1 = 171.84 \times 0.53 (90 - 80) = 910.79 \text{ Btu / hr}$$

Pared S

$$\text{Área total} \quad 20.17 \times 8.52 = 171.84 \text{ pies}^2$$

$$\text{Factor U del muro} = 0.53 \text{ Btu / h - pies}^2 \text{ - } ^\circ\text{F}$$

Calor ganado a través del muro por transmisión debida a la diferencia de temperaturas

$$Q_1 = U A (t_e - t_i)$$

Temperatura diferencial equivalente, tomada de la tabla 1X-4 (5)* para concreto de 8 pulgadas, latitud norte, pared NW, color claro para mediodía y corregida para 20°F diferenciales:

$$t_e = 2 + 5 = 7 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$q_1 = 0.53 (171.84) \times 7 = 637.52 \text{ Btu / hr}$$

como se mencionó con anterioridad, q_1 representa el calor ganado por transmisión a través de muros, más el ganado por el efecto solar.

Piso

$$\text{Área total} \quad 36 \times 20.17 = 726.12 \text{ pies}^2$$

$$\text{Factor U del piso} = 0.46 \text{ Btu / h - pies}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

$$\text{Temperatura del terreno} = 85 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$Q_p = A U (t_e - t_i)$$

$$Q_p = 726.12 \times 0.46 (85 - 80) = 395.232 \text{ Btu / hr}$$

Techo

$$\text{Área total} \quad 36 \times 20.17 = 726.12 \text{ pies}^2$$

$$\text{Factor U del techo} = 0.43 \text{ Btu / h - pies}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

$$\text{Temperatura exterior} = 100 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$Q_t = A U (t_e - t_i)$$

$$Q_t = 726.12 \times 0.43 (100 - 80) = 1477.82 \text{ Btu / hr}$$

Calor ganado por transmisión debida a la diferencia de temperatura y el efecto solar:

$$Q_t = 5679.66 + 3386.72 + 910.79 + 637.52 + 395.232 + 1477.82 = 12487.74 \text{ Btu / hr}$$

b) Calor ganado por equipo misceláneo:

Equipo:

24 Computadoras

12 Lámparas de 75 w

Condiciones de diseño

Temperatura exterior 100°F (BS) y 80°F (BH)

Temperatura interior 80°F (BS) y 67°F (BH)

1.- Computadoras Ver tabla 1X-8 (5)* considerando 1/3 de carga por computadora y un promedio de 15 funcionando

Calor sensible.....15 x (3413/ 3 Btu/Kw instalado -hr) = 17065.00 Btu / hr

Calor latente.....= 0 Btu / hr

2.- Iluminación considerando 6 encendidas en el día

Calor sensible.....(6 x 0.075) x (3413 Btu / Kw instalado-hr) = 1535.85 Btu / hr

Entonces

Calor sensible total = 18600.85 Btu / hr

Calor latente = 0 Btu / hr

c) Calor ganado por los ocupantes

Usando la tabla 1X-7 o las Fig. 1X-34 y 1X-35 (5)*, se tiene:

Temperatura interior 80°F (BS) y 67°F (BH), actividad ligera.

Calor sensible15 X 195 = 2925 Btu / hr

Calor latente15 X 205 = 3075 Btu / hr

d) Encontrar

1.- El aire requerido para la ventilación

Si se considera que se requiere 10 pie³ / min-persona, se tiene:

$$V_t = 15 \times 10 = 150 \text{ Pies}^3 / \text{min}$$

$$\text{Cambios de aire por hora} = (150 \times 60) / (39.6 \times 20.17 \times 8.52) = 1.32$$

a. Ganancia de calor por infiltración del aire.

De la tabla V111 – 2 (5)*

Vemos para 5 mph puerta de vidrio con ranura de 1/8" con buena instalación

ranura de 1/8 con fugas a través del marco tendremos un volumen de

$$3.2 \times 60 = 192.00 \text{ pie}^3 / \text{hr/ pie de ranura}$$

Para las ventanas y puerta Fachada Oeste

Las ventanas son selladas no hay infiltración

La puerta es de 3 X 6.5 ; $2(3 + 6.5) = 19$ pies

$(19 \text{ pies}) (192.00 \text{ pie}^3 / \text{hr} / \text{pie de ranura}) = 3648.00 \text{ pie}^3 / \text{hr}$

Infiltración total = $3648.00 \text{ pie}^3 / \text{hr}$

Por las paredes no hay infiltración, y las condiciones de diseño son:

Temperatura exterior 100°F (BS) y 80°F (BH)

Con la carta psicrométrica tenemos

Temperatura de rocío = $T_w = 73^\circ\text{F}$

Humedad específica = $W_e = 124$ granos / libra

Volumen específico = $V_e = 14.54 \text{ pie}^3 / \text{lb}$

Temperatura interior 80°F (BS) y 67°F (BH)

Con la carta psicrométrica tenemos

Temperatura de rocío = $T_w = 60.1^\circ\text{F}$

Humedad específica = $W_i = 78.2$ granos / libra

Volumen específico = $V_i = 13.84 \text{ pie}^3 / \text{lb}$

$M = V_t(\text{infiltración}) / V_e = (3648.00 \text{ pie}^3 / \text{h}) / 14.54 \text{ pie}^3 / \text{lb} = 250.89 \text{ lb} / \text{hr}$

Humedad ganada = $(250.89 \text{ lb} / \text{hr}) (124 - 78.2) \text{ granos} / \text{libra} = 11490.94 \text{ granos} / \text{hr}$

Ganancia de calor latente = $Q_L = (\text{Humedad ganada}) (1050 \text{ Btu} / \text{Lb}) / 7000$

$Q_L = (11490.94) (1050) / 7000 = 1723.64 \text{ Btu} / \text{hr}$

3.- Resumen de ganancia de calor

	Calor sensible	Calor latente
Transmisión y efecto solar	12487.74	
Equipo misceláneo	18600.85	
Ocupantes	2925	3075
Infiltración		1723.64
Total	34013.59 Btu / hr	4798.64 Btu / hr

e) Calculemos

1.- La Relación de calor sensible (R.C.S.)

$$RCS = (\text{Calor sensible total}) / (\text{Calor sensible total} + \text{Calor latente})$$

$$RCS = 34013.59 / (34013.59 + 4798.64) = 0.87$$

La temperatura del aire de entrada varia en general, de 5°F a 20°F por debajo de la temperatura deseada.

La temperatura de aire de entrada debe ser, por regla general, 2°F por debajo de la temperatura del cuarto por cada pie entre el piso y el techo (en nuestro caso es de 8.52 pies) .

$$\text{Temperatura de entrada a los difusores} = 80 - (8.52) (2) = 80 - 17.04 = 63^\circ\text{F}$$

2.- Mínima cantidad de aire suministrado

$$M = QS / C_p (T_i - T_d)$$

CP = Calor específico a presión constante del aire

Ti =>Temperatura Interior

Td =>Temperatura Difusor

$$M = 34013.59 / (0.24) (80 - 63) = 8336.66 \text{ Lb / hr}$$

3.- La humedad específica y temperatura de bulbo húmedo del aire suministrado para conseguir las condiciones de diseño.

$$Q_L = M (W_i - W_d) (1050 / 7000)$$

$$4798.64 = 8336,66 (78.2 - W_d) (0,15)$$

$$W_d = (8336,66 (78.2) (0,15) - 4798.64) / (0,15) (8336,66) = 74.36 \text{ granos / lb}$$

Nos vamos a ver la carta psicrométrica con 63°F BS y 74.46 de humedad con el cruce obtenemos:

$$.t_{bh} = 60.05 \text{ °F}$$

$$.h = 26.8 \text{ Btu / lb}$$

$$.v = 13.4$$

4.- El aire suministrado por el ventilador en $\text{pie}^3 / \text{min}$

$$V = M v / 60$$

$$V = (8336,66) (13.4) / 60 = 1861.85 \text{ pie}^3 / \text{min}$$

5.- Capacidad del acondicionador

Cuando el aire de ventilación se toma del exterior

$$M_v = (\text{Volumen requerido de aire para los ocupantes}) (60) / \text{volumen específico (v)}$$

$$M_v = \text{Cantidad de aire de ventilación en lb / hr}$$

$$M_v = (150) (60) / (14.54)$$

$$M_v = 618.98 \text{ lb / hr}$$

$$M_r = 8336,66 - 618.98 = 7717.68 \text{ lb / hr}$$

Condiciones de la mezcla del aire fresco y el aire recirculado

$$M_v (t_e) + M_r (t_i) = M t$$

$$(618.98) (100) + (7717.68) (80) = 8336,66 t$$

$$t = 81.48 \text{ °F} \quad \Rightarrow \text{Temperatura equivalente}$$

$$M_v (h_e) + M_r (h_i) = M h$$

$$(618.98)(43.7) + (7717.68)(31.3) = 8336.66 h$$

$$h = 32.22 \text{ Btu / lb}$$

por lo tanto el calor q_1

$$q_1 = (8336.66)(32.22 - 27) = 43522.99 \text{ Btu / hr}$$

1HP = 42.4 Btu / min; por lo tanto

$$\text{Hp requeridos} = (43522.99) / (60)(42.4) = 17.10 \text{ HP}$$

$$1\text{Hp} = 0.746 \text{ Kwatts}$$

$$(17.10)(0.746) = 12.75 \text{ KW}$$

$$\text{KW instalados en el centro de cómputo} = (3)(2970) / 1000 = 8.91 \text{ KW}$$

$$\text{Diferencia} = 12.75 - 8.91 = 3.84 \text{ KW ; Equivalente a } 3.84 / 2.970 = 1.29 \text{ aparatos}$$

4.8 Alumbrado

La escuela cuenta con lámparas tubulares de 75 y 39 Watts tipo fluorescente en su edificio; el consumo por este concepto es bajo comparativamente con el de A/C, pero al respecto, existen en el mercado lámparas economizadoras con mayor eficiencia con las que podría hacerse una prueba en un salón y ver los pro y contra respecto a la iluminación, contraste, estética, etc.. Si los resultados son favorables en todos los aspectos se podrá llegar a disminuir la energía por este concepto hasta en un 60% del consumo actual que es el 9.5%, lo que traería un ahorro del consumo de $(1405.36)(0.60) = 843.21 \text{ KW-h}$ que en pesos promedio por mes serían \$647.74 y quedarían en promedio $1405.36 - (1405.36)(0.60) = 562.14 \text{ KW-h}$ con un costo de \$431.82 para más detalles ver el capítulo 5.1.1 correspondiente a la auditoría energética.

4.9 Equipo de laboratorio para análisis de carbón

Analizador de azufre

horno Felisa

Horno thermolyne

Balanza

Computadora

Consumos en el capítulo 5.1.1

4.10 Equipo del centro de cómputo

24 Computadoras

2 Reguladores

1 Impresora

Capítulo 5

REVISIÓN ENERGÉTICA

5.1 Administración de la energía y revisión energética

La revisión energética es la metodología del examen de una instalación o sistema para identificar las posibilidades de incrementar el uso eficiente de la energía (eléctrica, térmica ,etc.). El sistema puede ser una casa, un establecimiento comercial, o una planta industrial u otro lugar donde se consuma energía con determinado propósito.

El propósito del consumo de Energía en la Escuela Superior de Ingeniería es dar servicio a la institución respecto al apoyo y comodidad requeridos para el desarrollo en sus labores tanto de los alumnos como de los maestros.

Las tablas 5.1 a a 5.1e y 5.2 contienen el registro detallado del equipo eléctrico en las diferentes áreas de la Escuela. La primera columna de estas tablas menciona el área específica donde se encuentra el equipo. También se muestra, en la segunda columna el promedio de tiempo que cada equipo funciona en un día hábil típico. La última columna contiene un resumen de la energía eléctrica consumido en uno de estos días. Esta información es muy importante para determinar exactamente las áreas de oportunidad que se tienen con respecto al ahorro de energía y fue obtenida efectuando recorridos por las instalaciones y levantando censos con los usuarios de cada departamento.

Tabla 5.1a Registro de equipo

Lugar		Lamparas			Aire acondicionado y calefaccion	Equipo de computo	Otros	Total en KW-h
		39 w	40 w	75 w	2970			
Entrada, oficinas de ingeniería, pasillos	Número	56		4	4	3		
	Promedio horas funcionando	6		6	10	600 x 8 hr		
	KWatts-h/día	13104	0	1800	118800	1440		135.144
Biblioteca de ingeniería	Número	0		12	2		1	
	Promedio horas funcionando	0	0	6	10		Copiadora 168 watts	
	KWatts-h/día	0	0	5400	59400		168	64968
Salon de consulta y oficina de mesa directiva	Número	2		4	1			
	Promedio horas funcionando	6	0		1			
	KWatts-h/día	468		300	2970			3738
Centro de computo	Número			12	3	24		
	Promedio horas funcionando		0	8	10	Com. 2 reguladores de 3KVA al 70%		
	KWatts-h/día			7200	89100	115200		211.5
Cafeteria	Número	12			1 A. Humedo	2		
	Promedio horas funcionando	8			R,30	Refrigeradores		
	KWatts-h/día	3744			250	11936		15.93
Oficina de aparatos topográficos	Número	6						
	Promedio horas funcionando	2						
	KWatts-h/día	468						0.468
Aula n°1	Número	12			1			
	Promedio horas funcionando	4			6			
	KWatts-h/día	1872			17820			19.692
Aula n°2	Número	20			1			
	Promedio horas funcionando	5			6			
	KWatts-h/día	3900			17820			21.72
Biblioteca EBURR	Número	16			2		1	
	Promedio horas funcionando	8			8		C0piadora	
	KWatts-h/día	4992			47520		168	52.512
Pasillos, oficina de deporte	Número	10						
	Promedio horas funcionando	3						
	KWatts-h/día	1170						1.17
Aula n° 3	Número			8	1		2	
	Promedio horas funcionando	0		3	2		Abanicos de cielo	
	KWatts-h/día	0		1800	5940		559.5	8.2995

Tabla 5.1b

Registro de equipo

Lugar		Lamparas			Aire acondicionado y calefaccion	Equipo de computo	Otros	Total en KW-h
		39 w	40 w	75 w	2970			
Aula N°4	Número			6	1			
	Promedio horas funcionando	0		5	6			
	KWatts-h/dia	0		2250	17820			20.07
Aula N°5	Número			6	1			
	Promedio horas funcionando	0		5	6			
	KWatts-h/dia	0		2250	17820			20.07
Andadores, pasillos y baños planta baja	Número	40						
	Promedio horas funcionando	4						
	KWatts-h/dia	6240						6.24
Aula N°6	Número			6	1			
	Promedio horas funcionando	0	0	5	6			
	KWatts-h/dia	0	0	2250	17820			20.07
Aula N°7	Número			12	2			
	Promedio horas funcionando			5	6			
	KWatts-h/dia			4500	35640			40.14
Gimnasio deportivo	Número	18						
	Promedio horas funcionando	2						
	KWatts-h/dia	1404						
Taller mecánico	Número	18						
	Promedio horas funcionando	2						
	KWatts-h/dia	1404						1.404
Muestreo preparación de carbón	Número	26						
	Promedio horas funcionando	6				Horno, compresor, molino		
	KWatts-h/dia	6084				4661		10.765
Taller de soldadura	Número	18						
	Promedio horas funcionando	2						
	KWatts-h/dia	1404						1.404
Taller eléctrico y electrónico	Número	26			1			
	Promedio horas funcionando	2			A. Humedo R/ 30			
	KWatts-h/dia	2028			250			2.278
Almacén scrap.	Número	26						
	Promedio horas funcionando	1						
	KWatts-h/dia	1014						1.014

Tabla 5.1c

Registro de equipo

Lugar		Lamparas			Aire acondicionado y calefaccion	Equipo de computo	Otros	Total en KW-h
		39 w	40 w	75 w	2970			
Aula N° 8	Número			6				
	Promedio horas funcionando			4				
	KWatts-h/dia			1800				1.8
Aula N° 9	Número			12	1		3 de 20 w	
	Promedio horas funcionando			4	6			
	KWatts-h/dia			3600	17820			21.42
Aula N° 10	Número			6			3 de 20 w	
	Promedio horas funcionando			4				
	KWatts-h/dia			1800				1.8
Andadores, pasillos y baños 2° piso	Número	16		2			3 de 20 w	
	Promedio horas funcionando	4		4				
	KWatts-h/dia	2496		600				3.096
Aula N° 11	Número			6	1		3 de 20 w	
	Promedio horas funcionando			4	A.humedo			
	KWatts-h/dia			1800				1.8
Aula N° 12	Número			12			3 de 20 w	
	Promedio horas funcionando			4				
	KWatts-h/dia			3600				3.6
Aula N° 13	Número	8			1			
	Promedio horas funcionando	4			3			
	KWatts-h/dia	1248			8910			10.158
Aula N° 14	Número	8			1			
	Promedio horas funcionando	4			3			
	KWatts-h/dia	1248			8910			10.158
Aula N°15	Número	8			1			
	Promedio horas funcionando	4			3			
	KWatts-h/dia	1248			8910			10.158
Aula N°16	Número			6	1		3 de 20 w	
	Promedio horas funcionando			2	3			
	KWatts-h/dia			900	8910			9.81
Aula N° 17	Número			12	2		3 de 20 w	
	Promedio horas funcionando			2	3			
	KWatts-h/dia			1800	17820			19.62

Tabla 5.1d

Registro de equipo

Lugar		Lamparas			Aire acón. y calef. 2970 w/aparato	Equipo de computo	Otros	Total en KW-h
		39 w	40 w	75 w	2970			
Aula N° 18	Número	24			2	18		
	Promedio horas funcionando	2			6			
	KWatts-h/día	1872			35640			37.512
Aula N° 19	Número	16			2	17	4 de 20 w	
	Promedio horas funcionando	4			6			
	KWatts-h/día	2496			35600			38.096
Aula N° 20	Número	16			2		4 de 20 w	
	Promedio horas funcionando	4			6			
	KWatts-h/día	2496			35640			38.136
Andadores y pasillos	Número	30						
	Promedio horas funcionando	3						
	KWatts-h/día	3510						3.51
Sala de conferencias	Número				3			
	Promedio horas funcionando	esporadico			1			
	KWatts-h/día				8910			8.91
Aula N° 21	Número	4		8	2			
	Promedio horas funcionando	4			4			
	KWatts-h/día	624			23760			24.384
Aula N° 22	Número	4		8	1			
	Promedio horas funcionando	4			4			
	KWatts-h/día	624			11880			12.504
Laboratorio de fisico quimica	Número	32				3		
	Promedio horas funcionando	Portala mp.				5.2Kw		
	KWatts-h/día							0
Laboratorio de preparacion mecánica	Número	72						
	Promedio horas funcionando	esporadico						
	KWatts-h/día							0
Oficina de preparacion mecánica	Número	14						
	Promedio horas funcionando	0						
	KWatts-h/día	0						0
Andadores, pasillos y estacionamiento	Número	14					12 de 20 w	
	Promedio horas funcionando	4						
	KWatts-h/día	2184						2.184

Tabla 5.1e

Registro de equipo

Lugar		Lamparas			Aire accon. y calef. 2970w/aparato	Equipo de computo	Otros	Total en KW-h
		39 w	40 w	75 w	2970			
Oficinas de la preparatoria EBURR	Número	8		20	4	9	300	
	Promedio horas funcionando	8		8	10		8	
	KWatts-h/dia	2496		12000	118800		2400	135.696
Lamparas de alumbrado exterior de 120V, 220V	Número						9 canchas	
	Promedio horas funcionando							
	KWatts-h/dia							0
Bomba de agua/ baños	Número						1 HP 746 w	
	Promedio horas funcionando							
	KWatts-h/dia							0
Bomba de agua /riego	Número						1 HP746 w	
	Promedio horas funcionando							
	KWatts-h/dia							0
	Número							
	Promedio horas funcionando							
	KWatts-h/dia							0

Tabla 5.2

Equipo de laboratorio

Nombre del equipo	Modo de funcionamiento	Consumo diario en KW
Analizador de azufre y calorímetro	4475 watts 1550°C generalmente se trabaja 700°C durante 17 Hr/día y a 1350°C durante 7 Hr/día	61.64
Horno felisa	Temperatura max. De trabajo 220°C, se trabaja generalmente a 110°C	7.62
Horno thermolyne	Consume 4400 watts a 1200°C se maneja a 750°C 6Hr/día de lunes a viernes (5 días)	13
Impresora	Minimo consumo	
Balanza	Minimo consumo	
Computadora		
A/C Miniesplit	Dos modelo MHH 18P16, 230 V, monofásico, Capacidad de enfriamiento 4640Kcal/h, 5.2 Kw, 18400 BTU/h, ventilador de 83 watts, 0.39 Amper	96
Lamparas de 39 Watts	8 x 12 horas	3.74
Consumo total en el laboratorio		182

5.1.1 Auditoría energética

Forma parte de un programa de administración de la energía, se puede emprender, y con frecuencia así es, cuando no existe un programa formal para la administración de la energía.

En casos mas complejos la ausencia de un programa formal de administración de la energía suele ser una deficiencia grave. En tales casos , una de las recomendaciones surgidas de la auditoría energética será establecer un programa de administración de la energía.

Dicho programa contendrá listas o gráficas que muestren claramente la línea de conducta que ha de seguirse para alcanzar los objetivos.

5.1.2 Administración de la energía

Es la metodología para organizar los recursos financieros, técnicos y humanos para elevar la eficiencia con la que se usa la energía en un sistema o instalación. La administración energética comúnmente abarca el llevar registros acerca del consumo de energía y el funcionamiento del equipo, el reemplazo o modificación de elementos y sistemas ineficientes.

La tabla 5.3 contiene las condiciones que se encuentran los equipos y elementos que componen a la instalación eléctrica en la Escuela.

El programa I hace referencia a la inspección mensual con las observaciones y recomendaciones en el equipo o elemento eléctrico de la instalación eléctrica.

La fig. 5.1 muestra el diagrama unifilar de la instalación eléctrica existente.

La tabla 5.4 indica los calibres de conductores existentes en las diferentes áreas.

La tabla 5.5 nos muestra las cargas conectadas a las diferentes áreas, así como la corriente a plena carga por sección.

La tabla 5.6 se toma en consideración una demanda máxima registrada en 2 años y se encuentra el porcentaje de carga que demanda por sección y la carga conectada.

La tabla 5.7 muestra las pérdidas mensuales de energía en los conductores y su costo.

Tabla 5.3

Lista de comprobación de equipo								
	Condiciones en que se encuentran los elementos en la instalación eléctrica de la Escuela							
	Alumbrado	Aire Acondicionado	Contactos	Apagadores	Ventanas	Registros Eléctricos	Tableros y centros de carga	Cables eléctricos
Oficinas de Ingeniería	R	B*	R	R	B N			
Biblioteca Ingeniería	B	B*	R*	R	B N		R	
Centro de computo Ingeniería	B	B A	B F*	B	B N			
Aulas Ingeniería	R F	B*	R	R	B N		antiguos, oxidados, recalentados	
Talleres de ingeniería	B	NO HAY	F	F	B		antiguos, oxidados, recalentados	
Laboratorio de Carbón	B	B	B	B	B		R	
Patios de Ingeniería	B C					B	R	R*
Oficina EBURR	B	B	R	R	B			
Centro de computo EBURR	B	B	R	R	B			
Aulas EBURR	B	B*	R	R	B			
Patios de EBURR	B C							
Subestación	F	Es necesario sacar el centro de distribución del salon de dibujo y si es necesario reemplazarlo por uno nuevo por lo cual				Se requiere hacer un cuarto para distribuir los diferentes circuitos y que tenga acceso personal autorizado		

A=> Alto ruido

B=> Bueno

C=> Falta canalización

M=> Malo

R=> Regular

N=> No recomendable p/aire acondicionado

* => Tierra de aparatos no conectadas

F=>faltan

Programa 1

Programa de inspección mensual de la instalación eléctrica en la Escuela Superior de Ingeniería

Equipo	Observación	Recomendación
Subestación eléctrica	El interruptor general tiene una capacidad inferior a la recomendada de acuerdo a los cálculos, no tienen identificación los interruptores de cada circuito y su ubicación en caja no es estética, la cerca perimetral muy restringida,	Construir a un lado un cuarto dedicado al centro de control de todas las secciones de la escuela e identificar cada uno de los circuitos de acuerdo a su ubicación.
Alumbrado, contactos, interruptores, de salones y oficinas	Algunos protectores difusores de las barras tienen suciedad, algunas no encienden, faltan lámparas, interruptores muy antiguos y deteriorados.	Elaborar programa de inspección y mantto., solicitar refacciones con tiempo, cambiar por económicas donde no afecte la iluminación y la estética
Aire acondicionado	El cable de alimentación es de un calibre muy justo, la toma de tierra no esta conectada, y el interruptor está muy cerca de cada aparato.	El calibre mínimo recomendado es el 12 y la toma de tierra mínimo debe de ser el mismo calibre
Líneas subterráneas	Algunas muy deterioradas por las hormigas y tapadas con tierra, sobrecargadas, conectadas de otros circuitos, falta la línea de tierra	Cambiar por otras en buen estado, e independizar circuitos. línea de tierra para cada circuito
Líneas aéreas	Conectan a muchos circuitos	Independizar circuitos
Centros de carga	Muy antiguos, ventanillas abiertas sin algún interruptor, barras con reconocimiento de sobrecarga, faltan tornillos, cajas oxidadas	Cambiar en su mayoría

Fig.5.1

Diagrama unifilar de la instalación eléctrica en la Escuela Superior de Ingeniería

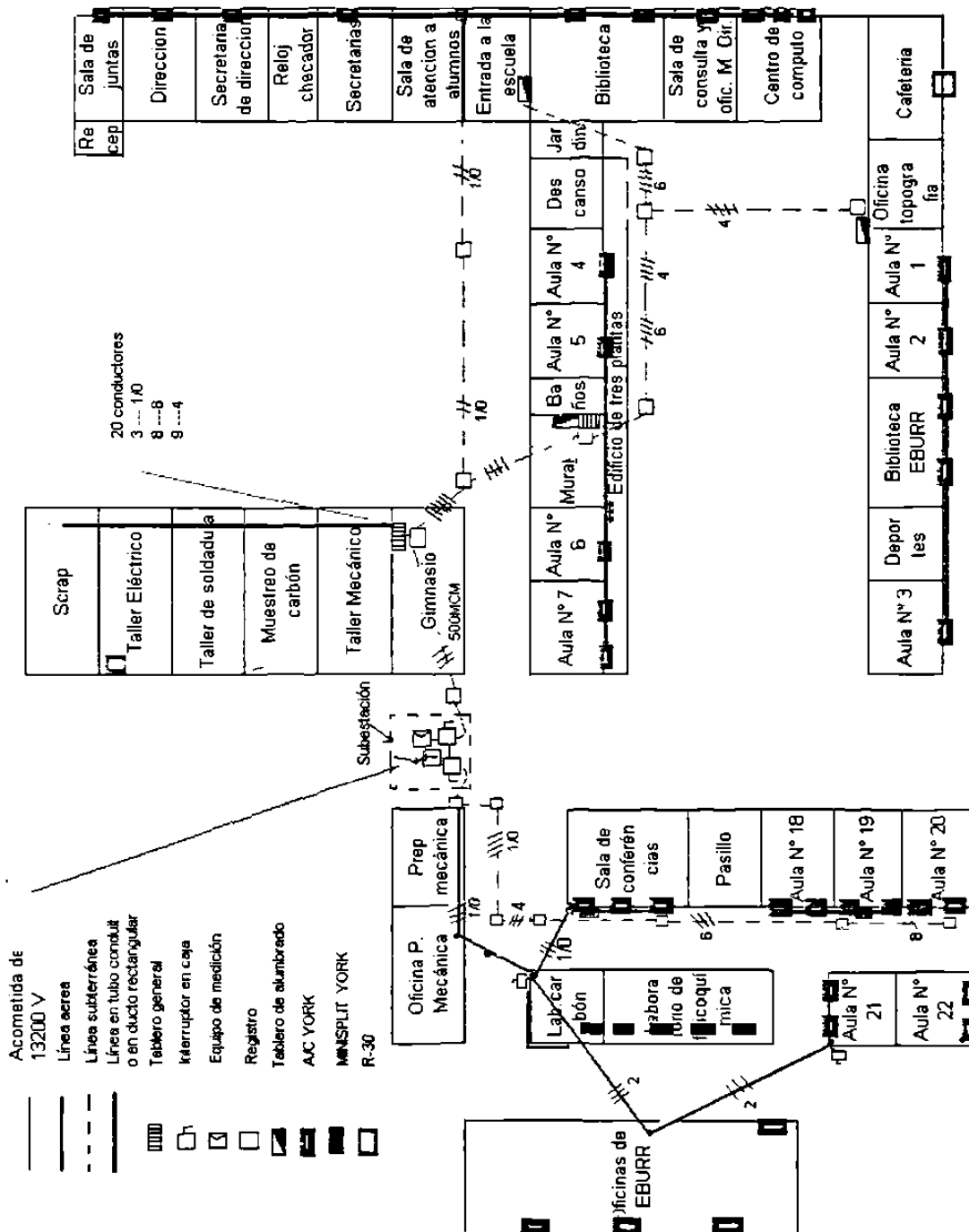


Tabla 5.4

Calibre de cables eléctricos existentes												
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	Subestación
	1/0	4	400 MCM	3-1/0 8--8 9--4	4	1/0 Común	1/0 Común	1/0 Común	2 Común	2 Común		500 MCM
Area	Oficinas de Ingeniería, Biblioteca, Centro de computo	Aulas Biblioteca EBURR,C afeteria	Aulas compart idas de la 4 a la17	Talle res	Sala de conferen cias	Centro de computo EBURR	Lab. de Carbon	Laboratori o de Físico Química	Aulas 21, 22	Oficinas de la EBURR	Aulas Nuevas, antes Preparación Mecánica	Alimentador

Tabla 5.5

Cargas conectadas a los circuitos por Secciones en KW												
Concepto	Corriente a plena carga por sección en Amper											Total de carga conectada en KW
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	
Aire acondicionado	29	18	38	1	9	18	11	15	12	12	15	178
	132	82	172	4.5	41	81.8	50	68.2	55	55	68	
Alumbrado	7	4	5	4	2	3	8	3	1	3	2	42
	32	18	23	18	9	14	36	14	5	14	9	
Alumbrado de Canchas y otros	1	1		1	2					1	1	7
	5	5		5	9					5	5	
Carga total												227
Corriente total												662
$I = 227 / (1.73 \times 220) (0.9) = 661.9$												

Cálculo del conductor con aislamiento THW por sección												
Aire acondicionado	2/0	2	4/0	12	6	2	6	4	4	4	4	
Alumbrado	8	10	10	10	12	12	8	12	12	12	12	
Alumbrado de Canchas	12	12		12	12							
Alimentador												2X500

Tabla 5.6

Concepto	% de Cargas en los circuitos por Sección en KW, tomando en consideración una demanda máxima registrada en 2 años											Total de carga conectada en KW
	Carga por sección en KW											
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	
Aire acondicionado	16	10.28	22	0.34		10.28	8.42		3.4	6.5		
	22	13.87	29.7	0.46		13.87	11.367		4.59	8.7		104.557
Alumbrado	2	0.7	2.8	1.1			0.5		0.7	1		
	2.7	0.94	3.78	1.48			0.67		0.945	1.35		11.865
Alumbrado de Canchas y otros	0.7						8			1		
	0.94						10.8			1.35		13.09
Carga total												129.512
Corriente total												378.1

$$I = 129.512 / (1.73) (220) (0.9) = 378.1 \text{ Amper}$$

Concepto	Corriente en amper											2 X 4/0 o 750
	Calibre del conductor con aislamiento THW por sección											
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	
Aire acondicionado	100	63	135	2.1		63	51.7		20.9	39.5		
	1/0	4	3/0	12		4	6		10	8		
Alumbrado	12.3	4.3	17.2	6.7			3		4.3	6.1		
	12	12	12	12			12		12	12		
Alumbrado de Canchas	4.3						49.1					
							6					
Alimentador												

5.1.2.1 Facturas o cuentas por el servicio de energía eléctrica

Definición de los conceptos en el recibo de energía eléctrica y proyectos eléctricos

Carga instalada.- Es la suma de las potencias nominales de los aparatos y equipos que se encuentran conectados en una área determinada de la instalación y se expresa generalmente en KVA ó KW.

Demanda.- es la potencia que consume la carga, medida por lo general en intervalos de tiempo (por ejemplo intervalos de 1 hora) expresada en KW ó KVA.

Densidad de carga.- Es el cociente de la carga y el área de la instalación considerada, se expresa en KVA/m^2 y para los propósitos de planeación de una instalación eléctrica se dan tablas con valores típicos para cierto tipo de instalaciones eléctricas.

Demanda máxima.- Es la máxima demanda que se tiene en una instalación o en un sistema durante un periodo de tiempo especificado por lo general en KW.

Factor de carga.- En la mayoría de los casos la carga no es constante durante el año o durante un periodo de tiempo especificado considerado como representativo, ya que por ejemplo en las instalaciones industriales la demanda de energía eléctrica puede variar de acuerdo con el volumen de producción que se tenga de manera que resulta conveniente definir lo que se conoce como factor de carga :

$F.C = \text{Valor promedio anual de la carga} / \text{Máximo valor de la carga en un año}$

Factor de demanda.- Es el cociente de la demanda máxima de un sistema y las cargas instaladas en el mismo.

$F.D = \text{Demanda máxima (en KW)} / \text{Carga instalada (en KW)}$

Factor de diversidad.- Es el cociente de las sumas de las demandas máximas individuales en las distintas partes de un sistema o la instalación y la demanda máxima del sistema o instalación.

$F.d = \text{Suma de las demandas máximas individuales} / \text{Demanda máxima del sistema}$

Factor de simultaneidad.- Es una cantidad menor o igual a la unidad y se obtiene como el recíproco del factor de diversidad.

$F.S = 1 / \text{Factor de diversidad}$

Tabla 5.8

Año	Mes	INDICADORES						CONCEPTO					
		Dem.Max Kw	Consumo Kwh	KVAH	% F.P	%F.C	\$ Energía	Demanda %	2%Med.B T \$	Bono F.P \$	Subtotal	I.V.A.	TOTAL
2001	Ene-Feb	85	13286	5420	94.93	22.46	5629.34	4648.72	205.55	73.38	10483.61	1572.54	12056.15
	Feb-Mar	55	9920	3520	94.24	24.24	4805.94	3777.85	171.67	96.30	8659.16	1298.87	9958.03
	Mar-Abr	64	10080	3840	93.45	21.88	4625.73	3819.33	168.91	77.53	8536.44	1280.47	9816.91
	Abr-May	77	11520	4960	91.85	18.89	5226.98	5032.4	205.17	52.32	10412.23	1561.83	11974.06
	May-Jun.	77	11520	4960	91.85	18.89	5226.98	5032.4	205.17	52.32	10412.23	1561.83	11974.06
	Jun.-Jul.	85	15680	6080	93.24	25.62	6992.14	4969.73	239.23	109.81	12091.29	1813.69	13904.98
	Jul.-Ago.	66	12160	4320	94.23	27.42	5273.84	3436.62	174.21	97.73	8786.94	1318.04	10104.98
	Ago-Sep.	87	12800	6720	88.54	18.03	5442.97	5457.41	218	-111.18	11229.56	1684.43	12913.99
	Sep.-Oct.	120	38400	12320	95.22	41.67	16227.13	7071.72	465.98	332.71	23432.12	3514.82	26946.94
	Oct.-Nov.	85	12960	5280	92.61	21.91	5491.22	4534.66	200.51	71.58	10154.81	1523.22	11678.03
Nov.-Dic.	80	14400	4960	94.55	25	6210.97	4511.02	214.44	131.24	10805.19	1620.78	12425.97	
Promedio		80.09	14793.27	5670.91	93.16	24.18	6468.48	4753.81	224.44	89.43	11363.96	1704.59	13068.56
2002	Dic.-Ene	44	7680	3040	92.98	25	3377.1	2399.8	115.52	47.13	5845.29	876.79	6722.08
	Ene-Feb.	66	14240	4800	94.76	29	6312.46	4026.28	206.77	137.09	10408.42	1561.26	11969.68
	Feb.-Mar.	66	14720	5280	94.13	30	6433.11	4050.02	209.66	117.62	10575.17	1586.28	12161.45
	Mar.-Abr.	66	9280	4480	90.06	22	4016.87	3336.49	147.06	0.00	7500.42	1125.06	8625.48
	Abr-May.	135	25920	9920	93.39	24	11495.12	8608.15	402.06	184.54	20320.79	3048.12	23368.91
May-Jun.	77	11520	4960	91.85	18.89	5226.98	5032.4	205.17	52.32	10412.23	1561.83	11974.06	
Promedio		75.67	13893.33	5413.33	92.86	24.82	6143.61	4575.52	214.37	89.78	10843.72	1626.56	12470.28
2002	Jun-Jul.	Cambio de tarifa de la OM a la HM											

Tabla 5.10

Prorrateo de la energía en %									
EBURR					Escuela Superior de Ingeniería				
Sección Circuito	Aire acondicionado	Alumbrado y otros	Computación	Sección	Aire acondicionado	Alumbrado	Computación	Hornos	
S10	6.5	1	0.6	S1	16	2	2		
S3	11	1.4		S3	11	1.4			
S2,S6,S9	24	2.1	2	S7	8.42	0.5		8	
				S5					
				S4	0.34	1.1			
				S8					
Totales en %	42.14	4.5	2.6		35.76	5	2	8	
100%		49.24					50.76		

Fig 5.2

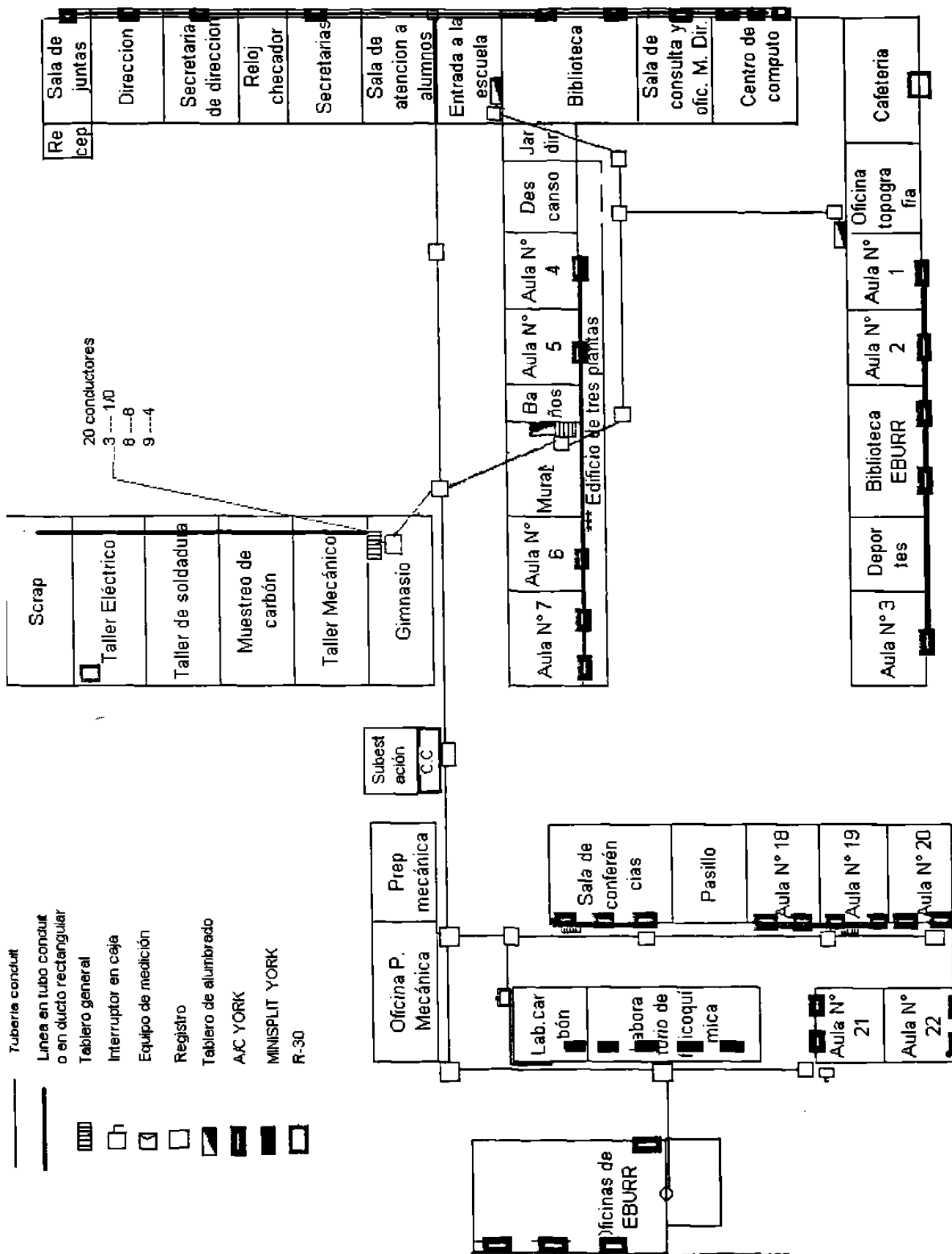


Fig 5.3

LOCALIZACIÓN DEL NUEVO CENTRO DE CARGA

$$Lx = \frac{15(1) + 7(22) + 20(22) + 22(43) + 10(43) + 9(43) + 6(76) + 22(86) + 50(86) + 15(126) + 7(126) + 15(126)}{15 + 7 + 20 + 22 + 10 + 9 + 6 + 22 + 50 + 15 + 7 + 15} = 64,77 \text{ mts}$$

$$Ly = \frac{15(47) + 7(1) + 20(28) + 22(19) + 10(38) + 9(65) + 6(83) + 22(1) + 50(50) + 15(19) + 7(38) + 15(83)}{218} = 38,85 \text{ mts}$$

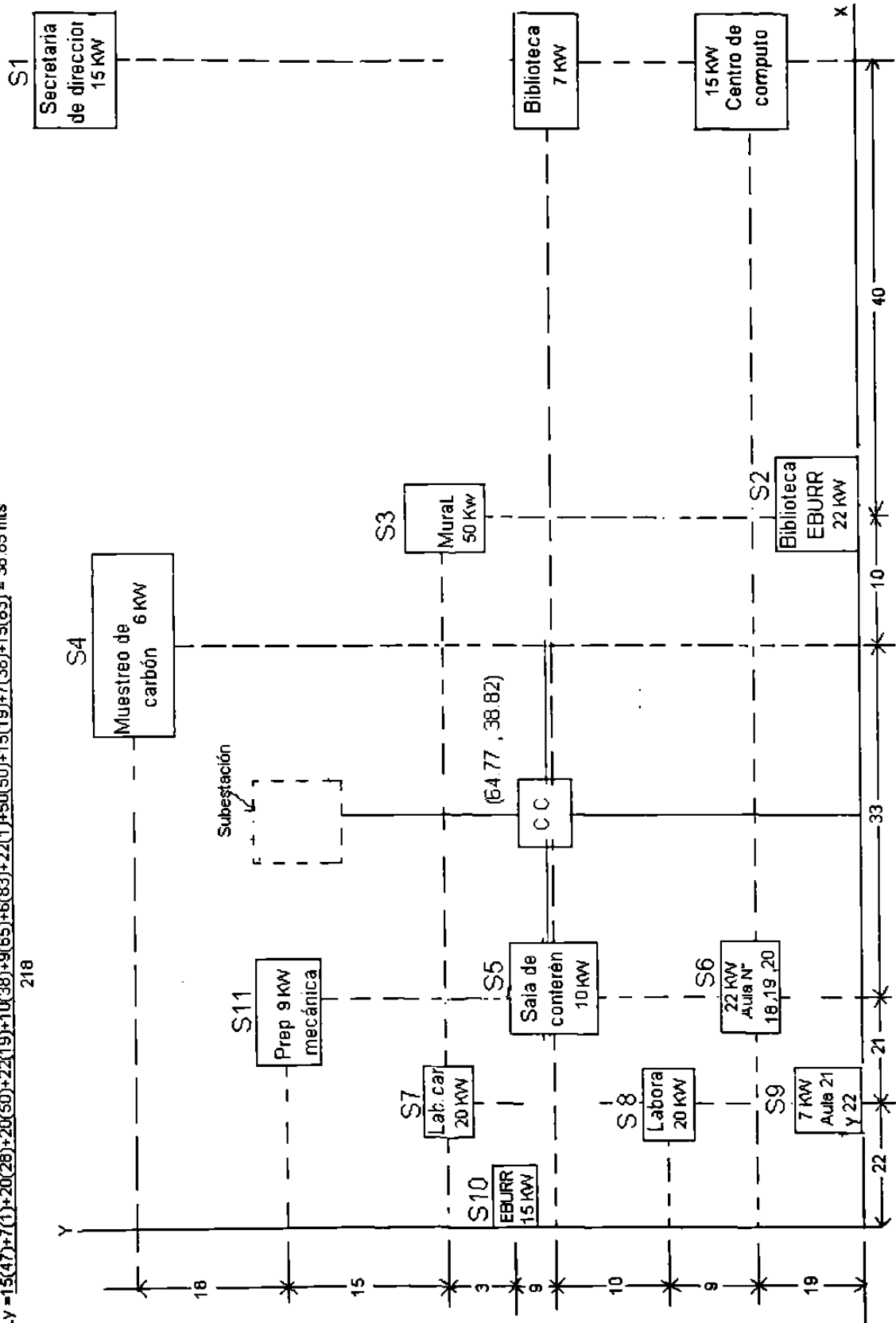


Tabla 5.12

Cableado para A/C a las diferentes secciones de la Escuela												
Circuito	Long. en Mto.	N° Cond.	Cantidad	Calibre AWG o MCM	Precio/Mto Mca Cobrex	Costo Cable	Sec.	N° Tubo	Diametro del Tubo Conduit	Precio/Mto de Tubo C	Can. Tub. Conduit	Costo/Tuberia
Oficinas de Ingeniería	75	3	225	4	12.4	2790	S1	1TCL1	1"	25	75	1875
Biblioteca y centro de cómputo	120	3	360	2	21.58	7768.8	S1	1TCL2	1 1/4"	20.54	120	2464.8
Biblioteca EBURR, Aulas, Cafetería	130	3	390	2	21.58	8416.2	S2	2TCL1	1 1/4"	20.54	130	2670.2
Aulas compartidas Sección 3	55	3	165	300	74.8	12342	S3	3TCL1	3"	147.6	55	8118
Talleres y Muestreo de Carbón	25	3	75	6	8.77	657.75	S4	4TCL1	1"	25	25	625
Sala de conferencias	50	3	150	6	8.77	1315.5	S5	5TCL1	1"	25	50	1250
Centro de cómputo EBURR	70	3	210	1/0	37.4	7854	S6	6TCL1	1 1/2"	64.33	70	4503.1
Laboratorio de Carbón	60	3	180	2	21.58	3884.4	S7	7TCL1	1 1/4"	20.54	60	1232.4
Laboratorio de Físico Química	70	3	210	2	21.58	4531.8	S8	8TCL1	1 1/4"	20.54	70	1437.8
Aulas S-9	85	3	255	8	4	1020	S9	9TCL1	3/4"	17	85	1445
Oficinas de EBURR	110	3	330	4	12.4	4092	S10	10TCL1	1"	25	110	2750
Aulas nuevas antes preparación mecánica	25	3	75	4	12.4	930	S11	11TCL1	1"	25	25	625
Total						55602.5			Tuberia conduit			28996.3
Mano de obra						38921.7						20297.41
T. Mat. y m de o						94524.2			Sin I.V.A.			49293.71

Tabla 5.13

Costos de los cambios requeridos para la ruta alterna de instalacion electrica				
Concepto	Cant.	P.U	Total	
Cable electrico	Tabla 5.12		94524.2	
Tablero de control (pz)	1	10000	10000	
Centros de carga	4	750	3000	
Conecciones Electricas.	24	1200	28800	
Tubo.conduit	Tabla 5.12		49293.7	
Excavación de Zanjas (mts)	226	50	11300	
Material y mano de obra de Registros	11	350	3850	
Construcción de Cuarto de control	1	10000	10000	
Total			210767.9	

5.2 Análisis del uso eficiente de la energía

5.2.1 Identificación de las posibilidades de ahorro de la energía:

Tabla 5-14

Porcentaje de energía ahorrada como resultado de implementar las recomendaciones de auditoría energética en 172 edificios no habitacionales (10)*				
Instalación			Fuente	
Categoría del edificio	Ahorro (%)	Tamaño de la muestra	Ahorro (%)	Tamaño de la muestra
Escuela elemental	24	72	21	72
Escuela de bachillerato	30	38	28	37
Oficinas grandes	23	37	21	24
Hospital	21	13	17	10
Centro comunitario	56	3	23	18
Hotel	25	4	24	4
Correccional	7	4	5	4
Oficinas pequeñas	33	1	30	1
Centro comercial	11	1	11	1
Multifamiliar	44	1	43	1

La electricidad se contabiliza a 3413 Btu/KW-h para la energía de una instalación, y como 11500 Btu/KW-h para la energía de la fuente (incluyendo pérdidas por generación, transmisión y distribución)

Cálculo de consumo de energía en iluminación y CVAA en la escuela

Análisis simple e identificación de oportunidades obvias de ahorrar energía:

Examinar registros del consumo eléctrico: las variaciones estacionales en el consumo de energía es un indicio acerca de las fracciones del consumo destinadas a la calefacción y aire acondicionado (ver tabla registro de equipo y tabla de prorrateo de la energía) en las cual se observa lo siguiente:

Como el consumo depende de las variaciones estacionales se hizo un cálculo en por % del total consumido por los diferentes conceptos arrojándonos los valores indicados a continuación.

Tabla 5.15

	A/C y calefacción	Alumbrado	Computación	Otros
Esc. Superior de Ingeniería	35.76 %	5.0 %	2.0 %	8 %
EBUUR	42.14 %	4.5 %	2.6%	
Total	77.90 %	9.5 %	4.6 %	8 %

Los procedimientos estandarizados hacen posible que las auditorias sean efectuadas con rapidez por técnicos relativamente poco calificados.

5.2.2 Identificación de los mayores consumidores de energía

Los mayores sistemas consumidores de energía en edificios comerciales usualmente son los de alumbrado y los de **climatización o calefacción**, ventilación y **acondicionamiento de aire (CVAA)**.

Los sistemas de alumbrado suelen ser un buen punto de partida para analizar la energía en edificios comerciales, ya que son los mas notorios consumidores de energía, generalmente resultan de fácil acceso y pueden ofrecer buenas oportunidades para lograr el ahorro.

La acumulación de suciedad en los luminarias eléctricos puede reducir significativamente la producción de luz. Tales luminarias se deben limpiar con regularidad, e inspeccionarse conforme a un programa de aseo. Las lámparas pierden eficiencia conforme se acercan al final de su vida útil o duración nominal. La eficiencia lumínica se puede mantener en niveles aceptables reemplazando las lámparas en grupos antes de que alcancen el termino de su duración. Esta práctica también reduce los altos costos de mantenimiento que significa la sustitución continua de lámparas deterioradas por cualquier motivo, además existen en el mercado lámparas economizadoras las cuales emiten la misma cantidad de luz con menos Watts, las cuales se recomiendan para algunos lugares donde no afecte el contraste y la estética del local o edificio.

En la tabla N° 5.16 se presentan niveles de iluminancia (o iluminación) apropiados para diversos tipos de actividades, y factores de ponderación para elegir el nivel de "pie-bujía" dentro de un intervalo de iluminancia.

Tabla 5-16

Categoría	Nivel de iluminación (pie-bujía)	Tipo de actividad	
A	2-3-5	Áreas públicas con iluminaciones oscuras	
B	5-7-5-10	Orientaciones simples para visitas breves.	
C	10-15-20	Áreas de trabajo donde solo ocasionalmente se realizan tareas visuales.	
D	20-30-50	Realización de tareas visuales de alto contraste o gran tamaño: por ejemplo, lectura de material impreso, originales mecanografiados, manuscritos a tinta y xerografía aceptable; trabajo mecánico ordinario de banco y en máquina; inspección ordinaria; ensamble basto o preliminar.	
E	50-75-100	Realización de tareas visuales de bajo contraste y tamaño muy pequeño: por ejemplo, lectura de manuscritos a lápiz de grado mediano y de material impreso o reproducido deficientemente; trabajo mecánico semifino de banco y en máquina; inspección minuciosa; ensamble semifino.	
F	100-150-200	Ejecución de tareas visuales de banco contraste y tamaño muy pequeño; por ejemplo, lectura de manuscritos a lápiz de grado duro o de material muy deficientemente reproducido; inspección muy minuciosa.	
G	200-300-500	Realización de tareas visuales de bajo contraste y tamaño muy pequeño durante un periodo prolongado; por ejemplo, ensamble fino; inspección muy minuciosa; trabajo mecánico fino de banco y en máquina.	
H	500-750-1000	Realización de tareas muy prolongadas y extenuantes; por ejemplo, la inspección sumamente minuciosa; trabajo mecánico extrafino de banco y en máquina; ensamble extrafino.	
I	1000-1500-2000	Ejecución de tareas visuales muy especiales de contraste extremadamente bajo y tamaño sumamente pequeño: por ejemplo, procedimientos quirúrgicos	
Factores de ponderación			
Características del trabajador o de la tarea (años)	-1	0	+1
Edad del trabajador (años)	Menos de 40	40-65	Más de 65
Rapidez y/o exactitud	Triviales	Importantes	Criticas
Reflectancia del entorno de la tarea	Mayor que 70%	30-70%	Menos que 30%

Para determinar un nivel de iluminación (en pie-bujía) dentro de un intervalo determinado, obténgase el factor de ponderación por característica de trabajador o de tarea, y súmense los factores para obtener una calificación o puntuación. Si la suma es de -3 o -2, úsese el nivel mínimo (en pie-bujía); si es de -1, 0 o bien 1, úsese el nivel intermedio; si es de 2 o 3, úsese el nivel más alto.

El análisis de los sistemas de CVAA en un edificio comercial es más complejo y requiere de más tiempo y esfuerzo que los sistemas de alumbrado.

En ocasiones es difícil determinar la fracción del consumo energético de un edificio dedicada a la operación de sus sistemas de climatización o CVAA. Los planteamientos de este problema se pueden clasificar como determinísticos o estadísticos referirse al capítulo 4 párrafo 7 para el planteamiento determinístico.

Como se observa en la tabla 5.15 el mayor consumo lo tenemos en el aire acondicionado y calefacción por lo cual se requiere una mayor atención para hacer más eficiente estos equipos, y fijarnos la meta de disminuir el consumo de energía por este concepto en un 15 % o más lo que nos conduce si tomamos como referencia el consumo promedio del año 14793.27 KW-H de acuerdo al registro de los indicadores tendremos un consumo disminuido en 2218.99 KW-H con un costo promedio sin IVA de \$ 1704.59 mensuales que en el año sumaría un total de \$ 20455.12.

Para lograr llevar a cabo el objetivo es necesario hacer algunas remodelaciones en los mayores consumidores en lo que respecta a ventanas , puertas y cristales como son:

- El centro de computo
- Oficinas de dirección
- Biblioteca
- Salones

Ya que el análisis de referencia que se llevo a cabo en el capítulo 4 párrafo 7 nos demuestra que se consume más energía al tener mayor ventilación exterior y transferencia de calor al interior, por lo que se requiere disminuir las fugas por ranuras, puertas abiertas, y la transferencia de calor por cristales de tipo común, la tabla 5.17 que se muestra a continuación muestra las recomendaciones surgidas en la inspección.

Tabla 5.17

Recomendaciones en los mayores consumidores de energía

	Cristales	Puertas	Indicaciones	
Centro de computo	Cambiar al tipo de protección especial incluyendo fugas	Colocar puertas dobles	No jugar Sentarse Cerrar puerta Mayor luz natural No fumar	
Oficinas de dirección	Cambiar al tipo de protección especial incluyendo fugas	Colocar puertas dobles	No jugar Sentarse Cerrar puerta Mayor luz natural No fumar	
Biblioteca	Cambiar al tipo de protección especial incluyendo fugas	Colocar puertas dobles	No jugar Sentarse Cerrar puerta Luz natural No fumar	
Salones	Mantener cerrados		No jugar Sentarse Cerrar puerta Luz natural No fumar	

Tabla 5-18

Valores recomendados de flujo de aire externo para diversas aplicaciones	
1. Edificios de oficina	
Área de trabajo	5 pcm/persona
Áreas para fumar	15 pcm/persona
Salones	5 pcm/persona
Cafetería	5 pcm/persona
Salas de conferencia	15 pcm/persona
Consultorios	5 pcm/persona
Sanitarios	10 cambios (de aire)/h
Vestíbulos	0
Espacios desocupados	0
2. Tiendas de menudeo	
Áreas comerciales	6 pcm/persona
Planta baja muy concurrida (menos de 5000 pie ² con puerta al exterior sencilla o doble)	0
Espacios no ocupados	0
3. Edificios de culto religioso	
Salones de oración	5 pcm/persona
Salas de reunión	10 pcm/persona
Espacios no ocupados	0

.pcm=> pie cúbico por minuto (pie³ /min.).

5.2.3 Planteamiento estadístico para el cálculo del consumo de energía

El planteamiento estadístico para el cálculo del consumo energético por CVAA implican el análisis de registros de consumo de energía. En un método estadístico común el consumo de energía se analiza como una función del clima.

Es mas fácil de aplicar, y el que probablemente debe de intentarse primero, consiste en calcular el consumo energético para los demás usos (alumbrado, equipo de oficina, etc) y restarlo del consumo total; lo que resulte será el consumo de energía por climatización como se trato en el párrafo anterior 5.2.2.

5.3 Resumen de costos

5.3.1 Presentación de resultados

Pérdida de energía actual por mes en los conductores.....\$233.86 (Tabla 5.7)

Pérdida de energía con la ruta alterna por mes en los conductores.....\$282.20
(Tabla 5.11)

Diferencia = 233.86 – 282.20 = - \$48.34

Como podemos observar, el costo de las pérdidas en los conductores, se incrementaría en \$48.34 por mes. Ya que el **centro de carga**, se movió a un lado de la subestación y no fue considerado de acuerdo al cálculo de localización por que resultaría de mas costo los trabajos a efectuarse; interferiría en la arquitectura del edificio, movimiento de los alumnos y maestros. Estas pérdidas serán contrarrestadas con una operación más flexible, sin alterar otras secciones. No se dependerá de otros circuitos, y puesto que el consumo y costo depende de las estaciones del año como lo muestran las tarifas y los indicadores de demanda y consumo, estas serán inferiores en un momento dado a las calculadas actualmente con su consecuente ahorro.

Se considero el cambio de cables para el aire acondicionado por ser el equipo de mas consumo ya que en algunas partes esta conectado de otras secciones y deteriorado.

También es necesario contar con nuevos centros de carga para independizar circuitos A/C y que solamente las personas autorizadas sean las que tengan acceso para restablecer o interrumpir circuitos. Estos deben ser localizados en una parte exterior a los salones ya que los actuales son individuales y cualquier persona los mueve sin tomar precaución alguna al riesgo de accidente.

Los costos por estos conceptos están resumidos en la tabla de (**costos de los cambios requeridos para la ruta alterna de la instalación eléctrica**) que resultaron de la inspección a la instalación eléctrica.

Los costos requeridos para la remodelación en el centro de cómputo, oficinas de dirección, y biblioteca se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 5.19

Pesos (\$) requeridos para la remodelación en las instalaciones indicadas

Concepto	Centro de computo	Oficinas de dirección	Biblioteca	Total
Cambiar cristales al tipo de protección especial	4000	30000	15000	49000
Colocar puertas dobles	5000	10000	5000	20000
Total				\$69000

5.3.2 Informe financiero

Costos por cambios en la ruta alterna de instalación eléctrica = 210767.90

Costo por remodelación en los mayores consumidores = 69000.00

La justificación de esta inversión es de acuerdo a los beneficios que se obtienen en la instalación y el mejor servicio que prestaría la misma en el futuro, y el consecuente ahorro y recuperación de la inversión.

Como se observa en la tabla 5.15 el mayor consumo lo tenemos en el aire acondicionado y calefacción por lo cual se requiere una mayor atención para hacer mas eficiente estos equipos, y fijarnos la meta de disminuir el consumo de energía por este concepto en un 15 % o más **aprovechando la flexibilidad de operación en la instalación por la remodelación** lo que nos conduce si tomamos como referencia el consumo promedio del año 14793.27 KW-H de acuerdo al registro de los indicadores tabla 5.8 tendremos un $(14793.27 - 0.15 \times 14793.27) = 12574.28$

consumo disminuido en 2218.99 KW-H con un costo promedio sin IVA de 2218.99 x 11363.96 / 14793.27 = \$ 1704.59 mensuales que en el año sumaría un total de \$ 20455.12

Recuperación de la inversión por remodelación => 69000 / 20455.12 => 3.40 Años

De acuerdo al aumento de la productividad y los ahorros en el costo de energía se calcula que en 3.4 años es posible recuperar el costo de la inversión.

Los costos por cambios en la ruta alterna de la instalación eléctrica \$210767.90 es una inversión necesaria por los beneficios primarios requeridos como la flexibilidad, servicio continuo, comodidad, reducción de probabilidad de accidente y falla, seguridad etc.

Capítulo 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Introducción

La elección de las distintas partes de una red eléctrica se hace de tal modo que los desprendimientos de calor a lo largo del servicio, sean bastantes débiles para que se disipen sin ningún riesgo.

Si la selección no ha sido adecuada algunas partes de la red soportaran intensidades de corriente más elevadas que aquellas para las que habían sido previstas: existirá entonces sobrecarga, que someterá a los aislantes a temperaturas elevadas. Por lo tanto se afectan sus cualidades, lo que podrá provocar el incidente de establecer un contacto directo entre dos fases o entre fase y tierra en una red con neutro a tierra. Tales incidentes pueden provocar el incendio de los cables y como consecuencia el deterioro de la instalación.

Con respecto a los interruptores se trata del arco que salta entre los dos extremos de un corte sobre un conductor y que conserva así, a pesar de este corte, el paso de una corriente. Lo que puede ser suficiente para provocar un incendio. Por lo tanto es necesario considerar, medidas preventivas, para evitar su aparición, y disponer de protecciones para contener el fenómeno inmediatamente.

Usar materiales de buena calidad aumenta el costo inicial de la instalación, sin embargo, para una condición de carga dada hay un diseño óptimo para el cual la suma de los intereses anuales y cargos por depreciación sobre el costo inicial, mas el costo anual de las pérdidas por energía es un mínimo, por tanto, la eficiencia a plena carga calculada en termino de las potencia de entrada y salida(consumida) no representa el único criterio. Los conceptos de eficiencia diaria y eficiencia anual también son importantes.

$$\text{Eficiencia diaria} = 1.0 - \frac{\text{pérdidas diarias de energía}}{\text{Energía de salida + perdidas diarias de energía}}$$

$$\text{Eficiencia anual} = 1.0 - \frac{\text{Pérdidas de energía anuales}}{\text{Energía de salida anual + perdidas anuales de energía}}$$

$$\text{Energía de salida anual + perdidas anuales de energía}$$

6.2 Conclusiones

Se debe de llevar a cabo la inversión para cambiar la ruta de la instalación actual y modificar las condiciones existentes en las áreas de mayor consumo energético y así obtener diferentes beneficios tomando en cuenta los indicadores de la tabla 5.8, los programas de inspección , así como contar con formatos de información para el seguimiento y control de las medidas de ahorro de energía, revisar continuamente los pronósticos de carga y utilización de equipo, comparar los resultados con los planes, y fijando nuevas metas en el incremento de la productividad de la energía en un 10% o 15 % dando las libertades y el poder a la o las personas involucradas en dicha tarea sin que esto altere el funcionamiento de la Escuela Superior de Ingeniería.

Beneficios

Flexibilidad para la operación de cualquier circuito

Aislar cada circuito para alguna reparación, en forma independiente.

Reducción de probabilidad de accidentes

Retorno a tierra mas eficiente

Control de carga mas efectiva

Servicio más continuo

Reducción de probabilidad de falla global.

Mayor comodidad

Mayor eficiencia energética

6.3 Recomendaciones

En la escuela es necesario que se lleve a cabo un proceso administrativo que conduzca a un buen control de la energía. Para tal efecto es necesario contar con el deseo de mejorar las condiciones ya existentes en lo que respecta al control de la energía considerando las restricciones o limitaciones que se impongan, así como decidir los métodos y procedimientos para llevarlos a cabo. Es necesario hacer una inversión por

los beneficios primarios requeridos en la instalación como la flexibilidad, servicio continuo, comodidad, reducción de probabilidad de accidente y falla, seguridad, por lo que es indispensable buscar con mas decisión, formas técnicas que permitan mejorarla para un servicio optimo y que incida en un ahorro.

Lo puramente técnico no basta; hace falta generar las prácticas operacionales, actitudes, motivación, y hacer del conocimiento al personal y alumnos que hagan posible sostener permanentemente los bajos consumos energéticos asociados.

También se pueden obtener ahorros sustanciales a través del rediseño de equipo, y mejoras parciales en los mismos.

El enfoque debe de estar dirigido a la flexibilidad, servicio continuo, comodidad, reducción de probabilidad de accidente y falla, seguridad, más que en un ahorro indiscriminado, hacia el ahorro económico no solo mejorando el balance energético, sino con miras de mejorar beneficios en un futuro próximo.

Para llevar a cabo la organización en esta tarea, es necesario asignar la persona o personas con las habilidades, responsabilidades, a las condiciones de trabajo que somete ocupar dicha tarea.

Aportación

Una base útil de referencia mediante la cual se midan las variaciones del consumo de energía mensual y anual permanentemente, sin dejar de utilizar en forma optima, la instalación ni que esto altere las condiciones de operación de los equipos para lo que fueron seleccionados.

Bibliografía

- (1).- Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales , Enríquez Harper
- (2).-Manual Standard del Ingeniero electricista, Tomo 1 A.E. Knowlton
- (3).-Información obtenida a través de folletos de CFE. Fideicomiso para el Ahorro de la Energía Eléctrica (FIDE) año 5 Num.22 Ene- Mar. 1997, Año 7 Num.29 Oct-Dic.1998
- (4).-Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia, Willam D. Stevenson , Mc. Graw Hill
- (5).-Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración , Eduardo Hernández Goribar. Ed.Ingramex
- (6).-Manual de Mantenimiento Industrial – Tomo 2
- (7).-www.CFE matico.com.Micr
- (8).-www. Dirind.com/htmls/electrica/2a/luz.html
- (9).-www.ith.mx/revista-ith/numero-2/r02-ruido.htm
www.samsung.com.ar/productos/aire

GLOSARIO

Energía .-	Capacidad de un sistema para realizar un trabajo
Resonante	Fenómeno que se presenta cuando la reactancia inductiva iguala a la reactancia capacitiva en un circuito eléctrico
Régimen permanente	Estado estable de un sistema
Factor de relleno	Relación que guarda el área de los conductores y el área del tubo conduit que los contiene
Alimentador	Conductor que alimenta a todo el sistema eléctrico
Densidad de corriente	Cantidad de corriente por sección transversal unitaria de un conductor
Carga pico	Carga máxima registrada en un determinado tiempo
Marcas de polaridad	Indicación para las secuencias de conexión de transformadores
Transformador tipo dona	Aparato para transferir señal de corriente
Humedad relativa	Relación de la densidad del vapor de agua en el aire con la densidad de saturación a la temperatura correspondiente
Temperatura de bulbo seco	Es la que se mide con un termómetro ordinario (medida del calor sensible del aire)
Temperatura de bulbo húmedo	Es la que indica la cantidad de calor total contenida en el aire

AUTOBIOGRAFÍA

ING. VALENTIN ZAVALA BERNAL

El autor de la presente tesis, titulada “Reingeniería de la Instalación Eléctrica en la Escuela Superior de Ingeniería”, aspira a obtener el grado de maestro en Ciencias de la Ingeniería eléctrica con Especialidad en Sistemas Eléctricos Potencia., nace el 25 de enero de 1956 en Cloete Coahuila, su nombre ,Valentín Zavala Bernal, hijo de Agapito Zavala Salazar (+) y la Sra. Ciria Bernal Campirano (+), estudia la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista con Especialidad en Electricidad y Electrónica en la Escuela de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Coahuila, de 1981 a 1982; labora en la empresa General de Telecomunicaciones Electrónicas, S.A. como proyectista, de 1983 a 1984 como Supervisor de Mantenimiento Eléctrico y Electrónico en la empresa A.H.M.S.A., de 1985 a 1991 como supervisor, jefe y subgerente de Mantenimiento Mecánico y Eléctrico en la empresa MICARE, toma diferentes cursos para aplicación laboral como son Desarrollo de habilidades del Supervisor, Administración de Mantenimiento, aspectos Básicos de Productividad, Como persona Física Ha dado servicio de Instalaciones Eléctricas a diferentes empresas mineras y maquiladoras, como son Fluorita de México, G.T.E., T.P.P., Carbonífera de San Patricio, I.M.M.S.A., obtiene el Grado de Maestro en Ciencias de la Administración en la especialidad de Producción y Calidad en la Universidad Autónoma de Nuevo León en Mayo del 2000.

De 1988 a la fecha es catedrático de 19 horas en la Escuela de Minería hoy Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Coahuila.

Apéndice

Matemáticas básicas

A.1 Números complejos

Números reales

El cuerpo de los números reales se compone de los correspondientes a los números racionales e irracionales. El conjunto de los números reales se puede poner en correspondencia biunívoca con el conjunto de los puntos de una recta que se llama eje real; es decir, cada punto de la recta representa un único número real y cualquier número real se representa por un único punto de la recta, como muestra la Fig. A.1.1. La suma, resta, multiplicación y división de dos números reales es otro número real. La raíz cuadrada de un número real positivo es también otro número real; Pero si es negativo, su raíz cuadrada no es un número real o bien no corresponde a ningún punto de la citada recta.

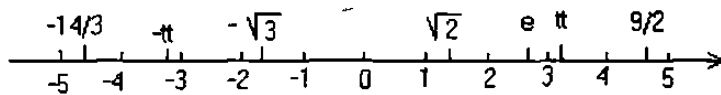


Fig. A1.1 Eje real

Números imaginarios

La raíz cuadrada de un número real negativo es un número imaginario; por ejemplo, son números imaginarios $\sqrt{-1}$, $\sqrt{-2}$, $\sqrt{-5}$, $\sqrt{-16}$, etc.

Si hacemos $j = \sqrt{-1}$, que se llama unidad imaginaria, se puede escribir, $\sqrt{-2} = j\sqrt{2}$, $\sqrt{-4} = j2$, $\sqrt{-5} = j\sqrt{5}$, $\sqrt{-16} = j4$, etc. Las sucesivas potencias de la unidad imaginaria son

$$j^2 = -1, \quad j^3 = j^2 j = (-1)j = -j, \quad j^4 = (j^2)^2 = 1, \quad j^5 = j, \quad \dots$$

El conjunto de los números imaginarios se puede poner en correspondencia biunívoca con el conjunto de los puntos de otra recta, que se llama eje imaginario, como se muestra en la Fig. A.1.2.

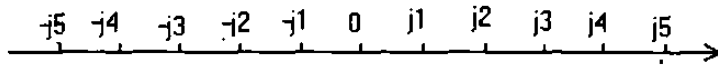


Fig. A.1.2 Eje imaginario

La elección de la palabra imaginario es muy desafortunada, pues estos tienen tanta existencia física como los reales. El vocablo significa, exclusivamente, que los números imaginarios no se pueden representar por un punto en el eje de los números reales.

Notación de números complejos

Un número complejo z es de la forma $x + jy$, en donde x e y son números reales y $j = \sqrt{-1}$. En un número complejo $x + jy$ la primera componente, x se llama parte real y la segunda, jy parte imaginaria. Si la parte real es nula, $x = 0$, el número complejo se reduce a un número imaginario (puro) y se representa por un punto sobre el eje imaginario. Análogamente, si la que es nula es la parte imaginaria, $y = 0$, el número complejo se reduce a un número real y se representa por un punto del eje real. Por consiguiente, el conjunto de los números reales tiene como subconjunto al de los números reales y al de los imaginarios.

La condición suficiente y necesaria para que dos números complejos, $a + jb$ y $c + jd$, sean iguales es que $a = c$ y $b = d$.

Si se traza el eje real perpendicular al eje imaginario como se representa en la Fig.A.1.3 siendo 0 el punto de intersección llamado origen, el conjunto de los números complejos se puede poner en correspondencia biunívoca con el conjunto de puntos del plano complejo así formado. En la Fig.A.1.3. se han situados cinco números complejos.

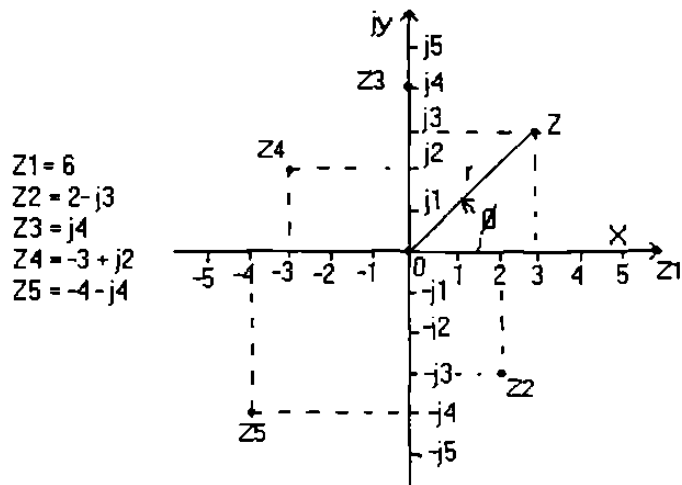


Fig. A.1.3 Plano complejo

Distintas formas de expresar un número complejo

En la Fig. A.1.3 $x = r \cos \varphi$, $y = r \operatorname{Sen} \varphi$, con lo que el número complejo z es

$$z = x + jy = r(\cos \varphi + j \operatorname{Sen} \varphi)$$

En donde la expresión $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ se llama módulo de z , y el ángulo $\varphi = \operatorname{arc} \operatorname{tg} y/x$ recibe el nombre de argumento de z .

La fórmula de Euler, $e^{j\varphi} = (\cos \varphi + j \operatorname{Sen} \varphi)$, permite expresar en otra forma, que se llama exponencial, un número complejo.

$$z = r \cos \varphi + j r \operatorname{Sen} \varphi = r e^{j\varphi}$$

En circuitos es muy frecuente emplear la forma polar o de Steinmetz de un número complejo z y se suele escribir así:

$$r \angle \varphi$$

En donde φ se mide en grados o en radianes.

A continuación se resumen las cuatro formas de representar un número complejo; el empleo de una u otra depende, fundamentalmente, de la operación que se trate de efectuar.

$$\text{Forma binómica } z = x + jy, \quad \text{Forma polar o de Steinmetz } z = r \angle \varphi$$

$$\text{Forma trigonométrica } z = r(\cos \varphi + j \operatorname{Sen} \varphi) \text{ forma exponencial } z = r e^{j\varphi}$$

Conjugado de un número complejo

El conjugado de un número complejo $z = x + jy$ es el complejo $z^* = x - jy$, por ejemplo, son números complejos conjugados los pares :

$$3 - j2 \quad 3 + j2$$

$$-5 + j4 \quad -5 - j4$$

en forma polar, el conjugado de $z = r \angle \varphi$ es $z^* = r \angle -\varphi$. Como $\text{Cos}(-\varphi) = \text{cos}(\varphi)$ y $\text{Sen}(-\varphi) = -\text{Sen} \varphi$, el conjugado de $z = r (\text{Cos} \varphi + j \text{Sen} \varphi)$ es $z^* = r (\text{Cos} \varphi - j \text{Sen} \varphi)$. por ejemplo, el conjugado de $z = 7 \angle 30^\circ$ es $z^* = 7 \angle -30^\circ$

En el plano complejo, el conjugado z^* de un número complejo z es siempre el simétrico de z respecto del eje real, como se muestra en la Fig. A.1.4 .

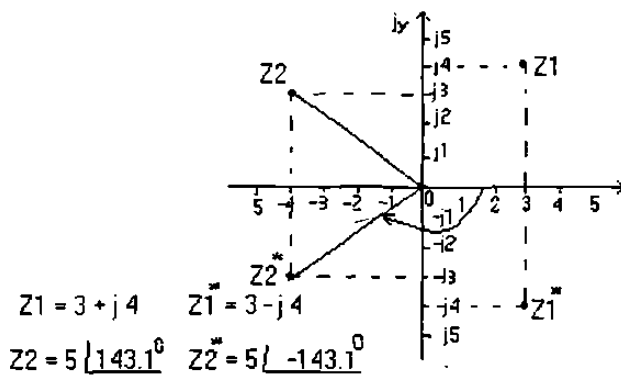


Fig. A.1.4 Números complejos y sus conjugados

Por consiguiente, las cuatro formas de escribir un número complejo z y su conjugado correspondiente son:

$$\begin{array}{llll}
 Z = x + jy & z = r \angle \varphi & z = r e^{j\varphi} & z = r (\text{Cos} \varphi + j \text{Sen} \varphi) \\
 z^* = x - jy & z^* = r \angle -\varphi & z^* = r e^{-j\varphi} & z^* = r (\text{Cos} \varphi - j \text{Sen} \varphi) .
 \end{array}$$

Suma y resta de números complejo

Para sumar (restar) dos números complejos se suman (restan) sus partes reales y sus partes imaginarias independientemente. En la práctica, para sumar (restar) complejos) lo mas cómodo es escribirlos en forma binómica.

Ejemplo .- Sean los complejos $Z_1 = 5 - j 2$ y $Z_2 = -3 - j 8$. Entonces,

$$Z_1 + Z_2 = (5 - 3) + j (-2 - 8) = 2 - j 10$$

$$Z_2 - Z_1 = (-3 - 5) + j (-8 + 2) = - 8 - j 6$$

Multiplicación de números complejos

El producto de dos números complejos, escritos en forma exponencial, se deduce inmediatamente de las propiedades de la potenciación.

$Z_1 Z_2 = (r_1 e^{j\phi_1}) (r_2 e^{j\phi_2}) = r_1 r_2 e^{j (\phi_1 + \phi_2)}$ si los complejos se escriben en forma polar es evidente que -

$$Z_1 Z_2 = (r_1 \angle \phi_1) (r_2 \angle \phi_2) = r_1 r_2 \angle \phi_1 + \phi_2$$

por ultimo, si los complejos vienen dados en forma binómica se multiplican como si fueran polinomios.

$$\begin{aligned} Z_1 Z_2 &= (x_1 + j y_1) (x_2 + j y_2) = x_1 x_2 + j x_1 y_2 + j y_1 x_2 + j^2 y_1 y_2 \\ &= (x_1 x_2 - y_1 y_2) + j (x_1 y_2 + y_1 x_2) \end{aligned}$$

Ejemplo Si $Z_1 = 5 e^{j\pi/3}$ y $Z_2 = 2 e^{-j\pi/6}$, resulta $Z_1 Z_2 = (5 e^{j\pi/3})(2 e^{-j\pi/6})$
 $= 10 e^{j\pi/6}$

Ejemplo Si $Z_1 = 2 \angle 30^\circ$ y $Z_2 = 5 \angle -45^\circ$, resulta $Z_1 Z_2 = (2 \angle 30^\circ) (5 \angle -45^\circ)$
 $= 10 \angle -15^\circ$

Ejemplo Si $Z_1 = 2 + j3$ y $Z_2 = -1 - j 3$, resulta $Z_1 Z_2 = (2 + j 3) (-1 - j 3) = 7 - j9$.

División de números complejos

El cociente de dos números complejos, escritos en forma exponencial, se deduce inmediatamente de las propiedades de potenciación.

$$Z_1 / Z_2 = (r_1 e^{j\varphi_1}) / (r_2 e^{j\varphi_2}) = (r_1 / r_2) e^{j(\varphi_1 - \varphi_2)}$$

Si los complejos se escriben en forma polar es evidente que

$$Z_1 / Z_2 = (r_1 \angle \varphi_1) / (r_2 \angle \varphi_2) = (r_1 / r_2) \angle \varphi_1 - \varphi_2$$

Por último, si los complejos vienen dados en forma binómica se multiplica el numerador y el denominador por el conjugado del denominador.

$$\begin{aligned} Z_1 / Z_2 &= (x_1 + j y_1) (x_2 - j y_2) / (x_2 + j y_2) (x_2 - j y_2) = \\ &= ((x_1 x_2 + y_1 y_2) + j (y_1 x_2 - y_2 x_1)) / (x_2^2 + y_2^2) \end{aligned}$$

ejemplo Sean $Z_1 = 4 e^{j\pi/3}$ y $Z_2 = 2 e^{j\pi/6}$, resulta $Z_1/Z_2 = 4 e^{j\pi/3} / 2 e^{j\pi/6}$
 $= 2 e^{j\pi/6}$

Ejemplo Sean $Z_1 = 8 \angle -30^\circ$ y $Z_2 = 2 \angle -60^\circ$, resulta $Z_1 / Z_2 = (8 \angle -30^\circ) / (2 \angle -60^\circ)$
 $= 4 \angle 30^\circ$

Ejemplo Sean $Z_1 = 4 - j5$ y $Z_2 = 1 + j2$, resulta

$$Z_1 / Z_2 = (4 - j5)(1 - j2) / (1 + j2)(1 - j2) = (-6 - j13) / 5$$

Raíz de un número complejo

Cualquier número complejo dado de la forma $z = r e^{j\varphi}$ equivale a escribir

$$Z = r e^{j(\varphi + 2\pi n)}, \text{ con } n = 0, +1, +2, \dots \text{ Análogamente, } Z = r \angle \varphi \text{ es equivalente a } Z = r \angle (\varphi + n360^\circ). \text{ Por consiguiente,}$$

$$Z = r e^{j\varphi} = r e^{j(\varphi + 2\pi n)} \text{ y } \sqrt[k]{z} = (\sqrt[k]{r}) (e^{j(\varphi + 2\pi n)/k})$$

$$Z = r \angle \varphi = r \angle (\varphi + n360^\circ). \text{ y } \sqrt[k]{z} = \sqrt[k]{r} \angle (\varphi + n360^\circ) / k$$

Dando a k los valores $0, 1, 2, 3, \dots, (k-1)$, se deducen las k raíces distintas que posee un número complejo.

Ejemplo Si $Z = 8 \angle 60^\circ$, se deduce que $\sqrt[3]{z} = \sqrt[3]{8 \angle (60 + n360^\circ)} / 3$

$\sqrt[3]{z} = 2 \angle (20^\circ + n120^\circ)$. Como n se le pueden dar los valores $0, 1$ y 2 se obtienen las tres raíces $2 \angle 20^\circ$, $2 \angle 140^\circ$, y $2 \angle 260^\circ$

Ejemplo Hallar las raíces de la unidad (real).

Como $1 = 1 e^{j2\pi n}$, se tiene $\sqrt[5]{1} = \sqrt[5]{1 e^{j2\pi n/5}}$. Como n se le pueden dar los valores $0, 1, 2, 3, 4$, las cinco raíces quintas son $1 \angle 0^\circ$, $1 \angle 72^\circ$, $1 \angle 144^\circ$, $1 \angle 216^\circ$ y $1 \angle 288^\circ$.

Logaritmo de un número complejo

El logaritmo neperiano o natural de un número complejo se halla muy fácilmente si este se escribe en forma exponencial.

$$\ln z = \ln r e^{j(\varphi + 2\pi n)} = \ln r + \ln e^{j(\varphi + 2\pi n)} = \ln r + j(\varphi + 2\pi n)$$

El resultado que se obtiene, pues, no es único. Se llama valor principal del logaritmo al que corresponde a $n = 0$, y es el que se considera con más frecuencia.

Ejemplo Si $Z = 3 e^{j\pi/6}$, se deduce $\ln z = \ln z e^{j\pi/6} = \ln 3 + j\pi/6 = 1,099 + j 0,523$.

En la notación fasorial, la tensión, la intensidad de corriente y la impedancia son números complejos. Las formas de expresión más frecuentes de estas magnitudes son la binómica y la polar. Es necesario pasar rápidamente de una forma, ya que lo más cómodo para multiplicar y dividir complejos es escribirlos en forma polar y, en cambio, para sumarlos o restarlos lo mejor es hacerlo en forma binómica.

Para estas conversiones, es muy aconsejable manejar con soltura una calculadora con estas funciones.

A-2

Ejemplo En el circuito mostrado en la Fig.A.2.1 . El factor de potencia es atrasado

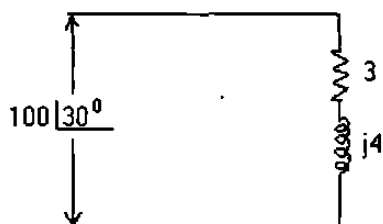


Fig.A.2.1 Circuito serie de C.A

se desea corregir el factor de potencia a 0.9 atrasado, obtener el valor en VAR del capacitor requerido para esta corrección e indique la nueva potencia aparente con la corrección.

La corriente resultante es : $I = V / Z$

$$Z = 3 + j4 = 5 \angle 53.1^\circ \quad I = 100 \angle 30^\circ / 5 \angle 53.1^\circ = 20 \angle -23.1^\circ$$

$$P = I^2 R = (20)^2 (3) = 1200 \text{ Watts} , \quad \text{Cos } 53.1^\circ = 0.6$$

$$Q = I^2 X = (20)^2 (4) = 1600 \text{ VAR}$$

$$S = I^2 Z = (20)^2 (5) = 2000$$

Las potencias a factor de potencia 0.6 atrasado se indican en el triangulo de potencia de la fig. A.2.2 .

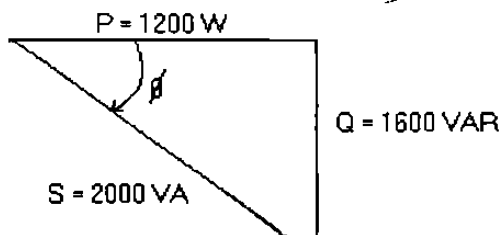


Fig. A.2.2 Triangulo de potencia

Manteniendo la potencia activa constante. El ángulo correspondiente al factor de potencia es : $\phi'' = \text{arc Cos } 0.9 = 26^\circ$

La potencia reactiva es :

$$Q = S'' \text{ Cos } \phi''$$

$$S'' = P / \text{Cos} \phi'' = 1200 / 0.9 = 1333 \text{ VA}$$

$$Q'' = 1333 \text{ Sen} \phi'' = 585 \text{ VAR}$$

Los volts amper del capacitor son:

$$Q_c = Q - Q'' = 1600 - 585 = 1015 \text{ VAR}$$

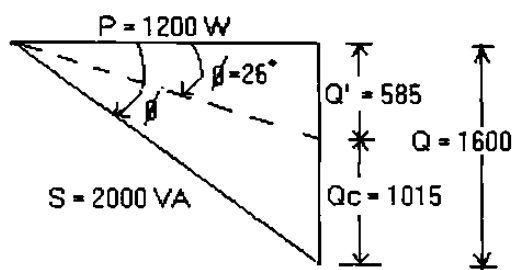


Fig. A.2.3 Triangulo de potencia con la corrección

A-3

Ejemplo.- Calcular la caída de voltaje en el circuito derivado de un motor de 2Hp, monofásico, a 115 volts, que tiene una longitud de conductor del punto de alimentación al punto de conexión del motor de 25 m el conductor es de cobre.

Solución:

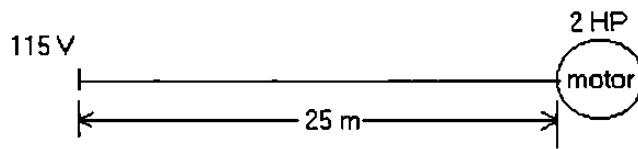


Fig. A.3.1 Circuito unifilar monofásico

Para un motor monofásico de 2 HP, 1800 R.P.M a 115 Volts, y considerando una sobrecarga del 25%

$$I_{pc} = 24 \text{ Amper}$$

$$1.25 I_{pc} = 1.25 \times 24 = 30 \text{ Amper}$$

de la tabla de calibres (para 2 conductores en tubo conduit) encontramos Calibre No 10 A.W.G.

Para un conductor No 10, tenemos $A = 5.26 \text{ mm}^2$.

La caída de voltaje en porciento es:

$$.e\% = 4 \times 25 \times 24 / 115 \times 5.26 = 4 \%$$

A-4

Ejemplo supongamos que $P = 10 \text{ HP}$, $\text{Cos } \varphi = 0.85$, $\eta = 0.85$, $V = 220$

$$I = P / (\sqrt{3} V \text{ Cos } \varphi \eta) = 746 \times 10 / (\sqrt{3} \times 220 \times 0.85 \times 0.85)$$

$I = 27 \text{ Amper.}$

Al buscar en la tabla la corriente del cálculo y esta no es exacta se pasa al valor inmediato superior de la corriente y se cuadra a la izquierda con el calibre A.W.G. o M.C.M. dándonos el No del calibre

Utilizando la tabla y considerando un 25% de sobrecarga (33.725 Amper) el calibre del conductor seria No 8

Ahora si tenemos un voltaje de 440 volts la corriente será

$$I = 746 \times 10 / (\sqrt{3} \times 440 \times 0.85 \times 0.85) = 13.5 \text{ Amper.}$$

Con un 25% de sobrecarga (16.62 Amper) tenemos un conductor calibre No 12 .

Como se observa la corriente disminuye a la mitad que al seleccionar un conductor nos conduce a un calibre de conductor mas delgado con su respectivo disminución de costo.

A-5

Ejemplo.- Un alimentador trifásico de tres conductores tipo TW, de 100 m de longitud, debe de transmitir una carga de 75 KW a 216 volts entre fases con una frecuencia de 60 HZ y un factor de potencia de 0.8, atrasado. Los conductores deberán ir dentro de un tubo conduit de acero. Calcular el calibre de los conductores y el tubo conduit, si se desea que la caída de voltaje no exceda el 2%.

- c) Considerando únicamente la resistencia.
- d) Tomando en cuenta la resistencia y la reactancia.

Solución:

- a) Considerando sólo la resistencia

La corriente que demanda la carga es:

$$I = P / (\sqrt{3} E_f \cos \phi) = 75 \times 1000 / (\sqrt{3} \times 216 \times 0.80) = 250 \text{ Amper}$$

La caída de tensión máxima permisible se encuentra de la formula para un alimentador trifásico,

$$e = (2\sqrt{3}) (L I / A E_f) \%$$

La sección del conductor para una caída de tensión máxima de 2% se calcula despejando de la formula anterior.

$$A = (2\sqrt{3}) (L I / E_f e\%) \text{ mm}^2$$

$$A = (2\sqrt{3}) (100 \times 250 / 216 \times 2) = 200 \text{ mm}^2$$

De la tabla de conductores, para $A = 200 \text{ mm}^2$

Conductor No 400 M.C.M

Corriente permisible para 3 conductores de 400 M.C.M. en tubo conduit =280 A

Tubo conduit: 76 mm (3 pulg).

b) La caída de voltaje total considerando la reactancia es ;

$$e = \sqrt{(R I)^2 + (X_L I)^2}$$

La caída de tensión por fase es:

$$.e\% = (e / E) \times 100$$

$$E = (E_f / \sqrt{3}) = 216 / \sqrt{3}$$

$$.e = e\% E / 100 = 2 \times 124.7 / 100 = 2.5 \text{ volts}$$

Para una corriente, $I = 280$ A. Conductor de 400 M.C.M;

De la tabla de reactancias, para 400 M.C.M. (tres conductores en tubo),

$X_L = 0.029$ ohm/100 pies.

Para 100 m (328 pies), y un factor de corrección de 1.25

$$0.029 \text{ ——— } 1000$$

$$X \text{ ——— } 328$$

$$.X = (328 / 1000) \times 0.029 \times 1.25 = 0.012 \text{ ohm.}$$

La resistencia para un conductor de 0.012- 0hm de reactancia, tendrá que ser de:

$$e = \sqrt{(R I)^2 + (X I)^2}$$

despejando R tenemos

$$R = \sqrt{(e)^2 - (X I)^2} / I$$

Al sustituir valores tenemos:

$$R = \sqrt{(2.5)^2 - (0.012 * 250)^2} / 250 = \sqrt{6.25 - 9} / 250$$

La raíz cuadrada es negativa, daría un resistencia imaginaria. Por lo que es necesario disminuir el valor de X_L . Pero como X es constante, se puede cambiar el valor de I colocando dos conductores en paralelo por fase. De esta forma cada fase lleva dos conductores, cada uno con una corriente de 125 Amper.

La resistencia del conductor es ahora:

$$R = \sqrt{(e)^2 - (X I)^2} / I$$

$$R = \sqrt{(2.5)^2 - (0.012 * 125)^2} / 125 = 0.015 \text{ ohm} / 100 \text{ m}$$

Para calcular la sección del conductor, es necesario calcular los ohm/1000 pies,

$$0.015 \text{ ohm ——— } 328 \text{ pies}$$

$$R = 1000 \times 0.015 / 328 = 0.045 \text{ ohm} / 1000 \text{ pies}$$

$$R \text{ ——— } 1000$$

De la tabla de resistencia para conductores conductor,300 M.C.M

6 conductores de 300 M.C.M. en tubo conduit de 101 mm (4").

A-6

Ejemplo.- 5.1 Se tienen tres transformadores monofásicos con las siguientes

características:

Transformador 1	Transformador 2	Transformador 3
30 KVA	50 KVA	20 KVA
23 000/127 V	23 000/127 V	23 000/127 V
50 c/s	50 c/s	50 c/s

Se conecta en un banco Δ - Y trifásico.

- Diga la potencia del banco.
- La relación de transformación del banco.
- Las tensiones en el primario y secundario.

Solución:

- La potencia del banco trifásico es la suma de las potencias de cada transformador.

$$P_{\text{banco}} = 50 + 30 + 20 = 120 \text{ KVA.}$$

- La relación de transformación del banco es la relación de transformación de cada transformador, es decir, la relación es

$$\frac{23\ 000}{127} = 181$$

$$127$$

- La tensión en el primario,

$$\text{Conexión } \Delta \quad V_f = V_L$$

En el secundario,

de línea a neutro, 127 volt.

$$\text{Voltaje de línea, } V_L = 127 \times \sqrt{3}$$

TARIFA 9 Servicio para Bombeo de Agua para Riego Agrícola en BAJA TENSION

	Ene/02	Feb/02	Marz/02	Abr/02	May/02	Jun/02	Jul/02	Ago/02	Sep/02	Oct/02	Nov/02	Dic/02
Esc-1	0,2520	0,2530	0,2540	0,2550	0,2560	0,2570	0,2580	0,2590	0,2600	0,2610	0,2620	0,2630
Esc-2	0,3100	0,3120	0,3140	0,3160	0,3180	0,3200	0,3220	0,3240	0,3260	0,3280	0,3300	0,3320
Esc-3	0,3420	0,3440	0,3460	0,3480	0,3500	0,3520	0,3540	0,3560	0,3580	0,3600	0,3620	0,3640
Adicional	0,3760	0,3780	0,3800	0,3820	0,3840	0,3860	0,3880	0,3900	0,3920	0,3940	0,3960	0,3980
Factor	1,00526	1,00526	1,00526	1,00526	1,00526	1,00526	1,00526	1,00526	1,00526	1,00526	1,00526	1,00526

A-7

TARIFA 9M Servicio para Bombeo de Agua para Riego Agrícola en ALTA TENSION

	Ene/02	Feb/02	Marz/02	Abr/02	May/02	Jun/02	Jul/02	Ago/02	Sep/02	Oct/02	Nov/02	Dic/02
Esc-1	0,2540	0,2550	0,2560	0,2570	0,2580	0,2590	0,2600	0,2610	0,2620	0,2630	0,2640	0,2650
Esc-2	0,3140	0,3160	0,3180	0,3200	0,3220	0,3240	0,3260	0,3280	0,3300	0,3320	0,3340	0,3360
Esc-3	0,3450	0,3470	0,3490	0,3510	0,3530	0,3550	0,3570	0,3590	0,3610	0,3630	0,3650	0,3670
Adicional	0,3790	0,3810	0,3830	0,3850	0,3870	0,3890	0,3910	0,3930	0,3950	0,3970	0,3990	0,4010
Factor	1,00526	1,00526	1,00526	1,00526	1,00526	1,00526	1,00526	1,00526	1,00526	1,00526	1,00526	1,00526

TARIFA 0M Ordinaria para Servicio General en Media Tensión con Demanda Menor a 100 KW

	Ene/02	Feb/02	Marz/02	Abr/02	May/02	Jun/02	Jul/02	Ago/02	Sep/02	Oct/02	Nov/02	Dic/02
kW	58,86	58,61	57,09	57,74	60,25	61,68	63,93	66,15	66,20	67,08	69,43	
kWH	0,444	0,442	0,431	0,436	0,455	0,466	0,483	0,500	0,500	0,507	0,525	
Factor	0,9579	0,9958	0,9740	1,0114	1,0434	1,0238	1,0365	1,0347	1,0007	1,0133	1,0351	

TARIFA IIM Horaria para Servicio General en Media Tension con Demanda de 100 kW o Mas.

	Dic/01	Ene/02	Feb/02	Mzo/02	Abr/02	May/02	Jun/02	Jul/02	Ago/02	Sep/02	Oct/02	Nov/02	Dic/02
D.F.	60,06	60,98	60,72	59,14	59,81	62,41	63,90	66,23	68,53	68,58	69,49	71,93	
kWH Pico	1,1403	1,1578	1,1529	1,1229	1,1357	1,1850	1,2132	1,2575	1,3011	1,3020	1,3191	1,3656	
kWH Interm.	0,3667	0,3723	0,3707	0,3611	0,3652	0,3810	0,3901	0,4043	0,4183	0,4186	0,4242	0,4391	
kWH Base	0,3003	0,3049	0,3036	0,2957	0,2991	0,3121	0,3195	0,3312	0,3427	0,3429	0,3475	0,3597	
Factor	1,0242	0,9579	0,9958	0,9740	1,0114	1,0434	1,0238	1,0365	1,0347	1,0007	1,0133	1,0351	

TARIFA IS Horaria para Servicio General en Alta Tension Nivel Subtransmision

	Dic/01	Ene/02	Feb/02	Mzo/02	Abr/02	May/02	Jun/02	Jul/02	Ago/02	Sep/02	Oct/02	Nov/02	Dic/02
D.F.	40,39	40,36	40,15	38,65	39,21	41,67	43,07	44,95	46,93	46,90	47,76	49,89	
kWH Pico	1,3051	1,3043	1,2976	1,2491	1,2672	1,3467	1,3919	1,4526	1,5165	1,5156	1,5435	1,6125	
kWH Interm.	0,3427	0,3425	0,3408	0,3281	0,3329	0,3538	0,3657	0,3816	0,3984	0,3982	0,4055	0,4236	
kWH Base	0,2916	0,2914	0,2899	0,2791	0,2831	0,3009	0,3110	0,3246	0,3389	0,3387	0,3449	0,3603	
Factor	1,0348	0,9428	0,9949	0,9626	1,0145	1,0627	1,0336	1,0436	1,0440	0,9994	1,0184	1,0447	

TARIFA IIT Horaria para Servicio General en Alta Tension Nivel Transmision

	Dic/01	Ene/02	Feb/02	Mzo/02	Abr/02	May/02	Jun/02	Jul/02	Ago/02	Sep/02	Oct/02	Nov/02	Dic/02
D.F.	35,81	35,79	35,61	34,28	34,78	36,96	38,20	39,87	41,62	41,60	42,37	44,26	
kWH Pico	1,2860	1,2852	1,2786	1,2308	1,2486	1,3269	1,3715	1,4313	1,4943	1,4934	1,5209	1,5889	
kWH Interm.	0,3088	0,3086	0,3070	0,2955	0,2998	0,3186	0,3293	0,3437	0,3588	0,3586	0,3652	0,3815	
kWH Base	0,2784	0,2782	0,2768	0,2664	0,2703	0,2872	0,2968	0,3097	0,3233	0,3231	0,3290	0,3437	
Factor	1,0348	0,9428	0,9949	0,9626	1,0145	1,0627	1,0336	1,0436	1,0440	0,9994	1,0184	1,0447	

TARIFA HSL Horaria para Servicio General en Alta Tensión Nivel Subtransmisión de larga utilización

	Dic/01	Ene/02	Feb/02	Mzo/02	Abr/02	May/02	Jun/02	Jul/02	Ago/02	Sep/02	Oct/02	Nov/02	Dic/02
D.F.	60.58	60.54	60.23	57.98	58.82	62.51	64.61	67.43	70.40	70.36	71.65	74.85	
kWH Pico	0.9226	0.9221	0.9174	0.8831	0.8959	0.9521	0.9841	1.0270	1.0722	1.0716	1.0913	1.1401	
kWH Interm.	0.3281	0.3279	0.3262	0.3140	0.3186	0.3386	0.3500	0.3653	0.3814	0.3812	0.3882	0.4056	
kWH Base	0.2916	0.2914	0.2899	0.2791	0.2831	0.3009	0.3110	0.3246	0.3389	0.3387	0.3449	0.3603	
Factor	1.0348	0.9428	0.9949	0.9626	1.0145	1.0627	1.0336	1.0436	1.0440	0.9994	1.0184	1.0447	

TARIFA HTL Horaria para Servicio General en Alta Tensión Nivel Transmisión de larga utilización

	Dic/01	Ene/02	Feb/02	Mzo/02	Abr/02	May/02	Jun/02	Jul/02	Ago/02	Sep/02	Oct/02	Nov/02	Dic/02
D.F.	53.73	53.69	53.42	51.42	52.17	55.44	57.30	59.80	62.43	62.39	63.54	66.38	
kWH Pico	0.9049	0.9043	0.8997	0.8661	0.8787	0.9338	0.9652	1.0073	1.0516	1.0510	1.0703	1.1181	
kWH Interm.	0.3024	0.3022	0.3007	0.2895	0.2937	0.3121	0.3226	0.3367	0.3515	0.3513	0.3578	0.3738	
kWH Base	0.2784	0.2782	0.2768	0.2664	0.2703	0.2872	0.2968	0.3097	0.3233	0.3231	0.3290	0.3437	
Factor	1.03480	0.9428	0.9949	0.9626	1.0145	1.0627	1.0336	1.043600	1.0440	0.9994	1.0184	1.0447	

TARIFA HTL Horaria para Servicio General en Alta Tensión Nivel Transmisión de larga utilización 400 kV

	Dic/01	Ene/02	Feb/02	Mzo/02	Abr/02	May/02	Jun/02	Jul/02	Ago/02	Sep/02	Oct/02	Nov/02	Dic/02
D.F.	51.69	51.65	51.39	49.47	50.19	53.33	55.12	57.53	60.06	60.03	61.13	63.86	
kWH Pico	0.8823	0.8817	0.8772	0.8444	0.8567	0.9105	0.9411	0.9821	1.0253	1.0247	1.0435	1.0901	
kWH Interm.	0.3006	0.3004	0.2989	0.2877	0.2919	0.3102	0.3206	0.3347	0.3494	0.3492	0.3557	0.3716	
kWH Base	0.2770	0.2768	0.2754	0.2651	0.2689	0.2858	0.2954	0.3082	0.3217	0.3215	0.3274	0.3420	
Factor	1.0348	0.9428	0.9949	0.9626	1.0145	1.0627	1.0336	1.043600	1.0440	0.9994	1.0184	1.0447	

Tablas de consulta

Cap.		Pag.
3.1	Dimensiones de los conductores eléctricos desnudos	28
3.2	Temperatura máxima de operación a régimen permanente de los conductores en baja tensión	31
3.3	Factores multiplicadores para convertir resistencia con C.C. a resistencia con C.A. de 50 y 60 Hz	33
3.4	Capacidad de corriente de conductores de Cu. Basada en una temperatura ambiente de 30°C	34
3.5	Tamaño de tubo conduit	35
3.6	Resistencia de conductores en ohm/ 1000 pie	41
4.1	Potencia reactiva máxima del banco de capacitores para compensar motores trifásicos de inducción	72
4.2	Capacidad en amper de interruptores termomagnéticos	
4.3	Capacidad en amper de interruptores termomagnéticos	79
4.4	Capacidad en amper de interruptores termomagnéticos	80
4.5	Capacidad en amper de interruptores termomagnéticos	81
4.6	Capacidad en amper de interruptores termomagnéticos	
4.7	Aplicación de gabinetes según NEMA	82
5.1	Registro de equipo en la Escuela Superior de Ingeniería	108
5.2	Registro de equipo de Laboratorio	112
5.3	Listado de comprobación de equipo	114
5.4	Calibre de cables existentes	117
5.5	Cargas conectadas a los circuitos por secciones en KW	118
5.6	% de carga en los circuitos por sección en KW	119

5.7	Cálculo de las pérdidas mensuales de energía en los conductores y su costo sin modificación	120
5.8	Indicadores del recibo de C.F.E.	122
5.9	% de carga en los circuitos por sección en KW tomando en consideración una demanda máxima registrada	123
5.10	Prorrateso de la energía de la Escuela Superior de Ingeniería y la E.B.U.R.R.	124
5.11	Cálculo de las pérdidas mensuales de energía en los conductores y su costo modificado	127
5.12	Alambrado para A/C a las secciones de la Escuela	128
5.13	Costo de los cambios requeridos para la ruta alterna de la instalación eléctrica	129
5.14	Identificación de las posibilidades de ahorro de la energía	130
5.15	% de carga para diferentes equipos en la Escuela Superior de ingeniería y la E.B.U.R.R.	131
5.16	Nivel de iluminación de acuerdo al tipo de actividad	132
5.17	Recomendaciones en los mayores consumidores de energía	134
5.18	Valor recomendado de flujo de aire externo en diversas aplicaciones	135
5.19	\$ requeridos para la remodelación en las instalaciones indicadas	137

