



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### CALIDAD DE LA ENERGÍA EN EL PALACIO DE MINERÍA

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**P R E S E N T A N :**

**JOSÉ DÍAZ ARANA**

**JUAN MANUEL FLORES PÉREZ**

**GERARDO FRANCISCO ROSALES GARCIA**



**ASESOR: M.I. ARTURO MORALES COLLANTES**

**MÉXICO, D.F.**

**ABRIL 2006**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

*A mi Esposa. Por ser mi más grande amor, amiga y compañera, este trabajo está dedicado especialmente a ti, por ser la persona que siempre creyó en mí y me brindó su apoyo en todo momento. Gracias por darme el más hermoso regalo que toda la vida esperé que es mi hija Lenita.*

*A mi hija. Doy gracias a Dios por tenerte a mi lado y verte crecer, reír y llorar, tu eres la fuente de inspiración para poder darle fin a una etapa de mi vida. Gracias por darme fuerza en los momentos en los que sentía darme por vencido, que tan solo con mirar tu desesperación por ver todo lo que te rodea y gritar de admiración y decirme mira, mira, me das esa fuerza necesaria para continuar y darle fin a este trabajo gracias mi amor por estar conmigo.*

*A mi Mama. Por ser la persona que cuidó de mí en mi niñez y juventud y me formó con un espíritu de lucha y siempre me brindó apoyo de acuerdo a su alcance en mis decisiones.*

*A Elena . una persona que nunca dio tregua a la vida y que con su ejemplo formó una familia unida y con buenos principios. Le agradezco haberme aceptado en su familia sin pedir nada a cambio sino sinceridad y cariño,*

*A mi Padre. Por brindarme su apoyo en mis decisiones.*

*A mis hermanos. Gracias por compartir con mígo tristezas y alegrías.*

Rosa	Gabriela	Álvaro
Maura	Mónica	Carlos
Lupe	Mauricio	Rocío
Félix		Leticia
Olga		Norma
Rosario		Alejandro
Otón		
Federico		

*De Juan Manuel:*

*De José:*

*A mis Padres*

*por todo el apoyo y comprensión que me brindaron durante la realización de mis estudios y por que han sido una verdadera guía para conducirme por el camino correcto.*

*A mi Familia*

*por todos esos buenos momentos que hemos pasado y que seguiremos pasando juntos, que son un motivo para continuar adelante.*

*Al M.F. Arturo Morales Collantes*

*por su dirección y apoyo para la realización del presente trabajo.*

*A mis profesores*

*a quienes les debo mi formación profesional, debida a la invaluable aportación de sus conocimientos.*

*A mis compañeros de tesis Juan Manuel y Gerardo*

*por haber tenido la oportunidad de trabajar con ellos, y llevar a buen término la realización de este proyecto.*

*Al Ing. Augusto Pánchez Cifuentes,*

*que junto con todos mis compañeros de trabajo de Proyectos de Ahorro de Energía, me impulsaron a continuar sin titubear hasta ver cristalizado este objetivo de concluir este proyecto de tesis.*

*de Gerardo Rosales Garcia*

*A mis padres*

*Blanca Estela Garcia perez y Ricardo Rosales Garcia, por el apoyo comprometido y la entrega por impulsarme a seguir adelante hasta el término de mi carrera profesional.*

*Mis 4 hermanos*

*Agustin, Fabian, Victor y Angel por el tiempo, consejos y fe dedicados en los momentos que mas los necesite.*

*A mis amigos*

*por la oportunidad de emprender el vuelo hacia los conocimientos que tanto me han ayudado a realizarme como una persona integra.*

*A mi esposa Leticia*

*por la realizacion que me brinda en mi vida, en sus consejos y amor que es un impulso para seguir en mi vida personal y profesional.*

**INTRODUCCIÓN****CAPÍTULO 1****LEVANTAMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL PALACIO DE MINERÍA.**

	<b>pagina</b>
1.1.- INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN EL LEVANTAMIENTO ELÉCTRICOS	2
1.2.- ACTUALIZACIÓN DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y ELÉCTRICOS	9
1.3.- CARACTERÍSTICAS DE TABLEROS <sup>14</sup>	
1.4.- CURVAS DE COMPORTAMIENTO DE CARGA POR FUERZA E ILUMINACIÓN	15
1.5.- DIAGRAMA UNIFILAR DE SUBESTACIÓN A TABLEROS DERIVADOS	19

**CAPÍTULO 2****DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.**

2.1.- DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO. (CONCEPTO)	20
2.1.1.- TIPOS DE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO	23
2.2.- ANÁLISIS ENERGÉTICO DE CADA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	31
2.2.1.- CÁLCULOS DE ALIMENTADORES Y PROTECCIONES DE TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN Y TABLERO GENERAL	33

**CAPÍTULO 3****PROPUESTAS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LA ENERGÍA EN EL PALACIO DE MINERÍA.**

3.1.- PROPUESTAS DE CAMBIO EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL PALACIO DE MINERÍA	65
3.1.1.-TABLEROS DE ALIMENTACIÓN Y PROTECCIONES	65
3.2.-COMPARACIÓN Y SUSTITUCIÓN DE LAMPARAS. CONVENCIONALES POR AHORRADORAS	67
3.3.-SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE CONTROL DE CONSUMO DE ENERGÍA	73
3.3.1.-SENSORES DE PRESENCIA	73
3.3.2.-OTROS DISPOSITIVOS	78
3.4.-ELABORACIÓN DE PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PARARRAYOS.	83

**CAPÍTULO 4****RED AUTOMÁTICA.**

4.1.-TIPOS DE ESTRUCTURA DE BAJA TENSIÓN CON LA CUAL SE ALIMENTA EL PALACIO DE MINERÍA	93
4.2.- CÁLCULO DE CORTO CIRCUITO	111

**CAPÍTULO 5****ESTUDIO ECONOMICO.**

5.1.- TARIFAS ELÉCTRICAS	120
5.2.- PROPUESTA DE CAMBIO DE TARIFA ELÉCTRICA	130
5.2.1.-ESTIMACIÓN DE COSTOS	134

**CONCLUSIONES****BIBLIOGRAFÍA**

## **INTRODUCCIÓN**

El ahorro de cualquier forma de energía y su uso racional inevitablemente presupone la aplicación y control de un programa confeccionado para ese fin, pero dicho programa no se elabora de forma empírica, sino a partir de métodos o procedimientos técnicamente fundamentados, es decir, que debe estar sustentado por los diagnósticos energéticos que permiten identificar en cada lugar que se apliquen (industria, centro de servicio, escuela, etc.) la eficiencia y la responsabilidad con que es utilizada la energía, de cualquier tipo (eléctrica, térmica, etc.). Para este propósito se aporta un conjunto de elementos que permiten realizar y evaluar el diagnóstico energético. El diagnóstico es importante como paso previo al programa de ahorro de energía.

El diagnóstico energético se conceptualiza como la aplicación de un conjunto de técnicas que permite determinar el grado de eficiencia con que es utilizada la energía. Consiste en el estudio de todas las formas y fuentes de energía, por medio de un análisis crítico de una instalación consumidora de energía, con el objetivo de establecer el punto de partida para la implementación y control de un programa de ahorro de energía, ya que se determina dónde y cómo es utilizada ésta, además de especificar cuánta es desperdiciada.

Los objetivos del diagnóstico energético son: establecer metas de ahorro de energía, diseñar y aplicar un sistema integral para dicho ahorro, así como evaluar técnica y económicamente las medidas de conservación y ahorro de energía, y disminuir el consumo de la misma sin afectar los niveles de producción.

Los beneficios económicos derivados de la aplicación de un diagnóstico efectivo y objetivo, y del grupo de medidas planteadas en el presente trabajo dependerán, de manera directa, de la responsabilidad técnico-administrativa del seguimiento y control de su aplicación en los centros industriales o de servicios donde se desarrollen.

En el presente trabajo se observara precios actuales y costos energéticos y su impacto en los costos totales, estimación económica de desperdicios, consumos específicos de energía, evaluación económica de las medidas de ahorro, relación beneficio-costos de las medidas para eliminar desperdicios y precio de la energía eléctrica comprada (\$/kWh).

En cuanto al aspecto social el trabajo pretende, a partir de los conocimientos que de su análisis y aplicación se deriven, continuar profundizando en el desarrollo de la conciencia energética de los funcionarios y trabajadores en general, en el uso de los diferentes portadores energéticos.

El diagnóstico energético facilita la adopción de programas de ahorro en todas las actividades económicas y sociales del país

### **La iluminación y el ahorro energético**

Para encontrar el método de evaluación económica ideal encaminada hacia una auditoria energética en un edificio en relación con el consumo eléctrico por cuestiones de iluminación, es necesario tomar en cuenta varios factores que, aunque parezcan aislados, deben reunirse en una visión integral. Precisamente para la valoración del costo-beneficio de las tecnologías que apuntan hacia la optimización de la iluminación en las edificaciones, es necesario tomar consideraciones de carácter global debido a los problemas que representan las innumerables dificultades técnicas y operacionales que hacen posible su funcionamiento.

### **Análisis beneficio-costos**

Para encontrar el método idóneo de evaluación del costo-beneficio en edificaciones que utilicen tecnología avanzada para la optimización de la iluminación, es necesario tomar en consideración las decisiones respecto al tipo de inversión que se llevó a cabo en la etapa de diseño y construcción.



Por ejemplo, es frecuente que muchos proyectos constructivos varíen continuamente las expectativas de crecimiento iniciales, lo cual también se traduce en el empleo de mayor número de trabajadores, incrementándose a su vez la posibilidad de accidentes y errores de edificación.

El crecimiento del proyecto también repercute en la complejidad de los planos constructivos y de instalaciones, haciéndolos más propensos a múltiples revisiones debido al grado de complejidad que existe en cada uno de los elementos ínter actuantes.

Los costos se elevan, así como los impuestos que genera este tipo de incrementos del volumen de construcción y de los calendarios de obra.

En el caso que nos ocupa, nos referimos al término "inversión" como la operación económico-financiera que realiza la constructora para la expedición de capital en espera de obtener en un futuro ganancias. Esto, considerando la diferencia entre el valor original del edificio y el obtenido con la implementación de los sistemas de iluminación en años venideros.

Las características deseables para la inversión en el proyecto se resumen en los siguientes factores:

La cantidad expedida inicialmente en el proyecto.

Los futuros ingresos generados por el ahorro energético.

La duración del proyecto en relación con la vida económica de los fondos.

El uso eficiente de la energía eléctrica contribuye al cuidado de los recursos no renovables, a la preservación del medio ambiente. En ese sentido, se propone identificar y evaluar oportunidades de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica.

La metodología consistió en realizar un estudio de campo con el objetivo de conocer la situación real en que se encuentra, permitiendo de esta manera obtener un diagnóstico preciso que permitió en función de ello, determinar acciones a seguir para obtener los resultados adecuados en el uso eficiente de la energía eléctrica, siendo estos:

- Sustitución de luminarias de eficiencia estándar por luminarias de alta eficiencia.
- Sustitución de motores eléctricos de eficiencia estándar por motores eléctricos de alta eficiencia.
- Optimización de sistemas de aire acondicionado.
- Control de la demanda de energía eléctrica.

La metodología consideró el estudio de factibilidad técnico-económico, considerando tres actividades principales:

- La evaluación técnica, en cuanto a sus condiciones de diseño y operación.
- Estudio administrativo, con relación a la planeación, organización, dirección y control con la finalidad de lograr los objetivos del edificio del Palacio de Minería.
- Evaluación económica, considerando las inversiones, costos y beneficios con base a la información técnica-económica de los equipos y sistema analizados.

## **LEVANTAMIENTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL PALACIO DE MINERÍA**

El levantamiento de las instalaciones eléctricas del Palacio de Minería es importante ya que con los datos recabados se obtendrá la información que se necesita para poder dar las propuestas de cambios requeridos ya sea en los elementos de mayor consumo de carga como una propuesta de un cambio de tarifa eléctrica en el Palacio de Minería para obtener en consecuencia un ahorro de energía y en consecuencia un ahorro económico.

Para poder realizar el levantamiento eléctrico se dio conocimiento del trabajo al coordinador de servicios generales Arq. Luis Antonio Herrera, quien nos brindó la facilidad para realizar el trabajo, que consistió en la actualización de los planos eléctricos y arquitectónicos. Los planos arquitectónicos fueron proporcionados por el grupo de proyectos de ahorro de energía.

Como primer paso se procedió a la inspección visual de los lugares donde se encontraban instalados tanto tableros generales como tableros derivados y también la ubicación de la subestación, esto se hizo con el fin de tener un punto de partida para realizar la identificación de la trayectoria de los alimentadores desde la subestación hasta los tableros generales y así comenzar con el diagrama unifilar del sistema eléctrico.

Para identificar cual de los interruptores instalados en el gabinete de la subestación alimentaba a cada tablero general se utilizó un trazador de corriente, de la misma manera se identificaron los tableros derivados, paralelamente a la identificación de estos tableros se tomaron datos tales como el número de circuitos con los que constaba cada tablero, así como los calibres de los conductores, cuantos de estos conductores salían de cada interruptor y la capacidad de cada uno de éstos en cuanto a corriente se refiere.

Una vez terminado el diagrama unifilar del sistema eléctrico se procedió a registrar el número y las características de lámparas y contactos con los que contaba cada uno de los recintos del Palacio de Minería. Para poder identificar que tablero y que circuito de este tablero alimentaba a cada uno de los contactos se utilizó el trazador de corriente y para la identificación de las lámparas se procedió a encender todas las lámparas de cada zona y poner en off cada uno de los interruptores de los tableros derivados hasta encontrar el correspondiente circuito.

Se instaló un analizador de redes en el interruptor general con el fin de obtener los datos correspondientes del comportamiento de los voltajes, demandas de las fases A, B y C, demandas totales y factor de potencia, con estos datos obtenidos se podrá saber si es posible un cambio de tarifa 3 a tarifa HM.

## **1.1 INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN EL LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO**

### **TRAZADOR DE CORRIENTE**

El trazador de corriente (Amprobe pasa) permite una rápida, segura y fácil localización (rastreo) de conductores energizados, sobre un rango de voltaje de 9-600 VCA, en circuitos eléctricos, este equipo contiene dos transmisores, de alto y bajo voltaje, estos generan una señal de corriente de alta frecuencia (6.25 kHz) sobre la línea de energía.

El receptor censa el resultado del campo magnético alrededor del conductor que suministra la energía, el receptor (P23) cuenta con un filtro electrónico que deja pasar y censar la señal generada por el transmisor (T23).

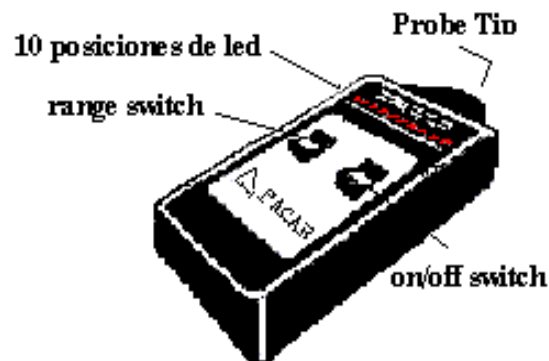


Figura 1 Muestra la forma del receptor P23 para identificar circuitos derivados

## IDENTIFICACIÓN DE CIRCUITOS

Para poder identificar todos los contactos, circuitos derivados y lámparas se hizo uso de:

- 1.- Probadores de corriente.
- 2.- Trazador de corriente.
- 3.- Apagado de interruptores en tableros derivados.

La figura 2 muestra el procedimiento para la identificación de circuitos correspondientes a los contactos. Para una salida de 127 volts de corriente alterna, se coloca el transmisor T23 en el contacto a identificar y se localiza la señal con el receptor P23 así encontramos el interruptor que lo controla.

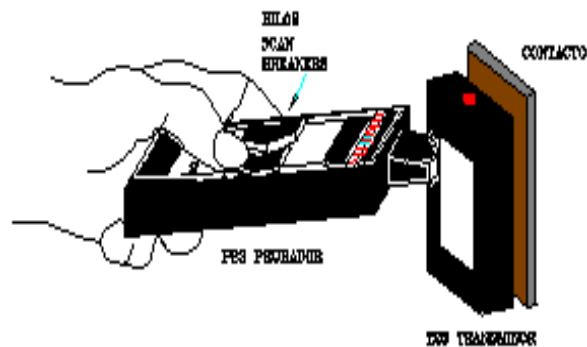


Figura 2 Forma de conexión y modo de identificar el circuito.

En cuanto a la localización de los circuitos derivados que controlan lámparas incandescentes, fluorescentes y de alta intensidad de descarga, su identificación se realiza directamente en el tablero colocando en off cada uno de los interruptores, así, observando que lámparas se apagan en los recintos cercanos al tablero nos damos cuenta que circuito controla la iluminación de dicha zona.

## **ANALIZADOR DE REDES AR5 (CIRCUTOR)**

El AR5 es un instrumento de medida programable, por lo que ofrece una serie de posibilidades de empleo que Voltaje cd. Podrá seleccionar mediante los menús de programación **(8.- PROGRAMACIÓN DEL AR5)**.

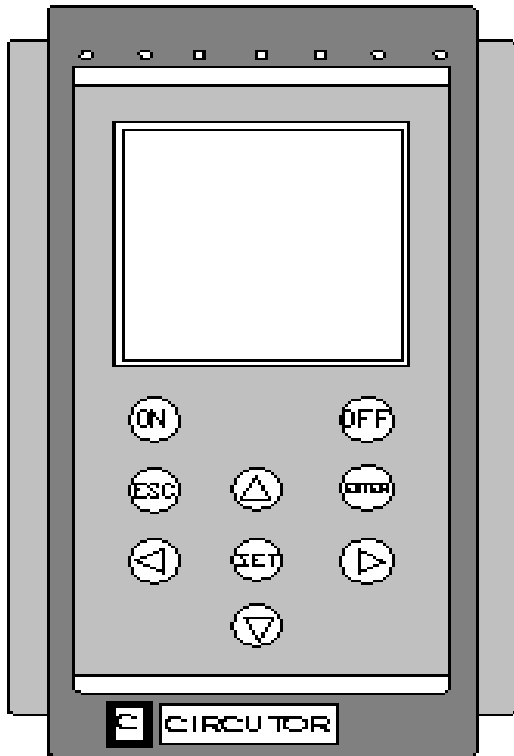
### **CARACTERÍSTICAS GENERALES.**

Características básicas.

Los analizadores de la serie AR5 son instrumentos de medición programables que miden, calculan y registran en memoria los principales parámetros eléctricos en redes industriales tráficas.

**Medida.** Mediante tres entradas de tensión c.a. y tres entradas de intensidad c.a. **(a través de pinzas amperimétricas.. / 2 V c.a.)**, que permiten analizar simultáneamente tensión e intensidad, además de la frecuencia de una determinada red.

**Cálculo.** Mediante procesador interno que obtiene el resto de parámetros eléctricos: El factor de potencia, potencia activa, potencia reactiva (inductiva y capacitiva) de las tres fases, así como la energía activa y reactiva **(inductiva y capacitiva)**.



El registro de los resultados en memoria interna (256 Kb o 1 Mb según el modelo) para su posterior vaciado a un ordenador PC. En dicha memoria guarda periódicamente los datos medidos y calculados, con definición entre 1 segundo y 4 horas programables.

**Otras características.**

- Mediante su display gráfico de cristal líquido de 160 x 160 píxeles, se pueden visualizar los valores instantáneos máximos y mínimos de cada uno de los parámetros de cada fase.

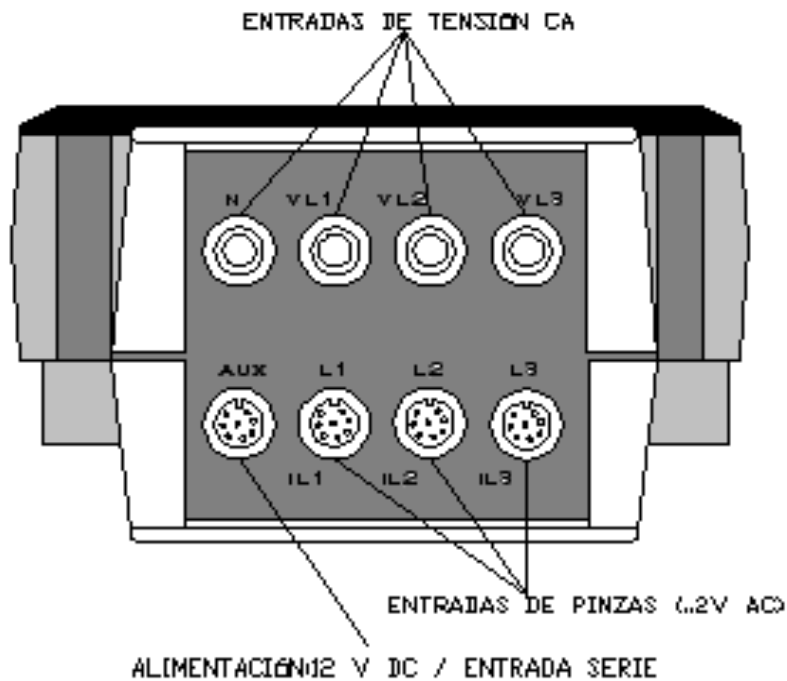


Figura 4

El AR5 dispone de un reloj interno, con fecha y hora, que permite programar el registro automático de datos en la memoria interna (tamaño según modelo) a intervalos de tiempos regulares.

### **FUNCIONES DEL TECLADO**

El analizador AR5 dispone de un teclado de membrana, con nueve teclas para la programación y control de las distintas opciones del aparato.



Figura 5

**[ON]** pone en marcha el analizador AR5.

**[OFF]** para apagar el AR5.

**[▼], [▲], [▶], [◀]** permite seleccionar entre varias opciones.



**[SET]** para entrar en programación.

**[ENTER]** Para validar una opción de programación o para ir a programar algunos parámetros de las pantallas de visualización.

**[ESC]** Seleccionar distintas pantallas de visualización o para salir de la programación.

La mayoría de las teclas tienen doble función. El propio instrumento es el que se encarga de interpretar en cada caso el significado de la orden.

### **PUESTA EN MARCHA DEL ANALIZADOR AR5**

Antes de conectar el aparato a la red ténganse en cuenta los siguientes puntos.

- 1) Tensión de alimentación red: 230 V c.a. + 15% / -15% , 60 Hz

El equipo debe conectarse a un circuito de alimentación con toma de tierra.

- 2) Tensión máxima en el circuito de medida de tensión.

500 V c.a.      fase-neutro

866 V c.a.      entre fases

Utilizar siempre los cables de toma de tensión que vienen con el aparato.

- 3) Consumo del equipo: 8 VA.

- 4) Condiciones de trabajo.

Temperatura de funcionamiento 0° a 50° C.

Humedad de funcionamiento 25% a 75% HR.

5) Corriente máxima medible : Según pinzas utilizadas.

1.2

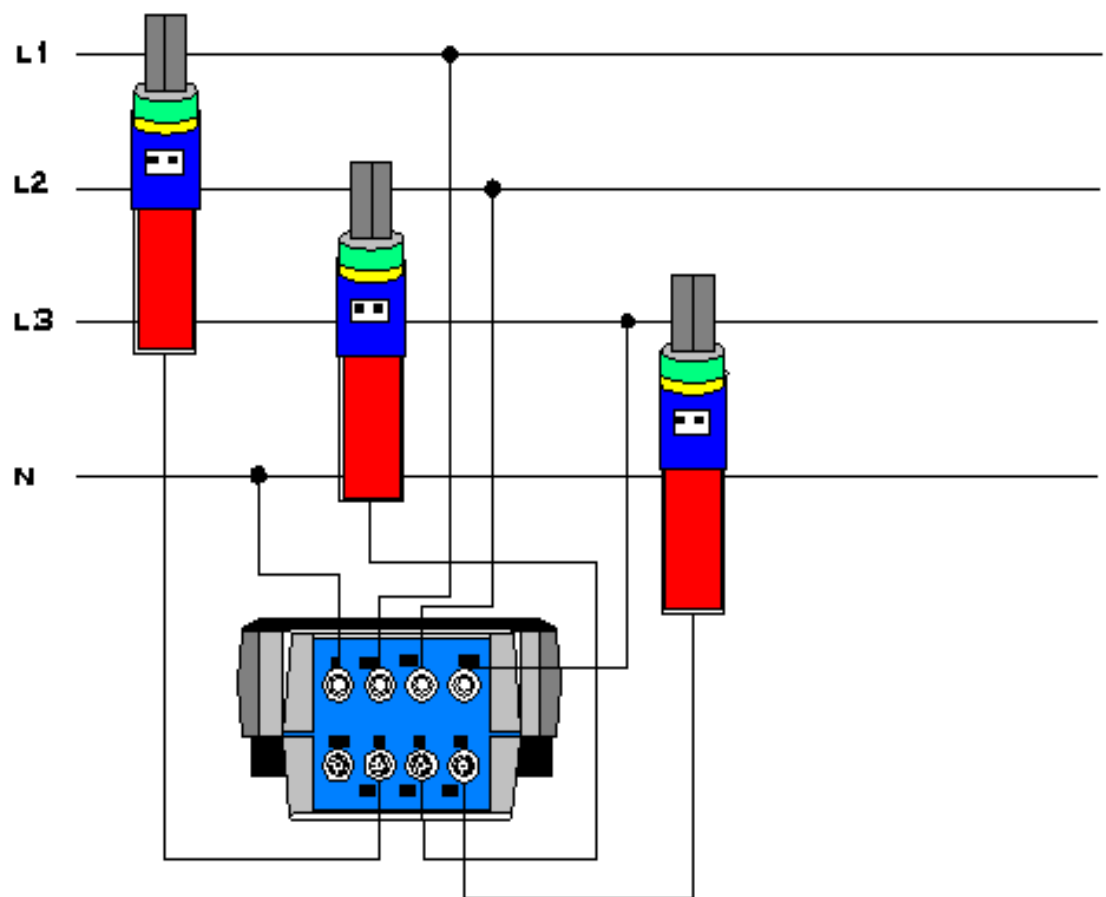


Figura 6 Forma de conectar el aparato.

## ACTUALIZACIÓN DE PLANOS ARQUIRECTÒNICOS Y ELÉCTRICOS

Para conocer el estado y características del equipo instalado se requiere levantar un censo que comprende al menos los siguientes datos:

*Para iluminación interior o exterior:*

- Cantidad de luminarias.
- Tipo de fuente luminosa (si es incandescente, fluorescente, luz mixta, vapor de mercurio, vapor de sodio, etc).
- Potencia.
- Ubicación.

*Para motores:*

- Potencia.
- Frecuencia.
- Tipo de alimentación (monofásico, bifásico, trifásico).
- Tensión de alimentación.
- Tipo de servicio (continuo o intermitente).
- Tipo de motor.

*Para tableros:*

- Tipo de tablero.
- Tipo de alimentación.
- Número de circuitos.
- Calibre de los alimentadores.
- Si cuenta con sistema de tierra eléctrica.
- Valor de la protección (corriente nominal que circula por el interruptor).
- Frecuencia.

*Para contactos:*

- Tipo de contacto (sencillo o polarizado).
- Tipo de alimentación.

A continuación se presentarán los planos del Palacio de Minería, éste fue dividido en tres planos cada uno de ellos corresponde a cada nivel del edificio.

Todos los planos se encuentran actualizados arquitectónicamente de acuerdo al levantamiento realizado y están hechos a una escala (1:100) esto permite tener una idea de las dimensiones que tiene cada uno de los recintos que conforman al Palacio de Minería y los elementos que lo constituyen.

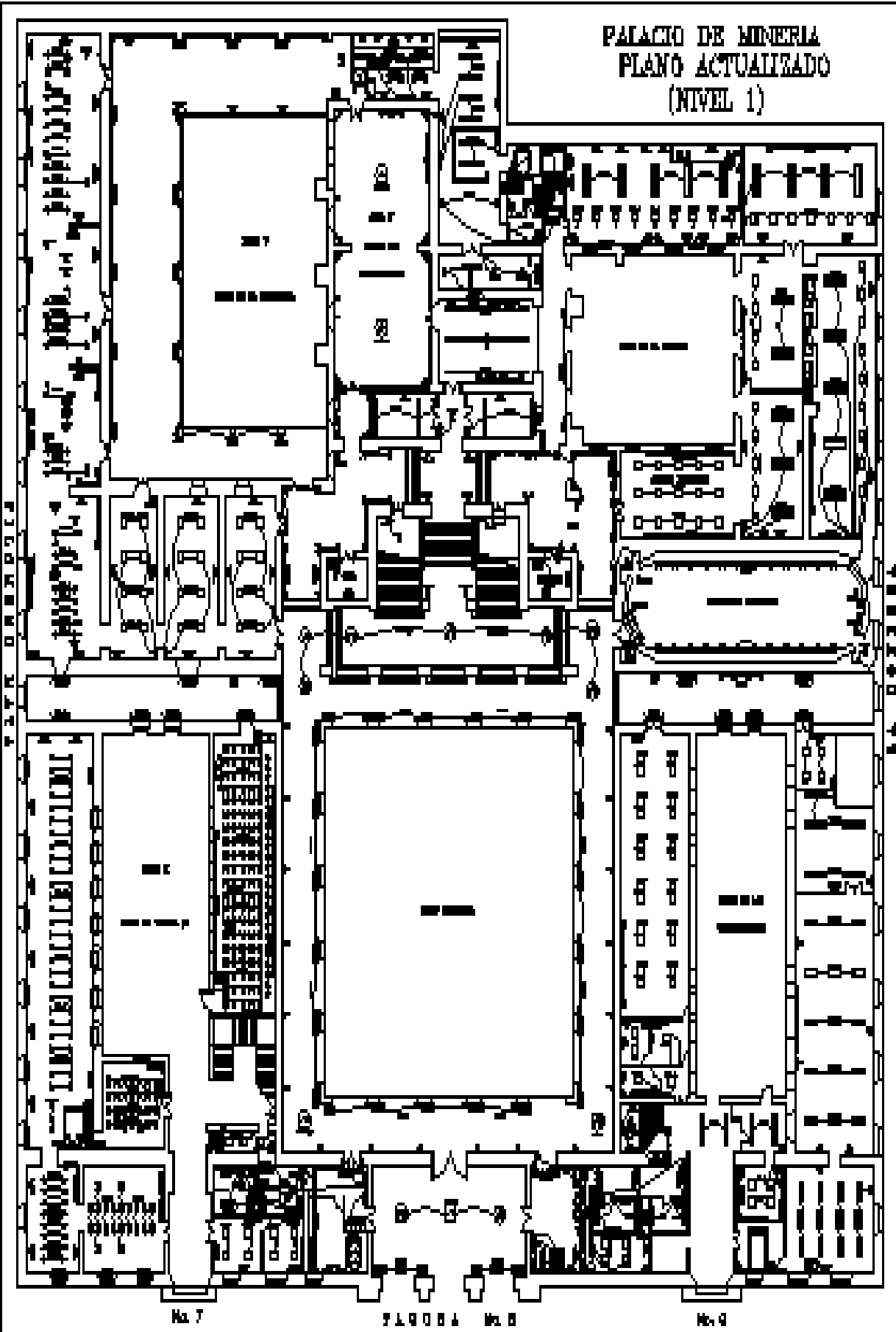
Una vez actualizados los planos arquitectónicos del Palacio de Minería se procedió a la actualización eléctrica con los datos obtenidos en el levantamiento, se le asignaron diferentes símbolos a cada uno de los elementos eléctricos que se encontraron en cada una de las áreas del Edificio, esto es para poder saber a que elemento eléctrico nos referimos en los planos eléctricos, en el levantamiento se obtuvieron datos de elementos de iluminación y fuerza.

El plano contendrá un cuadro de simbología en el cual se especifica a detalle cada uno de los elementos utilizados que conforman dicho plano, así como la información concerniente a la ubicación, tipo y potencia de cada uno de los elementos que forman parte de la instalación, también se especificará de que circuitos y de que tablero es alimentado cada uno de los elementos eléctricos.

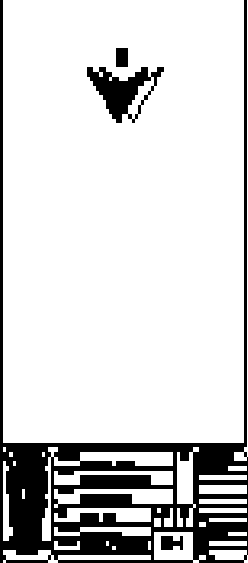
Los planos están elaborados de tal manera que puedan ser interpretados fácilmente pero sin perder las características principales para lo cual fueron elaborados.

PALACIO DE MINERIA  
 PLANO ACTUALIZADO  
 (NIVEL 1)

SIMBOLOGIA



- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO
- PASADIZO



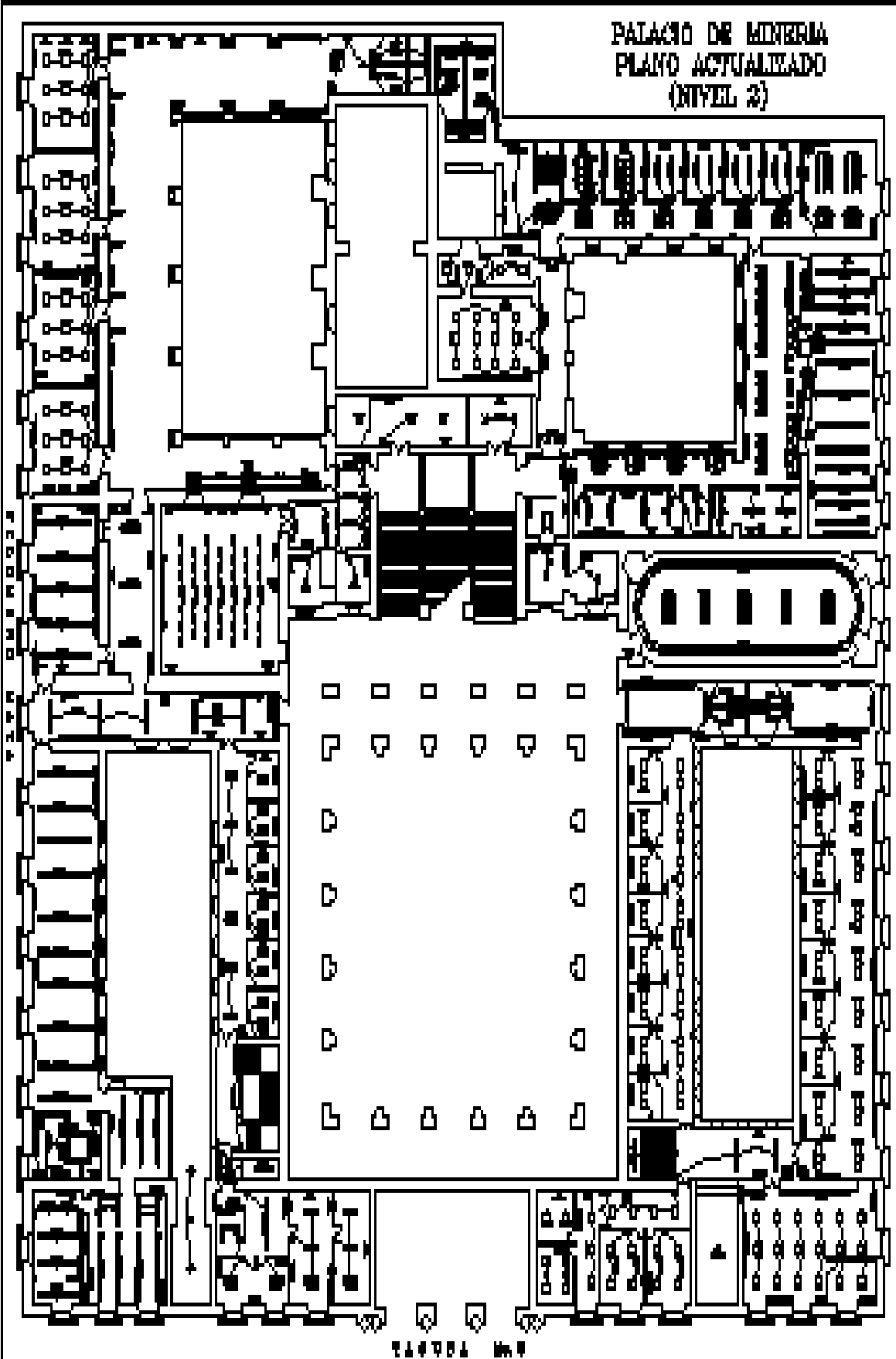
Nº 7

PLANTA Nº 8

Nº 9

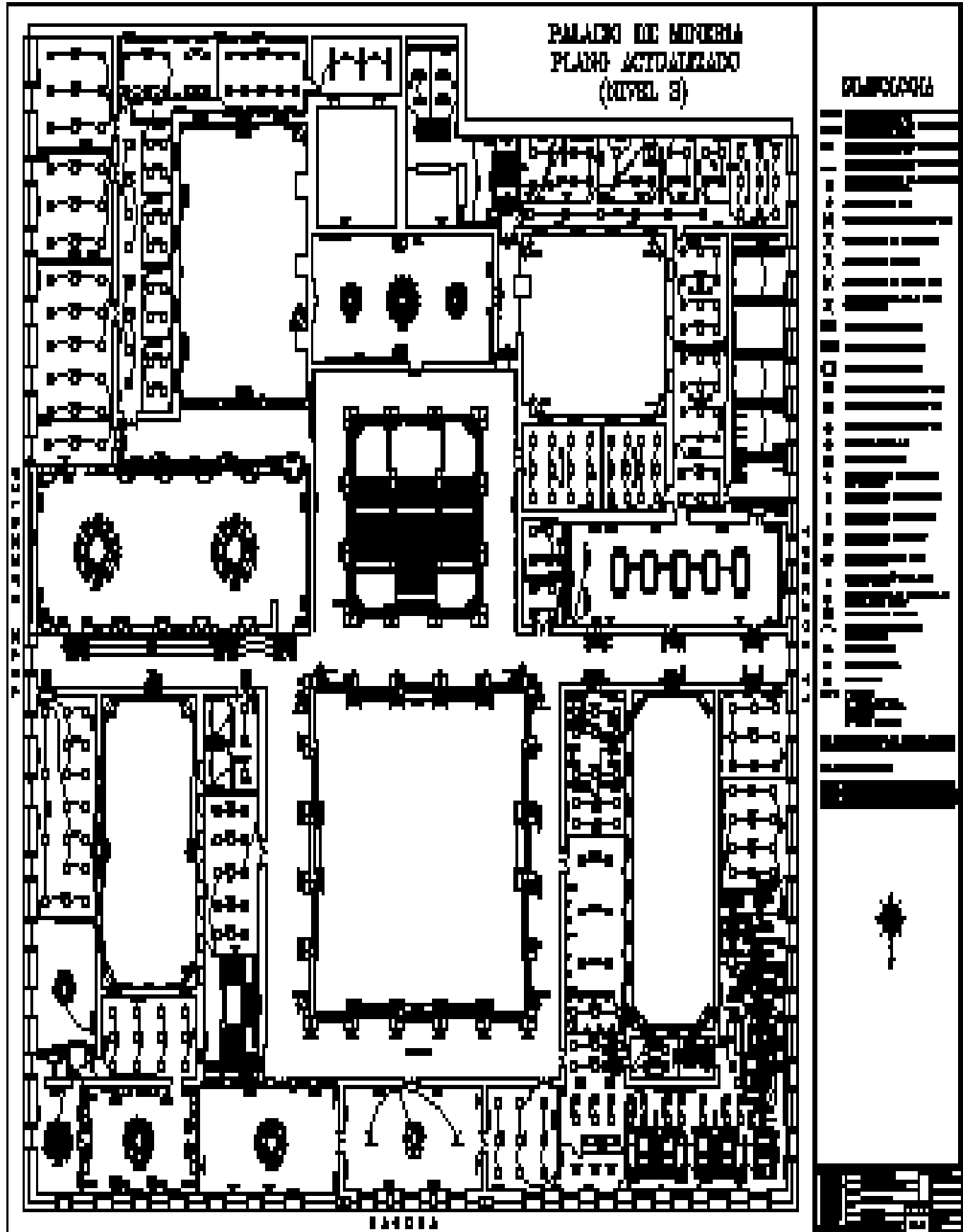
PALACIO DE MINERÍA  
PLANO ACTUALIZADO  
(NIVEL 2)

SI-MINERÍA/01



Legend and orientation section. It includes a list of symbols corresponding to different architectural features, a north arrow pointing upwards, and a graphic scale bar at the bottom.

244784 1/30



### 1.3 CARACTERISTICAS DE TABLEROS

Un tablero es considerado como un gabinete metálico que contiene los componentes y dispositivos necesarios para el control y distribución de energía eléctrica.

A continuación se mencionarán algunos de los tipos de tableros que están instalados en el Palacio de Minería.

**Tablero de alta tensión:** Es aquel que se utiliza para manejar voltajes mayores a 600 Volts

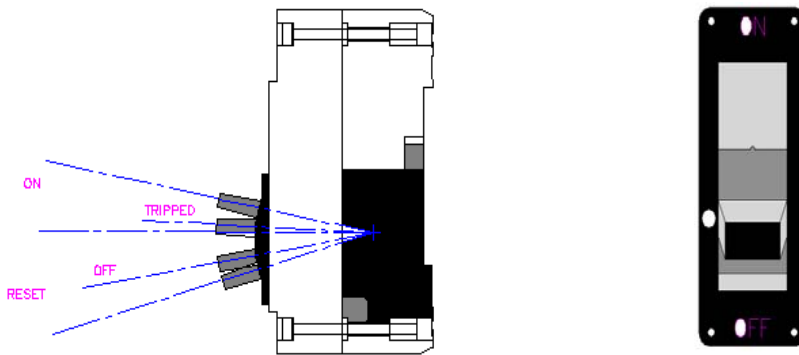
**Tableros de baja tensión:** Es aquel que se utiliza para manejar voltajes hasta 600 Volts.

**Tablero de distribución:** es aquel que distribuye la energía eléctrica para alimentar tableros derivados.



La figura 10 Muestra un ejemplo de un tablero derivado





La figura 11 Muestra un ejemplo de un interruptor termomagnético

1.4 CURVAS DE COMPORTAMIENTO DE CARGA POR FUERZA E ILUMINACIÓN

GRÁFICA

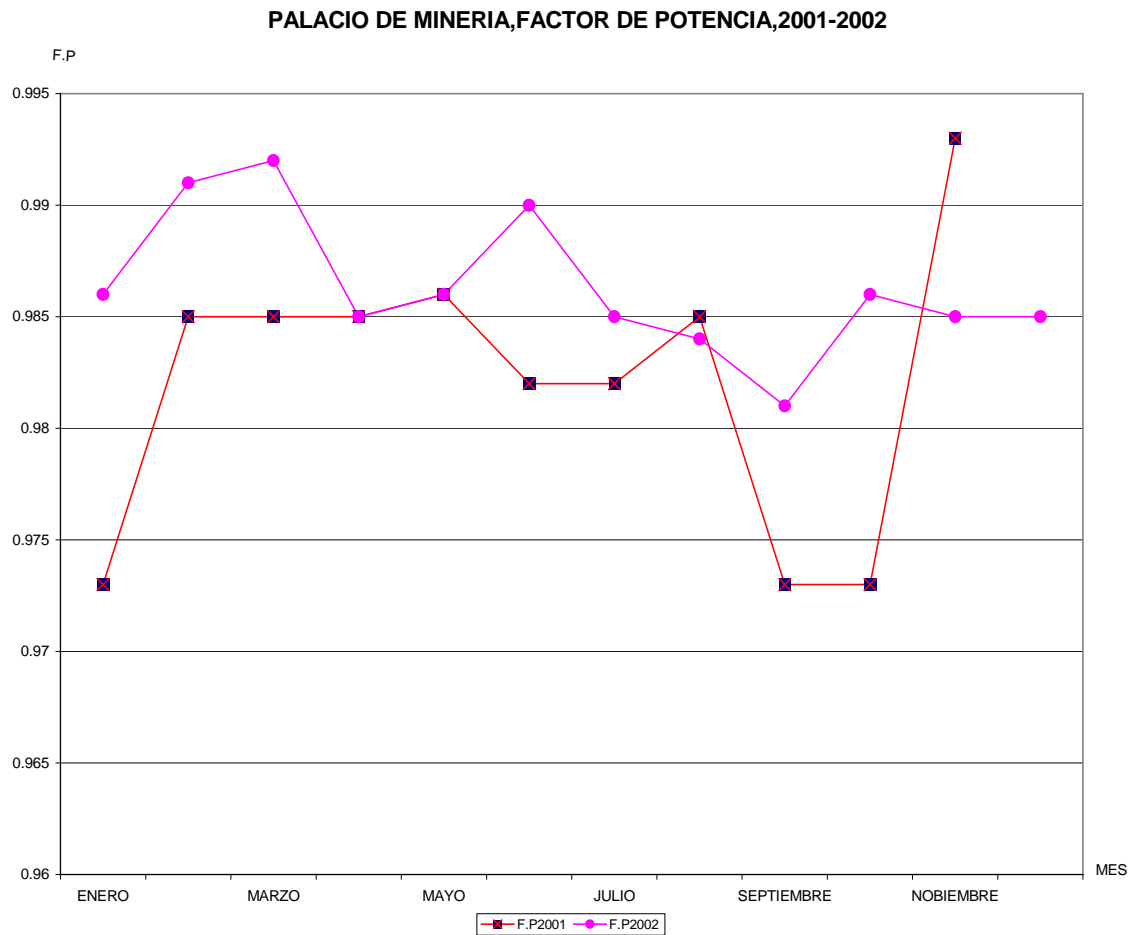


Figura 12

GRÁFICA

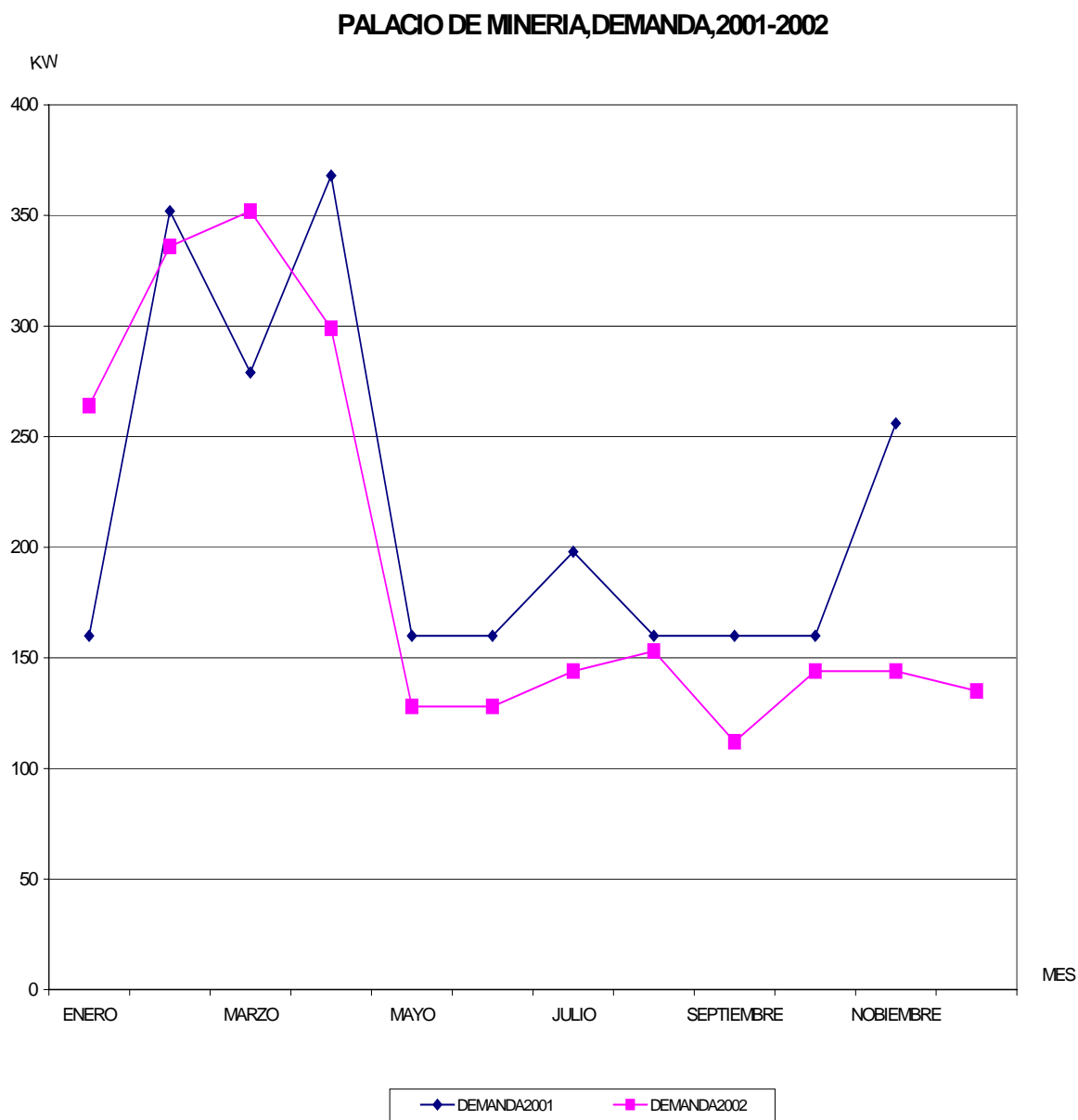


Figura 13

GRÁFICA

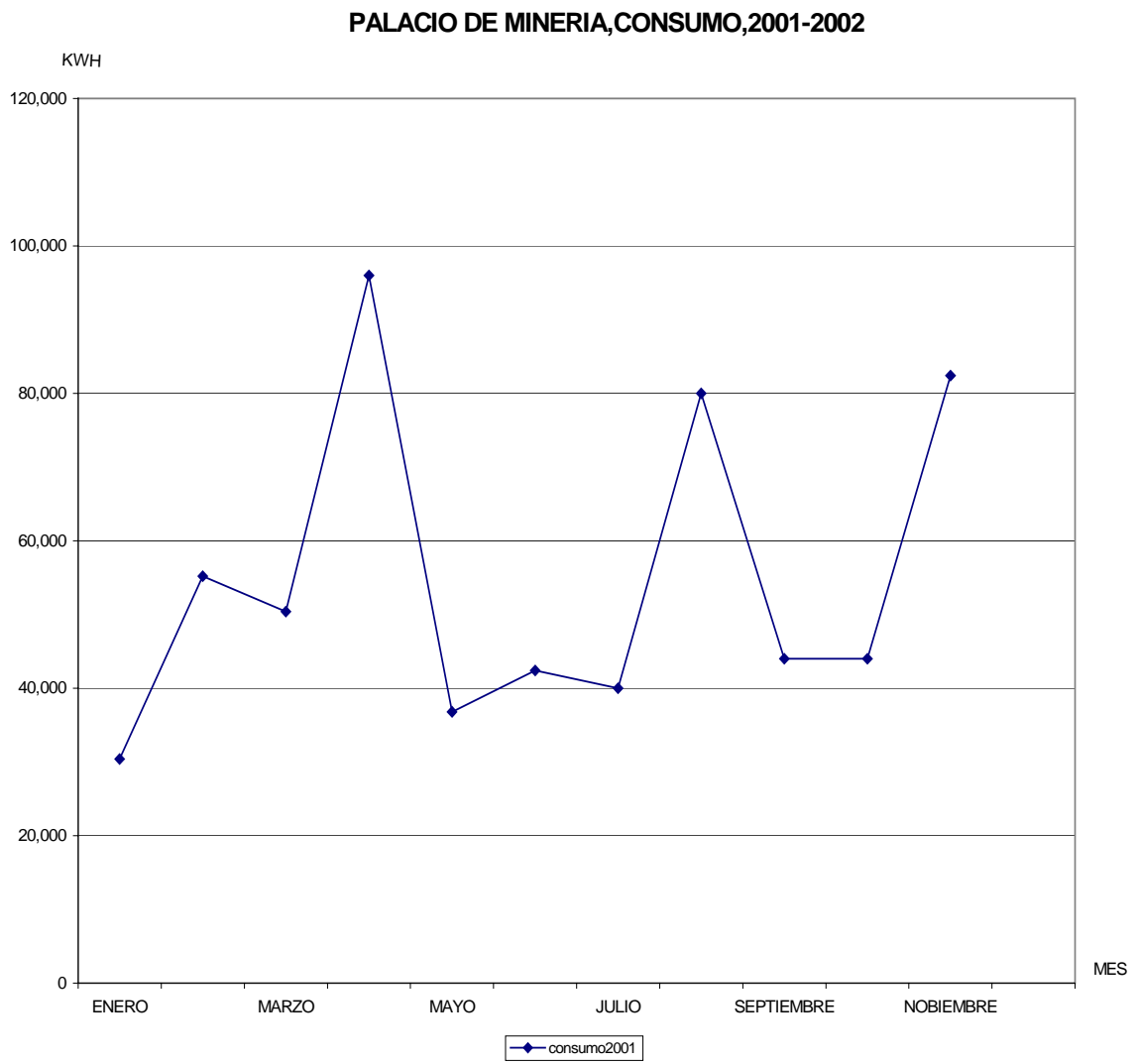


Figura 14

GRÁFICA

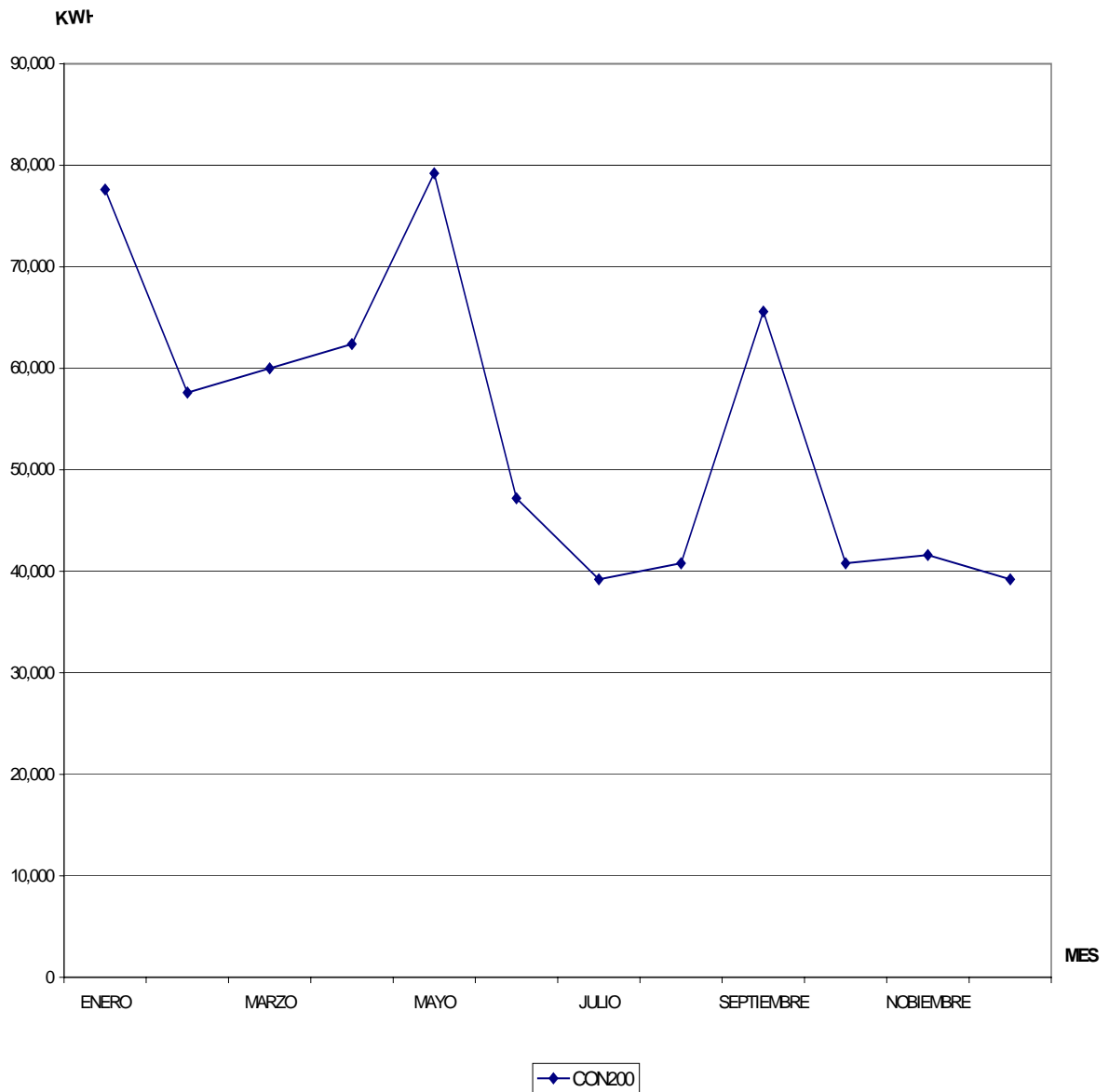
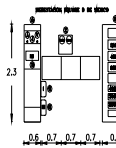
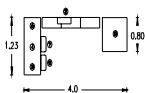


Figura 15

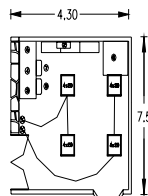
# PALACIO DE MINERIA DIAGRAMA UNIFILAR



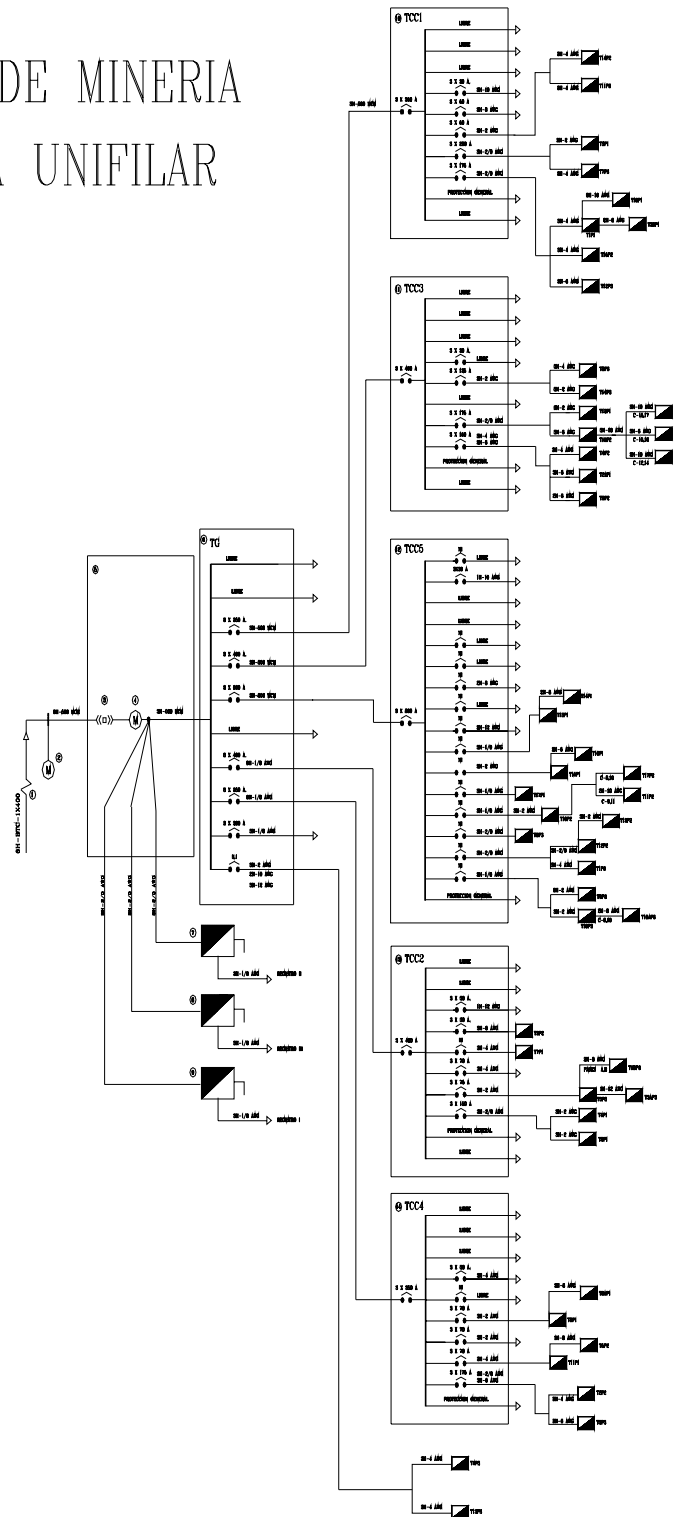
VISTA FRONTAL



PLANTA



LOCAL



**DESCRIPCIÓN**

- ① SUBESTACION BLANCA EQUIPOS D DE MEDIDA 5 C. 220-127 V
- ② DISTRIBUIDOR ALIMENTADO DE 60 KV. CABLES 60-107-1600
- ③ EQUIPO DE MEDICION DE BAJA TENSION DE LINE Y FUSIBLES TRANSFORMADOR ANALOGICO 1.0 1.0 1.0 REGULABLES 0-1000 V. MARCA GEA/CAE REPRESENTACION ANALOGICA 1.0 1.0 1.0 MARCA GEA/CAE
- ④ INTERRUPTOR DE BAJA TENSION VOLTAJE ANALOGICO 0-2000 V. MARCA IBSA REPRESENTACION ANALOGICA 0-2000 V. MARCA IBSA
- ⑤ TABLERO GENERAL BLANCA EQUIPOS D DE MEDIDA 5 C. 220-127 V. MARCA IBSA, FUSIBLES 41000
- ⑥ TABLERO DE DISTRIBUCION BLANCA EQUIPOS D DE MEDIDA 5 C. 220-127 V. MARCA IBSA, FUSIBLES 41000
- ⑦ INTERRUPTOR DE CORRIENTE NCA EQUIPOS D DE MEDIDA 800 VOLTIOS LSA CP-400 VOLTAJE CP 800 VCL. NO CTY. MARCA IBSA
- ⑧ INTERRUPTOR DE CORRIENTE NCA EQUIPOS D DE MEDIDA 800 VOLTIOS LSA CP-400 VOLTAJE CP 800 VCL. NO CTY. MARCA IBSA
- ⑨ INTERRUPTOR DE CORRIENTE NCA EQUIPOS D DE MEDIDA 800 VOLTIOS LSA CP-400 VOLTAJE CP 800 VCL. NO CTY. MARCA IBSA
- ⑩ TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION DE BAJA TENSION EQUIPOS D DE MEDIDA 500V 3-FASES 3-FASES Y 4 (2 CABLES DE MEDIDA TRANSFORMACION, 4 CABLES DE LINEAS)
- ⑪ TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION DE BAJA TENSION EQUIPOS D DE MEDIDA 500V 3-FASES 3-FASES Y 4 (2 CABLES DE MEDIDA TRANSFORMACION, 4 CABLES DE LINEAS)
- ⑫ TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION DE BAJA TENSION EQUIPOS D DE MEDIDA 500V 3-FASES 3-FASES Y 4 (2 CABLES DE MEDIDA TRANSFORMACION, 4 CABLES DE LINEAS)
- ⑬ TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION DE BAJA TENSION EQUIPOS D DE MEDIDA 500V 3-FASES 3-FASES Y 4 (2 CABLES DE MEDIDA TRANSFORMACION, 4 CABLES DE LINEAS)
- ⑭ TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION DE BAJA TENSION EQUIPOS D DE MEDIDA 500V 3-FASES 3-FASES Y 4 (2 CABLES DE MEDIDA TRANSFORMACION, 4 CABLES DE LINEAS)
- ⑮ TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION DE BAJA TENSION EQUIPOS D DE MEDIDA 500V 3-FASES 3-FASES Y 4 (2 CABLES DE MEDIDA TRANSFORMACION, 4 CABLES DE LINEAS)
- ⑯ TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION DE BAJA TENSION EQUIPOS D DE MEDIDA 500V 3-FASES 3-FASES Y 4 (2 CABLES DE MEDIDA TRANSFORMACION, 4 CABLES DE LINEAS)
- ⑰ TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION DE BAJA TENSION EQUIPOS D DE MEDIDA 500V 3-FASES 3-FASES Y 4 (2 CABLES DE MEDIDA TRANSFORMACION, 4 CABLES DE LINEAS)
- ⑱ TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION DE BAJA TENSION EQUIPOS D DE MEDIDA 500V 3-FASES 3-FASES Y 4 (2 CABLES DE MEDIDA TRANSFORMACION, 4 CABLES DE LINEAS)
- ⑳ TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION DE BAJA TENSION EQUIPOS D DE MEDIDA 500V 3-FASES 3-FASES Y 4 (2 CABLES DE MEDIDA TRANSFORMACION, 4 CABLES DE LINEAS)

figura 16

	Fecha de obra: _____ Fecha de entrega: _____ Nombre del cliente: _____ Nombre del proyecto: _____	Nombre del diseñador: _____ Nombre del supervisor: _____ Nombre del revisor: _____
	Escala: 1:1 Hoja: 1 de 1 Proyecto: _____ Cliente: _____ Fecha: _____	

## EL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

### 2.1 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO (CONCEPTO).

El proceso de administración de los recursos energéticos consiste en la aplicación de diversas técnicas que permitan alcanzar la máxima eficiencia en el uso de los energéticos utilizados, en una planta industrial como en un edificio.

Para ello se debe seguir una serie de etapas:

- **Diagnóstico**

Se refiere al análisis histórico del consumo de energía relacionado con los niveles de producción y al análisis de las condiciones de diseño y operación de los equipos, a las características de los procesos y tecnologías utilizadas.

Con base en este estudio se plantearán los objetivos y las metas a seguir en función de los potenciales de ahorro descubiertos y se buscarán las diversas alternativas para alcanzarlos.

- **Planeación**

Consiste en elegir la alternativa concreta de acción a seguir, las políticas en materia de energía, el tiempo de ejecución, el logro de objetivos y, por último se determina el monto de recursos financieros para la aplicación del programa.

- **Organización**

En esta etapa se define la estructura que permita instrumentar el programa establecido. Aquí es necesario especificar las funciones, jerarquías y obligaciones de todos los grupos e individuos que participen en el Programa de Ahorro de Energía.

**• Integración**

Consiste en elegir a la persona o grupo de personas que van a ser los responsables de la ejecución del Programa; así como la adquisición de los instrumentos y el equipo necesario para realizar el diagnóstico y monitorear los avances del programa.

**• Dirección**

Consiste en delegar la debida autoridad al responsable del Programa y especificar su área de control y coordinación. Asimismo, se deben definir los procesos de supervisión y los medios de comunicación como componentes esenciales del programa.

**• Control**

En esta etapa se establecen normas de consumo de energía, de mantenimiento y de operación, así como el método que permita dar seguimiento permanente al programa. Todo ello se realiza mediante monitoreo a través de un sistema integral de información energética y listas de verificación de la aplicación de medidas de ahorro de energía.

**EL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO****Definición**

Es la aplicación de un conjunto de técnicas que permite determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía. Consiste en el estudio de todas las formas y fuentes de energía, con base en un análisis crítico en una instalación consumidora de energía, y de esta forma, establecer el punto de partida para la implementación y control de un Programa de Ahorro de Energía, ya que se determina dónde y como es utilizada la misma, además de determinar cuanta es desperdiciada.

**Objetivos**

- Establecer metas de ahorro de energía.
- Diseñar y aplicar un sistema integral para el ahorro de energía.
- Evaluar técnica y económicamente las medidas de ahorro de energía.
- Disminuir el consumo de energía sin afectar los niveles de producción.

**Actividades**

Para determinar la eficiencia con la que es utilizada la energía, se requiere realizar diversas actividades, entre las que se pueden mencionar:

- Medir los distintos flujos energéticos.
- Registrar las condiciones de operación de equipos, instalaciones y procesos.
- Efectuar balances de materia y energía.
- Calcular índices energético o de productividad, energéticos reales, y actualizar los de diseño.
- Determinar potenciales de ahorro.
- Darle seguimiento al programa mediante la aplicación de listas de verificación de oportunidades de conservación y ahorro de energía.

La inclusión de los balances tiene como finalidad contar con un método sistemático y oportuno de detección de pérdidas y desperdicios de energía.

**A) ASPECTOS A DIAGNOSTICAR****Operativo**

- Inventario de equipo consumidor de energía.
- Inventario de equipo generador de energía.
- Detección y evaluación de fugas y desperdicios.
- Análisis del tipo y frecuencia del mantenimiento.



- Inventario de instrumentación.
- Posibilidades de sustitución de equipos.

### **Económico**

- Precios actuales y posibles cambios de los precios de los energéticos.
- Costos energéticos y su impacto en costos totales.
- Estimación económica de desperdicios.
- Consumos específicos de energía.
- Elasticidad producto del consumo de energía.
- Evaluación económica de medidas de ahorro.
- Relación beneficio-costos de medidas para eliminar desperdicios.
- Precio de energía eléctrica comprada (\$/kWh).

### **Energético**

- Formas y fuentes de energía utilizadas.
- Posibilidades de sustitución de energéticos.
- Volúmenes consumidos.
- Estructura del consumo.
- Balance en materia y energía.
- Diagramas unifilares.
- Posibilidades de autogeneración y cogeneración.

## **2.1.1 TIPOS DE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO**

### **DIAGNÓSTICOS DE PRIMER GRADO**

Mediante los diagnósticos energéticos de primer grado se detectan medidas de ahorro cuya aplicación es inmediata y con inversiones marginales. Consiste en la inspección visual del estado de conservación de las instalaciones, en el análisis de los registros de operación y mantenimiento que rutinariamente se llevan a cabo en cada instalación; así como, el análisis de información estadística de consumos y pagos por concepto de energía eléctrica y combustibles.

Al realizar este tipo de diagnóstico se deben tomar en cuenta los detalles detectados visualmente y que se consideren como desperdicios de energía, tales como falta de aislamiento o fugas; asimismo se deben detectar y cuantificar los costos y posibles ahorros producto de la administración de la demanda de energía eléctrica y corrección del factor de potencia. Cabe hacer notar que en este tipo de estudios no se pretende efectuar un análisis exhaustivo del uso de la energía, sino precisar medidas de aplicación inmediata.

### **DIAGNÓSTICOS DE SEGUNDO GRADO**

Comprenden la evaluación de la eficiencia energética en áreas y equipos intensivos en su uso, como son los motores eléctricos y los equipos que estos accionan así como aquellos para compresión y bombeo, los que integran el área de servicios auxiliares, entre otros. La aplicación de este tipo de diagnósticos requiere de un análisis detallado de los registros históricos de las condiciones de operación de los equipos, lo que incluye la información sobre volúmenes manejados o procesados y consumos específicos de energía. La información recabada directamente en campo se compara con la de diseño, con el fin de obtener las variaciones de eficiencia.

El primer paso, es detectar las desviaciones entre las condiciones de operación actuales con las del diseño, para así, jerarquizar el orden de análisis de cada equipo o proceso. El siguiente paso es conocer el flujo de energía, servicio o producto perdido por el equipo en estudio.

Los balances de materia y energía, los diagramas unifilares actualizados, así como la disposición de los índices energéticos reales y de diseño complementan el diagnóstico, ya que permiten establecer claramente la distribución de la energía en las instalaciones, las pérdidas y desperdicios globales y así determinar la eficiencia con que es utilizada la energía. Finalmente se deben evaluar, desde el punto de vista económico, las medidas que se recomienden llevar a cabo,

tomando en cuenta que se deben pagar con los ahorros que se tengan y en ningún momento deben poner en riesgo la liquidez de la empresa.

## **B) INFORMACIÓN REQUERIDA PARA EL DIAGNÓSTICO**

### **Operativa**

- Manuales de operación de equipos consumidores de energía.
- Manuales de operación de equipos generadores de energía.
- Reportes periódicos de mantenimiento.

### **Energética**

- Balances de materia y energía.
- Serie de consumo histórico de energía.
- Información sobre fuentes alternas de energía.
- Diagramas unifilares actualizados.

### **Economía**

- Serie estadística de producción.
- Serie estadística de ventas.
- Costos de producción.

### **Política**

- Tarifas eléctricas.
- Normalización del consumo de electricidad.
- Relación reservas-producción de hidrocarburos.
- Disposición de fuentes energéticas no provenientes de los hidrocarburos.

## **DIAGNÓSTICOS DE TERCER GRADO**

Consisten en un análisis exhaustivo de las condiciones de operación y las bases de diseño de una instalación mediante el uso de equipo especializado de medición y control. Debe realizarse con la participación de especialistas de cada área, apoyados por el personal de ingeniería.

En estos diagnósticos es común el uso de técnicas de simulación de procesos, con la finalidad de estudiar diferentes esquemas de interrelación de equipos y procesos. Además de que facilitan la evaluación de los efectos de cambio de condiciones de operación y modificaciones del consumo específico de energía, por lo que se requiere información completa de los flujos de materiales, combustibles, energía eléctrica, así como de las variables de presión, temperatura y las propiedades de las diferentes sustancias o corrientes.

Las recomendaciones derivadas de estos diagnósticos generalmente son de aplicación a mediano plazo e implican modificaciones a los equipos, procesos e incluso de las tecnologías utilizadas.

Además, debido a que las inversiones de estos diagnósticos son altas, la evaluación económica debe ser rigurosa, en cuanto al periodo de recuperación de la inversión.

## **INSTRUMENTOS PARA LAS MEDICIONES DE CAMPO**

Algunos de los instrumentos portátiles requeridos para la realización de diagnósticos energéticos de segundo y tercer grado, son los siguientes:

1. Medidores de velocidad de flujo en tuberías y equipo.
2. Radiómetros ópticos.
3. Pirómetro digital.

4. Kilowatthorímetro.
5. Factoripotenciómetro.
6. Analizadores de redes.
7. Tacómetros.
8. Medidores de velocidad de aire.
9. Termómetros.
10. Luxómetros.

## **A) ÁREAS DE APLICACIÓN**

### **Área industrial**

- Calderas y hornos.
- Motores y bombas.
- Sistemas eléctricos.
- Turbinas.
- Compresores.
- Sistemas de refrigeración.

### **Área de oficinas**

- Iluminación.
- Acondicionamiento ambiental.
- Aparatos eléctricos.

### **Vehículos automotrices**

- Operación.
- Mantenimiento.

## **B) EVALUACIÓN ECONÓMICA DE MEDIDAS**

### **Relación beneficio-costo**

- Costos involucrados en las medidas aplicadas.
- Balance económico de los ahorros logrados.

### **Métodos de evaluación económica**

- Periodo de recuperación.
- Rentabilidad media.
- Valor presente.
- Tasa interna de rentabilidad.
- Análisis de sensibilidad.

## **ORGANIZACIÓN DEL PROGRAMA**

Uno de los aspectos que se deben solucionar inicialmente es el de escoger el tipo de organización que permita la incorporación de la administración de la energía en la empresa, ya sea con la creación de un área específica de trabajo, por medio de la formación de un comité o a través de la contratación de un grupo staff.

### **A) CONTRATAR A UN GRUPO ASESOR EN AHORRO DE ENERGÍA**

- Diseñar programas integrales de conservación y ahorro de energía

### **B) FORMAR COMITES DE AHORRO DE ENERGÍA**

- Están formados por personal de todas las áreas involucrados en el programa.
- Puede ser temporal o permanente.
- De acuerdo a sus funciones puede ser consultivo, decisorio o ejecutivo.

- Sus funciones son las de promover, asistir técnicamente, seguir, controlar y comunicar todo lo referente al programa energético.

### **C) NOMBRAR UN ADMINISTRADOR DE ENERGÍA**

- Coordina la aplicación del Programa.
- Funge como enlace entre los niveles ejecutivos y los operativos.
- Es responsable de la aplicación de medidas y del logro de metas.

### **D) DETERMINAR LOS PARÁMETROS QUE PERMITAN ESTABLECER LA FUNCIONALIDAD DEL PROGRAMA**

- Costos involucrados en la aplicación de medidas.
- Consumos energéticos históricos de la empresa.
- Consumos energéticos de empresas de la misma rama o que utilizan equipos similares.
- Consumos energéticos de empresas similares.

### **E) REVISIÓN PERIÓDICA DEL AVANCE GLOBAL DEL PROGRAMA**

- Evaluación del logro de objetivos y metas.
- Principales resultados de la instrumentación del programa.
- Evaluación de las acciones establecidas para cada área funcional.

**El tipo de diagnóstico que se utilizará en el Palacio de Minería será el de Primer Grado**

A continuación se dará un informe de las condiciones actuales y anomalías encontradas en las distintas áreas del Palacio de Minería.

**Condiciones Actuales en las que se encuentra el Palacio de Minería.**

La subestación eléctrica no cuenta con sistema de tierra física, y esto ocasiona que no se tenga una protección contra sobre tensiones, ya sea de origen interno o externo, por eso es necesario disponer de un adecuado sistema de tierras al cual se conecten los neutros de los equipos eléctricos y todas aquellas partes metálicas que deben estar a potencial de tierra.

Funciones principales del sistema de tierra.

- 1.- Proveer un medio seguro para proteger al personal en la proximidad del sistema o equipos conectados a tierra, de los peligros de una descarga eléctrica bajo condiciones de falla.
- 2.- Proveer un medio para disipar las corrientes eléctricas a tierra, sin que se excedan los límites de operación de los equipos.
- 3.- Proveer una conexión a tierra para el punto neutro de los equipos que así lo requieran.
- 4.- Proveer un medio de descarga y desenergización de los equipos, para poder proceder a tareas de mantenimiento.
- 5.- Facilitar mediante la operación de relevadores y otros dispositivos de protección, la eliminación de fallas a tierra en el sistema.

Los alimentadores del interruptor general de la subestación son 9H-500 kCM y los que se derivan del interruptor general al tablero de distribución son 3H-500 kCM por tal motivo al ser instalada carga de la feria del libro se calienta considerablemente (ver figura 16). El interruptor general debe tener el mismo número de conductores tanto en la entrada como en la salida, si los calibres son



en un número menor se tendría que compensar con un calibre mayor para obtener la misma capacidad de conducción de corriente tanto en la entrada como en la salida. Existen tres interruptores de cuchillas instalados por fuera del gabinete del interruptor general los cuales alimentan los registros donde se instalan los tableros de la feria del libro (ver diagrama unifilar).

El Palacio de Minería cuenta con cinco tableros de distribución a los cuales les fueron asignados los siguientes nombres: TCC1, TCC2, TCC3, TCC4 y TCC5, se realizará el análisis energético en el orden en que están colocados los tableros de distribución.

Estos tableros no cuentan con conductor de tierra física, algunos de los lugares en donde se encuentran ubicados estos tableros son ocupados por el personal de mantenimiento como comedores y en algunos casos los tableros se encuentran obstruidos por muebles. Esto no es recomendable según lo indica la NOM-001.

## 2.2.- ANÁLISIS ENERGÉTICO DE CADA TABLERO DE DISTRIBUCIÓN

### **TABLERO TCC1.**

Este tablero no cuenta con tierra física y como consecuencia sus tableros derivados tampoco tienen instalada la tierra física, tiene espacio para colocar cuatro interruptores trifásicos más, tiene una protección general de 3 x 350 A.

Como se puede observar en el diagrama unifilar, a todos los alimentadores que salen de los interruptores trifásicos se les realizaron empalmes con otros cables de calibres diferentes para poder alimentar a dos tableros y en ocasiones hasta tres, este caso se presenta en los tableros que a continuación se mencionan: T14P2 y T11P3; T3P1 y T7P3; T1P1, T15P2 y T12P3. **Las Normas Oficiales Universitarias de Ingeniería Electromecánica en la sección NOU-DEL-13**



## 2.2.1.- CALCULOS DE ALIMENTADORES Y PROTECCIONES DE TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN Y TABLERO GENERAL

Todo este análisis se realizará con respecto a la **Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999 de instalaciones eléctricas.**

Se llevará a cabo una comparación con los conductores instalados actualmente en el Palacio de Minería, esto será de acuerdo a la carga instalada.

Para este caso realizaremos el análisis de los parámetros eléctricos de cada interruptor trifásico de los tableros de distribución.

### ANÁLISIS DEL TABLERO TCC1

Este tablero cuenta con espacio para 11 interruptores trifásicos, de los cuales los espacios del 1 al 3, en conjunto con el 10 son libres y los que tienen carga son los interruptores 6, 7, 8 y 11.

### INTERRUPTOR 6

Este interruptor controla a dos tableros, al T14P2 y al T11P3 con carga de luminarias (Lum) y de contactos (Cont).

$$T14P2 \begin{cases} \text{Lum} & 4712.5 \text{ W} \\ \text{Cont} & 8200 \text{ W} \\ \text{Tot} & 12912.5 \text{ W} \end{cases}$$

Ahora calculamos corriente nominal, corriente continua y corriente no continua:

$$I_n = \frac{C. Inst. Tot.}{V_L \cdot fp \cdot \sqrt{3}} = \frac{12912.5}{(220)(1)\sqrt{3}} = 33.88 \text{ A}$$

$$I_{c. cont.} = I_n = 33.88 \text{ A}$$

$$I_{c. no cont.} = \frac{C. no cont.}{V_L f_p \sqrt{3}} = \frac{0}{(220)(1)\sqrt{3}} = 0 A$$

La corriente de diseño es:

$$I_d = 1.25 I_{c. cont.} + I_{c. no cont.} = 1.25(33.88) + 0 = 42.35 A$$

Y tomando en cuenta los factores de agrupamiento y de temperatura tenemos la corriente equivalente:

$$I = \frac{I_d}{(F.T.)(F.A.)} = \frac{42.35}{(1)(0.8)} = 52.93 A$$

Con el valor anterior de corriente podemos definir a los conductores por capacidad de conducción de corriente, estos serían **4H-6 AWG, TW, 55 A, a 60 °C** de acuerdo a la **tabla 310-16**.

La protección del alimentador será:

$$I_p = 1.25 I_{c. cont.} + I_{c. no cont.} = 1.25(33.88) + 0 = 42.35 A$$

Por lo tanto la protección será de **3 X 45 A** de acuerdo al **artículo 240-6 inciso a)**

En el Palacio de Minería, el **tablero TCC1** tiene una protección de **3 X 50 A** para el **interruptor 6**, así, se logra una coordinación de protección ya que la corriente que soporta el interruptor es menor a la que soporta el conductor de calibre **2 AWG**, que es el que tiene dimensionado actualmente.

Observamos si cumple con la caída de tensión.

La longitud mas alejada que se presenta es la que se tiene entre el tablero TCC1 y el tablero T14P2, y es  $L = 14$  m. La sección transversal para el conductor de calibre 6 AWG es  $S = 13.3$  mm<sup>2</sup>.

$$e\% = \frac{2 L I_n \sqrt{3}}{V_L S} = \frac{2(14)(33.88)\sqrt{3}}{220(13.3)} = 0.56\%$$

Lo cual cumple con la caída de tensión.

## INTERRUPTOR 7

Este interruptor controla a dos tableros, al T3P1 y al T7P3.

$$\begin{array}{l} \text{T7P3} \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 5000 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 11600 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 16600 \text{ W} \end{array} \right. \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{T3P1} \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 12325 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 2400 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 14725 \text{ W} \end{array} \right. \end{array}$$

$$\text{TOT} \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 17325 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 14000 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 31325 \text{ W} \end{array} \right.$$

Cargas continuas: lum + cont = 17325 + 10000 = 27325 W

Cargas no continuas: 14000 - 10000 = 4000 W

Este valor se multiplica por el factor de demanda por ciento de la **tabla 220-13**:

$$4000 \times 0.5 = 2000 \text{ W}$$

Ahora calculamos corriente nominal, corriente continua y corriente no continua:

$$I_n = \frac{C. \text{Inst. Tot.}}{V_L f_p \sqrt{3}} = \frac{31325}{(220)(1)\sqrt{3}} = 82.20 \text{ A}$$

$$I_{c. \text{ cont.}} = \frac{C. \text{ cont.}}{V_L f_p \sqrt{3}} = \frac{27325}{(220)(1)\sqrt{3}} = 71.70 \text{ A}$$

$$I_{c. \text{ no cont.}} = \frac{C. \text{ no cont.}}{V_L f_p \sqrt{3}} = \frac{2000}{(220)(1)\sqrt{3}} = 5.24 \text{ A}$$

La corriente de diseño es:

$$I_d = 1.25 I_{c. cont.} + I_{c. no cont.} = 1.25(71.70) + 5.24 = 94.86 A$$

Y tomando en cuenta los factores de agrupamiento y de temperatura tenemos la corriente equivalente:

$$I = \frac{I_d}{(F.T.)(F.A.)} = \frac{94.86}{(1)(0.8)} = 118.58 A$$

Con el valor anterior de corriente podemos definir a los conductores por capacidad de conducción de corriente, estos serían **4H-1 AWG, THW, 130 A, a 75 °C** de acuerdo a la **tabla 310-16**.

La protección del alimentador será:

$$I_p = 1.25 I_{c. cont.} + I_{c. no cont.} = 1.25(71.70) + 5.24 = 94.86 A$$

Por lo tanto la protección será de **3 X 100 A** de acuerdo al **artículo 240-6 inciso a)**

En el Palacio de Minería, el **tablero TCC1** tiene una protección de **3 X 200 A** para el **interruptor 7**. No fue posible lograr una coordinación de protección ya que la corriente que soporta el interruptor no es menor a la que soporta el conductor de calibre **2/0 AWG**, que es el que tiene dimensionado actualmente.

Observamos si cumple con la caída de tensión.

La longitud mas alejada que se presenta es la que se tiene entre el tablero TCC1 y el tablero T7P3, y es  $L = 16$  m. La sección transversal para el conductor de calibre 1 AWG es  $S = 42.41$  mm<sup>2</sup>.

$$e\% = \frac{2 L I_n \sqrt{3}}{V_L S} = \frac{2(16)(82.20)\sqrt{3}}{220(42.41)} = 0.49\%$$

Lo cual cumple con la caída de tensión.

## INTERRUPTOR 8

Este interruptor controla a los tableros T1P1, T15P2 y T12P3.

$T1P1 \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 7337.5 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 4800 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 12137.5 \text{ W} \end{array} \right.$	$T15P2 \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 10550 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 16800 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 27350 \text{ W} \end{array} \right.$
$T12P3 \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 12550 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 21400 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 33950 \text{ W} \end{array} \right.$	$TOT \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 30437.5 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 43000 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 73437.5 \text{ W} \end{array} \right.$

Cargas continuas: lum + cont = 30437.5 + 10000 = 40437.5 W

Cargas no continuas: 43000 - 10000 = 33000 W

Este valor se multiplica por el factor de demanda por ciento de la **tabla 220-13**:

33000 x 0.5 = 16500 W

Ahora calculamos corriente nominal, corriente continua y corriente no continua:

$$I_n = \frac{C. Inst. Tot.}{V_L fp \sqrt{3}} = \frac{73437.5}{(220)(1)\sqrt{3}} = 192.72 \text{ A}$$

$$I_{c. cont.} = \frac{C. cont.}{V_L fp \sqrt{3}} = \frac{40437.5}{(220)(1)\sqrt{3}} = 106.12 \text{ A}$$

$$I_{c. no cont.} = \frac{C. no cont.}{V_L fp \sqrt{3}} = \frac{16500}{(220)(1)\sqrt{3}} = 43.30 \text{ A}$$

La corriente de diseño es:

$$I_d = 1.25 I_{c. cont.} + I_{c. no cont.} = 1.25(106.12) + 43.30 = 175.95 A$$

Y tomando en cuenta los factores de agrupamiento y de temperatura tenemos la corriente equivalente:

$$I = \frac{I_d}{(F.T.)(F.A.)} = \frac{175.95}{(1)(0.8)} = 219.93 A$$

Con el valor anterior de corriente podemos definir a los conductores por capacidad de conducción de corriente, estos serían **4H-4/0 AWG, THW, 230 A, a 75 °C** de acuerdo con la **tabla 310-16**.

La protección del alimentador será:

$$I_p = 1.25 I_{c. cont.} + I_{c. no cont.} = 1.25(106.12) + 43.30 = 175.95 A$$

Por lo tanto la protección será de **3 X 200 A** de acuerdo al **artículo 240-6 inciso a)**

En el Palacio de Minería, el **tablero TCC1** tiene una protección de **3 X 175 A** para el **interruptor 8**, así, se logra una coordinación de protección ya que la corriente que soporta el interruptor es igual a la que soporta el conductor de calibre **2/0 AWG**, que es el que tiene dimensionado actualmente.

Observamos si cumple con la caída de tensión.

La longitud mas alejada que se presenta es la que se tiene entre el tablero TCC1 y el tablero T12P3, y es  $L = 30$  m. La sección transversal para el conductor de calibre 4/0 AWG es  $S = 107.2$  mm<sup>2</sup>.



$$e\% = \frac{2 L I_n \sqrt{3}}{V_L S} = \frac{2(30)(192.72)\sqrt{3}}{220(107.2)} = 0.85\%$$

Lo cual cumple con la caída de tensión.

Ahora sumamos las cargas totales para calcular la tierra física del tablero TCC1.

$$T14P2 \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 4712.5 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 8200 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 12912.5 \text{ W} \end{array} \right. \quad T1P1 \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 30437.5 \text{ W} \\ \text{T15P2} \left\{ \begin{array}{l} \text{Cont} \quad 43000 \text{ W} \\ \text{T12P3} \left\{ \text{Tot} \quad 73437.5 \text{ W} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} T7P3 \\ T3P1 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 17325 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 14000 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 31325 \text{ W} \end{array} \right.$$

La suma de todas las cargas es: T14P2+T7P3+T3P1+T1P1+T15P2+T12P3.

$$TOT \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 52475 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 65200 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 117675 \text{ W} \end{array} \right.$$

Realizamos el análisis con la carga total:

Cargas continuas: lum + cont = 52475 + 10000 = 62475 W

Cargas no continuas: 65200 – 10000 = 55200 W

Este valor se multiplica por el factor de demanda por ciento de la **tabla 220-13**:

55200 x 0.5 = 27600 W

Ahora calculamos corriente nominal, corriente continua y corriente no continua:

$$I_n = \frac{C. Inst. Tot.}{V_L fp \sqrt{3}} = \frac{117675}{(220)(1)\sqrt{3}} = 308.82 \text{ A}$$

$$I_{c. cont.} = \frac{C. cont.}{V_L fp \sqrt{3}} = \frac{62475}{(220)(1)\sqrt{3}} = 163.95 \text{ A}$$

$$I_{c. no cont.} = \frac{C. no cont.}{V_L \cdot fp \cdot \sqrt{3}} = \frac{27600}{(220)(1)\sqrt{3}} = 72.43 \text{ A}$$

La protección del alimentador será:

$$I_p = 1.25 I_{c. cont.} + I_{c. no cont.} = 1.25(163.95) + 72.43 = 277.36 \text{ A}$$

Por lo tanto la protección será de **3 X 300 A** de acuerdo al **artículo 240-6 inciso a)** y la tierra física será **1 H- 4 AWG a 300 A** de acuerdo a la **tabla 250-95**.

A continuación se mencionan únicamente los calibres de los hilos de tierra física que se deberán instalar en cada tablero de acuerdo a la **tabla 250-95**.

TABLERO	CALIBRE DE CABLE DE TIERRA FÍSICA
T14P3	8 AWG
T3P1	6 AWG
T7P3	6 AWG
T1P1	8 AWG
T15P2	8 AWG
T12P3	8 AWG

## TABLERO TCC2

Este tablero no cuenta con tierra física y como consecuencia sus tableros derivados tampoco tienen instalada la tierra física, su protección general es de 3 x 400 A, Tiene espacio para colocar tres interruptores trifásicos más, ya que los espacios 1, 2 y 10 se encuentran libres. Finalmente, mencionaremos a los interruptores 4, 5, 7 y 8, que son los que si tienen carga.

CUADRO DE CARGA DEL TABLERO TCC2

T A B L E R O <u>TCC2</u> MARCA <u>SQUARE D</u> TIPO <u>—</u> 3 FASES- 4 HILOS, 30 CIRCUITOS, 220/127 V.																				
DEPENDENCIA <u>PALACIO DE MINERIA</u> UBICACION <u>PLANTA BAJA</u> FECHA <u>23/04/02</u>																				
C.T.O. No.	PROTECCION AMP.	CALIBRE AWG.	TABLERO 3F							CARGA INSTALADA WATTS.	FASES									
											A	B	C							
1,3,5	-	-																		
2,4,6	-	-																		
7,9,11	3 X 30	1H-12 *																		
8,10,12	3 x 30	3H-6	T3P2						9,265	4,100	2,175	3,000								
13,15,17	N.I	3H-4	T7P1						4,937.5	2,637.5	9,50	1,350								
14,16,18	3 x 70	3H-4																		
19,21,23	3 x 75	3H-2	T3P3						26,100	8,333.33	16,233.33	1,533.33								
20,22,24	3 x 150	3H-2/0	T4P1						15,850	1,816.66	3,166.66	10,866.66								
25,27,29	3 x 400	9H-1/0	T5P1	PROT. GEN					8,100.5	4,063	1,600	2,437.5								
26,28,30																				
TOTALES										34,263										
										64,263	20,950.5	24,125	19,187.5							

INTER. GRAL. 3 X 400  
 CALIBRE DE LOS ALIMENTADORES 9H-1/0 AWG  
 CARGA INSTALADA: 64,263 W.  
 DESBALANCE ENTRE FASES 20.17 %

\* SE ALIMENTA DEL INTERRUPTOR 7 (CTOS-19,21,23) DEL TABLERO GENERAL DE LA SUBESTACION  
 \* SIN TIERRA FISICA

Figura 18

Como se puede observar en el diagrama unifilar, al alimentador que sale del interruptor trifásico No. 8 se le aplicó un empalme con otros conductores de calibres diferentes para poder alimentar a dos tableros, al T4P1 y al T5P1. **Las Normas Oficiales Universitarias de Ingeniería Electromecánica en la sección NOU-DEL-13 (Métodos de Instalación)** mencionan que no se permiten derivaciones ni empalmes en alimentadores generales y circuitos derivados.

No se cuenta con una protección general instalada en cada uno de los tableros derivados T4P1 y T5P1. Esto podría ocasionar algunas fallas en el sistema eléctrico, ya que si llegara a ocurrir un corto circuito en alguno de ellos no se podría garantizar un buen funcionamiento de las protecciones para poder seccionar la falla, ya que si se dispara una protección ésta tendría que ser la del interruptor 8 del tablero TCC2 que es la que controla esta sección, ocasionando que los tableros derivados que son alimentados por éste se queden sin energía. **Las Normas Oficiales Universitarias de Ingeniería Electromecánica en la sección NOU-DEL-09 (tableros de baja tensión)** mencionan que todos los tableros deben seleccionarse con un interruptor general.

El interruptor trifásico No. 5 no cuenta con los datos de las especificaciones de capacidad de interrupción para la cual fue diseñado.

El tablero T3BP3 se alimenta de las barras del tablero T3P3, de las fases A y B.

A continuación se mencionan únicamente los calibres de los hilos de tierra física que se deberán instalar en cada tablero de acuerdo a la **tabla 250-95**.

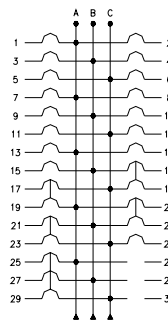
TABLERO	CALIBRE DE CABLE DE TIERRA FÍSICA
T3P2	10 AWG
T7P1	12 AWG
T3P3	10 AWG
T4P1	8 AWG
T5P1	10 AWG

### **TABLERO TCC3**

Este tablero no cuenta con tierra física y como consecuencia sus tableros derivados tampoco tienen instalada la tierra física, su protección general es de 3 x 400 A, tiene espacio para colocar seis interruptores trifásicos más, ya que los espacios 1, 2, 3, 6 y 10 se encuentran libres y el interruptor 4 no tiene conductores

para alimentar a alguna carga. Finalmente, mencionaremos a los interruptores 5, 7 y 8, que son los que si tienen carga.

### CUADRO DE CARGA DEL TABLERO TCC3

<b>TABLERO TCC3 MARCA SQUARE D TIPO -- 3 FASES- 4 HILOS, 30 CIRCUITOS, 220/127 V.</b> <b>DEPENDENCIA PALACIO DE MINERIA UBICACION PLANTA BAJA FECHA 23/04/02</b>															
CTO. No.	PROTECCION AMP.	CALIBRE AWG.			<input type="checkbox"/> TABLERO 3F <input type="checkbox"/> TABLERO 2F					CARGA INSTALADA WATTS.	FASES				
											A	B	C		
1,3,5	-	-													
2,4,6	-	-													
7,9,11	-	-													
8,10,12	3 x 30	-													
13,15,17	3 x 125	3H-2			T8P3 T14P3				13,380 19,368.75	4,290 5,102.08	7,065 7,258.33	2,025 7,008.33			
14,16,18	-	-													
19,21,23	3 x 175	3H-2/0			T12P1 T16P1				11,250 23,428	4,950 9,756	4,000 6,600	2,300 7,072			
20,22,24	3 x 150	3H-4 3H-6			T4P2 T21P1		T9P2		5,050 1,350 8,362	1,425 500 6,600	1,575 - 1,762	2,050 850 -			
25,27,29	3 x 400	3H-500 MCM	PROT. GEN												
26,28,30															
TOTALES					73,826.75	8,362			82,188.75	32,623.08	28,260.33	21,305.33			
															INTER. GRAL. 3 X 400 AMP CALIBRE DE LOS ALIMENTADORES 3H-500 MCM CARGA INSTALADA: 82,188.75 W. DESBALANCE ENTRE FASES 34.69 %

- SE ALIMENTA DEL INTERRUPTOR 4 (CTOS-8,10,12) DEL TABLERO GENERAL DE LA SUBESTACION
- SIN TIERRA FISICA

Figura 19

Como se puede observar en el diagrama unifilar, a todos los alimentadores que salen de los interruptores trifásicos se les realizaron empalmes con otros conductores de diferentes calibres para poder alimentar a dos tableros y en ocasiones hasta tres, esta situación se presenta en los tableros que a continuación se mencionan: T8P3 y T14P3; T12P1 y T16P2; T4P2, T21P1 y T9P2. **Las Normas Oficiales Universitarias de Ingeniería Electromecánica en la sección NOU-DEL-13 (Métodos de Instalación)** mencionan que no se permiten derivaciones ni empalmes en alimentadores generales y circuitos derivados.

No se cuenta con una protección general instalada para cada uno de los tableros derivados. Esto podría ocasionar algunas fallas en el sistema eléctrico, ya que si llegara a ocurrir un corto circuito, por ejemplo en el tablero T8P3 no se podría garantizar un buen funcionamiento de las protecciones para poder seccionar la falla, ya que si se dispara una protección ésta tendría que ser la del interruptor 5 del tablero TCC3 que es la que controla esta sección, ocasionando que los tableros derivados que son alimentados por éste se queden sin energía eléctrica. **Las Normas Oficiales Universitarias de Ingeniería Electromecánica en la sección NOU-DEL-09 (tableros de baja tensión)** mencionan que todos los tableros deben seleccionarse con un interruptor general.

A continuación se mencionan únicamente los calibres de los hilos de tierra física que se deberán instalar en cada tablero de acuerdo a la **tabla 250-95**.

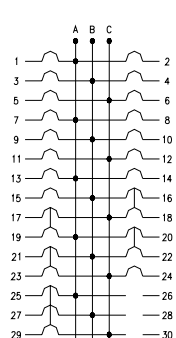
TABLERO	CALIBRE DE CABLE DE TIERRA FÍSICA
T8P3	1H-10 AWG
T14P3	1H-8 AWG
T12P1	1H-10 AWG
T16P2	1H-8 AWG
T6P2	1H-14 AWG
T7P2	1H-12 AWG
T8P2	1H-10 AWG
T4P2	1H-10 AWG

#### **TABLERO TCC4**

Este tablero no cuenta con tierra física y como consecuencia sus tableros derivados tampoco tienen instalada la tierra física, su protección general es de 3 x 350 A. Tiene espacio para colocar seis interruptores trifásicos más, ya que los espacios 1, 2, 3, 10 y 12 se encuentran libres y el interruptor 5 no tiene conductores para alimentar a alguna carga. Finalmente, mencionaremos a los interruptores 6, 8 y 9, que son los que si tienen carga.

## CUADRO DE CARGA DEL TABLERO TCC4

T A B L E R O <u>TCC4</u> MARCA <u>SQUARE D</u> TIPO <u>—</u> 3 FASES- 4 HILOS, 36 CIRCUITOS, 220/127 V.												
DEPENDENCIA		<u>PALACIO DE MINERIA</u>		UBICACION <u>PLANTA BAJA</u>		FECHA <u>23/04/02</u>						
CTO. No.	PROTECCION AMP.	CALIBRE AWG.		TABLERO 3F					CARGA INSTALADA WATTS.	FASES		
										A	B	C
1,3,5	-	-										
2,4,6	-	-										
7,9,11	-	-										
8,10,12	3 x 30	3H-4										
13,15,17	N.I	-										
14,16,18	3 x 70	3H-2		T8P1				13,785	5,575	2,900	5,310	
19,21,23	3 x 70	3H-2										
20,22,24	3 x 70	3H-4		T11P1				6,199.5	1,006	2,393.5	2,800	
25,27,29	3 x 175	3H-2/0 3H-6		T2P2 T5P3				20,225 9,692	11,600 3,866	1,575 3,626	7,050 2,200	
26,28,30												
31,33,35	3 x 350	6H-1/0	PROT. GEN									
32,34,36												
TOTALES								49,901.5		22,047	10,494.5	17,360



INTER. GRAL. 3 X 350 AMP  
CALIBRE DE LOS ALIMENTADORES 6H-1/0 AWG  
CARGA INSTALADA: 49,901.5 W.  
DESBALANCE ENTRE FASES 62.40 %

- \* SE ALIMENTA DEL INTERRUPTOR 8 (CTOS-20,22,24) DEL TABLERO GENERAL DE LA SUBESTACION
- \* SIN TIERRA FISICA

Figura 20

Como se puede observar en el diagrama unifilar, al alimentador que sale del interruptor trifásico No. 9 se le realizó un empalme con otros conductores de calibres diferentes para poder alimentar a dos tableros, al T2P2 y al T5P3. **Las Normas Oficiales Universitarias de Ingeniería Electromecánica en la sección NOU-DEL-13 (Métodos de Instalación)** mencionan que no se permiten derivaciones ni empalmes en alimentadores generales y circuitos derivados.

No se cuenta con una protección general instalada en cada uno de los tableros derivados, esto podría ocasionar algunas fallas en el sistema eléctrico, ya que si llegara a ocurrir un corto circuito no se podría garantizar un buen funcionamiento

de las protecciones para poder seccionar la falla, ocasionando que si se dispara una protección ésta tendría que ser la del interruptor 9 del tablero TCC4 que es la que controla esta sección, ocasionando que los tableros derivados que son alimentados por éste se queden sin energía eléctrica. **Las Normas Oficiales Universitarias de Ingeniería Electromecánica en la sección NOU-DEL-09 (tableros de baja tensión)** mencionan que todos los tableros deben seleccionarse con un interruptor general.

El tablero T8AP1 se alimenta de las barras del tablero T8P1 de las fases B y C.

A continuación se mencionan únicamente los calibres de los hilos de tierra física que se deberán instalar en cada tablero de acuerdo a la **tabla 250-95**.

TABLERO	CALIBRE DE CABLE DE TIERRA FÍSICA
T8P1	1H-10 AWG
T8AP1	1H-14 AWG
T11P1	1H-10 AWG
T2P2	1H-8 AWG
T5P3	1H-10 AWG

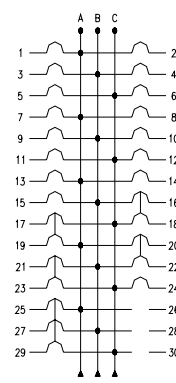
### TABLERO TCC5

Este tablero no cuenta con tierra física y no se pudo identificar la mayoría de sus protecciones debido a la antigüedad de la instalación, su protección general es de 3 x 500 A. Tiene espacio para colocar siete interruptores trifásicos más, ya que los espacios 3, 4 y 18 se encuentran libres y los interruptores 1, 5, 6 y 8 no tienen conductores para alimentar a alguna carga. Finalmente, mencionaremos a los interruptores 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16, que son los que si tienen carga. Se realizaron los cálculos necesarios para poder emitir unas propuestas en cuanto a protecciones y tierra física se refiere.



CUADRO DE CARGA DEL TABLERO TCC5

TABLERO <u>TCC5</u> MARCA <u>SQUARE D</u> TIPO <u>—</u> 3 FASES- 4 HILOS, <u>54</u> CIRCUITOS, 220/127 V.										
DEPENDENCIA <u>PALACIO DE MINERIA</u> UBICACION <u>PLANTA BAJA</u> FECHA <u>23/04/02</u>										
CTO. No.	PROTECCION AMP.	CALIBRE AWG.	3/4 HP MOTOR 1F	5 HP MOTOR 3F	TABLERO 3F	CARGA INSTALADA WATTS.	FASES			
							A	B	C	
1,3,5	N.I	—								
2,4,6	3 X 30	1H-10								
7,9,11	—	—								
8,10,12	—	—								
13,15,17	N.I	—								
14,16,18	N.I	—								
19,21,23	N.I	2H-8								
20,22,24	N.I	—								
25,27,29	N.I	3H-12								
26,28,30	N.I	3H-1/0			T13P1	13,150	5,000	2,850	5,300	
31,33,35	N.I	3H-2	PROT. GEN		T15P1	13,250	6,700	5,450	1,100	
32,34,36	N.I	3H-1/0			T17P1	11,887.5	2,708.3	5,645.83	3,533.33	
37,39,41	N.I	3H-1/0			T10P2	20,525	7,650	7,675	5,200	
38,40,42	N.I	3H-2/0			T6P3	22,297.5	5,960	6,875	9,462.5	
43,45,47	N.I	3H-2/0			T13P2 T1P3	22,125 16,950	6,925 3,600	10,375 10,800	4,825 2,550	
44,46,48	3 X 50	3H-1/0			T9P3 T10P3	22,680 10,137.5	9,000 4,156.25	10,680 5,325	3,000 656.25	
49,51,53	3 X 500	3H-500 MCM								
50,52,54	N.I		1	2		8,020	3,046.66	2,486.66	2,486.66	
TOTALES			560	7,460	153,002.5	161,022.5	54,746.25	68,162.5	38,113.75	



INTER. GRAL. 3 X 500 AMP  
CALIBRE DE LOS ALIMENTADORES 3H-500 MCM  
CARGA INSTALADA: 161,022.5 W.  
DESBALANCE ENTRE FASES 44.08%

\* SE ALIMENTA DEL INTERRUPTOR 5 (CTOS-13,15,17) DEL TABLERO GENERAL DE LA SUBESTACION  
\* SIN TIERRA FISICA

FIGURA 21

ANÁLISIS DEL TABLERO TCC5

Se llevará a cabo el análisis para los interruptores 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16 cuyo resultado, sumando todas las cargas, es:

$$\text{TOT} \begin{cases} \text{Lum} & 94965 \text{ W} \\ \text{Cont} & 74400 \text{ W} \\ \text{Tot} & 169365 \text{ W} \end{cases}$$

Realizamos el análisis con la carga total:

Cargas continuas: lum + cont = 94965 + 10000 = 104965 W

Cargas no continuas: 74400 – 10000 = 64400

Este valor se multiplica por el factor de demanda por ciento de la **tabla 220-13**:

64400 x 0.5 = 32200 W

Ahora calculamos corriente nominal, corriente continua y corriente no continua:

$$I_n = \frac{C. Inst. Tot.}{V_L fp \sqrt{3}} = \frac{169365}{(220)(1)\sqrt{3}} = 444.47 A$$

$$I_{c. cont.} = \frac{C. cont.}{V_L fp \sqrt{3}} = \frac{104965}{(220)(1)\sqrt{3}} = 275.46 A$$

$$I_{c. no cont.} = \frac{C. no cont.}{V_L fp \sqrt{3}} = \frac{32200}{(220)(1)\sqrt{3}} = 84.50 A$$

La protección del alimentador será:

$$I_p = 1.25 I_{c. cont.} + I_{c. no cont.} = 1.25(275.46) + 84.50 = 428.82 A$$

Por lo tanto la protección será de **3 X 450 A** de acuerdo al **artículo 240-6 inciso a)** y la tierra física será **1H- 2 AWG a 500 A** de acuerdo a la **tabla 250-95**.

A continuación se mencionan únicamente los calibres de los hilos de tierra física que se deberán instalar en cada tablero de acuerdo a la **tabla 250-95**.

TABLERO	CALIBRE DE CABLE DE TIERRA FÍSICA
T13P1	1H-10 AWG
T5P2	1H-12 AWG
T16P1	1H-8 AWG
T10P2	1H-8 AWG
T6P3	1H-8 AWG
T13P2	1H-8 AWG
T12P2	1H-6 AWG
T1P3	1H-8 AWG
T9P3	1H-8 AWG
T10P3	1H-10 AWG

### ANÁLISIS DEL TABLERO GENERAL TG

El tablero general cuenta con espacio para 10 interruptores termomagnéticos de los cuales el 1, 2, 6 y 9 se encuentran libres. Entonces se realizará el análisis con los interruptores 3, 4, 5, 7, 8 y 10

### INTERRUPTOR 3

Este interruptor controla al tablero TCC1 cuyos resultados fueron:

$$\begin{array}{l}
 \text{T14P2} \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 4712.5 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 8200 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 12912.5 \text{ W} \end{array} \right. \qquad \qquad \qquad \begin{array}{l}
 \text{T1P1} \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 30437.5 \text{ W} \\ \text{T15P2} \left\{ \begin{array}{l} \text{Cont} \quad 43000 \text{ W} \\ \text{T12P3} \left\{ \begin{array}{l} \text{Tot} \quad 73437.5 \text{ W} \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array} \right.
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \left. \begin{array}{l} \text{T7P3} \\ \text{T3P1} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 17325 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 14000 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 31325 \text{ W} \end{array}
 \end{array}$$

La suma de todas las cargas es: T14P2+T7P3+T3P1+T1P1+T15P2+T12P3

$$\text{TOT} \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 52475 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 65200 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 117675 \text{ W} \end{array} \right.$$

Realizamos el análisis con la carga total:

Cargas continuas: lum + cont = 52475 + 10000 = 62475 W

Cargas no continuas: 65200 – 10000 = 55200 W

Este valor se multiplica por el factor de demanda por ciento de la **tabla 220-13**.

55200 x 0.5 = 27600 W

Ahora calculamos corriente nominal, corriente continua y corriente no continua:

$$I_n = \frac{C. Inst. Tot.}{V_L fp \sqrt{3}} = \frac{117675}{(220)(1)\sqrt{3}} = 308.81 A$$

$$I_{c. cont.} = \frac{C. cont.}{V_L fp \sqrt{3}} = \frac{62475}{(220)(1)\sqrt{3}} = 163.95 A$$

$$I_{c. no cont.} = \frac{C. no cont.}{V_L fp \sqrt{3}} = \frac{27600}{(220)(1)\sqrt{3}} = 72.43 A$$

La corriente de diseño es:

$$I_d = 1.25 I_{c. cont.} + I_{c. no cont.} = 1.25(163.95) + 72.43 = 277.36 A$$

Y tomando en cuenta los factores de agrupamiento y de temperatura tenemos la corriente equivalente:

$$I = \frac{I_d}{(F.T.)(F.A.)} = \frac{277.36}{(1)(0.8)} = 346.70 A$$

Con el valor anterior de corriente podemos definir a los conductores por capacidad de conducción de corriente, estos serían **4H-500 kCM, THW, 380 A, a 75 °C** de acuerdo a la **tabla 310-16**.

La protección del alimentador será:

$$I_p = 1.25 I_{c. cont.} + I_{c. no cont.} = 1.25(163.95) + 72.43 = 277.36 A$$

Por lo tanto la protección será de **3 X 300 A** de acuerdo al **artículo 240-6 inciso a)**  
 En el Palacio de Minería, el **tablero TG** tiene una protección de **3 X 350 A** para el **interruptor 3**, así, se logra una coordinación de protección ya que la corriente que soporta el interruptor es menor a la que soporta el conductor de calibre **500 kCM**, que es el que tiene dimensionado actualmente.

Observamos si cumple con la caída de tensión.

La longitud que se presenta entre el tablero TG y el tablero TCC1 es  $L = 44$  m. La sección transversal para el conductor de calibre 500 kCM es  $S = 253.35$  mm<sup>2</sup>.

$$e\% = \frac{2 L I_n \sqrt{3}}{V_L S} = \frac{2(44)(308.81)\sqrt{3}}{220(253.35)} = 0.84\%$$

Lo cual cumple con la caída de tensión.

#### INTERRUPTOR 4

Este interruptor controla al tablero TCC3 cuyos resultados fueron:

$\left. \begin{array}{l} \text{T8P3} \\ \text{T14P3} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 24748.75 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 8000 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 32748.75 \text{ W} \end{array}$	$\left. \begin{array}{l} \text{T16P2} \\ \text{T12P1} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 7678 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 27000 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 34678 \text{ W} \end{array}$
$\left. \begin{array}{l} \text{T9P2} \\ \text{T21P1} \\ \text{T4P2} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 7775 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 6987 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 14762 \text{ W} \end{array}$	$\left. \begin{array}{l} \text{TOT} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 40201.75 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 41987 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 82188.75 \text{ W} \end{array}$

Realizamos el análisis con la carga total:

Cargas continuas: lum + cont = 40201.75 + 10000 = 50201.75 W

Cargas no continuas: 41987 – 10000 = 31987

Este valor se multiplica por el factor de demanda por ciento de la **tabla 220-13**.

31987 x 0.5 = 15993.5 W

Ahora calculamos corriente nominal, corriente continua y corriente no continua:

$$I_n = \frac{C. Inst. Tot.}{V_L fp \sqrt{3}} = \frac{82188.75}{(220)(1)\sqrt{3}} = 215.69 A$$

$$I_{c. cont.} = \frac{C. cont.}{V_L fp \sqrt{3}} = \frac{50201.75}{(220)(1)\sqrt{3}} = 131.75 A$$

$$I_{c. no cont.} = \frac{C. no cont.}{V_L fp \sqrt{3}} = \frac{15993.5}{(220)(1)\sqrt{3}} = 41.97 A$$

La corriente de diseño es:

$$I_d = 1.25 I_{c. cont.} + I_{c. no cont.} = 1.25(131.75) + 41.97 = 206.66 A$$

Y tomando en cuenta los factores de agrupamiento y de temperatura tenemos la corriente equivalente:

$$I = \frac{I_d}{(F.T.)(F.A.)} = \frac{206.66}{(1)(0.8)} = 258.32 A$$

Con el valor anterior de corriente podemos definir a los conductores por capacidad de conducción de corriente, estos serían **4H-300 kCM, THW, 285 A, a 75 °C** de acuerdo a la **tabla 310-16**.

La protección del alimentador será:

$$I_p = 1.25 I_{c. cont.} + I_{c. no cont.} = 1.25(131.75) + 41.97 = 206.66 A$$

Por lo tanto la protección será de **3 X 225 A** de acuerdo al **artículo 240-6 inciso a)**

En el Palacio de Minería, el **tablero TG** tiene una protección de **3 X 400 A** para el **interruptor 4**. No fue posible logra una coordinación de protección ya que la

corriente que soporta el interruptor no es menor a la que soporta el conductor de calibre **500 kCM**, que es el que tiene dimensionado actualmente.

Observamos si cumple con la caída de tensión.

La longitud que se presenta entre el tablero TG y el tablero TCC3 es  $L = 62$  m. La sección transversal para el conductor de calibre 300 kCM es  $S = 152.01$  mm<sup>2</sup>.

$$e\% = \frac{2 L I_n \sqrt{3}}{V_L S} = \frac{2(62)(215.69)\sqrt{3}}{220(152.01)} = 1.38\%$$

Lo cual cumple con la caída de tensión.

## INTERRUPTOR 5

Este interruptor controla al tablero TCC5 cuyos resultados, sumando todas las cargas, fueron:

$$\text{TOT} \begin{cases} \text{Lum} & 94965 \text{ W} \\ \text{Cont} & 74400 \text{ W} \\ \text{Tot} & 169365 \text{ W} \end{cases}$$

Realizamos el análisis con la carga total:

Cargas continuas: lum + cont = 94965 + 10000 = 104965 W

Cargas no continuas: 74400 – 10000 = 64400 W

Este valor se multiplica por el factor de demanda por ciento de la **tabla 220-13**.

64400 x 0.5 = 32200 W

Ahora calculamos corriente nominal, corriente continua y corriente no continua:

$$I_n = \frac{C. \text{Inst. Tot.}}{V_L \text{fp} \sqrt{3}} = \frac{169365}{(220)(1)\sqrt{3}} = 444.47 \text{ A}$$

$$I_{c. \text{cont.}} = \frac{C. \text{cont.}}{V_L \text{fp} \sqrt{3}} = \frac{104965}{(220)(1)\sqrt{3}} = 275.46 \text{ A}$$

$$I_{c. no cont.} = \frac{C. no cont.}{V_L fp \sqrt{3}} = \frac{32200}{(220)(1)\sqrt{3}} = 84.50 A$$

La corriente de diseño es:

$$I_d = 1.25 I_{c. cont.} + I_{c. no cont.} = 1.25(275.46) + 84.50 = 428.82 A$$

Y tomando en cuenta los factores de agrupamiento y de temperatura tenemos la corriente equivalente:

$$I = \frac{I_d}{(F.T.)(F.A.)} = \frac{428.82}{(1)(0.8)} = 536.02 A$$

Con el valor anterior de corriente podemos definir a los conductores por capacidad de conducción de corriente, estos serían **4H-1000 kCM, THW, 545 A, a 75 °C** de acuerdo a la **tabla 310-16**.

La protección del alimentador será:

$$I_p = 1.25 I_{c. cont.} + I_{c. no cont.} = 1.25(275.46) + 84.50 = 428.82 A$$

Por lo tanto la protección será de **3 X 450 A** de acuerdo al **artículo 240-6 inciso a)**

En el Palacio de Minería, el **tablero TG** tiene una protección de **3 X 600 A** para el **interruptor 5**. No fue posible logra una coordinación de protección ya que la corriente que soporta el interruptor no es menor a la que soporta el conductor de calibre **500 kCM**, que es el que tiene dimensionado actualmente.

Observamos si cumple con la caída de tensión.

La longitud que se presenta entre el tablero TG y el tablero TCC5 es  $L = 83$  m. La sección transversal para el conductor de calibre 1000 kCM es  $S = 506.71$  mm<sup>2</sup>.



$$e\% = \frac{2 L I_n \sqrt{3}}{V_L S} = \frac{2(83)(444.47)\sqrt{3}}{220(506.71)} = 1.15\%$$

Lo cual cumple con la caída de tensión.

## INTERRUPTOR 7

Este interruptor controla al tablero TCC2 cuyos resultados, sumando todas las cargas, fueron:

$$\begin{array}{l} \text{T3P2} \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 2075 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 7200 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 9275 \text{ W} \end{array} \right. \quad \text{T7P1} \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 3737.5 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 1200 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 4937.5 \text{ W} \end{array} \right. \\ \\ \text{T3P3} \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 11100 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 15000 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 26100 \text{ W} \end{array} \right. \quad \text{T4P1+T5P1} \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 23950.5 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad - \\ \text{Tot} \quad 23950.5 \text{ W} \end{array} \right. \\ \\ \text{TOT} \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 40862.5 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 23400 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 64262.5 \text{ W} \end{array} \right. \end{array}$$

Realizamos el análisis con la carga total:

Cargas continuas: lum + cont = 40862.5 + 10000 = 50862.5 W

Cargas no continuas: 23400 – 10000 = 13400 W

Este valor se multiplica por el factor de demanda por ciento de la **tabla 220-13**.

13400 x 0.5 = 6700 W

Ahora calculamos corriente nominal, corriente continua y corriente no continua:

$$I_n = \frac{C. Inst. Tot.}{V_L fp \sqrt{3}} = \frac{64262.5}{(220)(1)\sqrt{3}} = 168.65 \text{ A}$$

$$I_{c. cont.} = \frac{C. cont.}{V_L fp \sqrt{3}} = \frac{50862.5}{(220)(1)\sqrt{3}} = 133.48 \text{ A}$$

$$I_{c. no cont.} = \frac{C. no cont.}{V_L fp \sqrt{3}} = \frac{6700}{(220)(1)\sqrt{3}} = 17.58 A$$

La corriente de diseño es:

$$I_d = 1.25 I_{c. cont.} + I_{c. no cont.} = 1.25(133.48) + 17.58 = 184.43 A$$

Y tomando en cuenta los factores de agrupamiento y de temperatura tenemos la corriente equivalente:

$$I = \frac{I_d}{(F.T.)(F.A.)} = \frac{184.43}{(1)(0.8)} = 230.54 A$$

Con el valor anterior de corriente podemos definir a los conductores por capacidad de conducción de corriente, estos serían **4H-250 kCM, THW, 255 A, a 75 °C** de acuerdo a la **tabla 310-16**.

La protección del alimentador será:

$$I_p = 1.25 I_{c. cont.} + I_{c. no cont.} = 1.25(133.48) + 17.58 = 184.43 A$$

Por lo tanto la protección será de **3 X 200 A** de acuerdo al **artículo 240-6 inciso a)**

En el Palacio de Minería, el **tablero TG** tiene una protección de **3 X 400 A** para el **interruptor 7**, así, se logra una coordinación de protección ya que la corriente que soporta el interruptor es menor a la que soporta el conductor de calibre **1/0 AWG**, que es el que tiene dimensionado actualmente. Cabe hacer notar que son tres hilos del calibre **1/0 AWG** por fase.

Observamos si cumple con la caída de tensión.

La longitud que se presenta entre el tablero TG y el tablero TCC2 es  $L = 42$  m. La sección transversal para el conductor de calibre 250 kCM es  $S = 126.67$  mm<sup>2</sup>.

$$e\% = \frac{2 L I_n \sqrt{3}}{V_L S} = \frac{2(42)(168.65)\sqrt{3}}{220(126.67)} = 0.88\%$$

Lo cual cumple con la caída de tensión.

## INTERRUPTOR 8

Este interruptor controla al tablero TCC4 cuyos resultados, sumando todas las cargas, fueron:

T8P1 { Lum 5185 W Cont 8600 W Tot 13785 W	T11P1 { Lum 3399.5 W Cont 2800 W Tot 6199.5 W
T2P2 { Lum 10425 W Cont 9800 W Tot 20225 W	T5P3 { Lum 4600 W Cont 5092 W Tot 9692 W
TOT { Lum 23609.5 W Cont 26292 W Tot 49901.5 W	

Realizamos el análisis con la carga total:

Cargas continuas: lum + cont = 23609.5 + 10000 = 33609.5 W

Cargas no continuas: 26292 – 10000 = 16292 W

Este valor se multiplica por el factor de demanda por ciento de la **tabla 220-13**.

$16292 \times 0.5 = 8146$  W

Ahora calculamos corriente nominal, corriente continua y corriente no continua:

$$I_n = \frac{C. Inst. Tot.}{V_L f_p \sqrt{3}} = \frac{49901.5}{(220)(1)\sqrt{3}} = 130.96 A$$

$$I_{c. cont.} = \frac{C. cont.}{V_L fp \sqrt{3}} = \frac{33609.5}{(220)(1)\sqrt{3}} = 88.20 A$$

$$I_{c. no cont.} = \frac{C. no cont.}{V_L fp \sqrt{3}} = \frac{8146}{(220)(1)\sqrt{3}} = 21.38 A$$

La corriente de diseño es:

$$I_d = 1.25 I_{c. cont.} + I_{c. no cont.} = 1.25(88.20) + 21.38 = 131.63 A$$

Y tomando en cuenta los factores de agrupamiento y de temperatura tenemos la corriente equivalente:

$$I = \frac{I_d}{(F.T.)(F.A.)} = \frac{131.63}{(1)(0.8)} = 164.54 A$$

Con el valor anterior de corriente podemos definir a los conductores por capacidad de conducción de corriente, estos serían **4H-2/0 AWG, THW, 175 A, a 75 °C** de acuerdo a la **tabla 310-16**.

La protección del alimentador será:

$$I_p = 1.25 I_{c. cont.} + I_{c. no cont.} = 1.25(88.20) + 21.38 = 131.63 A$$

Por lo tanto la protección será de **3 X 150 A** de acuerdo al **artículo 240-6 inciso a)**

En el Palacio de Minería, el **tablero TG** tiene una protección de **3 X 350 A** para el **interruptor 8**, No fue posible lograr una coordinación de protección ya que la corriente que soporta el interruptor no es menor a la que soporta el conductor de calibre **1/0 AWG**, que es el que tiene dimensionado actualmente. Cabe hacer notar que son dos hilos del calibre **1/0 AWG** por fase.

Observamos si cumple con la caída de tensión.

La longitud que se presenta entre el tablero TG y el tablero TCC4 es  $L = 72$  m. La sección transversal para el conductor de calibre 2/0 AWG es  $S = 67.43$  mm<sup>2</sup>.

$$e\% = \frac{2 L I_n \sqrt{3}}{V_L S} = \frac{2(72)(130.96)\sqrt{3}}{220(67.43)} = 2.20\%$$

Podemos ver que los conductores de calibre **2/0 AWG** cumplen con la capacidad de conducción de corriente, pero no con la caída de tensión.

Con el valor de  $e\% = 2$  podremos saber el área del conductor que soporte **130.96 amperes** y tenga una caída de tensión menor a la mencionada.

$$S = \frac{2 L I_n \sqrt{3}}{V_L e\%} = \frac{2(72)(130.96)\sqrt{3}}{220(2.00)} = 74.23 \text{ mm}^2$$

En conclusión, los conductores a utilizar serán **4H-3/0 AWG, THW, 200 A, a 75 °C** de acuerdo a la **tabla 310-16**.

Entonces la caída de tensión será:

$$e\% = \frac{2 L I_n \sqrt{3}}{V_L S} = \frac{2(72)(130.96)\sqrt{3}}{220(85.01)} = 1.75\%$$

Realizamos la suma de todas las cargas:

TCC1+TCC2+TCC3+TCC4+TCC5+T4P3+T13P3, también se le agrega una carga adicional de iluminación que es de 312 kW correspondiente a los registros 1, 2 y 3 que se utilizan principalmente para el evento de la feria del libro en el Palacio de Minería y la carga del **interruptor 10** que controla a los tableros T4P3 y 13P3.

$$\begin{array}{l}
 \text{T4P3} \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 8900 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 5800 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 14700 \text{ W} \end{array} \right. \qquad \text{T13P3} \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 2100 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 10800 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 12900 \text{ W} \end{array} \right. \\
 \\
 \text{TOT} \left\{ \begin{array}{l} \text{Lum} \quad 575113.75 \text{ W} \\ \text{Cont} \quad 247879 \text{ W} \\ \text{Tot} \quad 822992.75 \text{ W} \end{array} \right.
 \end{array}$$

Calculamos la capacidad de los conductores para alimentar al **tablero TG**.

Realizamos el análisis con la carga total:

Cargas continuas: lum + cont = 575113.75 + 10000 = 585113.75 W

Cargas no continuas: 247879 – 10000 = 237879 W

Este valor se multiplica por el factor de demanda por ciento de la **tabla 220-13**.

237879 x 0.5 = 118939.5 W

Ahora calculamos corriente nominal, corriente continua y corriente no continua:

$$I_n = \frac{C. \text{Inst. Tot.}}{V_L \text{ fp } \sqrt{3}} = \frac{822992.75}{(220)(1)\sqrt{3}} = 2159.80 \text{ A}$$

$$I_{c. \text{ cont.}} = \frac{C. \text{ cont.}}{V_L \text{ fp } \sqrt{3}} = \frac{585113.75}{(220)(1)\sqrt{3}} = 1535.53 \text{ A}$$

$$I_{c. \text{ no cont.}} = \frac{C. \text{ no cont.}}{V_L \text{ fp } \sqrt{3}} = \frac{118939.5}{(220)(1)\sqrt{3}} = 312.14 \text{ A}$$

La protección del alimentador será:

$$I_p = 1.25 I_{c. \text{ cont.}} + I_{c. \text{ no cont.}} = 1.25(1535.53) + 312.14 = 2231.55 \text{ A}$$

La protección será de **3 X 2500 A** de acuerdo al **artículo 240-6 inciso a)**

Para el dimensionamiento de los conductores que se deben instalar a partir del equipo de medición de la compañía suministradora hacia el tablero general tomaremos en cuenta el siguiente **artículo 318-11 (b-4) de la NOM-001-SEDE-1999**.

Para tener un mejor manejo de los conductores se dividirán en **4 cables por fase**.

$$I = \frac{Ip}{4} = \frac{2231.55}{4} = 557.89 A$$

Con el valor anterior de corriente podemos definir a los conductores por capacidad de conducción de corriente, estos serían **16H-700 kCM, THW-LS, 610 A, a 75 °C** de acuerdo a la **tabla A-310-2 del Apéndice A**.

Ahora calculamos la capacidad del transformador

Se suman cargas continuas y cargas no continuas:

$585113.75 + 118939.5 = 704053.25 W = 704.053 kW = 704.053 kVA$ , por tener un factor de potencia unitario.

Como podemos observar el transformador debe estar dimensionado para una capacidad de **750 KVA**. Este valor coincide con el que se tiene para los transformadores de la red automática.

## Información estadística de consumos de energía eléctrica

Facturación tabla 1

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>					
<b>DEPENDENCIA:</b> PALACIO DE MINERIA FAC. DE INGENIERIA					
<b>DOMICILIO:</b> TACUBA N° 5 CENTRO HISTORICO					
<b>TIPO DE TARIFA:</b> 3					
<b>AÑO:</b> 2002					
MES	FOLIO	FECHA	FACTOR DE POTENCIA	DEMANDA BASE DE FACTURACIÓN KW	CONSUMO KWH
ENERO	505	01-12-26 a 02-01-24	0.986	264	77,600
FEBREO	505	02-01-24 a 02-02-25	0.991	336	57,600
MARZO	505	02-02-25 a 02-03-26	0.992	352	60,000
ABRIL	505	02-03-26 a 02-04-25	0.985	299	62,400
MAYO	505	02-04-26 a 02-05-24	0.986	128	79,200
JUNIO	505	02-05-24 a 02-06-25	0.99	128	47,200
JULIO	505	02-06-25 a 02-07-24	0.985	144	39,200
AGOSTO	505	02-07-24 a 02-08-23	0.984	153	40,800
SEPTIEMBRE	505	02-08-23 a 02-09-25	0.981	112	65,600
OCTUBRE	505	02-09-25 a 02-10-23	0.986	144	40,800
NOVIEMBRE	505	02-10-23 a 02-11-25	0.985	144	41,600
DICIEMBRE	505	02-11-25 a 02-12-26	0.985	135	39,200

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>					
<b>DEPENDENCIA:</b> PALACIO DE MINERIA FAC. DE INGENIERIA					
<b>DOMICILIO:</b> TACUBA N° 5 CENTRO HISTORICO					
<b>TIPO DE TARIFA:</b> 3					
<b>AÑO:</b> 2001					
MES	FOLIO	FECHA	FACTOR DE POTENCIA	DEMANDA BASE DE FACTURACIÓN KW	CONSUMO KWH
ENERO	505	00-12-27 a 01-01-25	0.973	160	30,400
FEBREO	505	01-01-25 a 01-02-26	0.985	352	55,200
MARZO	505	01-02-26 a 01-03-27	0.985	279	50,400
ABRIL	505	01-03-27 a 01-04-26	0.985	368	96,000
MAYO	505	01-04-26 a 01-05-25	0.986	160	36,800
JUNIO	505	01-05-25 a 01-06-25	0.982	160	42,400
JULIO	505	01-06-25 a 01-07-24	0.982	198	40,000
AGOSTO	505	01-07-24 a 01-08-23	0.985	160	80,000
SEPTIEMBRE	505	01-08-23 a 01-09-24	0.973	160	44,000
OCTUBRE	505	01-09-24 a 01-10-23	0.973	160	44,000
NOVIEMBRE	505	01-01-23 a 01-11-23	0.993	256	82,400
DICIEMBRE	505				



**Tabla 310-16. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores activos en una canalización, cable o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C**

Tamaño nominal mm <sup>2</sup>	Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)						Tamaño nominal AWGkcmil
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
	TIPOS TW* TWD* CCE TWD-UV	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW- LS, THWN*, XHHW*, TT	TIPOS RHH*, RHW- 2, THHN*, THHW*, THHW-LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2,	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*, BM- AL	TIPOS RHW-2, XHHW, XHHW-2, DRS	
Cobre			Aluminio				
0,8235	---	---	14	---	---	---	18
1,307	---	---	18	---	---	---	16
2,082	20*	20*	25*	---	---	---	14
3,307	25*	25*	30*	---	---	---	12
5,26	30	35*	40*	---	---	---	10
8,367	40	50	55	---	---	---	8
13,3	55	65	75	40	50	60	6
21,15	70	85	95	55	65	75	4
26,67	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,41	110	130	150	85	100	115	1
53,48	125	150	170	100	120	135	1/0
67,43	145	175	195	115	135	150	2/0
85,01	165	200	225	130	155	175	3/0
107,2	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,03	400	475	535	320	385	435	750
405,37	410	490	555	330	395	450	800
456,04	435	520	585	355	425	480	900
506,71	455	545	615	375	445	500	1000
633,39	495	590	665	405	485	545	1250
760,07	520	625	705	435	520	585	1500
886,74	545	650	735	455	545	615	1750
1013,42	560	665	750	470	560	630	2000
FACTORES DE CORRECCIÓN							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes						Temperatura ambiente en °C
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	21-25
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	26-30
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	31-35
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	36-40
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	41-45
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	46-50
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	51-55
56-60	****	0,58	0,71	****	0,58	0,71	56-60
61-70	****	0,33	0,58	****	0,33	0,58	61-70
71-80	****	****	0,41	****	****	0,41	71-80

\* A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta NOM, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (\*), no debe superar 15 A para 2,082 mm<sup>2</sup>(14 AWG); 20 A para 3,307 mm<sup>2</sup> (12 AWG) y 30 A para 5,26 mm<sup>2</sup> (10 AWG), todos de cobre.

Tabla 250-95

Tamaño nominal mm<sup>2</sup> (AWG o kcmil)

Capacidad o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. (A)	Cable de cobre	Cable de aluminio
15	2,082 (14)	-----
20	3,307 (12)	-----
30	5,26 (10)	-----
40	5,26 (10)	-----
60	5,26 (10)	-----
100	8,367 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,15 (4)
300	21,15 (4)	33,62 (2)
400	33,62 (2)	42,41 (1)
500	33,62 (2)	53,48 (1/0)
600	42,41 (1)	67,43 (2/0)
800	53,48 (1/0)	85,01 (3/0)
1000	67,43 (2/0)	107,2 (4/0)
1200	85,01 (3/0)	126,7 (250)
1600	107,2 (4/0)	177,3 (350)
2000	126,7 (250)	202,7 (400)
2500	177,3 (350)	304 (600)
3000	202,7 (400)	304 (600)
4000	253,4 (500)	405,37 (800)
5000	354,7 (700)	608 (1200)
6000	405,37 (800)	608 (1200)

Tabla 220-13. Factores de demanda para cargas de receptáculos en edificios no residenciales

Parte de la carga de receptáculos a la que se aplica el factor de demanda (VA)	Factor de demanda por ciento
Primeros 10 kVA o menos	100
A partir de 10 kVA	50

## Artículo 240-6

## 240-6. Capacidades nominales de corriente eléctrica normalizadas

**a) Fusibles e interruptores de disparo fijo.** Para selección de fusibles y de interruptores de disparo inverso, se deben considerar los siguientes valores normalizados de corriente eléctrica nominal: 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000 y 6000 A. Se consideran como tamaños normalizados los fusibles de 1,3,6,10 y 601 A. Se permite el uso de fusibles e interruptores automáticos de tiempo inverso con valores de corriente nominal diferentes a los valores indicados en este inciso.

**b) Interruptores de disparo ajustable.** La capacidad nominal de corriente eléctrica normalizada de los interruptores de disparo ajustable, del tipo con retardo de tiempo largo (capacidad nominal en A o por sobrecarga) que tengan medios externos de ajuste, debe ser el del máximo ajuste posible.

**Excepción:** Los interruptores automáticos que tengan tapas removibles selladas sobre los medios de ajuste o que estén situados detrás de las puertas atornilladas de las envolventes de los equipos o detrás de las puertas cerradas accesibles sólo a personas calificadas, podrán tener un nivel de disparo igual al correspondiente ajuste de tiempo largo.

**NOTA:** No se intenta prohibir el uso de fusibles e interruptores de tiempo inverso de capacidades no normalizadas.

## PROPUESTAS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LA ENERGÍA EN EL PALACIO DE MINERÍA.

Con los resultados obtenidos en el diagnóstico energético se iniciarán las propuestas para el mejoramiento de la Instalación eléctrica en el Palacio de Minería y así obtener una mejor calidad y ahorro económico de energía.

### 3.1.- PROPUESTAS DE CAMBIO EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL PALACIO DE MINERÍA.

#### 3.1.1.-TABLEROS DE ALIMENTACIÓN Y PROTECCIONES.

Se propone un cambio total del tablero de distribución (**TG**) así como de los interruptores que se encuentran instalados en dicho tablero, ya que el tablero no cuenta con algunas de las tapas que lo conforman y esto podría ocasionar un accidente, algunos de los interruptores ya no tienen la leyenda de capacidad de protección en Amperes, estos interruptores ya son algo viejos y esto podría ocasionar un mal funcionamiento de estos. Propuesta realizada con base al diagrama unifilar del Palacio de Minería.

**REFERENCIA: TG, TCC1, TCC2, TCC3, TCC4, TCC5**

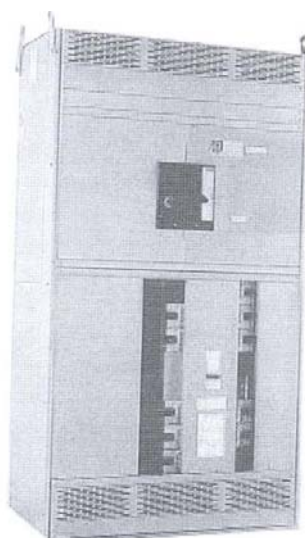


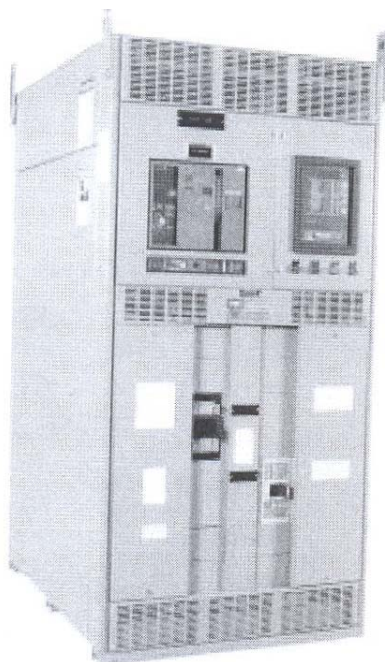
FIGURA 22

Sección de combinación con el interruptor principal automático

## DESCRIPCIÓN

### TABLERO DE DISTRIBUCIÓN

Tableo **TG** tablero de distribución clase 2700 QDPACT LOGIC, marca SQUARE D. Formado por un gabinete de lámina de acero ralado en frío de calibre 12 USG, en estructura y calibre 14 USG. En tapa y puerta tipo autosoportado de las siguientes medidas. Altura 2.324 mts., frente 1.066 mts., fondo 1.219 mts., servicio interior nema 1 usos generales terminado en pintura electrostática color gris ANSI 49, para operar en una tensión de 440-480 volts, capacidad de corriente del sistema 1600 amperes. Con barras generales de cobre plateado adecuadas a la capacidad del interruptor principal. En un sistema de 3 fases, 4 hilos, diseñadas para soportar 65 kA simétricos de corto circuito en estructura, corriente de falla disponible de 42 kA. Estructura del gabinete.



#### SECCIÓN COMBINADA QDPACT LOGIC

Una sección combinada de 3 fases 4 hilos, 1600 amperes 440-480 volts para alojar un interruptor electromagnético de potencia principal Masterpact, 3 polos, 1600 amperes, 600 volts, 60 Hz, montaje fijo, operación manual, Cat. NW16H13VV2AFM, un juego de zapatas terminal de lado de línea, alimentada mediante cable y unidad de control MICROLOGIC 6.0 a con la siguiente protección selectiva mas falla a tierra LSIG, módulo AD de alimentación externa de 110 volts.

Sección combinación con interruptor principal Masterpact NW

FIGURA 23

### EQUIPO DE MEDICIÓN DIGITAL

Módulo con instrumentación digital básica con los siguientes parámetros:

Catálogo 3020P M600.

Display con cable de 30 cm, catálogo 3020 PMD32.

Corriente, tensión L-L, tensión L-N, potencia real kW, Potencia reactiva kVAR.

### 3.2 COMPARACIÓN Y SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS CONVENCIONALES POR AHORRADORAS.

La luz artificial juega un papel importante en nuestros días debido a que sin ella no podríamos llevar a cabo actividades nocturnas ni tampoco muchas de las que realizamos durante el día. No es extraño entonces que de 30% de la energía eléctrica total generada en México sea consumida por los sistemas de iluminación.

La mayoría de las lámparas utilizadas son del tipo incandescentes.

El foco incandescente es el de más bajo rendimiento, debido a que su operación está basado en el calentamiento de un filamento hasta el rojo blanco, con lo cual convierte el 95 % de la energía eléctrica en calor y solo el 5% en luz. Desde un punto de vista, la lámpara incandescente es más eficiente como calefactor o radiador de calor que como lámpara. A pesar de este inconveniente, las incandescentes presentan grandes cualidades como, altísimo rendimiento de color (CRI), agradable aspecto cromático (TCC), no requiere balastro, son muy puntuales, operan con factor de potencia unitario, no producen efectos estroboscópico, son muy baratas y se tiene amplia disponibilidad. De hecho, algunos modelos avanzados pueden superar las 20,000 horas de vida nominal, aunque la eficacia es menor que en los modelos normales.



LÁMPARA DE 75 Y 45 WATTS



LAMPARA DE 100 WATTS



LAMPARA DE 40 WATTS



LÁMPARA DICROICA DE 50 W

FIGURA 24

Hay aplicaciones en donde las incandescentes son prácticamente insustituibles como en la iluminación de pistas de aeropuertos, aplicaciones de fotografía, cine, aplicaciones científicas, joyería, etc.

En la tabla 1 se muestra una comparación entre dos lámparas dicróicas, la primera, de 50 W, es la que está actualmente instalada, y la segunda es una lámpara mas moderna de menor potencia, de 35 W.

Tabla 1

CUADRO COMPARATIVO DE LÁMPARAS CONVENCIONALES vs AHORRADORAS	
LÁMPARA ACTUAL	LÁMPARA PROPUESTA
Lámpara dicróica de 50 Watts	Lámpara dicróica de 35 Watts IRC
Candelas 1800	Candelas 2200
Ángulo 38°/WFL	Ángulo 38°/WFL
Vida de Lámpara 3000 hrs.	Vida de Lámpara 4000 hrs.
Número de lámparas 219	Número de lámparas 219
Carga total 10950 Watts	Carga total 7665 Watts

La lámpara fluorescente es otro tipo de dispositivo de descarga eléctrica con aplicaciones generales en iluminación. Se trata de una lámpara de vapor de mercurio de baja presión contenida en un tubo de vidrio, revestido en su interior con un material fluorescente como el fósforo. La radiación del arco de la lámpara de vapor hace que el fósforo se torne fluorescente. La mayor parte de la radiación del arco es luz ultravioleta invisible, pero esta radiación se convierte en luz visible al excitar al fósforo. Las lámparas fluorescentes cuentan con una serie de ventajas importantes.

Si se elige el tipo de fósforo adecuado, la luz que generan estos dispositivos puede ser de calidad similar a la luz solar. Además, su eficacia es muy elevada. Un tubo fluorescente que consume 40 W de potencia genera tanta luz como una bombilla incandescente de 150 W. Debido a su potencia luminosa, las lámparas fluorescentes producen menos calor que las incandescentes para generar una luminosidad semejante.



Lámpara compacta fluorescente

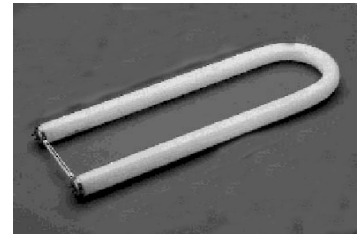


Lámpara compacta fluorescente

Vela lisa



Lámpara Fluorescente



Lámpara fluorescente curvalum

FIGURA 25

Las desventajas de estas lámparas fluorescentes no compactas es su tamaño mas grande para la cantidad de luz generada, generalmente se instalan en áreas con techo alto, donde se necesitan altos lúmenes para actividades como la lectura y los deportes.

En la tabla 2 se muestra una comparación entre dos lámparas fluorescentes, la primera, de 75 W, es la que actualmente está instalada y la segunda es una lámpara mas moderna de menor potencia, de 59 W.

Tabla2

CUADRO COMPARATIVO DE LÁMPARAS CONVENCIONALES vs AHORRADORAS	
LÁMPARA ACTUAL	LÁMPARA PROPUESTA
Lámpara Fluorescente de 1X75 Watts PHIL T-12	Lámpara Fluorescente de 1X59 Watts PHIL T-8
Arranque rápido	Arranque rápido
Base Fa8	Base Fa8
Temp. Color 5000 K	Temp. Color 5000 K
CRI 85	CRI 84
Long. 2440 mm	Long. 2440 mm
Vida de lámpara 12000 hrs.	Vida de lámpara 15000 hrs.
Lúmenes 6500-6125	Lúmenes 5900-5490
Balastro convencional	Balastro electrónico FB = 0.9
Número de lámparas 730	Número de lámparas 730
Carga total 68437.5 Watts	Carga total 43070 Watts

En la tabla 3 se muestra una comparación entre dos lámparas fluorescentes, la primera de 40 W, es la que actualmente está instalada y la segunda es una lámpara mas moderna de menor potencia, de 32 W.

Tabla 3

CUADRO COMPARATIVO DE LÁMPARAS CONVENCIONALES vs AHORRADORAS	
LÁMPARA ACTUAL	LÁMPARA PROPUESTA
Lámpara Fluorescente de 1X40 Watts PHIL T-12	Lámpara Fluorescente de 1X32 Watts PHIL T-8
Arranque rápido	Arranque rápido
Base G13	Base G13
Temp. Color LDD 6500 K	Temp. Color 5000 K
CRI 79	CRI 86
Long. 1220 mm	Long. 1220 mm
Vida de lámpara 20000 hrs.	Vida de lámpara 24000 hrs.
Lúmenes 2600-2260	Lúmenes 2950-2800
Balastro convencional	Balastro electrónico FB = 0.9
Número de lámparas 449	Número de lámparas 449
Carga total 22450 Watts	Carga total 14368 Watts



En la tabla 4 se muestra una comparación entre dos lámparas fluorescentes, la primera de 4x20 W, es la que actualmente está instalada y la segunda es una lámpara mas moderna de menor potencia, de 2x32 W.

Tabla 4

CUADRO COMPARATIVO DE LÁMPARAS CONVENCIONALES vs AHORRADORAS	
LÁMPARA ACTUAL	LÁMPARA PROPUESTA
Lámpara Fluorescente de 4X20 Watts PHIL T-12	Lámpara Fluorescente curvalum 2X32 Watts PHIL T-8
Arranque rápido	Arranque rápido
Base G13	Base G13
Temp. Color LDD 6500 K	Temp. Color TL80 4100 K
CRI 62	CRI 85
Long. 610 mm	Long. 610 mm
Vida de lámpara 9000 hrs.	Vida de lámpara 20000 hrs.
Lúmenes 1200-1050	Lúmenes 1400-1300
Balastro convencional	Balastro electrónico FB = 0.9
Número de lámparas 2488	Número de lámparas 2488
Carga total 62200 Watts	Carga total 42296 Watts

En la tabla 5 se muestra una comparación entre dos lámparas, la primera, incandescente de 75 W, es la que actualmente está instalada y la segunda es una lámpara fluorescente de menor potencia, de 20 W.

Tabla 5

CUADRO COMPARATIVO DE LÁMPARAS CONVENCIONALES vs AHORRADORAS	
LÁMPARA ACTUAL	LÁMPARA PROPUESTA
Lámpara incandescente de 75 Watts	Lámpara compacta fluorescente 20 Watts
Lúmenes 1000	Lúmenes 1200
Vida de Lámpara 1000 hrs.	Vida de Lámpara 10000 hrs.
Tipo de base E26	Tipo de base E26
Tensión 125 Volts	Tensión 127 Volts
Desperdicio de energía del 90 a 95 % en forma de calor	Ahorro de energía 80 %
Sin balastro	Balastro electrónico integrado a la lámpara
	Temp. Color 6000 K
Número de lámparas 898	Número de lámparas 898
Carga total 67350 Watts	Carga total 17960 Watts

En la tabla 6 se muestra una comparación entre dos lámparas, la primera, incandescente de 100 W, es la que actualmente está instalada y la segunda es una lámpara fluorescente de menor potencia, de 23 W.

Tabla 6

CUADRO COMPARATIVO DE LÁMPARAS CONVENCIONALES vs AHORRADORAS	
LÁMPARAS ACTUALES	LÁMPARAS PROPUESTAS
Lámpara incandescente de 100 W	Lámpara fluorescente compacta de 23 W
Lúmenes 1560	Lúmenes 1500
Vida de Lámpara 1000 hrs.	Vida de la lámpara 10000 hrs.
Tipo de base E26	Tipo base E26
Tensión 125 Volts	Tensión 127 Volts
Desperdicio de energía del 90 a 95 % en forma de calor	Ahorro de energía 80 %
Sin balastro	Balastro electrónico integrado a lámpara
	Temp. Color 6000 K
Número de lámparas 8	Número de lámparas 8
Carga total 800 Watts	Carga total 184 Watts

En la tabla 7 se muestra una comparación entre dos lámparas, la primera, incandescente de 45 W, es la que actualmente está instalada y la segunda es una lámpara fluorescente de menor potencia, de 20 W.

Tabla 7

CUADRO COMPARATIVO DE LÁMPARAS CONVENCIONALES vs AHORRADORAS	
LÁMPARA ACTUAL	LÁMPARA PROPUESTA
Lámpara incandescente de 45 Watts	Lámpara fluorescente compacta de 20W
Lúmenes 450	Lúmenes 1500
Vida de Lámpara 2000 hrs.	Vida de la lámpara 10000 hrs.
Tipo de base E26	Tipo base E26
Tensión 130 Volts	Tensión 127 Volts
Desperdicio de energía del 90 a 95 % en forma de calor	Ahorro de energía 80 %
Sin balastro	Balastro electrónico integrado a la Lámpara
	Temp. Color 6000 K
Número de lámparas 8	Número de lámparas 8
Carga total 360 Watts	Carga total 160 Watts

En la tabla 8 se muestra una comparación entre dos lámparas, la primera, incandescente de 40 W, es la que actualmente está instalada y la segunda es una lámpara fluorescente de menor potencia, 11 W.

Tabla 8

CUADRO COMPARATIVO DE LÁMPARAS CONVENCIONALES vs AHORRADORAS	
LÁMPARA ACTUAL	LÁMPARA PROPUESTA
Lámpara incandescente vela lisa de 40 W	Lámpara compacta fluorescente de 11 watts Vela lisa
Lúmenes 450	Lúmenes 225
Vida de Lámpara 1000 hrs.	Vida de la lámpara 6000 hrs.
Tipo de base E26	Tipo de base E26
Tensión 125 Volts	Tensión - Volts
Desperdicio de energía del 90 a 95 % en forma de calor	Ahorro de energía 80 %
Sin balastro	Sin balastro
Número de lámparas 343	Número de lámparas 343
Carga total 13720 Watts	Carga total 3773 Watts

### 3.3.- SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE CONTROL DE CONSUMO DE ENERGÍA.

#### 3.3.1 SENSORES DE PRESENCIA.

##### CONTROLES DE ILUMINACIÓN CON DETECTOR DE PRESENCIA

*Los detectores de presencia son un paso hacia el ahorro de energía y económico*

Reducir el consumo de energía eléctrica de manera económicamente eficiente, sin afectar los niveles de comodidad, puede reducir de manera importante los gastos de energía de un edificio y tener un impacto positivo en el medio ambiente.

Por lo general la iluminación consume entre el 30 y 40% de la electricidad que requiere un edificio. No hay manera más sencilla de reducir el consumo de energía eléctrica para iluminación que apagar la luz en los espacios que no se estén ocupando, la forma más efectiva de monitorear la iluminación de estos espacios es instalando detectores de presencia que apagan la luz **automáticamente**.

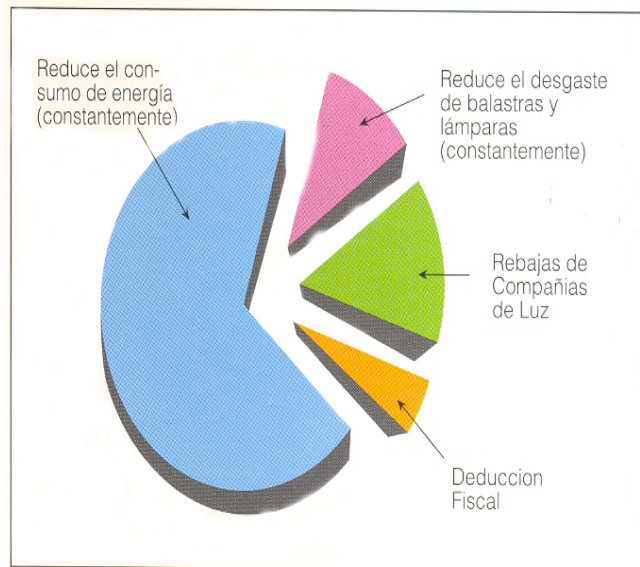
**Por que Conviene Usar Detectores de Presencia**

El uso de los detectores de presencia tiene cuatro ventajas principales

1.- Ahorro

figura 26

Los detectores de presencia monitorean la presencia de las personas y encienden las luces en el momento en que alguien entra a una habitación o la apagan automáticamente poco después de que la persona sale de la habitación

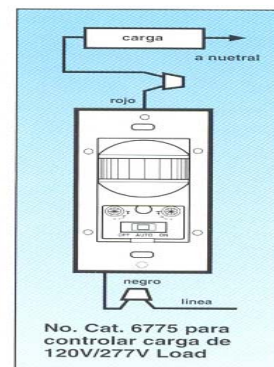


Con estos dispositivos se reduce el uso de energía eléctrica para la iluminación entre 25-50%. También se pueden obtener ahorros a largo plazo por el menor uso de la iluminación que tiene como consecuencia una mayor vida útil de las lámparas y de balastos, además se puede reducir el uso del aire acondicionado, ya que las lámparas y balastos dejan de generar calor cuando son apagadas por los detectores de presencia.

2.- Simplicidad

Los detectores de presencia funcionan utilizando tecnología bastante sofisticada, pero son muy fáciles de instalar y de usar, existen modelos que reemplazan a los interruptores de pared existentes. Estos detectores de presencia están diseñados para montarse en cajas de pared o en las superficies de los techos.

figura 27



### 3.- Versatilidad

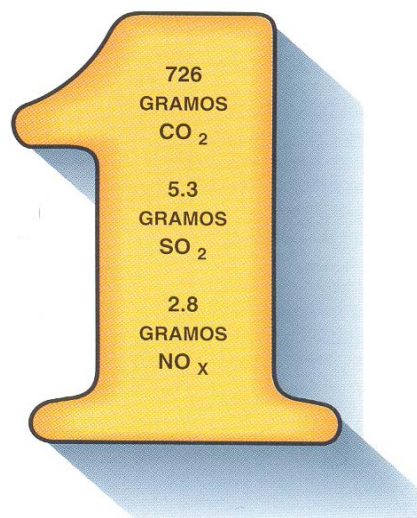
Los detectores de presencia son un método muy efectivo para reducir el desperdicio de energía eléctrica para iluminación en espacios desocupados. Para lograr este objetivo eficazmente, conviene desarrollar un plan enfocado a las áreas de uso intensivo y determinar un esquema efectivo de cobertura para cada área, seleccionando detectores de presencia ultrasónicos o infrarrojos, y colocando cada dispositivo apropiadamente. Se pueden utilizar varios tipos de detectores de presencia en espacios con un circuito de iluminación común, o conjuntamente en espacios más grandes que tengan mas de un circuito de iluminación.

Esta flexibilidad para su instalación permite que las personas que trabajen después de las horas hábiles puedan circular libremente por diferentes espacios sin tener iluminado todo el piso.

Figura 28

### 4.-Mejor medio ambiente.

El uso de los detectores de presencia ayuda a reducir la cantidad de gases dañinos que se liberan en la atmósfera como subproductos de la generación de energía eléctrica. El 35% de todo el bióxido de carbono (gas que produce el efecto invernadero), el 65% de todo el bióxido de azufre (gas que produce principalmente la lluvia ácida) y el 36% de todos los óxidos nitrosos (Componentes importantes de la lluvia ácida y del smog) son generados por las centrales eléctricas alimentadas con petróleo y carbón.



Existen dos tipos de detectores de presencia. Uno de ellos funciona a base de radiación infrarroja y el otro tipo a base de ondas de sonido ultrasónico.

**Detectores de Presencia infrarrojo Pasivos (PIRs)**

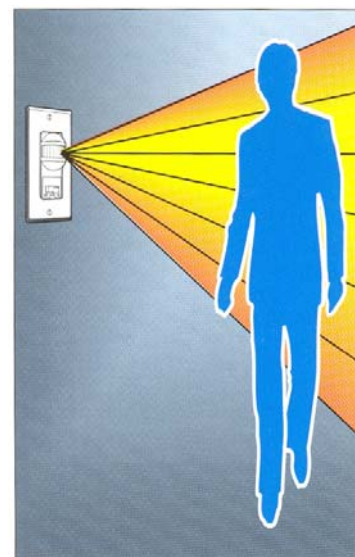
Los detectores de presencia infrarrojos son pasivos y están diseñados para detectar el movimiento de un cuerpo que emita calor. La gente vestida emite radiación infrarroja en forma de calor, a través de sus manos, brazos y cabeza. El detector de presencia infrarrojo se coloca de tal manera que pueda monitorear el movimiento dentro de un espacio en forma de cono o de cuña, con una altura y anchura especifica , a lo que se le conoce como campo de visión.



Figura 29

Figura 30

Un lente especializado en el detector divide el campo de visión en zonas alternas. A medida que un cuerpo en movimiento pasa de una zona a otra el detector percibe el movimiento como un cambio en el fondo infrarrojo y responde encendiendo las luces del área, después de que el campo de visión permanece desocupado durante un periodo de tiempo que selecciona el usuario (el instalador lo fija generalmente entre 5 segundos y 15 minutos) el detector responde a la ausencia del movimiento en el campo de visión apagando las luces del área.



**Detectores de Presencia Ultrasónicos (Uss)**

Los controles ultrasónicos generan ondas sonoras de alta frecuencia en un rango de 25 kHz a 40 kHz, por arriba de la capacidad del oído humano. Los controles ultrasónicos son activos, y comúnmente emiten estas ondas sonoras, bombardeando todo lo que se encuentre dentro de su rango.

El movimiento dentro del campo de la onda sonora causará un cambio en la frecuencia de la onda. El control de iluminación ultrasónico responderá a este cambio encendiendo las luces del área. Cuando el detector de control ultrasónico no detecte un cambio en la frecuencia durante un cierto periodo de tiempo apagará las luces del área.

**Donde se deben usar los detectores de presencia**

Los detectores de presencia son más efectivos cuando se usan para monitorear las áreas con tráfico donde las personas rara vez, si acaso, apagan las luces voluntariamente. En los edificios comerciales, industriales e institucionales comunes, estas áreas incluyen:

- Áreas delimitadas de oficinas
- Sanitarios
- Pasillos
- Escaleras
- Clósets / Áreas de almacenamiento
- Salones
- Salas de cómputo
- Áreas abiertas de oficinas
- Salones de clase
- Salas de conferencia

- Bodegas
- Cuartos de copiado
- Habitaciones de hotel

### 3.3.2 OTROS DISPOSITIVOS

H. R. México pone a su disposición el equipo ahorrador de energía PMD (Power Management Device) el cual ha tenido una gran aceptación en mercados como el de Estados Unidos y Corea, entre otros.

**El PMD modelo 10000 y modelo 5000** que opera con un voltaje de entrada de 220 V, con una capacidad de 5 kVA que soporta 25 luminarias de 150 watts y el modelo 10000 con una capacidad de 10 kVA con capacidad de 50 luminarias de 150 watts a vapor de sodio, aditivos metálicos, etc. Logrando un ahorro de energía de hasta 37.5%. Este equipo trabaja para circuitos de iluminación en estacionamientos, fachadas, bodegas, aeropuertos, etc.

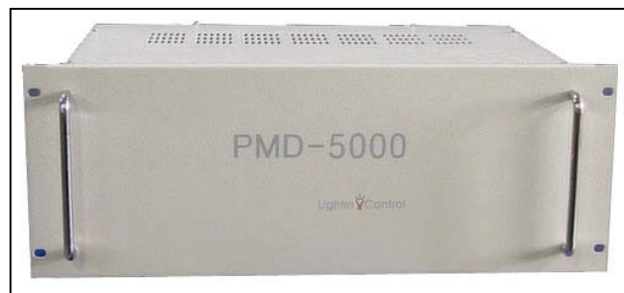


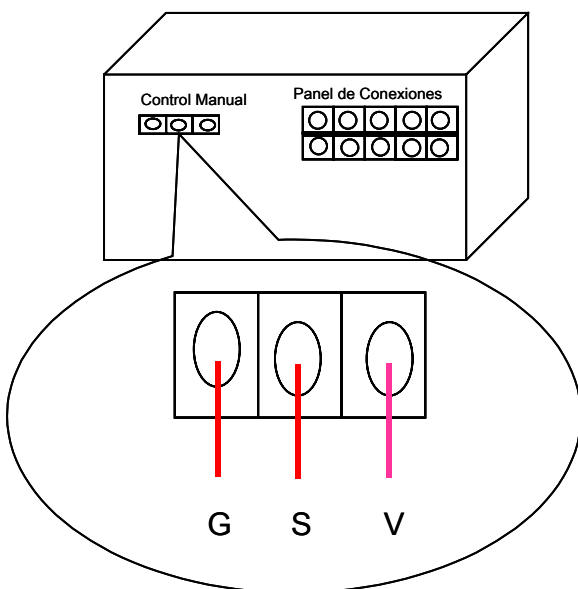
Figura 31



El PMD modelo 3000 y modelo 2200 que opera con un voltaje de entrada de 110 V, logrando un ahorro del 9-10 % en consumo. Este equipo es recomendable para instalarse en oficinas, bodegas, fachadas, etc.

Diagrama de conexiones

2. PMD diagrama de conexión del Panel de Control manual.



El control de DC del equipo PMD permite cambiar manualmente el nivel de ahorro programado.

1. PMD Diagrama de conexión

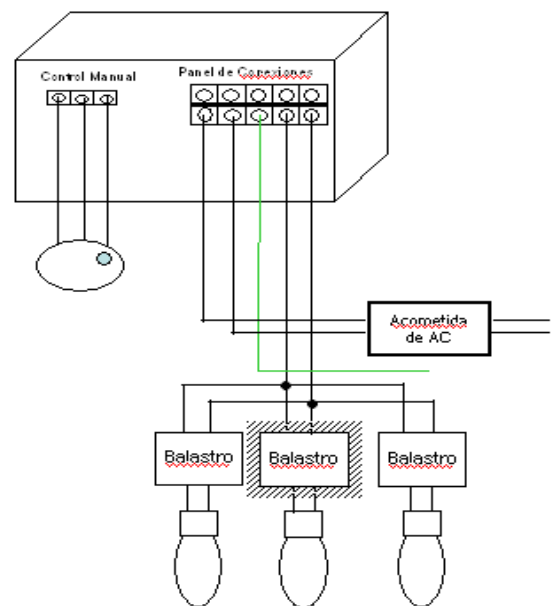


Figura 32

EJEMPLO

Sistema con esquema de ahorro con lámparas fluorescentes incandescentes, a diferentes potencias (figura 32).

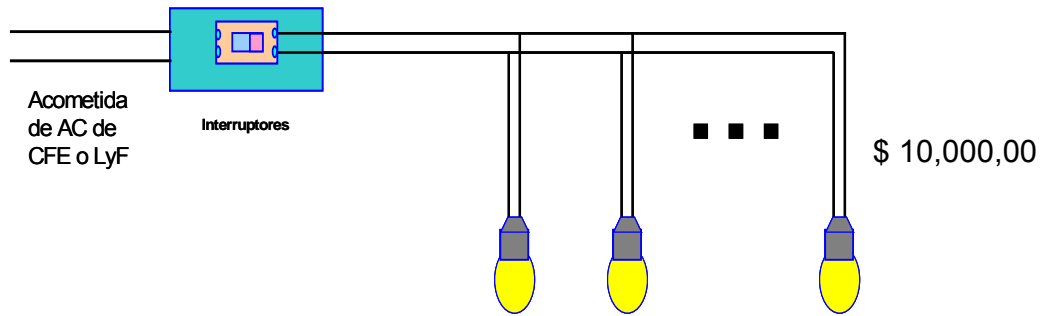


figura 33

Sistema integral de ahorro de energía con PMD y lámparas fluorescentes e incandescentes, diferentes potencias (figura 33).

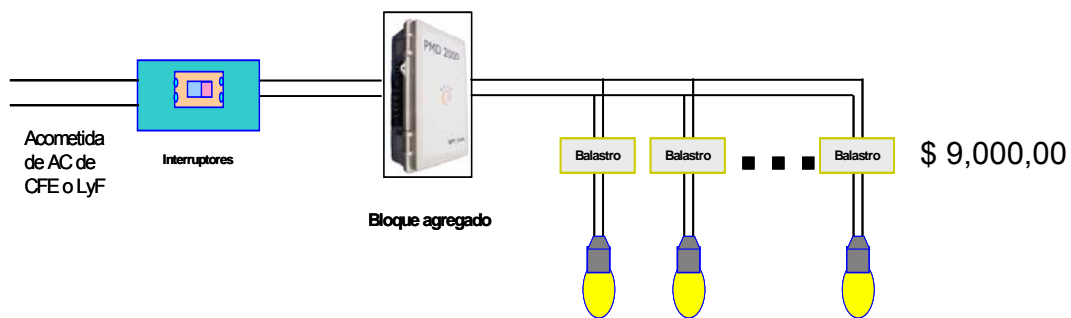


figura 33

## TEMPORIZADOR

El temporizador es un mecanismo eléctrico que apaga las luces automáticamente al cabo de un cierto tiempo que podemos establecer nosotros. Es una buena forma de ahorrar energía. Se suele instalar en la escalera.

Estos dispositivos son usados principalmente para el control de iluminación. La forma mas fácil de programación es utilizando unidades de tiempo. Su aplicación mas sencilla es la de encender las luces a una hora determinada y la de apagarlas a otra. Existen unidades complejas que permiten la programación para los 365 días del año con ajustes para cada estación.

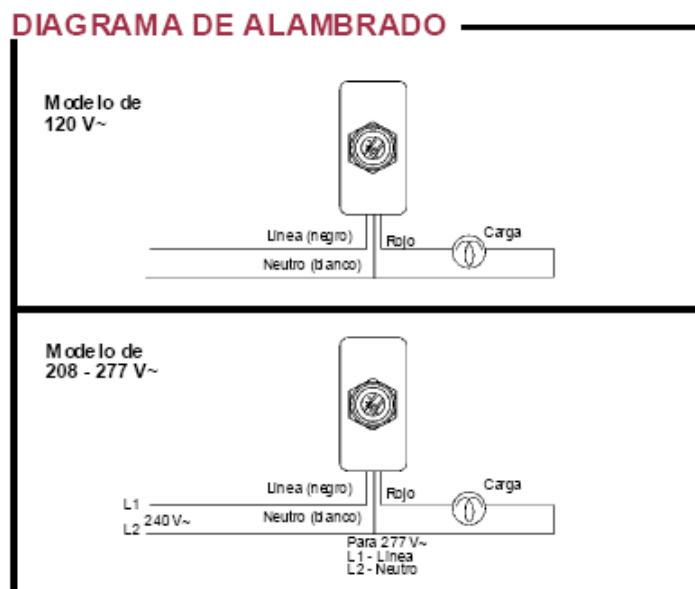


Figura 34

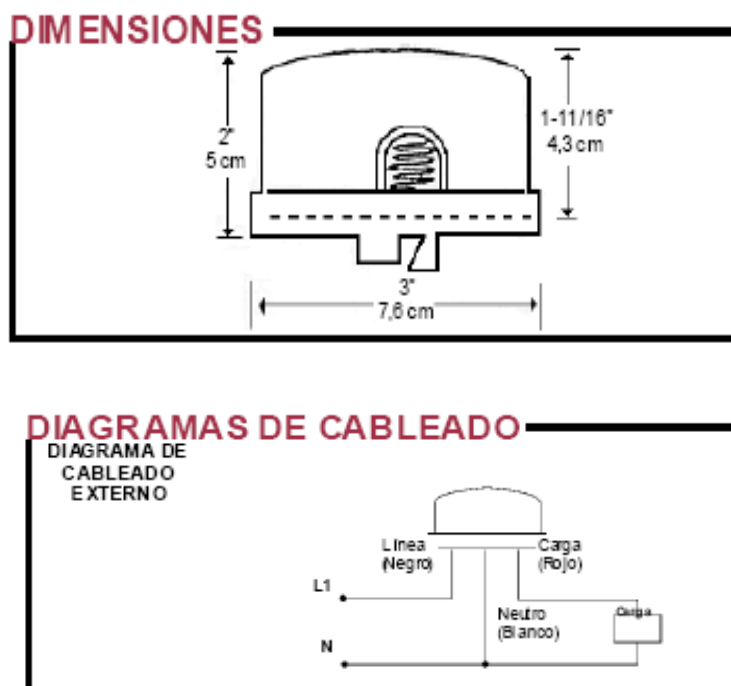
**FOTOCELDAS:**

Se encuentra dentro de los detectores de luz fotoconductores. Estos son básicamente resistencias sensibles a la luz, los cuales se construyen de materiales cuya resistencia decrece cuando son iluminados. Las fotoceldas se utilizan a menudo en los relés fotoeléctricos, como elementos fotosensibles o también en los controles automáticos de intensidad de luz de las cámaras o de las luminarias empleadas en la iluminación de los pasillos y calles.



Figura 35

El empleo de las fotoceldas debe ser considerado desde el diseño de la instalación eléctrica, para evitar adecuaciones costosas. Los circuitos deben ser seleccionados de tal forma que su apagado no interfiera con otras áreas donde se requiera mantener encendidas las luminarias.



°Figura 36

### 3.4 ELABORACIÓN DE PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PARARRAYOS

Una descarga atmosférica es un acontecimiento imprevisible.

El principio fundamental de la protección de edificios y estructuras contra descargas atmosféricas es proporcional al medio por el cual una descarga puede llegar a tierra.

Las descargas atmosféricas sobre edificios y estructuras tienden a conducirse a través de las partes exteriores metálicas o terminales aéreas conectadas a conductores que atraen usualmente las descargas; por esto se debe proporcionar una adecuada conexión a tierra de las partes metálicas, los daños a la construcción y a los equipos pueden evitarse ampliamente así como el riesgo de daños a las personas que se encuentren en el Edificio o a sus alrededores en el momento de la descarga atmosférica.

El Centro Histórico tiene un alto índice de caídas de descargas atmosféricas en tiempo de lluvias, por lo que es importante que cuente con un sistema de protección contra descargas atmosféricas.

Para la correcta elaboración de los Proyectos de Sistemas de Pararrayos de los diferentes inmuebles de la UNAM en nuestro caso será el Edificio del Palacio de Minería, debe considerarse su tamaño, tipo de estructura y uso específico; así como su localización y geometría del edificio.

#### **Sistemas a utilizar.**

Se realizaron dos proyectos uno con el sistema tradicional de pararrayos tipo Jaula de Faraday y otro con el sistema de punta ionizante con dispositivo de cebado piezoeléctrico. Los dos proyectos se realizaron debido a que para el tipo jaula de Faraday se requieren 12 bajadas a tierra en total por lo que se tendrían que hacer mas perforaciones en el inmueble para sujetar el cable de la bajada a tierra y siendo éste un patrimonio universitario el cual se pretende no dañar, se optó por realizar el tipo de punta ionizante que solo requiere de dos bajadas a tierra.

Generalidades de las Normas Oficiales Universitarias respecto a Sistema de Pararrayos:

- Todas las bajadas de los Sistemas de Pararrayos deben estar canalizadas con tubería conduit PVC servicio pesado y ahogadas en columnas.
- Todas las bajadas deben diseñarse con un registro a 1.8 m del nivel de piso terminado para alojar al desconectador.
- El uso de tecnología diferente implica que debe estar basada en la NFPA vigente.
- Todos los equipos y estructuras ubicados en azoteas deben conectarse al sistema de pararrayos.
- Para que el sistema de pararrayos pueda ser aterrizado debe cumplir con lo indicado en la NOU-DEL-11 Sistema de tierra.
- Los inmuebles de la UNAM deben cumplir en su diseño con un sistema de tierras independientes para el sistema eléctrico, otro para el sistema de pararrayos y otro para el equipo electrónico y de telecomunicaciones.
- Los diferentes sistemas de tierra que se construyan en la UNAM deben cumplir con los siguientes valores.

SISTEMA DE TIERRA	VALOR MÁXIMO DE DISEÑO
Eléctrico	10 $\Omega$
Electrónico	4 $\Omega$ o el que indique el fabricante Del que se va a proteger.
De pararrayos en C.U.	20 $\Omega$
De pararrayos fuera de C.U.	10 $\Omega$

Para sistemas de tierra en C.U. y terrenos rocosos debe proyectarse siempre con sistema de electrodo profundo en delta, en terreno de siembra con malla de electrodos, en terrenos con tepetate, electrodos a base de varilla copperwelld y mejoramiento de terreno, y en terrenos arenosos con electrodo químico.

- El diseño debe incluir indicaciones claras de la interconexión de los sistemas de tierra y de los puntos donde se realizará dicha interconexión.

- Cada sistema de tierra debe contar con un registro de medición.

- Toda malla o cerca limítrofe de protección de las subestaciones debe de conectarse al sistema de tierra si ésta se apoya sobre la superficie ocupada por la malla de tierra, o ser directamente conectada a electrodos independientes si queda a más de 1.22 metros de distancia de la malla de tierra.

Cálculo del sistema de pararrayos

Para calcular el electrodo o malla de puesta a tierra, se procede a medir el valor de resistividad del terreno. Para esto se realizó una medición de resistencia aplicando el método de cuatro electrodos, que recomienda la IEEE en su estándar 142.

Se realizaron tres mediciones en las cercanías del lugar los resultados obtenidos fueron los siguientes:

$$R1= 0.95 \text{ Ohms}$$

$$R2= 1.31 \text{ Ohms}$$

$$R3= 0.88 \text{ Ohms}$$

El valor promedio es de 1.04 Ohms

Con este valor promedio se entra a la fórmula que recomienda el fabricante del Megger marca AEMC Instrument.

La resistividad es:

$$\rho= 2 \pi RA$$

Donde R es el valor de resistencia, y A es el espaciamiento entre electrodos, sustituyendo datos.

$$\rho = 2(3.1416)(1.04)(3) = 19.72 \text{ Ohms-m}$$

La resistencia a tierra de una varilla copperwelld está dada por la fórmula:

$$R = [\rho / 2 \pi L](\ln(4L/D))$$

Donde:

$\rho$  = resistividad del terreno

L = longitud de la varilla copperwelld

D = diámetro de la varilla

$\pi = 3.1416$

Sustituyendo datos.

$$R = [(19.72)/2(3.1416)(3)](\ln(4(3)/0.058)) = 5.57 \text{ Ohms}$$

De acuerdo a lo que especifican las normas universitarias NOUDEL en su apartado de sistemas de pararrayos se recomienda un valor de 20 Ohms como máximo del valor de resistencia a tierra, por lo que con el valor de resistividad del terreno que se tiene con una bajada a tierra sería suficiente.

### **CÁLCULO DEL NÚMERO DE PUNTAS Y BAJADAS**

Jaula de Faraday

Para realizar el proyecto del sistema de pararrayos tipo jaula de Faraday se elaboró el plano de la azotea del edificio, obteniendo las medidas del perímetro para ubicar los elementos que conforman al sistema de pararrayos. Con las medidas del perímetro del edificio se calcula el número de bajadas a tierra física y el número de puntas necesarias para el sistema de pararrayos.



El perímetro medido de la azotea del edificio es de 360.7 metros, con esta medida se calcula el número de bajadas a tierra con las que contará el sistema de pararrayos.

La Norma NFPA780 establece que para proteger un edificio con un perímetro menor o igual a 75 metros requiere mínimo dos bajadas a tierra y para un perímetro superior a 75 m se requiere una bajada a tierra por cada 30 mts. extras.

Para este caso se requieren dos bajadas para los primeros 75 mts. y el número de bajadas extras que se requiere está dado por la expresión:

$$\text{No. de bajadas extras} = (360.7-75)/30 = 9.523$$

El edificio requiere 12 bajadas a tierra espaciadas uniformemente para disipar la corriente de descarga en el terreno.

El espaciamiento de las puntas debe ser menor o igual a seis metros, entonces para un perímetro de 360.7 metros, se requieren de 60 puntas como mínimo, como se puede comprobar con la expresión siguiente:

$$\text{No. de puntas} = 360.7/6 = 60.1$$

El número total de puntas propuestas en el plano es de 131 ya que existen zonas mas altas en la azotea y patios internos que deben ser protegidos. Las puntas deben ser instaladas en el perímetro del edificio cada seis metros, 34 puntas de 90 cm en cada una de las bajadas y en las esquinas, las 97 puntas restantes de 30 cm en el perímetro del edificio como se muestra en el plano.

Material y detalles de conexiones del sistema de pararrayos

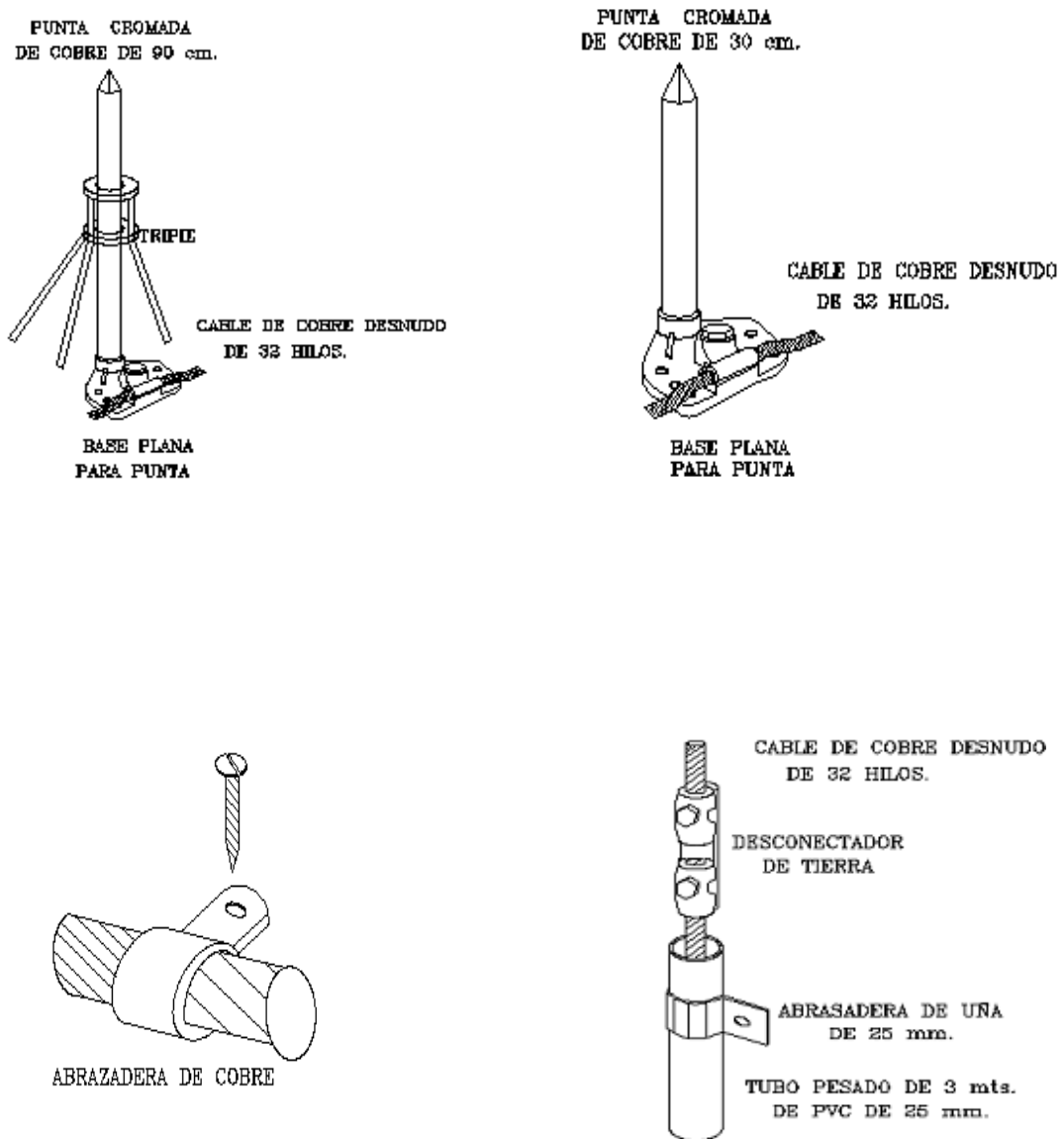


FIGURA 37

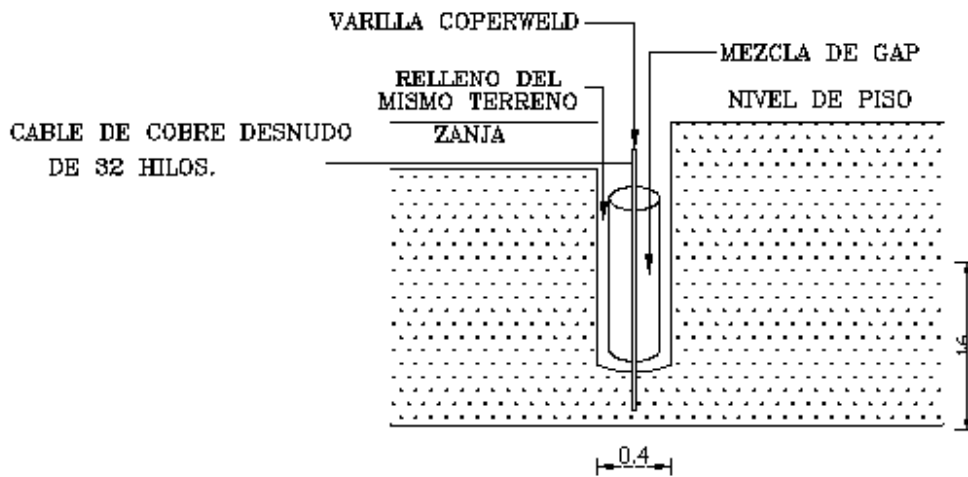
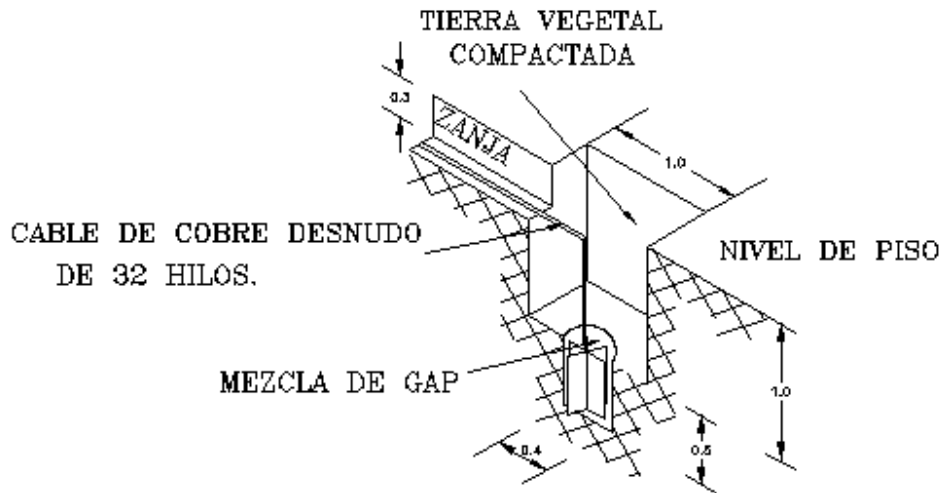


Figura 38

## SISTEMA DE PARARRAYOS SAINT ELME

Este pararrayos es considerado como uno de los pararrayos más eficaces a nivel mundial por contar con un dispositivo de cebado (emisor de trazador anticipado):

### 1.- Sistema interno

Este dispositivo está formado por cerámicas piezoeléctricas en las que se han dispuesto dipolos con una orientación dada, las cuales por efecto de presión producen iones positivos o negativos en forma permanente (estas cerámicas se activan por simple modificación de presión por la velocidad del viento exterior) conectadas eléctricamente a un cable de alta tensión que llega hasta una o varias puntas de acero inoxidable en donde se liberan los iones.

### 2.- Sistema externo.

Formado por una cabeza captadora de la corriente de la descarga eléctrica atmosférica, esta cabeza captadora está constituida por un sistema venturi el cual consiste en inyectores y eyectores de aire, para favorecer la salida acelerada de iones positivos y negativos a la atmósfera, tiene tres inyectores (entrada de aire) en la parte inferior de una área mayor y tres inyectores (salida de aire) en la parte superior de una área menor.

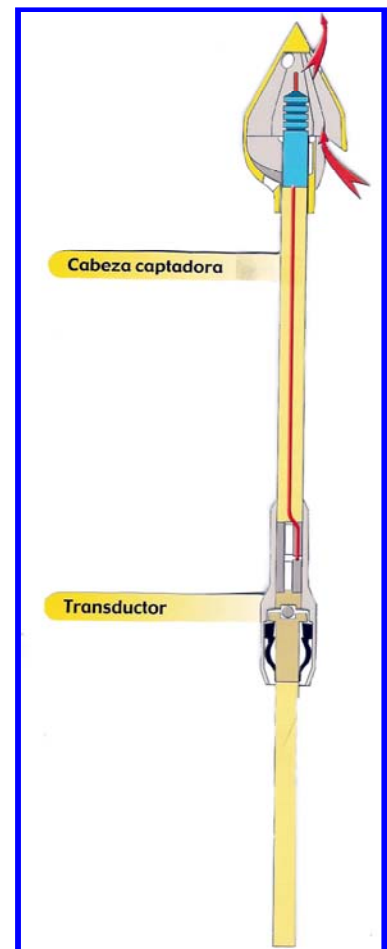


Figura 39

Los dos estudios se realizaron debido a que para el tipo jaula de Faraday se requieren 12 bajadas a tierra en total por lo que se tendrían que hacer más perforaciones en el inmueble para sujetar el cable de la bajada a tierra y siendo éste un patrimonio universitario el cual se pretende no dañar se optó por realizar el tipo de punta ionizante que solo requiere de dos bajadas a tierra.

Los equipos instalados en la azotea como son lámparas de alumbrado exterior, equipo de aire acondicionado, motores y postes metálicos que sostienen el domo deben conectarse al sistema de pararrayos.

A continuación se dan algunas ventajas y desventajas de los dos tipos de sistemas:

### **Sistema Jaula de Faraday**

- a) Una de las ventajas que presenta el diseño del sistema es que no influye en el rayo, en otras palabras, no aumenta las probabilidades de que incida el rayo en el sistema, a menos de que se presenten las condiciones naturales para que incida en alguna de las puntas de éste.
- b) El sistema se diseña para drenar a tierra la energía generada para más de dos bajadas a tierra, es decir el rayo tiene mas de dos caminos por donde se disipe la energía.
- c) El sistema permite la interconexión de otros equipos que se encuentren instalados en la azotea.
- d) El sistema es confiable mientras se mantengan todos sus elementos en buenas condiciones, así como sus valores de resistencia a tierra dentro de norma.
- e) La desventaja que presenta el sistema es que además de ser alta la inversión, es vulnerable contra el robo de sus partes, aunque esto se podría eliminar si se impide el paso a la azotea a cualquier persona ajena a las instalaciones.
- f) Otras desventajas son que sólo protege el área donde se instala el blindaje, requiere de gran cantidad de material cuando existen elementos muy elevados después de la azotea (antenas, torres, etc.) el sistema de protección ya no es seguro.

**Sistema de punta ionizante con dispositivo de cebado piezoeléctrico (Franklin France)**

- a) Una ventaja de este sistema con respecto a el sistema de jaula de Faraday es el costo, en muchas ocasiones es menor 50 %.
- b) Protege áreas extensas tanto en zonas abiertas como en zonas cerradas.
- c) El material para su instalación es mínimo, solo requiere de una o dos bajadas máximo, para su sistema de aterrizado.
- d) Una vez instalado correctamente este sistema de pararrayos no requiere mantenimiento.
- e) Protege en forma de una esfera ficticia es decir que a partir de su punta trabaja con un radio  $x$  hacia los costados, cubriendo así la totalidad de la zona.
- f) La desventaja más importante es que está diseñado con elementos piezoeléctricos que atraen al rayo, ionizando el medio a su alrededor y convirtiéndose en un elemento captador de energía.

## **RED AUTOMÁTICA**

### **4.1 TIPOS DE ESTRUCTURA DE BAJA TENSIÓN CON LA CUAL SE ALIMENTA EL PALACIO DE MINERÍA**

El tipo de sistema de distribución eléctrica con el cual se alimenta el Palacio de Minería es de malla o red automática. Las primeras redes automáticas de corriente alterna se construyeron de una y dos fases y se pusieron en operación en Nueva York en 1922, por la compañía United Electric Light and Power, con protectores contruidos por la empresa Palmer Electric and Manufacturing. Poco después las patentes fueron compradas por las compañía Westinghouse, que perfeccionó el sistema y los equipos. En 1924 la misma empresa puso en servicio la primera red automática trifásica en Nueva York y a partir de entonces su uso se extendió rápidamente.

Inicialmente se pensó que la red automática se usaría sólo para grandes ciudades y en zonas donde existiese una densidad de carga muy alta, pero a medida que fue pasando el tiempo y que se perfeccionaron procedimientos y equipo ha venido empleándose en ciudades de menor importancia. Actualmente hay redes instaladas en poblaciones hasta de 25 mil habitantes en Estados Unidos.

En la actualidad, aunque la tendencia mundial de expansión de estas redes ha disminuido un poco, aún se siguen construyendo abundantemente.

Dos redes de este tipo existen en la actualidad en la ciudad de México, la figura muestra las redes automáticas en operación en México.

El sistema de la red automática garantiza un servicio prácticamente continuo porque las fallas en los alimentadores de alta tensión y en los secundarios de baja tensión no afectan a los usuarios.

Únicamente habrá interrupción en el caso de una falla en la subestación principal o una salida completa de todo el sistema, casos poco frecuentes y que, por lo general, de presentarse, se deben resolver en tiempos cortos. Habrá también interrupciones cuando la falla sea en baja tensión en la acometida del servicio del cliente.

Se puede considerar que una red automática está constituida por dos partes: alta tensión y baja tensión. La figura 40 muestra esquemáticamente y en forma muy simplificada un sistema de red automática servido por dos alimentadores. En la parte superior izquierda se indica la sección ocupada por la alta tensión; asimismo, se advierte la sección correspondiente a la subestación alimentadora, en la cual se marcan las barras de las redes automáticas. Cabe señalar que todos los alimentadores deben emanar de la misma barra. Además, hay barras auxiliares que sirven para dejar fuera los interruptores o reactores por falla o licencia en ellos.

A través de un interruptor sumergido en aceite salen de la subestación principal los alimentadores, y ya en el lugar de utilización se conectan directamente a los transformadores de distribución tipo interior instalados en locales proporcionados por los clientes.

En la parte inferior de la figura 40 se muestra lo que abarca la parte secundaria de la red. Los cables de baja tensión del transformador se conectan al protector, que es un interruptor automático en aire controlado por relevadores. Del protector salen cables monofásicos que se conectan a buses de baja tensión que permiten que salgan de ahí varios cables. Dichos cables que salen de la bóveda se extienden en la calle interconectándose entre si formando una malla que sustituye la red de baja tensión.



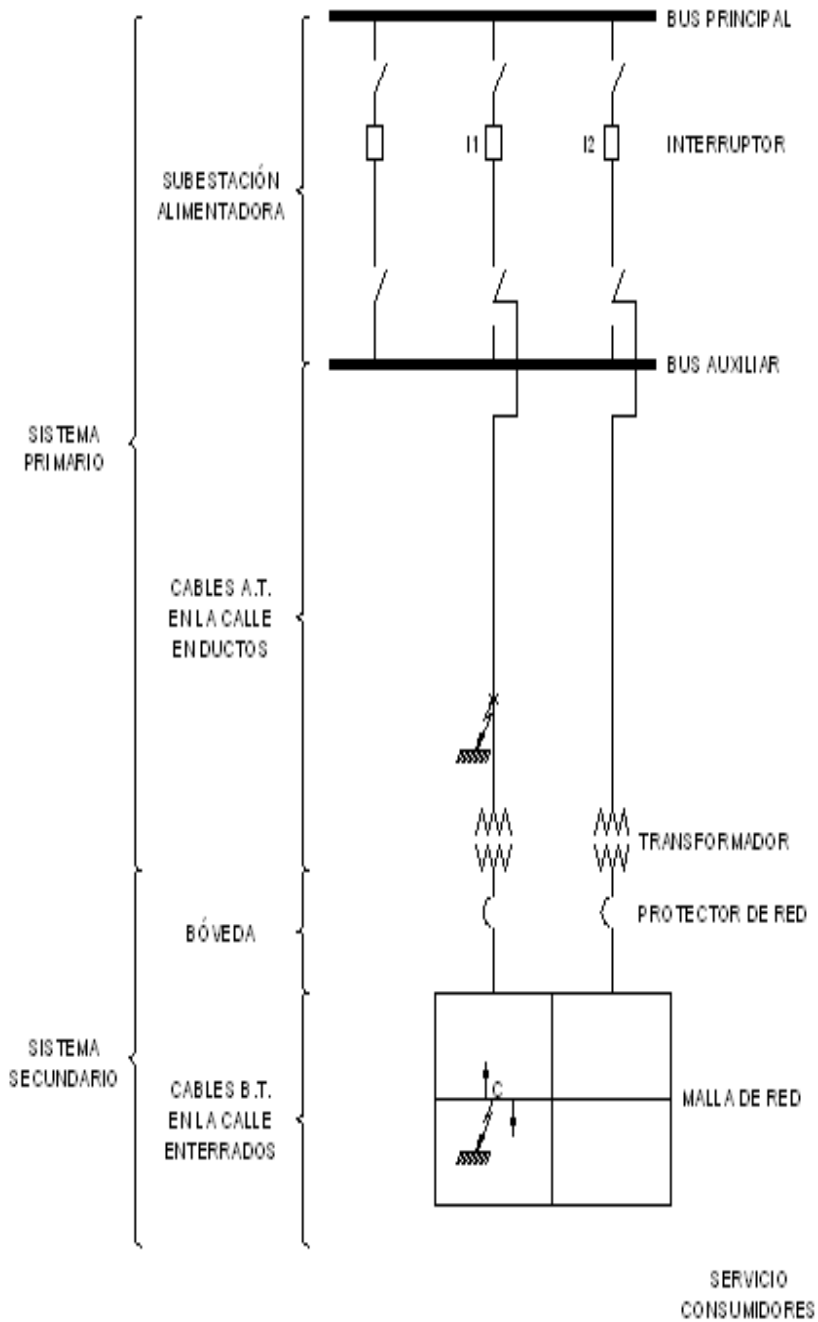


Figura 40. Diagrama de una red automática

**ELEMENTOS CONSTITUTIVOS**

La red automática o sistema de distribución en la malla consiste en una red interconectada en baja tensión operando a un voltaje de utilización de 220/127 ó 460/265 y energizada desde alimentadores radiales de 23 000, 13 800 ó 6000 volts, unidos por medio de transformadores de 23 000/BT, 13 800/BT ó 6000/BT.

El sistema de alimentadores múltiples en alta tensión al que se conecta un número determinado de transformadores, que a su vez alimentan la malla de baja tensión, se diseña de tal manera que se asegure una continuidad del 100%, excepto cuando existe una falla en la subestación de potencia que alimenta a los primarios de la red.

El diseño se basa en la premisa de que una falla en cualquier alimentador primario o transformador de red no causa interrupción en el servicio, dado que la carga está alimentada por el resto de los primarios y transformadores del sistema.

La salida automática de una alta tensión o transformador con falla se garantiza por la operación de los protectores de red que operan por corriente inversa.

En resumen, se puede afirmar que los elementos constitutivos de una red automática son:

Malla secundaria.

Unidad de red (consiste en un transformador y un protector de red).

Alimentadores primarios.

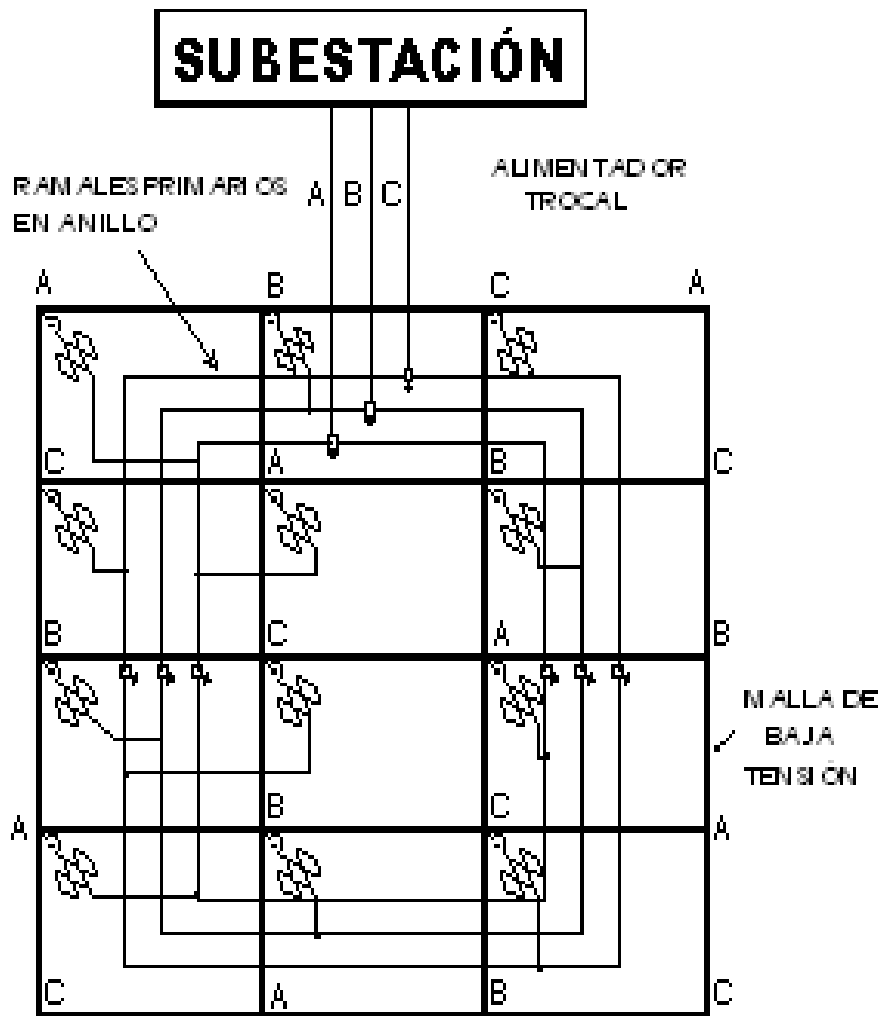


FIGURA 41 Diagrama unifilar de una red automática con tres alimentadores

## PRINCIPIOS BÁSICOS DE OPERACIÓN

Se mencionará brevemente el funcionamiento de la red automática, se explicará sencillamente como trabaja este tipo de redes.

Cuando un alimentador de alta tensión sufre una contingencia o queda fuera por mantenimiento, el interruptor de la subestación principal abre, así como el protector PR 1, ya que es sensible a la energía en inversa que fluye de la malla de red al alimentador fuera de servicio. El alimentador 2 debe ser capaz entonces de llevar toda la carga de la malla, o sea que normalmente debe estar cargado a la mitad cuando el sistema esté en operación normal. Se observa entonces que la falla en alta tensión no afecta a la continuidad del servicio.

Por lo general, al inicio de una red los alimentadores se diseñan para trabajar radialmente; sin embargo, a medida que la carga aumenta conviene idear un arreglo en anillo para los alimentadores primarios, ya que es recomendable que la menor porción posible del alimentador quede fuera de servicio y, por tanto, de la red, se acostumbra cerrar en anillo los alimentadores primarios por medio de interruptores que permitan operaciones necesarias para dejar fuera la parte dañada así como poner a tierra el cable defectuoso.

La figura 42 ilustra un alimentador que muestra los interruptores D, E y F. Si se presenta una falla en el punto b, bastará con operar los interruptores en D y E para que quede libre la parte dañada. Si el defecto fuera en el punto A se operarían los interruptores E y F, y si ello ocurriera en c se operarían los interruptores D y F. Los interruptores con recierre automático no tienen uso en redes subterráneas automáticas debido a que en circuitos subterráneos todas las fallas que se presentan son de carácter permanente, además, en un sistema de red automática no es necesario reenergizar el circuito, ya que en realidad no hay interrupción del servicio.

Una vez reparada la falla o terminado el mantenimiento del alimentador del interruptor de la subestación o de la sección del primario que está en licencia, se cierran los protectores que abrieron; asimismo deberán cerrarse sus contactos al –

-detectar los relevadores la diferencia de potencia a que están calibrados. Una falla en un transformador se aísla de la misma manera que un alimentador primario.

Algunos tipos de transformadores de las redes están equipados con desconectores, de tal manera que un transformador con falla se puede aislar del sistema y podrá entrar nuevamente el alimentador completo. En cuanto a la malla o red de baja tensión, se puede decir que es un circuito trifásico de cuatro hilos al que se conectan tanto los circuitos de alumbrado como los de fuerza.

Cada carga de la red se alimenta normalmente desde dos puntos cuando menos y por ello se divide proporcionalmente, de acuerdo con la distancia a la que estén los puntos de alimentación.

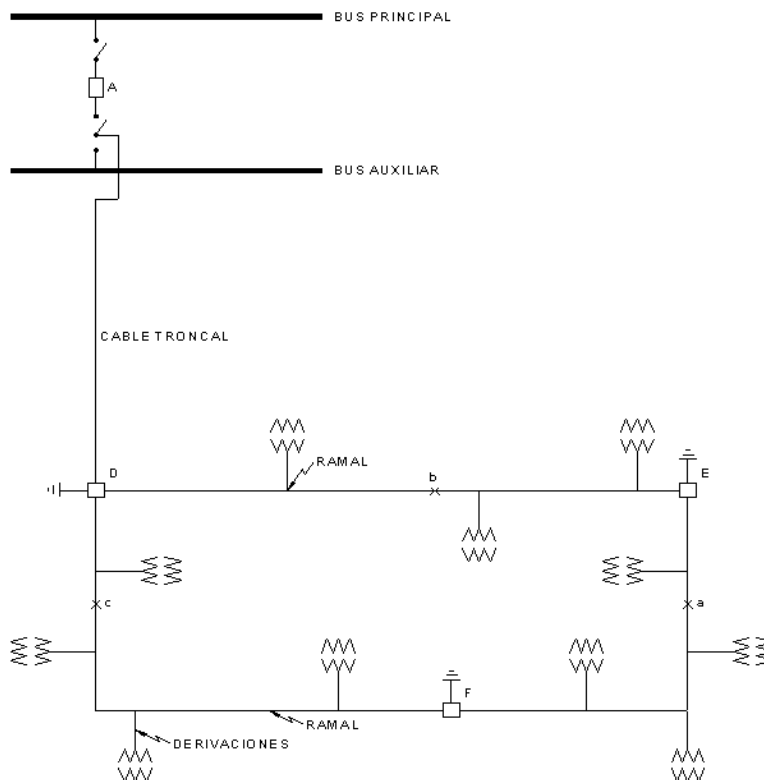


FIGURA 42

}En la medida que la carga cambie, también cambiará su división en los puntos de alimentación o transformadores, de tal manera que las caídas de voltaje se mantendrán constantes desde estos puntos. Estas cargas por lo regular se alimentan desde dos puntos, si se presentara un cambio brusco en la carga, como un arranque de motores grande, causará menos disturbios de voltaje que en un sistema radial, aún cuando este último esté diseñado para el mismo porcentaje de regulación.

Si se supone una falla en los cables de baja tensión por ejemplo en C de la figura 40, todos los transformadores alimentarán esa falla y el cortocircuito es suficientemente grande para trozar el cable, volatilizándolo el material. Los servicios no se interrumpen, como se aprecia en la figura, porque no se pierde la continuidad, ya que las cargas 2 y 3 de cada lado de la falla siguen alimentados por los otros secundarios.

## **DISEÑO ELÉCTRICO DE UNA RED AUTOMÁTICA**

### **Alimentadores primarios**

#### ***Número óptimo de alimentadores***

Sólo cuando se inicia una red automática se puede pensar en dos alimentadores, y generalmente cuenta con tres o más de éstos. Considerando que siempre se necesitarán más alimentadores para el aumento progresivo de la carga, aquí se presenta el número óptimo de alimentadores que debe tener una red automática para el máximo aprovechamiento de su capacidad; considerando que las redes están diseñadas para una primera contingencia, se tendrá:

N = Número de alimentadores.

Xn = Carga que debe llevar cada alimentador.

Entonces:

$\frac{X_n}{N-1}$  = Carga adicional que debe llevar cada alimentador al salir uno de ellos.

Por tanto:

$$X_n + \frac{X_n}{N-1} = 100 \%$$

$$X_n \left[ \frac{N-1+1}{N-1} \right] = 100 \%$$

$$X_n = \left[ \frac{N-1}{N} \right] \times 100 \%$$

### **Arreglo de alimentadores primarios para un reparto óptimo de carga**

La intercalación y el número de alimentadores primarios determina la reserva en capacidad que se requiere de los transformadores. Para redes suministradas por seis alimentadores o menos es razonable suponer que no quedará fuera de servicio mas de un alimentador en cualquier instante durante el pico de carga. Esto significa que la capacidad total de los transformadores en servicio con un alimentador cualquiera fuera debe ser tal que pueda llevar sin sobrecargarse la carga en este momento, aun ocurriendo durante el pico de carga.

### **Factor de aplicación**

Todas las redes de distribución automática en los secundarios utilizan múltiples alimentadores primarios. El sistema se debe diseñar de tal manera que por medio de las unidades de red (TR y PR) y por el diseño de los circuitos de la red secundaria las cargas conectadas al sistema tengan 100% de continuidad a pesar de presentarse alguna falla en un alimentador, y que en algunos casos permita la salida de dos alimentadores sin interrupción.

En un sistema de red automática el diseño de alimentadores primarios deberá estar íntimamente ligado a las unidades de red y los secundarios. Un factor importante de esta relación se conoce con el nombre de *factor de aplicación* y se define como la relación entre la capacidad instalada de unidades de red a la carga.

$$FA = \frac{\text{capacidad instalada}}{\text{carga}}$$

El factor de aplicación es un parámetro extremadamente importante en el diseño de una red, ya que la capacidad total de las unidades de red que se requieren para servir una carga dada será directamente proporcional a este factor.

### **DISEÑO DE LA RED SECUNDARIA**

Un sistema de red automática consiste en un número de componentes que deben operar coordinadamente; en consecuencia en el diseño de la malla secundaria esto debe tomarse en cuenta.

Deben saberse los datos de carga y la localización de las mismas, para lo cual se utiliza un modelo geográfico de la zona en que se vaciarán todos los datos que se obtengan. A partir de este modelo se podrá hacer una simplificación de las cargas, ya que las que están cercanas a las esquinas se podrán concentrar en las mismas, y cuando se tenga una carga significativa a lo largo de la calle se podrá concentrar en la mitad. Después de estas simplificaciones se hará un modelo que muestre el arreglo aproximado que llenarán los cables secundarios de la red.

En la mayoría de los casos existen secundarios que cubren casi completamente el área por proyectar, y, por tanto, sólo será necesario conectar entre sí estos secundarios, de tal manera que formen una malla continua, añadiendo cables secundarios para el efecto e instalando también algunos cables para ciertas cargas importantes.



Una buena aproximación en cuanto a la distribución de carga a lo largo de los secundarios es dividir cada carga entre los puntos adyacentes de manera inversamente proporcional a la distancia entre éstas y las puntas de unión. Por ejemplo, a lo largo de los alimentadores de baja tensión a-b (figura 43), el 58% de los 13 kW de carga se deberá asignar al punto a y el otro 42% al b, así como el 85% de los 14 kW se deberá asignar al punto b y el otro 15% al a. Cuando todas las cargas se encuentren ya repartidas en esta forma, la suma de las distintas componentes de carga de este alimentador secundario darán la carga total concentrada en este punto. Después que se hayan concentrado las cargas será posible dividirlos y repartirlos a los transformadores.

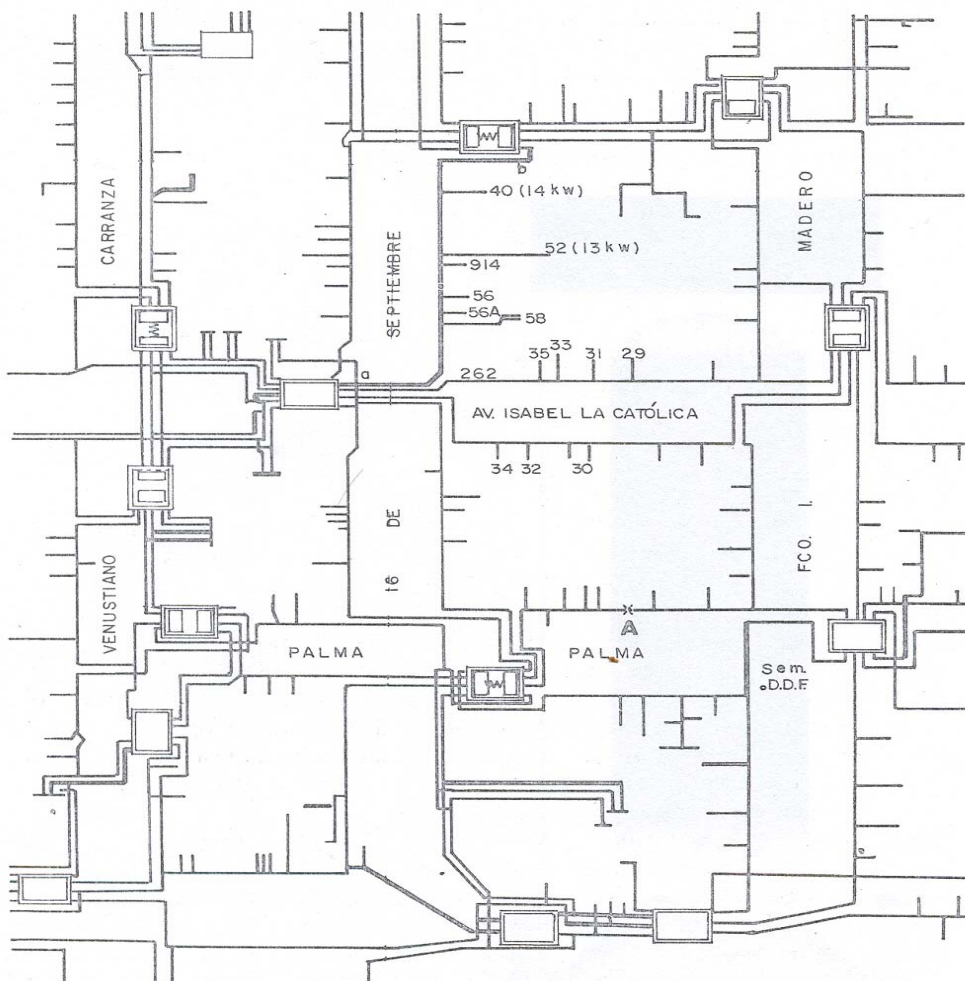


FIGURA 43

Estas cargas se convertirán en kW de demanda diversificada respecto a los transformadores para los cuales la red se diseña. Además se deberá tomar en cuenta el factor de potencia y, por supuesto, la tasa de crecimiento de la zona por el número de años que se calcule la duración del proyecto. Una vez que las cargas de la malla secundaria se hayan determinado exactamente, será posible calcular y seleccionar tamaño, capacidad y localización de los transformadores.

En cuanto al calibre de los cables secundarios, cabe mencionar que se tienen calibres normalizados de 150 mm<sup>2</sup> y en algunos casos 70 mm<sup>2</sup>, así como aislamientos de papel impregnado en aceite para este tipo de redes con capacidades de 270 y 185 amperes aproximadamente. Estos calibres han sido escogidos por el problema que se tiene en cuanto a la extinción de la falla de baja tensión.

Por experiencia y por muchas pruebas hechas a los calibres se ha decidido limitar los secundarios de las redes a 500 MCM. Tales pruebas han demostrado que cables de calibre 4/0 (107.2 mm<sup>2</sup>) abren en aproximadamente 3 segundos con fallas de fase a tierra con una corriente de falla de 3 000 amperes. Cuando se tiene una falla bifásica se requieren aproximadamente 60 segundos con 6 000 amperes.

Un cable de 4/0 se funde o se daña en toda su longitud cuando 5 000 amperes fluyen a través de él durante 2 o más minutos, y un cable de 500 MCM con 9 000 amperes durante el mismo tiempo. Si se usan cables de mayor calibre el arco tiende a persistir un tiempo suficiente para destruir el cable antes de que la falla se autoaisle.

### **NÚMERO Y CAPACIDAD DE LOS TRANSFORMADORES**

Como en la mayoría de los otros aspectos del diseño de la red automática, no hay fórmula exacta que pueda ayudar a la selección de la capacidad y el número de transformadores que serán necesarios en la red.

En términos generales los transformadores de gran capacidad disminuyen el costo por kVA y aumentan el espaciamiento entre unidades en la malla. Para grandes espaciamientos los secundarios deben ser mayores, para tener una caída de voltaje dentro de los límites razonables y prever una adecuada capacidad de corriente. Pocos transformadores requieren menos cables primarios de derivación. El tamaño ideal de los transformadores es aquel que no sólo pueda manejar las cargas sino también manejar un costo mínimo, incluyendo los alimentadores primarios, transformadores y alimentadores secundarios.

Los tamaños estandarizados para este tipo de red, por ejemplo en la ciudad de México, son de 500 y 750 kVA. Como ya se afirmó, la intercalación y el número de alimentadores primarios determinan la reserva requerida en capacidad de los transformadores.

Para el propósito de estimación en el plan preliminar de la red de los transformadores se deben colocar en los puntos de mayor carga y en los de cruce donde se tenga una concentración apreciable de carga, de tal manera que la distancia entre transformadores no sea mayor de 150 a 250 m.

Cuando se tienen cargas muy grandes concentradas, usualmente se diseña lo que se llama red local o mancha de red, que consiste en llevar la carga independientemente de la red, para lo cual se instalan los transformadores necesarios para que la carga se pueda llevar cuando uno de los alimentadores esté fuera.

La capacidad total instalada en transformadores no depende solamente del número de alimentadores disponibles si no de la manera en que la carga se divida entre los transformadores, en especial cuando existe una contingencia. Esto último tiene que ver con lo que se conoce como factor de aplicación  $Z_m/Z_t$ , o sea la impedancia del cable secundario entre transformadores entre la impedancia del transformador. A medida que este valor disminuye la división de carga entre transformadores mejorará.

En condiciones ideales con dos alimentadores, se debería tomar el doble de la capacidad instalada de transformadores, de tal manera que con una contingencia el resto de la unidad lleve la totalidad de la carga; sin embargo, debido a la no simetría de las redes reales, estos valores no se obtienen. Por tanto, considerando estas diferencias se estiman los factores reales que se pueden obtener y que se deben considerar en el proyecto.

En las unidades de red el transformador se combina con un protector de red con capacidad de corriente mayor que la capacidad nominal del transformador de red.

Las relaciones usuales son:

TR	PR
500	1800 amperes
501	2250 amperes

La impedancia de los transformadores de red debe ser entre 3 y 6%. Una baja impedancia mejora la regulación y capacidad para un buen funcionamiento de la red en caso de fallas, mientras que una alta impedancia mejora la división de carga entre los transformadores en servicio en condiciones de emergencia. La impedancia de los transformadores tanto de 500 como de 750 kVA es de 4.27%.

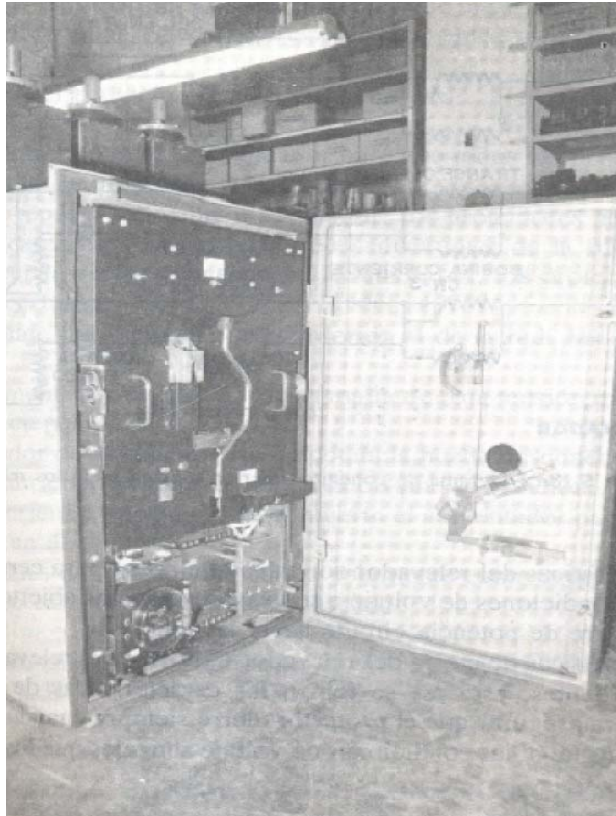
### **PROTECTORES DE RED AUTOMÁTICA**

Los protectores de red tienen como función cerrar sus contactos cuando las condiciones del alimentador primario son adecuadas en cuanto a voltaje y ángulo de fase para suministrar energía a la red de baja tensión y abrir sus contactos cuando la energía fluye a la red en dirección inversa hacia el alimentador.

El protector se compone de un interruptor en aire con mecanismo de cierre operado por un motor y con mecanismo de disparo operado por una bobina. Cada uno de estos circuitos está controlado por otros circuitos auxiliares, los cuales están regidos por un relevador trifásico que actúa para botar y cerrar el protector, y un relevador -

monofásico que actúa en serie con el relevador anterior para cerrar. El protector tiene placas de desconexión del lado del transformador y fusibles del lado de la red, con objeto de dejarlo totalmente libre cuando se desee trabajar con él.

FIGURA 44



Los protectores también se pueden operar manualmente por medio de una palanca que permite ponerlo en punto abierto a mano (el protector no puede entrar automáticamente), cerrado a mano (el protector no puede botar automáticamente). La figura 44. ilustra un protector tipo sumergible de 1600 amperes.

Las características de la red C-N-3 son tales que opera para conectar el transformador a la red si éste es capaz de admitir carga, y para desconectar el transformador de la red cuando el flujo de energía se invierte, esto es, cuando la energía vaya de la red hacia el transformador. Es un relevador trifásico que opera por el principio de inducción utilizando para ello una bobina de potencial y una -

bobina de fases para la acción de cerrar en cada una de las tres fases, y la misma bobina de potencial en combinación con una bobina de corriente, también para cada fase, para la acción de botar el protector. Los relevadores vienen de fábrica con los siguientes ajustes:

- Los contactos de cierre se tocan con una diferencia de voltaje de fase de 2 volts a 75°.
- Los contactos de botar se tocan con 2% de la corriente nominal.

El relevador tipo C-N-A es monofásico diseñado para controlar la operación de cierre del protector automático de la red de corriente alterna tipo C-N-A, en combinación con el relevador maestro de red C-N-3.

Las características de cierre del relevador C-N-A y del relevador tipo C-N-3 son interdependientes, esto es, se toman las características de los dos trabajando juntos para asegurar que el protector cierre siempre cuando el alimentador tenga energía, si las condiciones de voltaje son tales que los transformadores son capaces de suministrar potencia a la red y que el protector no cierre cuando las condiciones puedan causar que el protector entre y salga sucesivamente. La operación del protector puede resumirse de la siguiente manera:

1. Un cortacircuito en un alimentador hará que todos los protectores de ese alimentador se abran por energía inversa.
2. Una vez reparado el cable alimentador, los protectores de éste cerrarán automáticamente cuando se cierre el interruptor de la subestación.
3. Si al hacer la reparación las fases se invierten, los protectores fuera de fase no cerrarán.
4. Si el voltaje de alimentación es inferior al de la red, los protectores no cerrarán.
5. Si el alimentador se conecta a una malla de baja tensión muerta, los protectores cierran.

6. El operador de la subestación de potencia puede desconectar los alimentadores abriendo el interruptor de la propia subestación; los protectores actúan abriendo y se puede dejar muerto el alimentador para que se pueda trabajar en él.
7. Los fusibles del interruptor sirven solamente como protección de emergencia en caso de falla de los aparatos.

### **Corto circuito en la red automática**

El objetivo del estudio de corto circuito es proporcionar información sobre corrientes y voltajes de un sistema eléctrico durante condiciones de falla.

Esta información se requiere para determinar las características de capacidad interruptiva y momentánea de los interruptores y otros dispositivos de protección localizados en el sistema.

### **Fuentes de corriente de corto circuito:**

Cuando se determinan las magnitudes de las corrientes de corto circuito, es extremadamente importante que se consideren todas las fuentes de corriente de corto circuito.

Existen cuatro fuentes básicas de corriente

- 1.- Generadores
- 2.- Motores y condensadores síncronos
- 3.- Motores de inducción
- 4.- Sistema de la Compañía Suministradora

Todas ellas alimentan con corriente de corto circuito a la falla.

Para nuestro caso las fuentes de corto circuito que tendríamos en el Palacio de Minería son

- 1.- Sistema de la compañía suministradora
- 2.- Motores de inducción

#### 1.- Compañía suministradora

La alimentación a las industrias o comercios. Se hace por lo general de una fuente externa que proporciona la compañía suministradora de energía, esto se hace en alta tensión y pasa a través de un transformador de la subestación. La compañía suministradora en el punto de conexión a la industria, representa un equivalente de Thevenin de toda la red que se encuentra detrás, por lo que es en realidad una fuente importante de contribución de la corriente de corto circuito. La compañía suministradora debe proporcionar en el punto de conexión el valor de la potencia o la corriente de corto circuito, como un valor equivalente de la red o sistema detrás de ese punto.

#### 2.- Motores de inducción

La magnitud de la corriente de corto circuito producida por un motor de inducción depende de la impedancia del propio motor y de la impedancia del sistema en el punto de ocurrencia de falla. La impedancia de la máquina efectiva en el momento del corto circuito corresponde muy aproximadamente a la impedancia a rotor bloqueado. Consecuentemente, el valor inicial de la corriente de corto circuito es aproximadamente igual al valor de la corriente de arranque a rotor bloqueado del motor.

En sistemas de 600 volts o menos, los motores más grandes (es decir, motores del orden de cientos de HP), son únicamente unos cuantos y representan sólo una pequeña porción de la carga total conectada.



Estos motores se pueden representar en forma individual, o bien se pueden agrupar con los motores pequeños para representar los grupos completos como un motor equivalente en el diagrama de impedancias. Los motores muy pequeños, por lo general, se dejan fuera de los cálculos, ya que en el estudio de corto circuito es difícil predecir que tanto puedan contribuir y si es seguro que agreguen complejidad al estudio, Una solución es agrupar todos los motores pequeños y representar una reactancia equivalente de ellos.

#### REACTANCIA DE PEQUEÑOS MOTORES AGRUPADOS

CASOS	DATOS DE MOTORES Y OTROS ELEMENTOS	REACTANCIA SUBTRANSITORIA $X''D(\%)$	REACTANCIA TRANSITORIA $X'D(\%)$
1	600 volts o menos- inducción	25	-
2	600 volts o menos- síncronos	25	33
3	600 volts o menos- inducción	31	-
4	600 volts o menos- síncronos incluyendo los conductores y transformador reductor	31	39
5	Motores arriba de 600 volts inducción	20	-
6	Motores arriba de 600 volts síncrono	15	25
7	Motores de inducción arriba de 600 volts	26	-
8	Motores arriba de 600 volts Incluyendo transformador reductor	21	31

## 4.2 CÁLCULO DE CORTO CIRCUITO

Para la planeación y operación de una red automática en baja tensión es importante conocer las magnitudes de las corrientes de falla en los diferentes puntos del sistema.

Se puede efectuar un cálculo aproximado de la máxima corriente de falla en el centro de una malla secundaria considerando las siguientes simplificaciones:

- Una malla compuesta de manzanas o áreas cuadradas.
- Unidades de red iguales con un porcentaje de impedancia  $Z_T$  en cada esquina.
- Alimentadores secundarios principales, o simplemente secundarios iguales con un porcentaje de impedancia  $Z_C$  a lo largo de todas las calles.
- Considerar un bus infinito en el lado primario de todos los transformadores de la red.
- Considerar descargado el secundario de los transformadores de red.
- Todos los alimentadores en servicio.

Suponiendo un bus infinito alimentando todas las unidades de red, y despreciando el efecto de la carga en la corriente de falla de la malla, dado que ésta es de una magnitud bastante grande, en una malla secundaria la máxima corriente de falla ocurrirá en una esquina de una cuadra o bien en el centro de la malla secundaria. Las unidades de red localizadas en el punto de falla contribuyen mas al total de la corriente de falla que cualquier otra unidad localizada algunas cuabras mas lejos. Entre mas alejada esté una unidad del punto de falla menor será su contribución a la misma. Así, en una falla mas grande una buena aproximación del total de la corriente de falla sería el resultado de considerar sólo unas cuantas unidades de red y precisamente las que estén cerca del punto de falla.

Para el caso que nos atañe, el análisis se realizará en zonas limitadas por uno, cinco, nueve y trece transformadores, considerando:

- Una malla compuesta de manzanas o áreas cuadradas de 120 m por lado.
- Unidades de red de 750 kVA con una impedancia  $Z_T = 4.27\%$  .
- Dos conjuntos de cables de 500 kCM en el lado de baja tensión con una impedancia  $Z_C = 7.5\%$  en todas las calles.
- Que el secundario de los transformadores de red se encuentre descargado.

Parámetro	Base	Unidad
$S_{3\phi}$	750	kVA
$V_B$	220	V
$I_B$	1.97	kA
$Z_B$	0.064	$\Omega$

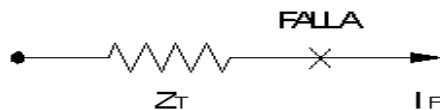
El método que utilizaremos es el **directo** considerando el punto de falla a la salida de un transformador. Para este caso se despreciarán las aportaciones que puedan deberse a los que se encuentran a su alrededor y suponiendo valores de impedancia ideales.

Dadas estas condiciones, la máxima corriente de falla se podrá localizar en las esquinas de las calles o en el centro de la red y sus valores van a depender de su ubicación con respecto a los centros de carga.

$$V_{FALLA P.U.} = 1\angle 0^\circ [P.U.]$$

$$Z_{T P.U.} = 0.0427\angle 90^\circ [P.U.]$$

**Considerando un transformador**



$$Z_{TH1} = 0.0427\angle 90^\circ [P.U.]$$

$$I_{F P.U.} = \frac{V_{F P.U.}}{Z_{TH1}} = \frac{1\angle 0^\circ}{0.0427\angle 90^\circ} = 23.42\angle -90^\circ [P.U.]$$

$$I_{F 3\phi} = I_{F P.U.} \times I_B = (23.42\angle -90^\circ)(1.97 \text{ kA})$$

$$I_{F 3\phi} = 46.14\angle -90^\circ [kA]$$

**Considerando cinco transformadores**

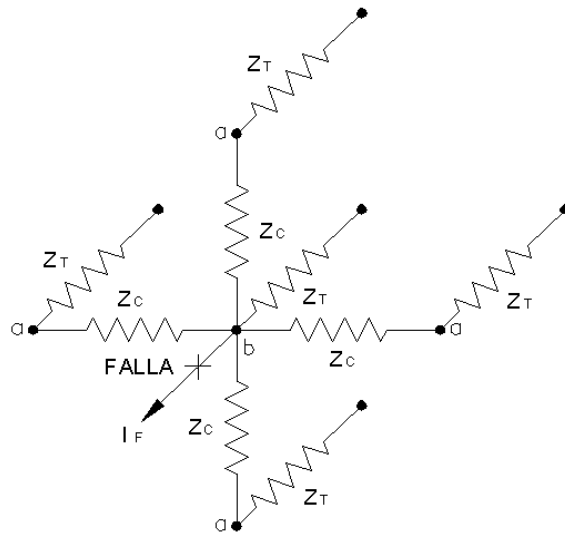


Figura 45. Corriente de falla con cinco transformadores.

Cuando se consideran cinco transformadores la malla se presentará como se muestra en la figura 45.

Por simetría los puntos *a* están al mismo potencial, por lo que es posible simplificar el circuito anterior como se muestra en la figura 46.

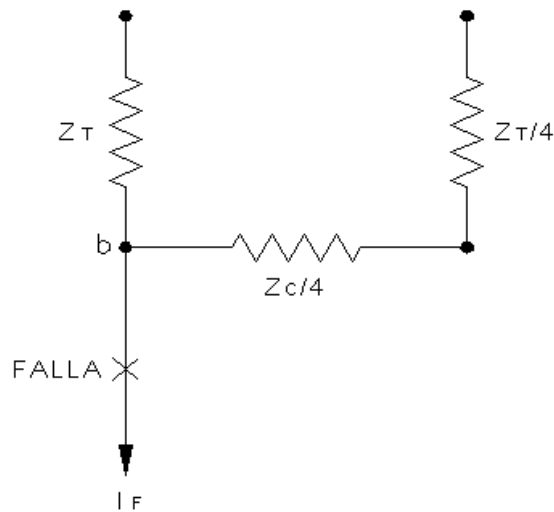


Figura 46. Reducción de la malla.

$$Z_{TH5} = \frac{Z_T + Z_C}{4} \parallel Z_T = \frac{0.0427 \angle 90^\circ + 0.075 \angle 90^\circ}{4} \parallel 0.0427 \angle 90^\circ$$

$$Z_{TH5} = 0.02943 \angle 90^\circ \parallel 0.0427 \angle 90^\circ = \frac{0.02943 j \times 0.0427 j}{0.02943 j + 0.0427 j}$$

$$Z_{TH5} = 0.017 \angle 90^\circ [P.U.]$$

$$I_{F P.U.} = \frac{V_{F P.U.}}{Z_{TH5}} = \frac{1 \angle 0^\circ}{0.017 \angle 90^\circ} = 58.82 \angle -90^\circ [P.U.]$$

$$I_{F 3\phi} = I_{F P.U.} \times I_B = (58.82 \angle -90^\circ)(1.97 \text{ kA})$$

$$I_{F 3\phi} = 115.88 \angle -90^\circ [kA]$$

**Considerando nueve transformadores**

Cuando se consideran nueve transformadores la malla se representa como se muestra en la figura 47.

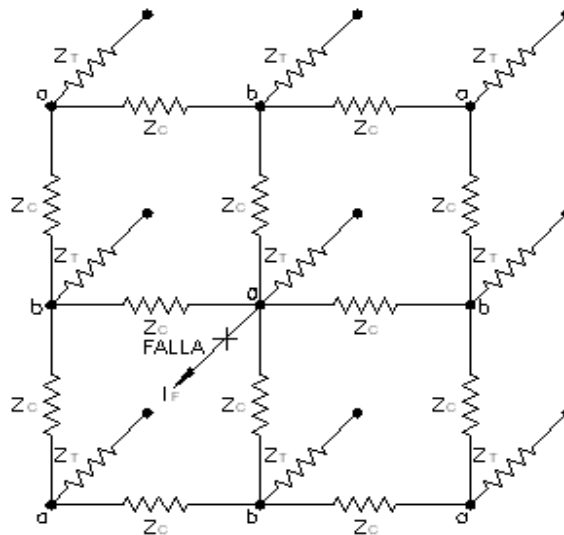


Figura 47 Corriente de falla con nueve transformadores.

Por simetría se puede suponer que los puntos *a* están al mismo potencial, en la misma forma que los puntos *b*; por tanto, es posible representar simplificando este diagrama como se ve en la figura 48.

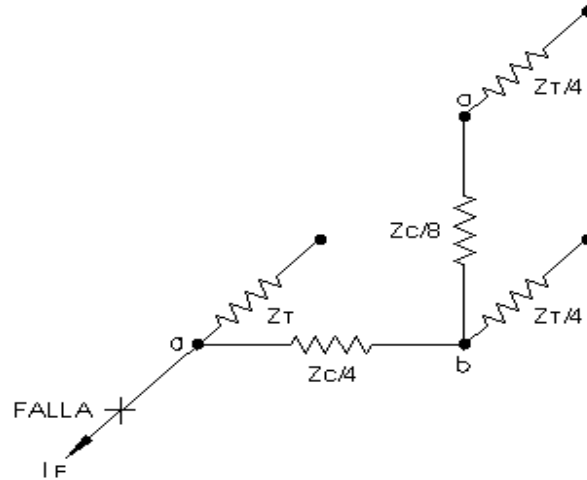


Figura 48. Reducción de la malla.

$$Z_{TH9} = \left[ \left[ \left[ \frac{Z_T}{4} + \frac{Z_C}{8} \right] \parallel \frac{Z_T}{4} \right] + \frac{Z_C}{4} \right] \parallel Z_T = \left[ \left[ \frac{2Z_T + Z_C}{8} \parallel \frac{Z_T}{4} \right] + \frac{Z_C}{4} \right] \parallel Z_T$$

$$Z_{TH9} = \left[ \left[ \frac{2(0.0427 \angle 90^\circ) + 0.075 \angle 90^\circ}{8} \parallel \frac{0.0427 \angle 90^\circ}{4} \right] + \frac{0.075 \angle 90^\circ}{4} \right] \parallel 0.0427 \angle 90^\circ$$

$$Z_{TH9} = \left[ \frac{0.02j \times 0.0107j}{0.02j + 0.0107j} + \frac{0.075 \angle 90^\circ}{4} \right] \parallel 0.0427 \angle 90^\circ$$

$$Z_{TH9} = \frac{4(6.97 \times 10^{-3} j) + 0.075 j}{4} \parallel 0.0427 \angle 90^\circ = \frac{0.02572 j \times 0.0427 j}{0.02572 j + 0.0427 j}$$

$$Z_{TH9} = 16.05 \times 10^{-3} \angle 90^\circ [P.U.]$$

$$I_{F P.U.} = \frac{V_{F P.U.}}{Z_{TH9}} = \frac{1 \angle 0^\circ}{16.05 \times 10^{-3} \angle 90^\circ} = 62.3 \angle -90^\circ [P.U.]$$

$$I_{F3\phi} = I_{F P.U.} \times I_B = (62.3 \angle -90^\circ)(1.97 \text{ kA})$$

$$I_{F3\phi} = 122.73 \angle -90^\circ \text{ [kA]}$$

**Considerando trece transformadores**

En este caso el diagrama quedará representado como se muestra en la figura 49.

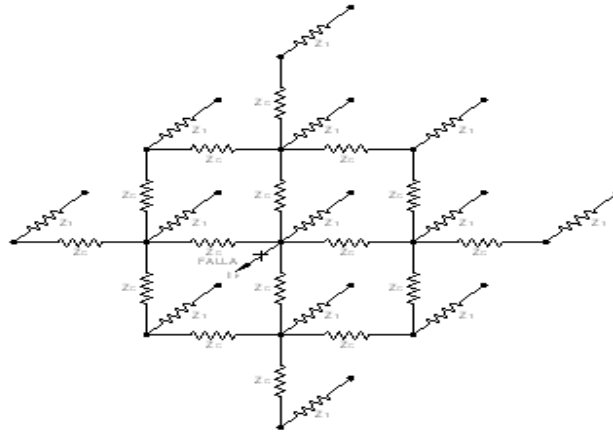


Figura 49 Corriente de falla con trece transformadores.

Haciendo las mismas consideraciones que antes y simplificando se tiene la figura 50.

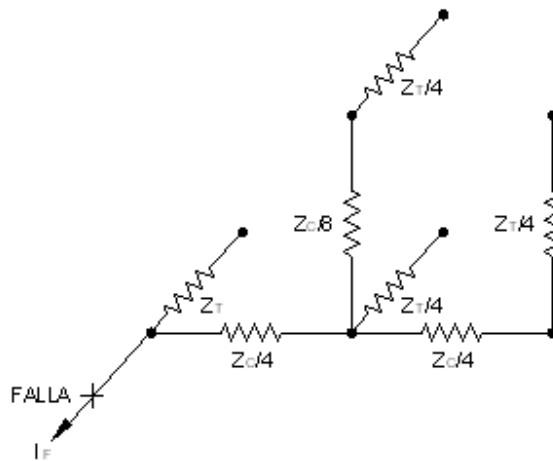


Figura 50 Reducción de la malla.

$$Z_{TH13} = \left[ \left[ \left[ \frac{Z_T}{4} + \frac{Z_C}{8} \right] \parallel \frac{Z_T}{4} \parallel \left[ \frac{Z_T}{4} + \frac{Z_C}{4} \right] \right] + \frac{Z_C}{4} \right] \parallel Z_T$$

$$Z_{TH13} = \left[ \left[ \frac{2Z_T + Z_C}{8} \parallel \frac{Z_T}{4} \parallel \left[ \frac{Z_T}{4} + \frac{Z_C}{4} \right] \right] + \frac{Z_C}{4} \right] \parallel Z_T$$

$$Z_{TH13} = \left[ \left[ \frac{2(0.0427 \angle 90^\circ) + 0.075 \angle 90^\circ}{8} \parallel \frac{0.0427 \angle 90^\circ}{4} \parallel \left[ \frac{0.0427 \angle 90^\circ}{4} + \frac{0.075 \angle 90^\circ}{4} \right] \right] + \frac{0.075 \angle 90^\circ}{4} \right] \parallel 0.0427 \angle 90^\circ$$

$$Z_{TH13} = \left[ \left[ \frac{0.02j \times 0.0107j}{0.02j + 0.0107j} \parallel 0.02943 \angle 90^\circ \right] + 0.01875 \angle 90^\circ \right] \parallel 0.0427 \angle 90^\circ$$

$$Z_{TH13} = \left[ 5.64 \times 10^{-3} \angle 90^\circ + 0.01875 \angle 90^\circ \right] \parallel 0.0427 \angle 90^\circ = \frac{0.02439j \times 0.0427j}{0.02439j + 0.0427j}$$

$$Z_{TH13} = 15.52 \times 10^{-3} \angle 90^\circ [P.U.]$$

$$I_{F P.U.} = \frac{V_{F P.U.}}{Z_{TH13}} = \frac{1 \angle 0^\circ}{15.52 \times 10^{-3} \angle 90^\circ} = 64.43 \angle -90^\circ [P.U.]$$

$$I_{F 3\phi} = I_{F P.U.} \times I_B = (64.43 \angle -90^\circ)(1.97 \text{ kA})$$

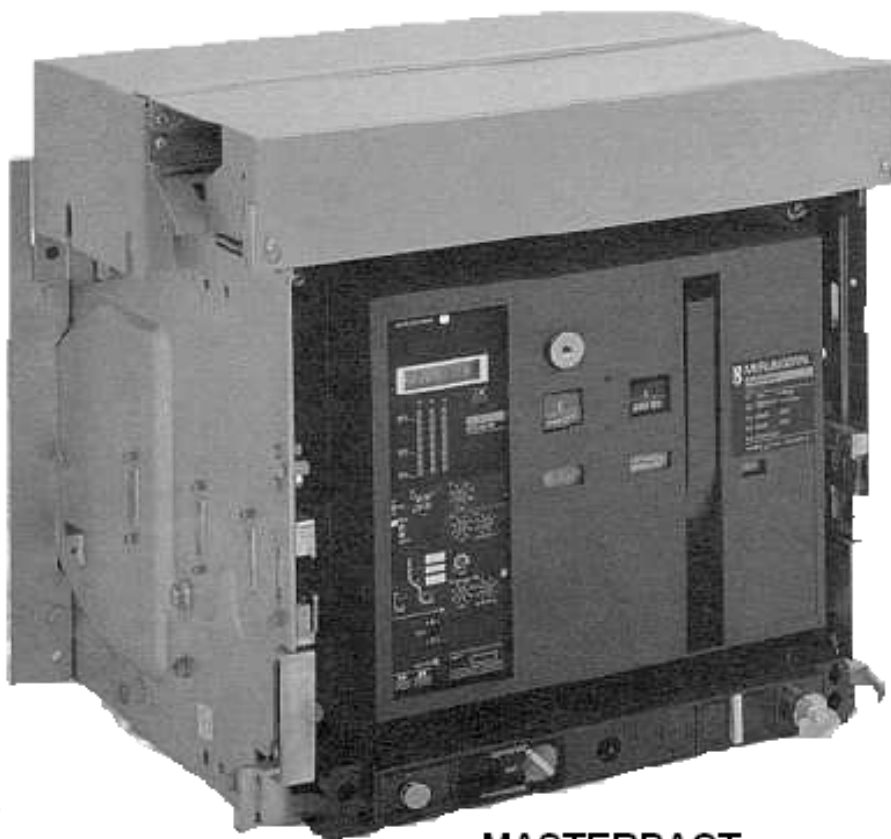
$$I_{F 3\phi} = 126.93 \angle -90^\circ [kA]$$



Considerando el resultado anterior de cortocircuito, se determinó que el interruptor que se tendría que instalar en el tablero general de la subestación deberá constar de las siguientes características:

Un rango de operación desde 800 hasta 6300 A

Capacidad interruptiva de 65 kA hasta 150 kA rms.



**MASTERPACT**

Figura 51

## ESTUDIO ECONÓMICO

Este estudio se enfoca únicamente al cambio de la instalación en iluminación y cambio de tarifa eléctrica en el Palacio de Minería.

En la actualidad es necesario evaluar el impacto de los costos que se requerirán para operar y dar mantenimiento a un sistema de iluminación en comparación con el costo de la compra del equipo.

En este capítulo se determinará la mejor alternativa de iluminación y tarifa eléctrica. Es necesario un análisis exhaustivo para reducir costos de energía, material y mano de obra.

Para esto comprenderemos los siguientes puntos:

Cálculo de costo de energía actual para iluminación.

### 5.1 TARIFAS ELECTRICAS

Las tarifas eléctricas tienen como objetivo establecer y fijar un precio que deberá pagar el usuario de acuerdo a las condiciones en las que se efectúa el suministro de energía. Para lo cual incluyen en sus recibos los costos por generación, transmisión y distribución, mantenimiento, impuestos, etc.

La estructura actual de las tarifas de energía eléctrica consideran las diferencias regionales, estaciones del año, horarios de consumo, nivel de la tensión de suministro y demanda, clasificándolas según tres parámetros:

1. La región geográfica donde se localiza el centro de consumo.
2. La tensión de suministro al centro de consumo.
3. La demanda de energía contratada.

**Demanda Máxima (Consumidores Mayores):**

Es la demanda medida en kilowatts (kW) durante un periodo de 15 minutos en el cual el consumo de energía es mayor que en cualquier otro periodo.

La demanda máxima se registra a través de medidores que van contando intervalos de 15 minutos cada 5 minutos, es decir, después de 5 minutos de iniciado el conteo de un periodo de 15 minutos, se iniciará la medición de un nuevo periodo de 15 minutos y así sucesivamente a través de todo un mes.

De cada período de 15 minutos se obtiene un promedio y de todos los periodos de 15 minutos del mes, el de promedio mas alto será el que se considere para fines de facturación.

Este valor representa las condiciones más críticas que se pueden presentar en la instalación en cuestión y las empresas suministradoras cargan el valor mas alto buscando que los usuarios tiendan a reducir sus niveles de demanda máxima, ya que el valor de demanda máxima es un valor superior al promedio de demanda normal, en el cual los equipos de generación, transmisión y distribución trabajan en sus condiciones más críticas, e inclusive, generalmente es necesario incorporar generadores auxiliares para atender los picos, incrementando el costo de la generación.

**Factor de carga**

Es la relación que existe entre la carga promedio y la demanda máxima. Idealmente, si un usuario mantiene un 100% de factor de carga, esto significa que nunca tiene picos de demanda por arriba de su promedio, por lo que está usando la energía en la forma más eficiente posible. En la práctica esto es muy difícil de lograr, pero mientras mas se tienda al 100%, se logrará la tarifa mas baja por kW.

Las empresas suministradoras tienden a estimular los factores de carga superiores o iguales al 70% especialmente para los usuarios con demandas superiores o iguales a 20,000 kW.

Para lograr evitar bajos factores de demanda, o lo que es lo mismo para evitar grandes valores de demanda máxima aunque sea por sólo unos cortos periodos, pero que se reflejarán en la facturación mensual, se pueden establecer prácticas como :

- Evitar arranques simultáneos de equipos con ciclos de arranque lentos y/o con demandas de corriente muy elevadas.
- Controlar en forma manual o automática la entrada y salida de equipos, especialmente los de mayor demanda.
- Instalar sistemas de monitoreo de la demanda y de control de la misma que permiten medir las condiciones de demanda máxima, de tal forma que cuando se excedan parámetros preestablecidos se desconecten cargas no prioritarias o se reduzca su demanda mientras pasa el pico

### **Energía consumida.**

Es el consumo en kilowatt-hora registrado en el término de un período de tiempo, generalmente un mes y representa el consumo real de energía durante el período.

### **Factor de Potencia.**

Los equipos eléctricos para su operación demandan corriente con base a un voltaje fijo que es el voltaje nominal de operación del sistema. A la multiplicación de esta

corriente por el voltaje se le conoce como la potencia aparente o potencia total que demanda la carga y se expresa en kVA. Sin embargo, esta potencia tiene dos componentes que se suman vectorialmente integrando la potencia total y que son:

**Potencia real:** que es la que entrega un trabajo útil, es decir, la que realmente se traduce en el movimiento de un motor, por ejemplo. Esta potencia se mide en kW.

**Potencia reactiva:** equipos tales como los motores de inducción, transformadores, hornos de inducción, soldadoras y bobinas requieren para su funcionamiento de la creación de campos magnéticos. Estos campos son indispensables para la operación de los equipos pero la potencia que requieren para su generación en realidad no entrega trabajo útil alguno. La potencia reactiva se mide en kVAR.

**El factor de potencia se determina como:**

$$FP = KW/KVA = \cos\theta$$

Como se puede observar, si el factor de potencia tiende a ser 1.00, es decir, los kVA tienden a ser de la misma magnitud que los kW y por lo tanto los kVAR tienden a cero, la demanda a su vez tenderá a ser puramente real, es decir, trabajo útil.

Por este motivo, existen técnicas para elevar el factor de potencia en las instalaciones eléctricas, de tal manera que la demanda de potencia reactiva se suministra dentro de las propias instalaciones y se libera a las líneas de las empresas suministradoras de esa carga.

Es por lo anterior que las empresas suministradoras han establecido penalizaciones a los usuarios que mantengan valores promedio de factor de potencia inferiores al 0.9 y por otra parte, estimula el que se mantengan valores superiores al 0.9 por medio de bonificaciones en el recibo de consumo de acuerdo con las siguientes relaciones:

**Penalización:**

Penalización por  $FP < 90\% = 3/5 (90/FP - 1) * 100$

**Bonificación:**

Bonificación por  $FP > 90\% = 1/4 (1 - 90/FP) * 100$

Es importante señalar que los valores obtenidos en las fórmulas anteriores se redondean a un decimal y el cargo por penalización nunca excederá al 120%, mientras que la bonificación no excederá al 25%.

**Regiones tarifarias (válido para todos los usuarios).**

Debido a los diversos climas, regiones, horarios de demanda, voltajes de transmisión, distancia desde subestaciones y plantas de generación, etc., las tarifas a través de todo nuestro país varían dependiendo de las características propias de cada zona. Para tal fin se han establecido 8 zonas tarifarias de la siguiente manera:

**Región Baja California.**

Todos los municipios del estado de Baja California.

Municipios del estado de Sonora: San Luis Río Colorado.

**Región Baja California Sur.**

Todos los municipios de Baja California Sur.

**Región Noroeste.**

Todos los municipios del estado de Sonora, excepto el comprendido en la Región Baja California.

Todos los municipios del estado de Sinaloa.

**Región Norte.**

Todos los municipios de los estados de Chihuahua y Durango.

Municipios del estado de Zacatecas: Chalchihuites, Jiménez del Teúl, Sombrerete, Saín Alto, Jerez, Juan Aldama, Río Grande, General Francisco Murguía, Mazapil, Melchor Ocampo, Concepción del Oro y El Salvador.

Municipios del estado de Coahuila: Torreón, San Pedro de las Colinas, Matamoros, Biseca, Parras de la Fuente, Francisco I. Madero, Ocampo y Sierra Mojada.

Municipios del estado de San Luis Potosí: Venegas, Cedral, Cerritos, Guadalcázar, Ciudad Fernández, Río Verde, San Ciro de Acosta, Lagunillas, Santa Catarina, Rayón, Cárdenas, Alaquines, Ciudad del Maíz, Ciudad Valles, Tamazopo, Aquismón, Axtla de Terrazas, Tamazunchale, Huehuetlán, Tamauín, Tanchuítz, Las Lajas, San Antonio, Coxcatlán, Tampamolón, San Vicente Tancuayalab, Ébano, Xilitla, Tampacán, Tanquián de Escobedo.

Municipios del estado de Veracruz: Pánuco, Temporal, Pueblo Viejo, Tampico Alto, Ozuluama de Mascareñas, El Higo, Huayacocotla.

**Región Noreste.**

Todos los municipios de los estados de Nuevo León y Tamaulipas.

Todos los municipios del estado de Coahuila excepto los comprendidos en la región Norte.

**Región Central.**

Todas las delegaciones del Distrito Federal.

Municipios del estado de México: Tultepec, Tultitlán, Ixtapaluca, Chalco de Díaz Cobarrubias, Huixquilucan de Degollado, San Mateo Atenco, Toluca, Tepetzotlán, Santa Cruz Atizapán, Cuautitlán, Coacalco, Cuautitlán Izcalli, Atizapán de Zaragoza,

Tlalnepantla, Naucalpan de Juárez, Ecatepec, Chimalhuacán, San Vicente Chicoloapan, Texcoco, Ciudad Nezahualcoyotl, Los Reyes La Paz.

Municipios del estado de Morelos: Cuernavaca.

**Región Sur.**

Todos los municipios de los estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Aguascalientes, Guanajuato, Queretaro, Hidalgo, Guerrero, Tlaxcala, Puebla Oaxaca, Chiapas, Tabasco.

Todos los municipios de los estados de Zacatecas, San Luis Potosí y Veracruz no comprendidos en la Región Norte o en la Región Noreste.

Todos los municipios de los estados de México y Morelos no comprendidos en la Región Central.

**Región Peninsular.**

Todos los municipios de los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

**En la siguiente figura se muestra un mapa de la República Mexicana con las 8 regiones tarifarias existentes.**





**Tensión de suministro**

Las tarifas establecidas consideran las siguientes definiciones:

- a) Baja Tensión: servicio que se suministra en voltajes menores o iguales a 1.0 kV.
- b) Media Tensión: servicio que se suministra en niveles de voltaje mayores a 1.0 kV e inferiores o iguales a 35 kV.
- c) Alta Tensión - subtransmisión: servicio que se suministra en voltajes mayores a 35 kV e inferiores a 220 kV.
- d) Extra Alta Tensión – transmisión: servicio que se suministra en voltajes superiores o iguales a 220 kV.

**Tarifas específicas**

Domésticas	<u>1</u> <u>1A</u> <u>1B</u> <u>1C</u> <u>1D</u> <u>1E</u> <u>1F</u>
Domésticas de alto consumo	<u>DAC</u>
Servicios públicos	<u>5</u> <u>5-A</u> <u>6</u>
Agrícolas	<u>9</u> <u>9M</u>
Temporal	<u>7</u>

**Tarifas generales**

En baja tensión	<u>2</u> <u>3</u>
En media tensión	<u>O-M</u> <u>H-M</u> <u>H-MC</u>
En alta tensión	<u>HS</u> <u>HS-L</u> <u>HT</u> <u>HT-L</u>

Servicios de respaldo HM-R HM-RF HM-RM HS-RF HS-RM HT-R HT-RF  
HT-RM

Servicio interrumpible I-15 I-30

La tarifa eléctrica contratada actualmente es la 3, se mencionarán sus características a continuación.

### BAJA TENSIÓN

**Tarifa 3 - Servicio General para más de 25 kW de Demanda.**

#### Tabla de Contenido

1. [Aplicación.](#)
2. [Cuotas Aplicables Mensualmente .](#)
3. [Mínimo Mensual..](#)
4. [Demanda por Contratar .](#)
5. [Demanda Máxima Medida .](#)
6. [Depósito de Garantía .](#)

#### 1.- APLICACIÓN.

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda de más de 25 (veinticinco) kilowatts, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa.

#### 2.- CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE.

Año 2004

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Cargo x Demanda</b>	141.81	143.74	144.14	148.90	157.55	162.17	166.06	168.04	171.17	170.49	169.54	173.00
<b>Cargo x kWh</b>	0.892	0.904	0.907	0.937	0.991	1.020	1.044	1.056	1.076	1.072	1.066	1.088

**3.- DEMANDA POR CONTRATAR.**

La demanda por contratar la fijará inicialmente el usuario; su valor no será menor de 60% (sesenta por ciento) de la carga total conectada ni menor de 25 (veinticinco) kilowatts o de la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

Cualquier fracción de kilowatt se considerará como kilowatt completo.

**4.- DEMANDA MÁXIMA MEDIDA.**

La demanda máxima medida se determinará mensualmente por medio de instrumentos de medición que indiquen la demanda media en kilowatts durante cualquier intervalo de 15 (quince) minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 (quince) minutos en el período de facturación.

**5.- DEPOSITO DE GARANTÍA**

[2 \(dos\) veces el importe que resulte de aplicar el cargo por demanda máxima a que se refiere el inciso 2.1 \(dos punto uno\) a la demanda contratada.](#)

**NOTA:**

Las cuotas indicadas estarán sujetas a un ajuste automático en los términos del resolutivo TERCERO del Acuerdo de Autorización de Ajuste del 30 de diciembre de 1999.

**5.2 PROPUESTA DE CAMBIO DE TARIFA ELÉCTRICA.**

La tarifa eléctrica H-M es la que se propone contratar para el Palacio de Minería ya que su demanda es mayor a los 100 kW, se mencionarán sus características a continuación.

**MEDIA TENSIÓN**

**H-M: Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más.**

Tabla de Contenido

1. [Aplicación](#) .
2. [Cuotas Aplicables Mensualmente](#) .
3. [Mínimo Mensual](#).
4. [Demanda Contratada](#) .
5. [Horario](#) .
6. [Periodos de Punta, Semipunta, Intermedio y Base](#).
7. [Demanda Facturable](#) .
8. [Energía de Punta, Semipunta Intermedia y de Base](#) .
9. [Deposito de Garantía](#) .

**1.- APLICACIÓN.**

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

**2.- CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE.**

Se aplicarán los siguientes cargos por la demanda facturable, por la energía de punta, por la energía intermedia y por la energía de base. de acuerdo a las regiones.

Año 2004 Región Central

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>C x Dem Fact</b>	89.57	90.81	91.25	93.62	98.22	101.25	104.02	105.94	107.95	106.95	106.05	108.90
<b>C x kWh Punta</b>	1.6923	1.7157	1.7239	1.7687	1.8555	1.9128	1.9652	2.0016	2.0396	2.0206	2.0036	2.0575
<b>C x kWh Intermedio</b>	0.5414	0.5489	0.5515	0.5658	0.5936	0.6119	0.6287	0.6403	0.6525	0.6464	0.6410	0.6582
<b>C x kWh Base</b>	0.4522	0.4584	0.4606	0.4726	0.4958	0.5111	0.5251	0.5348	0.5450	0.5399	0.5354	0.5498

## Año 2004 Región Sur

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
C x Dem Fact	89.57	90.81	91.25	93.62	98.22	101.25	104.02	105.94	107.95	106.95	106.05	108.90
C x kWh Punta	1.6574	1.6803	1.6884	1.7323	1.8174	1.8736	1.9249	1.9605	1.9977	1.9791	1.9625	2.0153
C x kWh Intermedio	0.5178	0.5249	0.5274	0.5411	0.5677	0.5852	0.6012	0.6123	0.6239	0.6181	0.6129	0.6294
C x kWh Base	0.4303	0.4362	0.4383	0.4497	0.4718	0.4864	0.4997	0.5089	0.5186	0.5138	0.5095	0.5232

**3.- MÍNIMO MENSUAL.**

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

**4.- DEMANDA CONTRATADA .**

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

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

**5.- HORARIO .**

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

**6.- PERÍODO DE PUNTA, SEMIPUNTA, INTERMEDIO Y BASE**

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

**REGIONES****Regiones Central, Noreste, Norte y Sur.**

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

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

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

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

**7.- DEMANDA FACTURABLE**

La Demanda Facturable se define como se establece a continuación:

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

Donde:

- DP es la Demanda Máxima Medida en el Periodo de Punta.
- DI es la Demanda Máxima Medida en el Periodo Intermedio.
- DB es la Demanda Máxima Medida en el Periodo de Base.
- DPI es la Demanda Máxima Medida en los Periodos de Punta e Intermedio.

- FRI y FRB son factores de reducción que tendrán los siguientes valores, dependiendo de la región tarifaria:

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

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

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

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

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

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

**8.- ENERGÍA DE PUNTA, INTERMEDIA Y DE BASE**

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

Energía Intermedia es la energía consumida durante el Periodo Intermedio.

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

**9.- DEPOSITO DE GARANTÍA**

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

**5.2.1 ESTIMACIÓN DE COSTOS.****COSTOS DE ENERGIA EN TARIFA 3**

Para el cálculo haremos las siguientes consideraciones.

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

Para nuestros cálculos utilizaremos el porcentaje de 50% para iluminación. En la siguiente tabla tenemos valores de demanda y consumo, fp e importe. Multiplicaremos el valor de demanda por el porcentaje que le corresponde a iluminación para obtener un costo que concierne a este rubro.



Palacio de Minería 2001

MES	Demanda ( kW )	Consumos ( kWh )	Importe \$	f.p
Enero	160	30,400	43,813.00	0.97308
Febrero	352	55,200	95,179.00	0.98521
Marzo	279	50,400	75,081.00	0.98509
Abril	368	96,000	95,607.00	0.98571
Mayo	160	36,800	49,539.00	0.98696
Junio	160	42,400	55,853.00	0.98266
Julio	198	40,000	56,631.00	0.98242
Agosto	160	80,000	47,735.00	0.98503
Septiembre	160	44,000	57,589.00	0.97318
Octubre	144	41,600	49,955.00	0.97913
Noviembre	256	82,400	100,203.00	0.99328
Diciembre	160	40,000	53,714.00	0.98242

Afectando la demanda y consumo por el porcentaje, quedan los siguientes valores presentados en la tabla.

Palacio de Minería 2001

MES	Demanda ( kW )	Consumos ( kWh )
Enero	80	15,200
Febrero	176	27,600
Marzo	139.5	25,200
Abril	184	48,000
Mayo	80	18,400
Junio	80	21,200
Julio	99	20,000
Agosto	80	40,000
Septiembre	80	22,000
Octubre	72	20,800
Noviembre	128	41,200
Diciembre	80	20,000

Cálculos:

se tomarán las cuotas aplicadas mensuales del año 2004

**Costo por año**

Cargo por demanda

$$80(141.81)+176(143.749)+139.5(144.14)+184(148.90)+80(157.55)+80(162.17)+99(166.06)+80(168.04)+80(171.17)+72(170.49)+128(169.54)+80(173.00) = \$ 201,120.494$$

Cargo por kWh

$$15200(0.892)+27600(0.904)+25200(0.907)+48000(0.937)+18400(0.991)+21200(1.020)+20000(1.044)+40000(1.056)+22000(1.076)+20800(1.0729)+41200(1.0669)+20000(1.088) = \$ 321,024.20$$

costo total

\$ 522,144.694

Como se puede observar en la primera tabla, la demanda del Palacio de Minería es mayor a 100 KW por lo que se puede solicitar el cambio de tarifa 3 a H-M.

A continuación realizaremos el cálculo pero con tarifa HM, para ello ocuparemos la gráfica de la figura 52.

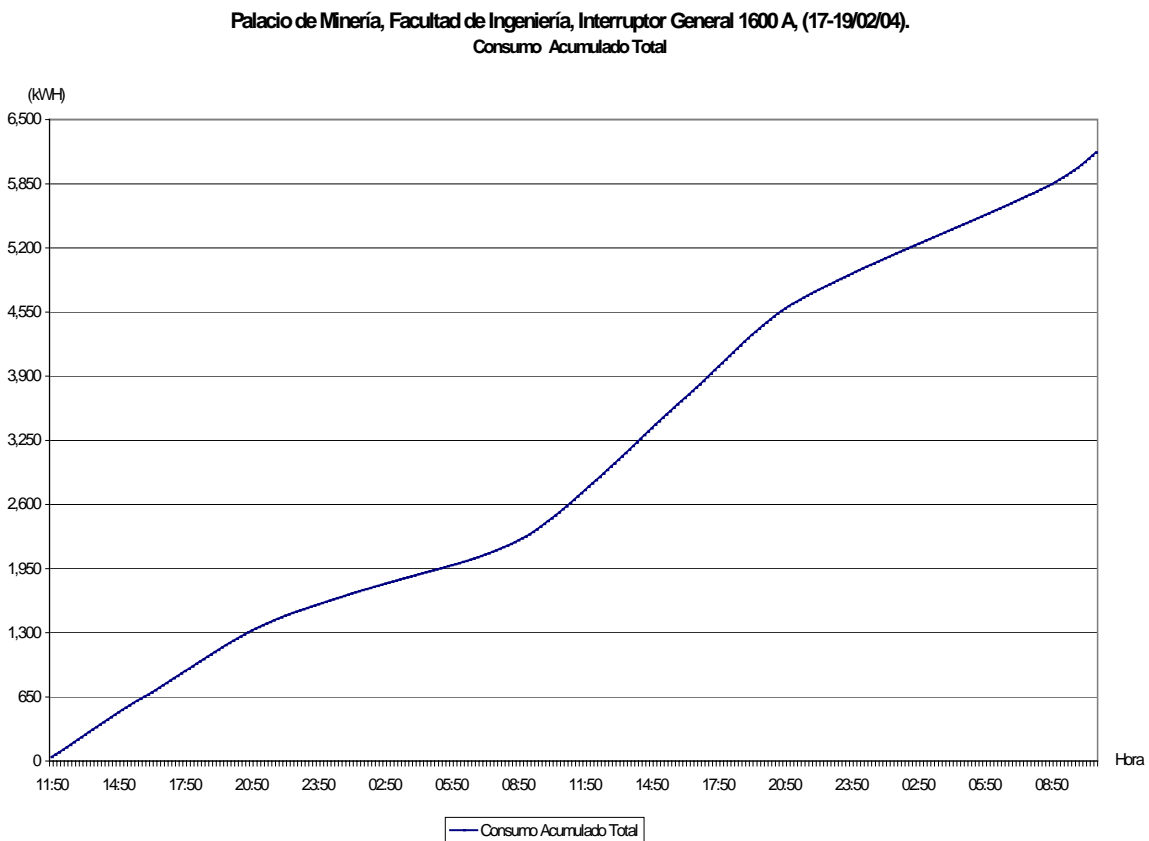


FIGURA 52

En esta gráfica se muestra el consumo de energía del Palacio de Minería durante dos días, en ella podremos observar horarios ya que éstos son necesarios para poder realizar el cálculo de costo de energía en tarifa H-M.

Para el cálculo de costo de energía en esta tarifa se cuentan con tres periodos los cuales son **base, intermedio y punta**, cada una consta de los siguientes horarios.

#### REGIONES.

##### Regiones Central, Noreste, Norte y Sur.

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

De acuerdo con la gráfica tendríamos un consumo de:

Día de la semana	Base kWh	Intermedio kWh	Punta kWh
Lunes a viernes	614	2502	252
Sábado	686	392	
Domingo	397	505	

Estos valores también serán afectados por el 50%

Cálculo.

Base

$$(307)(22)+(4)(343)+(4)(198.5) = 8,920.00 \text{ kWh}$$

intermedio.

$$(1251)(22)+(4)(196)+(4)(252.5) = 29,316.00 \text{ kWh}$$

Punta.

$$(126)(22) = 2,772.00 \text{ kWh}$$

### Costo por año.

Cargo por demanda (se tomarán los valores que se ocuparon en la tarifa 3)..

$$80(89.57)+176(90.81)+139.5(91.25)+184(93.62)+80(98.22)+80(101.25)+99(104.02)+80(105.94) \\ +80(107.95)+72(106.95)+128(106.05)+80(108.90) = \$ 126,411.57$$

Cargo por consumo en el período de punta (se tomará de referencia 1 día).

$$2,772(1.6923+1.7157+1.7239+1.7687+1.8555+1.9128+1.9652+2.0016+2.0396+2.0206+2.0036+ \\ 2.0575) = \$ 63,082.40 \text{ anual}$$

Cargo por consumo en el período intermedio.

$$29,316(0.5414+0.5489+0.5515+0.5515+0.5936+0.6119+0.6287+0.6403+0.6525+0.6464+0.6410+ \\ 0.6582) = \$ 213,007.12 \text{ anual}$$

Cargo por consumo en el período de base.

$$8920(0.4522+0.4584+0.4606+0.4726+0.4958+0.5111+0.5251+0.5348+0.5450+0.5399+0.5354+ \\ 0.5498) = \$ 54,239.84 \text{ anual}$$

Costo total = \$ 456,740.93 anual.

### Cargos por bonificación por factor de potencia

En nuestro caso el factor de potencia es superior a 0.9, por lo que el suministrador tendrá la obligación de bonificar al Palacio de Minería, la cantidad que resulte de aplicar a la factura el porcentaje de bonificación según la siguiente ecuación.

$$\text{bonificación} = \frac{1}{4} x \left[ 1 - \frac{0.9}{FP} \right] x 100$$

$$\text{bonificación} = \frac{1}{4} \times \left[ 1 - \frac{0.9}{0.99} \right] \times 100 = 2.275\%$$

Se tomará la bonificación por año = (456,740.93 x 0.02275) = \$10,390.85

En la figura 53 se muestra al factor de potencia del Palacio de Minería.

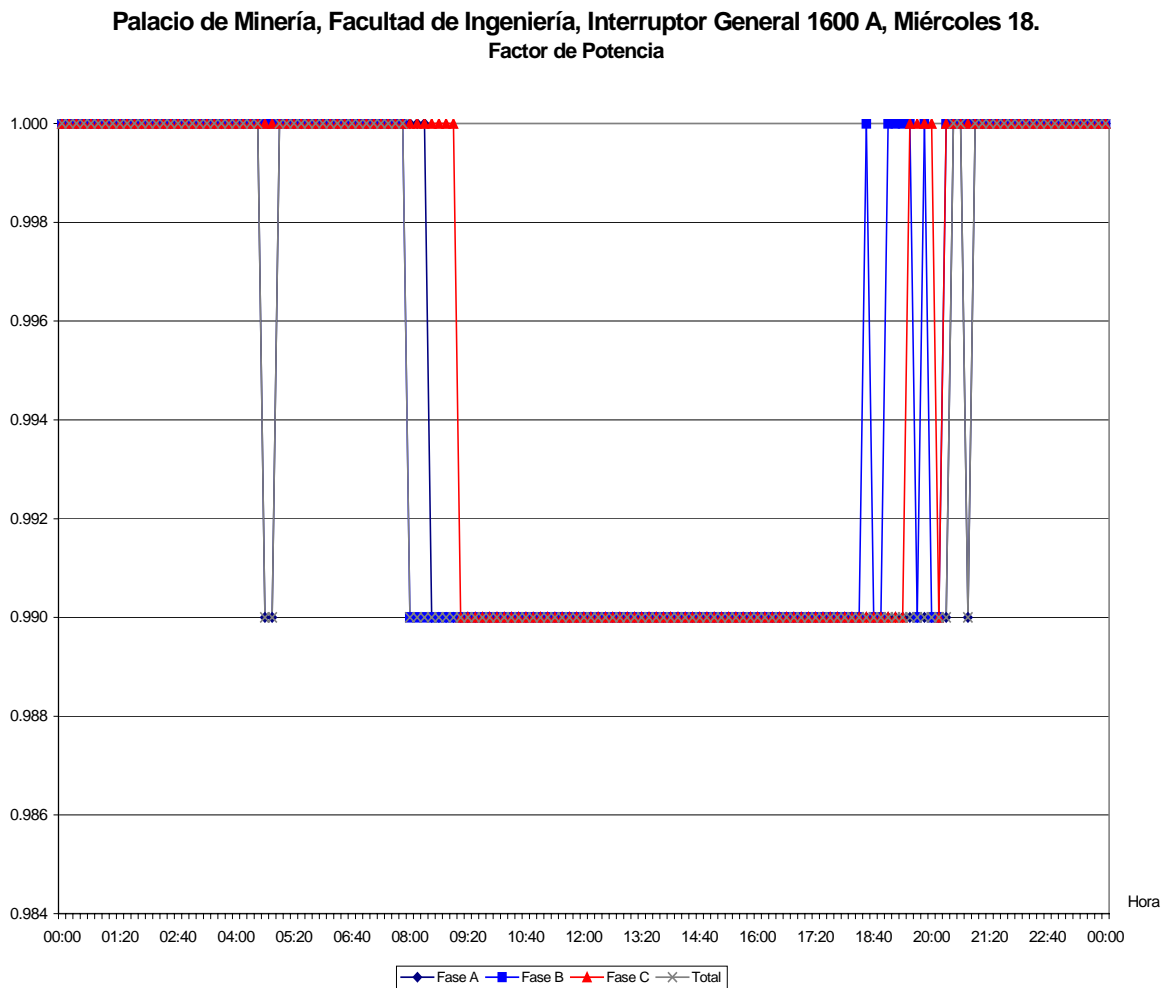


FIGURA 53

A continuación se realizarán los mismos cálculos con los cambios propuestos de lámparas actuales por lámparas de menor consumo de energía sin afectar la comodidad visual del usuario.

Conteo de carga actual en cuanto a iluminación.

TIPO DE LÁMPARA	NÚMERO DE LÁMPARAS	CARGA TOTAL (KW)
FLUORESCENTE 2X75 W	311	58.3125
FLUORESCENTE 1X75 W	108	10.125
FLUORESCENTE 2X40 W	196	19.600
FLUORESCENTE 1X40 W	57	2.850
FLUORESCENTE 4X20 W	622	62.200
INCANDESCENTE 60 W	1	0.060
INCANDESCENTE 100 W	8	0.800
INCANDESCENTE 150 W	1	0.150
INCANDESCENTE TIPO SPOT 75 W	898	67.350
DICROICA 50 W	219	10.950
INCANDESCENTE TIPO FLAMA 40 W	343	13.720
INCANDESCENTE TIPO SPOT 45 W	8	0.360

TIPO DE LÁMPARA	NÚMERO DE LÁMPARAS	CARGA TOTAL (KW)
INCANDESCENTE 500 W	2	1.000
COMPACTA FLUORECENTE DE 42 W	70	2.940
COMPACTA FLUORECENTE DE 13 W	1	0.013
VAPOR DE MERCURIO 250 W	14	3.500
VAPOR DE SODIO 250 W	3	0.750
HALÓGENO 1500 W	28	42.000
HALÓGENO 500 W	41	20.500
HALÓGENO 300 W	8	2.400
ADITIVOS METÁLICOS 400 W	1	0.400
ADITIVOS METÁLICOS 250 W	12	3.000
ADITIVOS METÁLICOS 150 W	14	2.100
TOTAL	2966	325.080

Conteo de carga propuesta en cuanto a iluminación

TIPO DE LÁMPARA	NÚMERO DE LÁMPARAS	CARGA TOTAL (KW)
FLUORESCENTE 2X59 W	311	34.210
FLUORESCENTE 1X59 W	108	7.668
FLUORESCENTE 2X32 W	196	11.368
FLUORESCENTE 1X32 W	57	1.824
FLUORESCENTE 2X32 W	622	36.076
INCANDESCENTE 60 W	1	0.060
COMPACTA FLUORESCENTE 23 W	8	0.184
INCANDESCENTE 150 W	1	0.150
COMPACTA FLUORESCENTE 20 W	898	17.960
DICROICA 35 W	219	7.665
INCANDESCENTE TIPO FLAMA 11 W	343	3.773
COMPACTA FLUORESCENTE 20 W	8	0.160

TIPO DE LÁMPARA	NÚMERO DE LÁMPARAS	CARGA TOTAL (KW)
LÁMPARA VAPOR DE SODIO 150 W	2	0.300
COMPACTA FLUORESCENTE DE 42 W	70	2.940
COMPACTA FLUORESCENTE DE 13 W	1	0.013
VAPOR DE SODIO ALTA PRES. 150 W	14	2.100
VAPOR DE SODIO ALTA PRES. 150 W	3	0.450
HALÓGENO 1500 W	28	42.000
HALÓGENO 500 W	41	20.500
HALÓGENO 300 W	8	2.400
VAPOR DE SODIO ALTA PRES. 250 W	1	0.250
VAPOR DE SODIO ALTA PRES. 150 W	12	1.800
VAPOR DE SODIO ALTA PRES. 100 W	14	1.400
TOTAL	2966	195.251

Con los cambios propuestos tendríamos un ahorro 129.829 kW

**COSTOS DE ENERGÍA EN TARIFA 3.****Costo por año.**

Cargo por demanda.

$$48(141.81)+105.5(143.749)+83.7(144.14)+110.4(148.90)+48(157.55)+48(162.17)+59.4(166.06)+48(168.04)+48(171.17)+43.2(170.49)+76.8(169.54)+48(173.00) = \$ 120,657.92$$

Cargo por kWh

$$9120(0.892)+16560(0.904)+15120(0.907)+28800(0.937)+11040(0.991)+12720(1.020)+12000(1.044)+24000(1.056)+13200(1.076)+12480(1.0729)+24720(1.0669)+12000(1.088) = \$ 192,592.27$$

Costo total \$ 313,250.19

**Costo por año.**

Cargo por demanda

Como se puede observar, si realizáramos los cambios de lámparas y cambio de tarifa, se obtendría un mayor ahorro de energía y en consecuencia también económico.

Costo anual actual de energía en tarifa 3 será de \$ 522,144.69

Costo anual de energía con cambios de lámparas en tarifa 3 será de \$ 313,250.19

El ahorro económico sería de \$ 208,894.50 anual

El ahorro de energía sería de 127,480 kWh anual

La diferencia de carga instalada por iluminación sería de 129.829 kW



### Costos de inversión por cambio de lámparas y balastos Mca. Osram y Sola Basic

TIPO DE LAMPARA	NÚMERO DE LAMPARAS	COSTO POR LÁMPARA	COSTO DE BALASTRO ELÉCTRONICO	COSTO TOTAL
FLUORESCENTE 2X59 W	311	\$ 43	\$ 206	\$ 90,812
FLUORESCENTE 1X59 W	108	\$ 43	\$ 206	\$ 26,892
FLUORESCENTE 2X32 W	196	\$ 19	\$ 135	\$ 33,908
FLUORESCENTE 1X32 W	57	\$ 19	\$ 135	\$ 8,778
FLUORESCENTE 2X32 W (CURVA)	622	\$ 59	\$ 135	\$ 157,366
COMPACTA FLUORESCENTE 23 W	8	\$ 28		\$ 224
COMPACTA FLUORESCENTE 20 W	898	\$ 13		\$ 11,609
DICROICA 35 W	219	\$ 56		\$ 12,264
INCANDESCENTE TIPO FLAMA 11 W	343	\$ 32		\$ 10,976
COMPACTA FLUORESCENTE 20 W	8	\$ 13		\$ 104
LÁMPARA VAPOR DE SODIO 150 W	2	\$ 76	\$295	\$ 742
VAPOR DE SODIO ALTA PRES. 150 W	14	\$ 76		\$ 1,064
VAPOR DE SODIO ALTA PRES. 150 W	3	\$ 76		\$ 228
VAPOR DE SODIO ALTA PRES. 250 W	1	\$ 90		\$ 90
VAPOR DE SODIO ALTA PRES. 150 W	12	\$ 76		\$ 912
VAPOR DE SODIO ALTA PRES. 100 W	14	\$ 77		\$ 1,078
<b>TOTAL</b>	<b>2816</b>			<b>\$356,455</b>

La inversión se recuperará aproximadamente en un año y medio.

## CONCLUSIONES:

La calidad del servicio de suministro de energía eléctrica es importante en la vida comercial, industrial y social de los países, el adecuado suministro de energía eléctrica es un factor importante para los servicios en la sociedad moderna.

Los consumidores de electricidad poco a poco han tomado conciencia de la necesidad de contar con un adecuado servicio en términos de calidad en el suministro de tensión eléctrica. Es claro que sin acciones correctivas, las compañías suministradoras y usuarios experimentarían un sin número de fallas en sus sistemas y equipos, dichas perturbaciones no sólo afectan el funcionamiento de los equipos que se encuentran conectados a la red de suministro además podrían degradar el tiempo de vida de los elementos que se encuentran conectados a la red eléctrica. Estas perturbaciones incrementan la ocurrencia de cortes en el suministro y variaciones de tensión.

La calidad de la energía eléctrica depende de una decena de características clave de las fuentes de electricidad, incluyendo la frecuencia, tensión y variación de tensión, pero las características más críticas son el contenido de armónicos y los transitorios por sobretensión

El incremento del uso de equipos electrónicos inyecta a la red armónicos ya que estas cargas tienen características no lineales, estas distorsiones llevan al equipo a un mal funcionamiento, errores en los datos y corrientes excesivas en los conductores de neutro que los sobrecalientan.

Otros problemas que podrían ocasionar fallas en el sistema y pérdidas de energía eléctrica son falsos contactos en tableros, interruptores y cables empalmados, para evitar estas fallas se recomiendan los mantenimientos correctivos y preventivos, en el caso del Palacio de Minería la mayoría de los tableros ya son viejos y existen empalmes en algunos conductores, por ello se recomienda el cambio de tableros y una adecuada conexión de los cables que están empalmados.

Otro problema que es de igual importancia en la actualidad es el de disminuir el consumo de energía eléctrica mediante el cambio de elementos en los sistemas de iluminación y fuerza, esto se logra mediante la utilización de modernos equipos que nos proporcionen un ahorro de energía sin afectar el funcionamiento actual de dichos sistemas.

La implementación de medidas para suministrar una buena calidad de la energía y tener un ahorro de energía en el sistema eléctrico tendría como consecuencia una buena confiabilidad en el sistema eléctrico y efectividad costo beneficio.

## BIBLIOGRAFIA

SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN  
AUTOR ROBERTO ESPINOSA Y LARA  
EDITORIAL NORIEGA LIMUSA 1990 PRIMERA IMPRESIÓN.

ELEMENTOS DE DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS  
INDUSTRIALES  
AUTOR GILBERTO ENRÍQUEZ HARPER  
EDITORIAL LIMUSA

NORMA OFICIAL MEXICANA  
NOM-001-SEDE-1999 DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

NORMAS OFICIALES UNIVERSITARIAS DE  
INGENIERIA ELECTROMACÁNICA VOLUMEN 1  
SEPTIEMBRE 1998.

SISTEMAS DE TIERRA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN  
AUTOR GUILLERMO LÓPEZ MONROY.

CURSO DE INTALACIONES ELECTRICAS PARA EDIFICIOS  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA.

ANSI: AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE.

CATÁLOGO GENERAL DE LUZ 2001/2002. **OSRAM.**

CATALOGO OCCUPANCY SENSOR LIGHTING CONTROLS. **LEVITON.**

<http://www.lfc.gob.mx/tarifas.htm>