



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**ESTUDIO DE LA RESTAURACIÓN DEL SISTEMA
ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DE LA “RADIO
UNIVERSIDAD” Y ESTUDIO TÉCNICO DE LOS
PROCEDIMIENTOS NECESARIOS PARA LA
INSTALACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA
DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN SUS INSTALACIONES EN
EL CERRO ALUX, GUATEMALA**

Carlos Constantino Monterroso Aguilar
Asesorado por el Ing. Carlos Alberto Quijivix Racancoj

Guatemala, marzo de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE LA RESTAURACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE
LAS INSTALACIONES DE LA “RADIO UNIVERSIDAD” Y ESTUDIO
TÉCNICO DE LOS PROCEDIMIENTOS NECESARIOS PARA LA
INSTALACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA DE
ENERGÍA ELÉCTRICA EN SUS INSTALACIONES EN EL CERRO
ALUX, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CARLOS CONSTANTINO MONTERROSO AGUILAR
ASESORADO POR EL ING. CARLOS ALBERTO QUIJIVIX RACANCOJ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, MARZO DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Fernando Alfredo Moscoso Lira
EXAMINADOR	Ing. José Guillermo Bedoya Barrios
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO DE LA RESTAURACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LAS INSTALACIONES DE LA “RADIO UNIVERSIDAD” Y ESTUDIO TÉCNICO DE LOS PROCEDIMIENTOS NECESARIOS PARA LA INSTALACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN SUS INSTALACIONES EN EL CERRO ALUX, GUATEMALA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 12 de agosto de 2005.

Carlos Constantino Monterroso Aguilar

AGRADECIMIENTOS A

Dios	Por ser la luz en mi vida y haberme dado salud para poder realizar mis metas.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por tantas cosas invaluableles que me ha enseñado, tanto en sus aulas, como fuera de ellas.
Extensión Universitaria	Por permitir la realización de este proyecto.
Radio Universidad	Por toda su colaboración y disponibilidad.
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS	Por su apoyo en la implementación del programa de EPS en la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
Ing. Carlos Quijivix	Por la dedicación y el tiempo brindado a la realización de este trabajo.
Mis compañeros	Por toda su amistad y compañerismo.

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por haberme permitido alcanzar mis metas.

Mis padres

Mario Monterroso Martínez

Por sus consejos, motivación y cariño.

Marta Agustina Aguilar López

Por todo su amor incondicional, su apoyo y paciencia a lo largo de toda mi vida.

Mis hermanos

Mario Anibal Monterroso Aguilar

Vilma Lucrecia Monterroso Aguilar

Ludmila Carina Monterroso Aguilar

Por todo su apoyo, cariño y compañía en cada momento.

Mi novia

Leslie Amabilia Samayoa Chavarría

Por todo su amor y motivación.

Mis Familiares

Gustavo, Mario Gustavo, Linda,

Rosa, Iris, Mario, Manuel, Zuly,

Luis, Mariann y demás familiares

en especial a mi tía Isabel (Q.E.P.D).

A mis compañeros y amigos

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XVII
GLOSARIO	XIX
RESUMEN	XXIII
OBJETIVOS	XXV
INTRODUCCIÓN	XXVII
1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA INSTITUCIÓN	1
1.1. Centro Cultural Universitario y su función.....	1
1.2. Instituciones dentro del CCU.....	1
1.3. Antecedentes de la Radio Universidad.....	2
1.3.1. Reseña histórica de la Radio Universidad.....	2
1.3.2. Misión de la institución.....	3
1.3.3. Visión de la institución.....	3
1.3.4. Aspectos legales que regulan su funcionamiento.....	3
2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	5
2.1. Conceptos fundamentales de las instalaciones eléctricas domiciliarias e industriales.....	5
2.1.1. Objetivos de una instalación.....	5
2.1.2. Clasificación de instalaciones eléctricas.....	7
2.1.2.1. Nivel de voltaje.....	7
2.1.2.2. Lugar de instalación.....	8

2.1.3.	Códigos y normas.....	9
2.1.4.	Especificaciones.....	10
2.1.5.	Vida de una instalación eléctrica.....	10
2.1.5.1.	Proyecto y construcción.....	11
2.1.5.2.	Materiales aislantes.....	11
2.1.5.3.	Mantenimiento.....	12
2.1.5.4.	Medio ambiente.....	12
2.1.6.	Factores de calidad de servicio.....	13
2.1.6.1.	Continuidad del servicio.....	13
2.1.6.2.	Regulación de voltaje.....	13
2.1.6.3.	Control de la frecuencia.....	15
2.1.6.4.	Contenido de armónicas.....	17
2.1.6.5.	Desbalance del voltaje.....	19
2.1.7.	Elementos que constituyen una instalación eléctrica.....	20
2.1.7.1.	Acometida.....	20
2.1.7.2.	Equipo de medición.....	20
2.1.7.3.	Interruptores.....	21
2.1.7.3.1.	Interruptor general.....	21
2.1.7.3.2.	Interruptor derivado.....	22
2.1.7.3.3.	Interruptor termomagnético.....	22
2.1.7.3.4.	Arrancador	23
2.1.7.4.	Transformador.....	23
2.1.7.5.	Tableros.....	24
2.1.7.5.1.	Tablero general.....	24
2.1.7.5.2.	Centros de control de motores.....	24
2.1.7.5.3.	Tableros de distribución o tableros derivados	25
2.2.	Instalaciones.....	25
2.2.1.	Caracterización de Cargas.....	25

2.2.2.	Dimensionamiento de conductores	27
2.2.2.1.	Resistencia de aislamiento.....	29
2.2.2.1.1.	Primera forma de realizar la medición del aislamiento.....	30
2.2.2.1.2.	Segunda forma de realizar la medición del aislamiento.....	30
2.2.2.2.	Capacidad, calibres y secciones de conductores eléctricos.....	32
2.2.2.2.1.	Cálculo de conductores por su capacidad de transporte.....	32
2.2.2.2.2.	Cálculo de conductores por regulación de voltaje.....	35
2.2.3.	Tuberías.....	37
2.2.3.1.	Cálculo de calibres de los ductos.....	41
2.2.4.	Protección.....	45
2.2.4.1.	Prueba de disparo.....	54
2.2.4.1.1.	Por capacidad de cortocircuito.....	54
2.2.4.1.2.	Por desconexión instantánea	55
2.2.4.2.	Capacidad de corto circuito.....	57
2.2.4.1.	Corriente nominal.....	61
2.2.5.	Tableros.....	65

3.	INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA INSTITUCIÓN, SITUACIÓN ACTUAL.....	67
3.1.	Estado actual del diseño de las instalaciones eléctricas de la institución.....	67
3.1.1.	Caracterización de cargas.....	67
3.1.2.	Documentación existente sobre las instalaciones.....	71
3.1.3.	Estado físico del cableado eléctrico.....	71

3.1.4. Estado actual de la distribución de las cargas eléctricas.....	72
3.1.5. Estado actual de iluminación	77
3.2. Análisis de redes.....	80
3.2.1. Corrientes.....	80
3.2.2. Voltajes.....	82
3.2.3. Factor de potencia.....	84
3.2.4. Potencias.....	85
3.2.4.1. Potencia activa.....	86
3.2.4.2. Potencia reactiva	88
3.2.4.3. Potencia aparente	90
3.2.5. Análisis de armónicos.....	92
3.2.5.1. Distorsión armónica THDV.....	92
3.2.6. Desbalance.....	95
4. DIAGRAMAS UNIFILARES.....	97
4.1. Diagrama unifilar de la red eléctrica general.....	97
4.2. Diagrama unifilar de la sub-red eléctrica.....	99
5. ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA LA PROPUESTA DE RESTAURACIÓN.....	101
5.1. Cálculo de conductores.....	101
5.1.1. Cálculo de los conductores de los alimentadores del tablero principal.....	101
5.1.1.1. Método de cálculo por capacidad de transporte del conductor.....	101
5.1.1.2. Aplicando el método del 60 por ciento de demanda global.....	103
5.1.1.3. Cálculo de alimentadores de acuerdo a	

los criterios del NEC.....	105
5.1.2. Cálculo de los conductores de los alimentadores de los tableros secundarios.....	106
5.1.2.1. Por capacidad de transporte del conductor.....	107
5.1.2.2. Por caída de voltaje o regulación.....	114
5.1.3. Cálculo de conductores de los circuitos individuales de cada tablero.....	118
5.1.3.1. Por capacidad de transporte de los conductores.....	118
5.1.3.2. Por el método de caída de tensión.....	124
5.1.4. Selección del centro de carga.....	129
5.2. Cálculo de tuberías.....	133
5.2.1. Cálculo de los ductos a utilizar para los diferentes circuitos de los tableros secundarios.....	133
5.2.2. Cálculo de los ductos a utilizar para los conductores alimentadores de los tableros secundarios.....	138
5.3. Cálculo de lúmenes.....	139
5.3.1. Determinación del nivel de iluminación requerido.....	139
5.4. Diseño de red de tierras.....	147
5.5. Cálculo de pararrayos.....	153
5.6. Cálculo de cortocircuito.....	159
5.7. Conexión de dispositivos de protección.....	162

6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE LAS INSTALACIONES DE LA RADIO UNIVERSIDAD EN EL CERRO ALUX Y ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA DE EMERGENCIA.....	165
--	------------

7. DEFINICIONES GENERALES ACERCA DE LA PLANTA DE EMERGENCIA.....	169
---	------------

7.1. Conversión de energía electromecánica.....	169
7.2. Motor mecánico.....	170
7.3. Generador.....	170
7.4. Aislamiento.....	171
7.5. Embobinado.....	172
7.6. Mecanismos de enfriamiento.....	173
7.7. Estudio de cargas.....	173
7.8. Transferencia inteligente.....	173
7.8.1. Modalidad u operación automática.....	174
7.8.2. Modalidad u operación manual.....	175

8. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA DE EMERGENCIA CON RELACIÓN A LA CARGA INSTALADA EN EL CERRO ALUX.....

8.1. Descripción del equipo a alimentar.....	177
8.2. Consideraciones técnicas y de mantenimiento.....	178
8.2.1. Mantenimiento de la instalación eléctrica.....	181
8.2.2. Mantenimiento de la planta de energía eléctrica.....	181
8.2.2.1. Mantenimiento preventivo a realizar por el operador.....	182
8.2.2.2. Puntos importantes de mantenimiento para el operador.....	185
8.2.2.3. Recomendaciones generales para los operadores de plantas eléctricas.....	188
8.3. Potencia de operación del equipo.....	189
8.4. Análisis.....	190
8.5. Conclusiones.....	195

9. AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CARGA.....	199
9.1. Consideraciones del ATI FG WILSON 606 en el proceso de transferencia automática.....	199
9.1.1. Descripción de operación del módulo de arranque automático.....	205
9.1.2. Descripción de operación del módulo de transferencia automática (ATI) 606.....	212
9.2. Diagrama de algoritmo del proceso.....	219
9.3. Consideraciones eléctricas.....	221
10. COSTO DE RESTAURACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA RADIO UNIVERSIDAD, ASÍ COMO EL COSTO DE LA INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA EN EL CERRO ALUX.....	225
10.1. Costo de restauración del sistema eléctrico de La Radio Universidad.....	225
10.2. Costo de la instalación y mantenimiento de la planta eléctrica de emergencia en el Cerro Alux.....	227
CONCLUSIONES.....	231
RECOMENDACIONES.....	233
BIBLIOGRAFÍA.....	235
ANEXOS.....	237

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Gráfica de altos y bajos voltajes registrados en la señal RMS de voltaje.....	15
2	Gráfica de ondas afectadas por los armónicos.....	18
3	Forma comercial de los interruptores termomagnéticos para baja tensión.....	23
4	Descripción de un interruptor termomagnético unipolar con su respectiva curva característica de operación.....	53
5	Curva de operación del dispositivo de protección por disparo magnético.....	59
6	Curva de operación del dispositivo de protección por disparo térmico.....	63
7	Curva de operación de un interruptor termomagnético.....	65
8	Curva de demanda diaria de potencia activa.....	68
9	Curva de demanda diaria de potencia reactiva.....	68
10	Gráfica de corriente que circula en la línea uno contra tiempo.....	80
11	Gráfica de corriente que circula en la línea dos contra tiempo.....	81
12	Gráfica de corriente que circula en la línea neutral contra tiempo.....	81
13	Voltaje en línea uno contra tiempo.....	82

14	Voltaje en línea dos contra tiempo.....	83
15	Factor de potencia de L1.....	84
16	Factor de potencia de L2.....	85
17	Potencia activa línea uno.....	86
18	Potencia activa línea dos.....	87
19	Potencia activa total.....	87
20	Potencia reactiva línea uno.....	88
21	Potencia reactiva línea dos.....	89
22	Potencia reactiva total.....	89
23	Potencia aparente línea uno.....	90
24	Potencia aparente línea dos.....	91
25	Potencia aparente total.....	91
26	Diagrama unifilar de la red eléctrica general.....	98
27	Diagrama unifilar de la subred eléctrica.....	99
28	Características físicas del local.....	141
29	Relación de cavidades.....	142
30	Forma de conexión y colocación de la varilla de cobre en el suelo.....	148
31	Curvas que muestran el comportamiento de la resistencia del suelo en función del número de varillas.....	150
32	Dimensiones de la malla de tierra del pararrayo para el primer tanteo.....	152
33	Dimensiones de la malla que produce el valor de resistencia deseado.....	152
34	Ubicación y configuración del sistema de tierras.....	153
35	Curvas de variaciones de intensidad de cortocircuito en función de la potencia del transformador y de la resistencia de la línea.....	160
36	Planta de energía eléctrica.....	169

37	Generador de corriente alterna.....	171
38	Diagrama unifilar de la transferencia de carga eléctrica.....	174
39	Elemento a utilizar como medio de protección para la estructura de la antena en el Cerro Alux.....	179
40	Representación del anillo de tierras alrededor de las instalaciones ubicadas en el Cerro Alux.....	180
41	Representación de la malla de tierras para aterrizaje del pararrayo.....	181
42	Diagrama de bloques del sistema eléctrico con dos fuentes de alimentación.....	199
43	Diagrama de navegación para los menús de programación del módulo de transferencia automática.....	214
44	(a) Diagrama del proceso de pérdida de fuente principal del programa del ATI 606.....	220
	(b) Diagrama del proceso de retorno de fuente principal del programa del ATI 606.....	221

TABLAS

I	Calibre y sección equivalente de los conductores.....	28
II	Valores mínimos de resistencia de aislamiento de una instalación.....	29
III	Características de los diferentes tipos de conductores.....	31
IV	Capacidades nominales para la conducción de corriente de los distintos calibres de conductores según el NEC.....	34

V	Factores de corrección de capacidad de corriente por temperatura.....	35
VI	Cantidad de conductores que pueden ir dentro de una tubería.....	42
VII	Áreas de conductores TH y THW de acuerdo a su calibre.....	44
VIII	Características de operaciones tiempo-corriente de los interruptores termomagnéticos.....	55
IX	Clasificación de operación normal de la instalación eléctrica.....	56
X	Distribución de cargas en el tablero secundario “A”.....	73
XI	Sumatoria de carga con factor de demanda.....	74
XII	Distribución de cargas del tablero secundario “B”.....	75
XIII	Sumatoria de carga con factor de demanda del tablero secundario “B”.....	76
XIV	Cantidad de luminarias necesarias para obtener los niveles de iluminación requeridos en la parte del edificio “A”.....	78
XV	Cantidad de luminarias necesaria para obtener los niveles de iluminación requeridos en la parte del edificio “B”.....	79
XVI	Sumatoria de carga con factor de demanda para el Edificio.....	102
XVII	Sumatoria de carga instalada en 240V y 120V por separada.....	103
XVIII	Cálculo de corriente que circulará por el neutro.....	103
XIX	Sumatoria de carga sin factor de demanda.....	104
XX	Cálculo de conductores por medio del método de factor de demanda global.....	104

XXI	Sumatoria de carga aplicando criterio del NEC de densidad de carga.....	105
XXII	Calibres encontrados por el método de densidad de carga.....	105
XXIII	Carga instalada en la línea 1 del tablero secundario “A”.....	108
XXIV	Sumatoria de carga instalada en L1 y compartida con L2 aplicando factor de demanda para el tablero “A”.....	108
XXV	Carga instalada en la L2 del tablero secundario “A”.....	109
XXVI	Sumatoria de carga instalada en L2 y compartida con L1 aplicando factor de demanda para el tablero “A”.....	110
XXVII	Carga instalada en la línea 1 del tablero secundario “B”.....	112
XXVIII	Sumatoria de carga instalada en L1 y compartida con L2 aplicando factor de demanda para el tablero “B”.....	112
XXIX	Carga instalada en L2 del tablero secundario “B”.....	113
XXX	Sumatoria de carga instalada en L2 y compartida con L1 aplicando factor de demanda para el tablero secundario “B”.....	113
XXXI	Verificación de que si los conductores seleccionados cumplen con la recomendación del NEC en lo concerniente a la capacidad de transporte del conductor.....	116
XXXII	Verificación si los conductores seleccionados cumplen.....	118
XXXIII	Circuitos de iluminación del tablero secundario A, por el método de capacidad de transporte.....	119
XXXIV	Tamaño de los conductores de los circuitos de fuerza del tablero secundario “A” por medio del método de capacidad de transporte.....	121
XXXV	Cálculo de conductores para los circuitos de iluminación del tablero secundario “B”, por medio del método de capacidad de transporte.....	122

XXXVI	Cálculo de conductores para los circuitos de fuerza del tablero “B”, por medio del método de capacidad de transporte.....	123
XXXVII	Cálculo de los circuitos de iluminación del tablero secundario A, por el método de caída de tensión.....	125
XXXVIII	Cálculo de los conductores de los circuitos de fuerza del tablero secundario A, por el método de caída de tensión.....	126
XXXIX	Cálculo de conductores para los circuitos de iluminación en el tablero B, utilizando el método de caída de tensión.....	127
XL	Cálculo de conductores para los circuitos de fuerza del tablero secundario B, utilizando el método de caída de tensión.....	128
XLI	Cuadro de cargas del tablero secundario A.....	131
XLII	Cuadro de cargas del tablero secundario B.....	132
XLIII	Niveles de iluminación recomendados para diversos Interiores y tareas, del informe #29 de la Comisión Internacional en luminación.....	140
XLIV	Relaciones de cavidad y porcentaje de reflectancia.....	142
XLV	Porcentaje de reflectancia efectiva para piso y techo.....	143
XLVI	Determinación del coeficiente de utilización.....	145
XLVII	Diseño del sistema de iluminación interior en el edificio.....	146
XLVIII	Valores críticos de E inefectivo correspondientes al límite entre el nivel de protección y el nivel de protección correspondiente al E inefectivo calculado.....	156
XLIX	Pruebas semanales de operación de la planta eléctrica.....	186
L	Potencia de operación del equipo instalado.....	190
LI	Carga instalada en el edificio ubicado en el cerro Alux.....	191
LII	Distribución de los diferentes circuitos en la instalación.....	192

LIII	Conductor y protección para los equipos electrónicos.....	192
LIV	Sumatoria de toda la carga instalada aplicando su respectivo factor de demanda.....	194
LV	Modo de programación del módulo de arranque automático.....	209
LVI	Especificaciones técnicas del módulo de arranque Automático.....	224
LVII	Costo de materiales para la restauración de las Instalaciones eléctricas de Radio Universidad ubicadas en el CCU.....	226
LVIII	Costo de materiales para la restauración de las Instalaciones eléctricas de Radio Universidad ubicadas en el cerro Alux.....	228

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Amperaje
At	Temporizador de estabilización del generador
°C	Temperatura en grados Celsius
CA	Corriente alterna
CD	Corriente directa
DBT	Temporizador de conteo descendente
°F	Temperatura en grados Fahrenheit
GND	Tierra física
Hz	Frecuencia en Hertz
K	Contactador de potencia o relé, con sus respectivos contactos
KVA	Kilo volt-ampere
L	Línea de corriente alterna (L1, L2)
NA	Contacto normalmente abierto

NC	Contacto normalmente cerrado
PLC	Controlador lógico programable
RTI	Interruptor que inhibe la retransferencia de la fuente
ROT	Temporizador que sirve para enfriamiento del generador
THD	Distorsión armónica total.
V	Voltaje en voltios
1Mt	Temporizador que inhibe al retorno de la fuente por un periodo de tiempo determinado

GLOSARIO

ATI	Interruptor de transferencia automática.
AWG	American Wire Gauge. Calibre Americano de Cable.
Bornera	Barra física que consta de varias terminales eléctricas a las cuales se puede conectar varios dispositivos, suministrándoles así una sola polaridad, positiva o negativa.
CA	Corriente alterna.
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
Canalización	Son los canales, canaletas, ductos o tubos conduit galvanizados por donde se hacen pasar los conductores.
Carga instalada	Es la suma de la capacidad nominal de todo el equipo eléctrico que se conectará a la acometida.
Carter	Depósito de aceite en un motor de combustión interna.
Contacto	Parte de un relé activado por voltaje, el cual puede ser normalmente abierto o normalmente cerrado.

Cortocircuito	Es una intensidad sumamente alta, se forma por contacto directo entre dos o más conductores.
Demanda	Es la potencia que consume la carga, medida por lo general en intervalos de tiempo, expresada en kW a un factor de potencia determinado.
Demanda máxima	Es la máxima demanda que se tiene en una instalación, durante un período de tiempo especificado.
Distorsión armónica	Es la distorsión de la onda senoidal de corriente o tensión eléctrica de frecuencia nominal, ocasionada por la presencia de señales eléctricas senoidales de frecuencias diferentes y múltiplos de dicha frecuencia.
Factor de carga	Indica la forma en que se utiliza el equipo eléctrico de una instalación.
Factor de demanda	Es la relación entre la demanda máxima y la carga total instalada.
FM	Factor de mantenimiento.
Factor de pérdidas	Es el porcentaje de tiempo requerido por la demanda máxima para producir las mismas pérdidas que se tienen por la demanda real en un lapso definido.

Grupo electrógeno	Equipo eléctrico utilizado para suministrar energía por períodos de tiempo a una carga. Este es formado por un generador síncrono y un motor de combustión interna.
IEC	International Electrical Comission. Comisión Internacional Eléctrica.
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers. Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos.
Interruptor principal	Es el que va colocado entre la acometida y el resto de la instalación, sirve para protección del sistema o red suministradora.
Lumen	Representa el flujo luminoso de una fuente, y es igual al producto de su intensidad por el ángulo sólido que abarca.
Lux	Es el efecto de la luz, al incidir sobre una superficie, constituye la iluminación o iluminancia.
MAIN	Fuente principal o suministro proporcionado por la empresa de energía eléctrica.
NEC	National Electrical Code. Código Nacional Eléctrico de Estados Unidos de Norteamérica.

NEMA	National Electrical Manufacturers Association. Asociación Nacional de Fabricantes de Equipo Eléctrico de Estados Unidos de América.
NFPA	National Fire Protection Association. Asociación Nacional de Protección contra incendios.
NTIE	Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas.
NTSD	Normas Técnicas del Sistema de Distribución.
P	Potencia activa.
Q	Potencia reactiva.
RCR	Relación de cavidad.
S	Potencia aparente.
Temporizador	Controlador de tiempo de disparo en un PLC, el cual establece retardos o períodos de tiempo preestablecidos, para ejecución de procesos.
Transferencia de carga	Procedimiento de intercambio realizado para administración de energía eléctrica, entre una fuente de energía inadecuada a otra adecuada para un suministro continuo de energía a un equipo o carga eléctrica.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación, se realizó un análisis del estado actual de los diferentes componentes que forman parte de la instalación eléctrica, se muestra el diseño de una nueva instalación eléctrica y por último el análisis para la implementación de una planta eléctrica. Entre los diferentes parámetros que conforman este trabajo se encuentra la caracterización y cuantificación de la carga instalada, una recopilación de información, también, se realizó un análisis de la calidad de energía con que se cuenta en el edificio.

El diseño nuevo toma en cuenta los resultados de los análisis realizados a la instalación actual. Entre las diferentes cosas que se tomaron en consideración para la restauración se tienen: ubicación, dimensionamiento de conductores, calculo de canalizaciones, protecciones para los diferentes circuitos. También, se incluyó el diseño de puesta a tierra y sistema de pararrayos. Por último, se realizó un rediseño del sistema de la ubicación física de los ambientes interiores del edificio.

En las instalaciones de Radio Universidad ubicadas en El Cerro Alux, se implementó un sistema de operación para la planta de emergencia, totalmente automatizado. Y, además, se consideraron las modificaciones en la reubicación física de los tableros eléctricos.

Finalmente, se realiza un presupuesto del costo que tendría llevar a cabo las modificaciones e implementaciones para el sistema eléctrico de las instalaciones de Radio Universidad, ubicadas tanto en el CCU como en el Cerro Alux.

OBJETIVOS

- **General**

Analizar la condición actual de las instalaciones eléctricas del edificio donde actualmente se encuentra Radio Universidad y proponer las mejoras correspondientes por medio del rediseño de las instalaciones eléctricas.

- **Específicos**

1. Determinar la condición actual de los diferentes elementos que conforman la red eléctrica del edificio.
2. Determinar mediante un análisis de redes la calidad de energía eléctrica que se tiene en el edificio y la influencia de la carga sobre ésta.
3. Rediseñar el sistema eléctrico de acuerdo con los requerimientos de la carga instalada y la función del edificio.
4. Rediseñar el sistema de iluminación de los ambientes interiores.
5. Implementar una planta eléctrica de emergencia totalmente automatizada en las instalaciones de La Radio ubicadas en El Cerro Alux.

6. Implementar un proceso de mantenimiento preventivo para la planta eléctrica.

7. Indicar el costo de la implementación de la restauración del sistema eléctrico en las instalaciones de La Radio, así como el costo de la implementación de la planta eléctrica de emergencia automatizada en El Cerro Alux.

INTRODUCCIÓN

La utilización de un edificio que originalmente no fue contemplado para realizar tareas específicas como la de albergar a una estación de radio, conlleva a que el mismo necesite ser modificado o adaptado a los requerimientos actuales.

En el presente trabajo se realiza, a partir de un estudio previo, una propuesta de restauración del sistema eléctrico en las instalaciones eléctricas ubicadas en el CCU, la cual contempla todas las mejoras necesarias para una operación eficiente; Por otro lado, contempla un estudio y diagnóstico de las instalaciones eléctricas de Radio Universidad ubicadas en el Cerro Alux; así como la implementación de una planta eléctrica de emergencia -grupo electrógeno- totalmente automatizado para la operación de la misma.

Debido a la necesidad de que un medio de comunicación transmita de forma ininterrumpida, se necesita que el mismo cuente con un flujo de energía eléctrica constante. Cuando esto no sucede, debido a diferentes factores se implementa una planta de emergencia, la cual, debido a la ubicación lejana donde se encuentra, se requiere que la misma opere de manera automatizada.

Las propuestas contemplan una mejor operación de La Radio, para que la misma sea eficiente y segura, y, de ese modo, prolongar el tiempo de vida útil de la misma por medio del mantenimiento preventivo propuesto.

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA INSTITUCIÓN

1.1. Centro Cultural Universitario y su función

El centro Cultural Universitario, es la dependencia de carácter técnico-administrativo y cultural, con fines formativos, educativos, académicos, culturales y científicos. Depende de la Dirección General de Extensión Universitaria.

Su función es la de ser la unidad llamada a conservar y difundir la labor artístico-cultural; planifica, organiza y coordina las actividades de las diversas agrupaciones artísticas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Apoya a otras agrupaciones artísticas y provee espacios para diferentes acciones académicas y culturales.

1.2. Instituciones dentro del CCU

Las instituciones que conforman el CCU son las siguientes: el Teatro de Arte Universitario -TAU-, Coro Universitario, Asociación Coral Universitaria, Estudiantina Universitaria y Cinemateca Universitaria Enrique Torres. Posteriormente, se adscribieron a dicho centro la Biblioteca -MUSAC-, el Colegio Santo Tomás, en Antigua Guatemala y la Marimba de Conciertos. Se integró el Grupo de Baile USAC, conocido como Grupo de Danza, y la Escuela de Danza.

A través del tiempo este edificio ha sufrido una metamorfosis, pero a partir de septiembre de 2002 en este complejo funcionan las oficinas de la Dirección

General de Extensión Universitaria, el proyecto de Ejercicio Profesional Supervisado Multi profesional, el canal de televisión TV-USAC y Radio Universidad.

1.3. Antecedentes de la Radio Universidad

1.3.1. Reseña histórica de la Radio Universidad

Los archivos registran el nacimiento de Radio Universidad, como producto de una donación hecha por el gobierno de España. El acto inaugural en enero 1992, fue parte importante de la conmemoración de los 316 años de fundación de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Los transmisores de Radio Universidad se iniciaron con un pequeño transmisor de 300 wattios. Desde el 20 de octubre de 1991 Radio Universidad inicia sus transmisiones desde el Edificio de Bienestar Estudiantil en la ciudad universitaria, tres meses después fueron instalados sus equipos en el antiguo Laboratorio Bacteriológico del paraninfo Universitario, hoy Centro Cultural Universitario.

Desde el 31 de enero de 1992, se inicia una época en la que se incluye una programación de discusión, debate y análisis de los diferentes tópicos de interés para la población, en espacios que se han constituido voces vivas de soluciones que aporta el sector intelectual del país. A los tres años de haberse iniciado la Radio Universidad cuenta dentro de su personal con profesionales y estudiantes de la comunicación, además de personas con una larga trayectoria dentro del campo de los medios de información.

Radio Universidad ingreso a la tecnología de punta, por la adquisición de equipo digital y computarizado que se logro debido al apoyo institucional de la Dirección General de Extensión Universitaria, a cargo del Arquitecto Byron Rabeé y de la Rectoría dirigida entonces por el Ingeniero Efraín Medina. Convenios especiales ubicaron la señal en el mundo, gracias a documentos firmados por la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT), para ingresar con un sitio en Internet. La Radio Universidad sufrió una transformación de fondo que amplio espacios importantes a las unidades académicas universitarias, para compartir espacios importantes con la sociedad guatemalteca el saber científico y cultural, que se ubica en el marco de los estudios que se realizan en la Tricentenaria Universidad de San Carlos de Guatemala.

1.3.2. Misión de la Institución

Radio Universidad debe difundir el saber científico y tecnológico, la cultura nacional y universitaria con objeto de preservar nuestra identidad nacional, cooperar al estudio y solución de los problemas nacionales y contribuir a la vinculación espiritual de los pueblos.

1.3.3. Visión de la Institución

Radio Universidad es un vínculo entre la sociedad guatemalteca y la Universidad de San Carlos de Guatemala, comprometida con la difusión científica, social y humanista, que procura la orientación en los diversos aspectos de la vida de los guatemaltecos y crear opinión con criterios realistas, que con su amplia y variada programación: educa, forma, orienta, informa y entretiene a la población universitaria y no universitaria fomentando una cultura democrática, con enfoque multicultural e intercultural.

1.3.4. Aspectos legales que regulan su funcionamiento

El aspecto legal que regula el funcionamiento de la Radio Universidad, es el siguiente: Acuerdo de Rectoría No. 1,216-90 de fecha 30-08-1990. Con el cual fue aprobado como un medio de comunicación de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

2.1. Conceptos fundamentales de las instalaciones eléctricas domiciliarias e industriales

Se le llama instalación eléctrica al conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los equipos que utilizan. Entre estos elementos se incluyen: tableros, interruptores, transformadores, bancos de capacitores, dispositivos sensores, dispositivos de control local o remoto, cables, conexiones, contactos, canalizaciones y soportes.

Las instalaciones eléctricas pueden ser abiertas (conductores visibles), aparentes (en ductos o tubos), ocultas (dentro de paneles o falsos plafones), o ahogadas (en muros, techos o pisos).

2.1.1. Objetivos de una instalación

Una instalación eléctrica debe distribuir la energía eléctrica a los equipos conectados de una manera segura y eficiente. Además debe ser económica, flexible y de fácil acceso. Así la instalación debe cumplir con algunos parámetros con la finalidad de que la misma sea lo mayor eficiente posible.

Se pueden mencionar los siguientes parámetros como los mas importantes a tomar en consideración en el momento de realizar una instalación:

- Seguridad.

Una instalación segura es aquella que no representa riesgos para los usuarios ni para los equipos que alimenta o que están cerca. En relación con la seguridad de los equipos, debe hacerse un análisis técnico-económico, para determinar la inversión en protecciones para cada equipo. Por ejemplo, para un equipo que represente una parte importante de la instalación y que sea muy costoso no deberá limitarse la inversión en protecciones.

- Eficiencia.

El diseño de una instalación debe hacerse cuidadosamente para evitar consumos innecesarios, ya sea por pérdidas en los elementos que la constituyen o por la imposibilidad para desconectar equipos o secciones de alumbrado mientras éstos no se estén utilizando.

- Economía.

Los proyectos de ingeniería tienen que considerar las implicaciones económicas. Esto quiere decir que el ingeniero, frente a cualquier proyecto, debe pensar en su realización con la menor inversión posible. Hipotéticamente hablando, la mejor solución a un problema de instalaciones eléctricas debería ser única: la ideal. En la realidad el ingeniero proyectista requiere de habilidad y tiempo para acercarse a esa solución ideal. Pero las horas/hombre dedicadas al proyecto son parte importante del costo, por lo que tampoco es recomendable dedicar demasiado tiempo a resolver problemas sencillos.

- Flexibilidad.

Se entiende por instalación flexible es aquella que puede adaptarse a pequeños cambios. Por ejemplo, una instalación aparente en tubos metálicos o charolas es mucho más flexible que una instalación ahogada en el piso.

- Accesibilidad.

Una instalación bien diseñada debe tener las provisiones necesarias para permitir el acceso a todas aquellas partes que pueden requerir mantenimiento. Por ejemplo, espacios para montar y desmontar equipos grandes y pasillos en la parte posterior de los tableros, entre otros. También se entiende por accesibilidad el que se cuente con todos los elementos que permitan entender el diseño de la instalación, es decir, la especificación completa y todos los planos y diagramas necesarios.

2.1.2. Clasificación de instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas se clasifican de diferentes formas. A continuación se detallan las relativas al nivel de voltaje y al ambiente del lugar de instalación, aunque podrían señalarse otras: por su duración (temporales y definitivas), por su modo de operación (normal y de emergencia) o por su construcción (abierta, aparente y oculta).

2.1.2.1. Nivel de voltaje

De acuerdo con el nivel de voltaje se pueden tener los siguientes tipos de instalación:

- Instalaciones no peligrosas. Cuando su voltaje es igual o menor que 12 voltios.
- Instalaciones de baja tensión. Cuando el voltaje con respecto a tierra no excede 750 voltios.
- Instalación de media tensión. El voltaje es de 1kV hasta 34kV.
- Instalaciones de alta tensión. Cuando los voltajes son superiores a los mencionados anteriormente.

2.1.2.2. Lugar de instalación

Las instalaciones eléctricas también pueden clasificarse en normales y especiales, según el lugar donde se ubiquen:

- Las instalaciones normales pueden ser interiores o exteriores. Las que están a la intemperie deben tener accesorios (cubiertas, empaques y sellos) para evitar la penetración del agua de lluvia en condiciones de tormenta.
- Se consideran instalaciones especiales aquellas que se encuentran en áreas con ambiente peligroso, excesivamente húmedo o con grandes cantidades de polvo no combustible.

2.1.3. Códigos y normas

El diseño de instalaciones eléctricas debe hacerse dentro de un marco legal. Un buen proyecto de ingeniería es una respuesta técnica y

económicamente adecuada, que respeta los requerimientos de las normas y códigos aplicables.

Debido a que en Guatemala no existe una norma oficial, se pueden usar normas que son aceptadas en otros países con realidades similares a las nuestras, como lo es México, en México las NTIE (Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas, 1981), editadas por la Dirección General de Normas, constituyen el marco legal para el proyecto y construcción de instalaciones. Estas normas son generales y no pueden cubrir todo. En ciertos tipos de instalaciones pueden establecerse especificaciones que aumenten la seguridad o la vida de los equipos y que estén por arriba de las normas.

Existen otras normas, que serán utilizadas en este documento, que no son obligatorias pero que son el resultado de experiencia acumulada y que por lo tanto pueden servir de apoyo a los proyectistas en aspectos específicos no cubiertos por las NTIE (1981):

- El NEC (*National Electrical Code* ó Código Nacional Eléctrico de Estados Unidos de Norteamérica) que por ser una norma más detallada puede ser muy útil en algunas aplicaciones específicas.
- El PLC (*Lightning Protection Code* o Código de Protecciones Contra Descargas Atmosféricas de los Estados Unidos de Norteamérica), que es un capítulo de las normas de la NFPA (*National Fire Protection Association*).

Existen normas para la fabricación de equipo eléctrico que también deben ser consideradas por el proyectista ya que proporcionan información relativa a las características del equipo, así como los requisitos para su instalación.

Los equipos importados deben cumplir con las normas de su país de origen. El equipo eléctrico importado de EUA está fabricado de acuerdo con las normas NEMA (*National Electrical Manufacturers Association* ó Asociación Nacional de Fabricantes de Equipo Eléctrico de Estados Unidos de América).

2.1.4. Especificaciones

Se conoce como especificaciones al conjunto de dimensiones y características técnicas que definen completamente a una instalación y a todos los elementos que la componen. Las especificaciones deben cumplir con las normas respectivas y no deben dar lugar a confusiones o a interpretaciones múltiples.

En una instalación eléctrica, las especificaciones deben contemplar los objetivos para lo que fue propuesta. Debido a que las normas son de carácter general, las especificaciones pueden ser más exigentes, ya que se trata de un objetivo determinado.

2.1.5. Vida de una instalación eléctrica

Es fácil entender que la vida de una instalación es el tiempo que transcurre desde su construcción hasta que se vuelve inservible. Conocer esta información resulta muy útil porque permite saber cuánto durará la inversión. Sin embargo es complejo precisar la vida de una instalación ya que influyen muchos factores. Entre otros están: el proyecto, la ejecución, las condiciones de uso, el mantenimiento y el medio ambiente.

2.1.5.1. Proyecto y construcción

Es indudable que la vida de una instalación se alarga cuando el proyecto contempla provisiones adecuadas para posibles ampliaciones e incluye un sistema confiable de protecciones. Por otra parte, después de un buen proyecto se requiere de una construcción correcta (de acuerdo con las especificaciones del proyecto), que impida que la instalación se vuelva inservible prematuramente. Una instalación oculta protege mejor los materiales y por tanto tiene mayor duración que una visible, pero esta última es más accesible cuando se presenta la necesidad de hacer modificaciones.

Toda instalación se ejecuta conforme a un proyecto y cualquier modificación debe estar asentada en los planos para mantenerlos vigentes; de lo contrario resultará cada vez más difícil localizar el origen de los problemas que se presenten. De hecho puede presentarse el caso que resulte necesario desechar por completo una instalación que ha sufrido modificaciones que no han sido registradas por escrito.

2.1.5.2. Materiales aislantes

Aunque los elementos arriba citados tienen impacto sobre la vida de la instalación, normalmente se entiende que la duración depende del envejecimiento de los materiales utilizados, principalmente de los materiales aislantes. Estos últimos se utilizan como forros de conductores, cintas de aislar, soportes de varias clases, cubiertas protectoras y barnices.

Las sobrecargas eléctricas producen alzas de temperatura, las cuales tienen un efecto directo en la vida de los materiales aislantes. Las sobrecargas

pueden entenderse como demandas de energía mayores a las de diseño, o como cortocircuitos acumulados.

2.1.5.3. Mantenimiento

Respecto al mantenimiento se puede decir que las instalaciones sencillas prácticamente no lo requieren mientras no haya modificaciones o mal trato. En aquellas instalaciones donde sí se requiere consiste, básicamente, en limpieza, renovación de pintura, apriete de uniones, ajuste de contactos y revisión de los elementos de protección. En los transformadores es muy importante revisar periódicamente las características dieléctricas del aceite; en motores y generadores, mantener engrasados los rodamientos y cambiar carbones cuando sea necesario. Por otra parte debe protegerse a los equipos contra los malos tratos que, por ignorancia o descuido, puedan darle los operarios. Es claro que un mantenimiento adecuado y el buen trato alargan la vida de una instalación. Los motores, así como otros equipos eléctricos caracterizados por movimientos mecánicos y/o elementos de contacto electromecánico, tienen una vida bastante más corta que las instalaciones entubadas fijas.

2.1.5.4. Medio ambiente

El medio ambiente donde se encuentra una instalación tiene una influencia importante en la vida de ésta. Las condiciones de humedad, salinidad y contaminación deben ser consideradas en el proyecto.

La vida útil de una instalación es de: 45 años para viviendas, 60 años para almacenes, 45 años para fábricas, 30 años para líneas de transmisión y distribución, y 12 años para equipos eléctricos. Sin embargo debe realizarse una revisión periódica y renovarse aquellos elementos que se consideren

inseguros. Por otra parte, se recomienda que cuando una industria o comercio cambie de giro se revise y modifique la instalación, o se sustituya totalmente de acuerdo con las necesidades específicas.

2.1.6. Factores de Calidad de Servicio

La compañía suministradora de energía eléctrica debe garantizar un servicio que cumpla con ciertos requerimientos mínimos, de tal forma que los usuarios puedan tener la certeza de que sus equipos no sufrirán daños y funcionarán correctamente.

2.1.6.1. Continuidad del Servicio

El consumo de la energía eléctrica ha adquirido tal importancia en la sociedad moderna, que una interrupción del servicio puede causar trastornos importantes y pérdidas económicas cuantiosas. Por esta razón la preocupación primordial del responsable del suministro es evitar interrupciones; aún así algunos usuarios requieren de la instalación de plantas eléctricas para cubrir emergencias.

2.1.6.2. Regulación de Voltaje

Los artefactos que utilizan la energía eléctrica están diseñados para operar a un voltaje específico y su funcionamiento será satisfactorio siempre que el voltaje aplicado no varíe más allá de ciertos límites. Existen equipos sensibles a las variaciones de voltaje, entre otros están: lámparas incandescentes, lámparas fluorescentes, equipos electrónicos y calefactores de resistencia. Los motores de inducción son menos sensibles, y pueden operar

(con algunas consecuencias) con voltajes de 10% arriba o abajo del valor nominal.

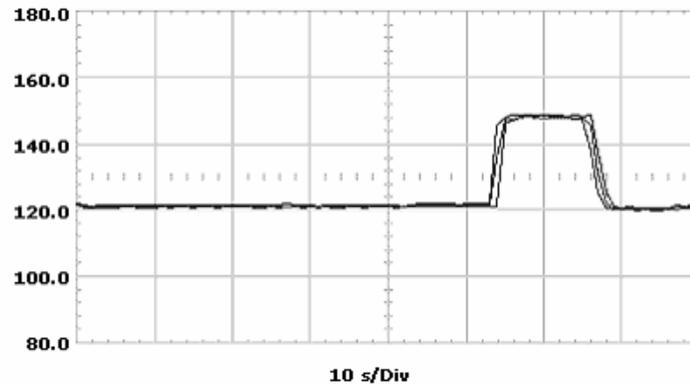
En algunos casos la compañía suministradora tiene sistemas de regulación automática del voltaje, ya sea con transformadores provistos con cambiadores automáticos de derivaciones (que modifican la relación de transformación) o mediante la conexión y desconexión de bancos de capacitores.

En la regulación de voltaje deben cuidarse dos aspectos:

- Tener las previsiones necesarias para las caídas de voltaje del suministro. En ocasiones resulta indispensable la instalación de reguladores automáticos de voltaje, aunque normalmente es factible compensarlas cambiando (manualmente) las derivaciones de los transformadores que, por lo general, permiten variar el voltaje de salida en escalones de 2.5%.
- Diseñar los conductores de la instalación para que la última salida de un circuito derivado no sobrepase la caída de voltaje de 5% permitida en las normas. Una variación de 5% del voltaje nominal en los puntos de utilización se considera satisfactoria; una variación de 10% se considera tolerable.

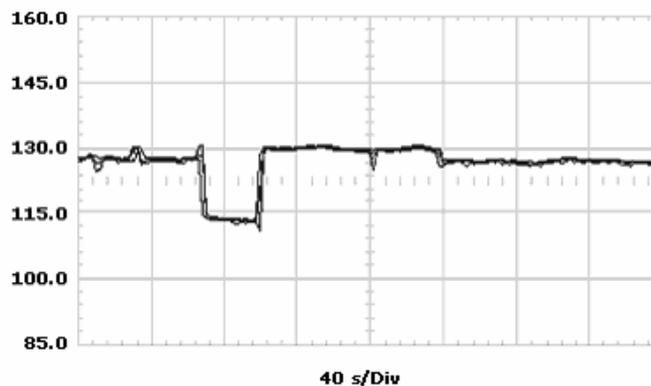
En las siguientes figuras se muestran, altos y bajos voltajes detectados en una instalación eléctrica.

Figura 1(a). Sobrevoltaje registrado en la señal RMS de voltaje



Fuente: Servicios eléctricos, **SECOVI**, www.secovi.com

(b). Bajo voltaje registrado en la señal RMS de voltaje



Fuente: Servicios eléctricos, **SECOVI**, www.secovi.com

2.1.6.3. Control de la Frecuencia

Los sistemas de energía eléctrica operan con ondas de una frecuencia (ciclos/segundo) determinada, dentro de cierta tolerancia. No existe un estándar internacional respecto a la frecuencia; los países de Europa, la mayor parte de Asia y África y algunos de Sudamérica han adoptado una frecuencia de 50 Hz. En América del Norte y otros países del continente americano los sistemas

eléctricos operan a 60 Hz. Guatemala, al igual que algunos otros países, opera a 60 Hz.

En algunos sistemas eléctricos de transporte terrestre se emplean frecuencias de $16 \frac{2}{3}$ Hz. y 25 Hz. En cambio, en aeronaves los generadores son de 400Hz. El problema consiste en que, para la misma unidad de fierro magnético, la potencia crece proporcionalmente con la frecuencia, pero al mismo tiempo aparecen los siguientes efectos:

- Las pérdidas en el material magnético aumentan: una parte en proporción directa con la frecuencia (pérdidas por histéresis), y otra parte de acuerdo con el cuadrado de la frecuencia (corrientes parásitas).
- La reactancia de dispersión en las máquinas y líneas de transmisión aumenta en proporción con la frecuencia.
- La reactancia capacitiva entre líneas de transmisión se reduce en proporción al incremento de la frecuencia.
- En líneas de transmisión largas puede presentarse el fenómeno de resonancia (debido a los dos incisos anteriores).
- La interferencia en líneas telefónicas cercanas aumenta con la frecuencia.

Todos los elementos diseñados para operar a cierta frecuencia pueden verse afectados por la variación de éste parámetro. De hecho, una red eléctrica no puede tener variaciones de más de 1% en su frecuencia porque sus plantas generadoras pueden salirse de sincronismo. Este rango de variación es

perfectamente aceptable para los consumidores. Un caso especial se presenta cuando se sustituye la alimentación normal por la planta de emergencia, ya que en ésta la frecuencia tiene un rango de oscilación más amplio.

2.1.6.4. Contenido de Armónicas

Las ondas de voltaje que produce una planta generadora en una red eléctrica son muy cercanas a una onda senoide. A pesar de la dificultad para generarlas, las ondas senoidales se utilizan porque tienen la propiedad de conservar su forma a todo lo largo de la red. Esto sucede aunque la red tenga componentes cuyas propiedades físicas sean equivalentes a la derivación o integración de la función que representa la onda de entrada. En otras palabras, la ventaja más importante de las ondas senoidales es que son funciones cuya integral o derivada es otra senoide defasada en el tiempo.

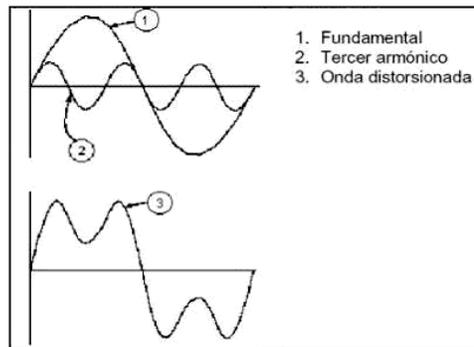
Las ondas de voltaje que se reciben de la empresa suministradora son imperfectas. Esto se debe a que desde su generación tienen pequeños defectos o a que algunos componentes de la red responden de una manera no lineal. Por ejemplo, si el valor de la inducción magnética en el núcleo de un transformador está cerca de la saturación, la corriente de magnetización puede propiciar la aparición de armónicas. Entre mayor sea el contenido de armónicas de una onda, mayor será su desviación de la forma senoidal.

A pesar de lo anterior, el contenido de armónicas producido por los elementos de un sistema de potencia tradicional todavía no es muy grande, y el problema no es tan importante. Sin embargo, a medida que crezca el número de equipos con dispositivos de electrónica de potencia, aumentará el contenido de armónicas en la red y será necesario instalar filtros que las eliminen.

El contenido de una armónica de cierto orden se puede expresar en función del porcentaje que su amplitud representa comparada con la amplitud de la componente fundamental. Para cuantificar el contenido de varias armónicas se calcula la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de sus amplitudes y se expresa como porcentaje de la amplitud de la onda de frecuencia fundamental.

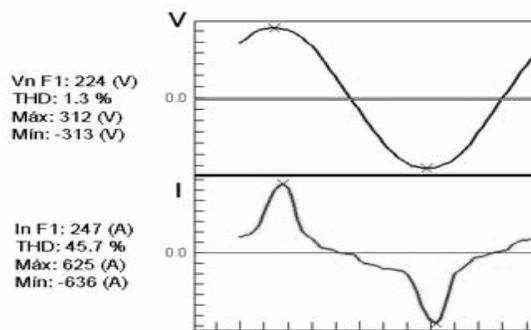
Las armónicas de orden inferior (3, 5, 7, 11 y 13) tienen mayor impacto en el aumento de pérdidas en las máquinas eléctricas, y por lo tanto provocan sobrecalentamiento. Las armónicas de orden superior (arriba de 20 y hasta 50) causan interferencias en las líneas de teléfono y en las ondas de radio.

Figura 2. (a) Forma de onda afectada por los armónicos



Fuente: parámetros eléctricos, **XM Colombia**, Pág. 5

(b) Forma de onda de tensión y corriente distorsionadas



Fuente: parámetros eléctricos, **XM Colombia**, Pág. 5

2.1.6.5. Desbalance del voltaje

En la actualidad la generación y transmisión de la energía eléctrica se hace en tres fases. Esto se debe a las ventajas económicas que un sistema trifásico tiene frente a uno monofásico (una sola fase). De esta manera se generan tres voltajes de la misma magnitud desfasados 120° en el tiempo, lo que constituye un sistema equilibrado.

Las cargas trifásicas producen corrientes de la misma magnitud en las tres fases. Este no es el caso de las cargas monofásicas que pueden producir desequilibrios entre las corrientes que circulan por las líneas. Estas cargas que desequilibran el sistema pueden provocar que los voltajes ya no sean iguales en magnitud, y que los ángulos entre ellos cambien. A este fenómeno se le conoce como desbalanceo de voltaje.

Un sistema desbalanceado puede ser causa de sobrecalentamiento en los generadores y crear problemas en los equipos de los consumidores (especialmente motores síncronos). Por esta razón las compañías responsables del suministro limitan a los consumidores para que eviten que el desbalanceo de sus cargas vaya más allá de un 5%.

Para el estudio de un sistema trifásico desequilibrado se utiliza la teoría de las componentes simétricas, que proporciona las herramientas necesarias para descomponerlo en tres sistemas equilibrados denominados: secuencia directa, secuencia inversa y secuencia cero u homopolar.

2.1.7. Elementos que constituyen una instalación eléctrica

En esta parte del capítulo se presenta una descripción general de los elementos más comúnmente encontrados en una instalación eléctrica. Dicha descripción incluye tanto las funciones como las características más importantes de los elementos de las instalaciones eléctricas.

2.1.7.1. Acometida

Por acometida se entiende el punto donde se hace la conexión entre la red, propiedad de la compañía suministradora, y el alimentador que abastece al usuario. La acometida también puede entenderse como la línea (área o subterránea) que por un lado entronca con la red eléctrica de alimentación y por el otro tiene conectado el sistema de medición.

En las terminales de entrada de la acometida normalmente se colocan apartarrayos para proteger la instalación y el equipo contra ondas de alto voltaje, ya sea de origen atmosférico o por maniobras de conexión o desconexión en la red de suministro.

2.1.7.2. Equipo de medición

Por equipo de medición se entiende aquél, propiedad de la compañía suministradora, que se coloca en la acometida de cualquier usuario con el propósito de cuantificar el consumo de energía eléctrica de acuerdo con las condiciones del contrato de compra-venta. Este equipo está sellado y debe estar protegido contra agentes externos, y colocado en un lugar accesible para su lectura y revisión.

El equipo de medición puede conectarse a través de un juego de cuchillas que permitan que la compañía suministradora del servicio, verifique su funcionamiento y, en caso necesario, haga la calibración correspondiente sin interrumpir el servicio al usuario.

2.1.7.3. Interruptores

Un interruptor es un dispositivo que está diseñado para abrir o cerrar un circuito eléctrico por el cual está circulando una corriente. Puede utilizarse como medio de desconexión o conexión y, si está provisto de los dispositivos necesarios, también puede cubrir la función de protección contra sobrecargas y/o cortocircuitos.

2.1.7.3.1. Interruptor general

Se le denomina interruptor general o principal al que va colocado entre la acometida (después del equipo de medición) y el resto de la instalación, y que se utiliza como medio de desconexión y protección del sistema o red suministradora.

Este interruptor debe ser de fácil acceso y operación, de tal forma que en caso de emergencia permita desenergizar la instalación rápidamente; debe proteger a toda la instalación y a su equipo, por lo que debe ser capaz de interrumpir las corrientes de cortocircuito que pudieran ocurrir en la instalación del consumidor.

Dependiendo del tipo de instalación, el interruptor general o principal puede ser alguno de los siguientes dispositivos: caja con cuchillas y fusibles,

interruptor termomagnético, cortacircuitos o interruptor de potencia (en aire, al vacío, en algún gas o en aceite).

También se acostumbra llamarles interruptores generales a los que controlan toda la alimentación de un tablero, de un centro de control de motores (definido más adelante), o de una zona de una instalación.

2.1.7.3.2. Interruptor derivado

Los interruptores eléctricos llamados derivados son aquellos que están colocados para proteger y desconectar alimentadores de circuitos que distribuyen la energía eléctrica a otras secciones de la instalación o que energizan a otros tableros.

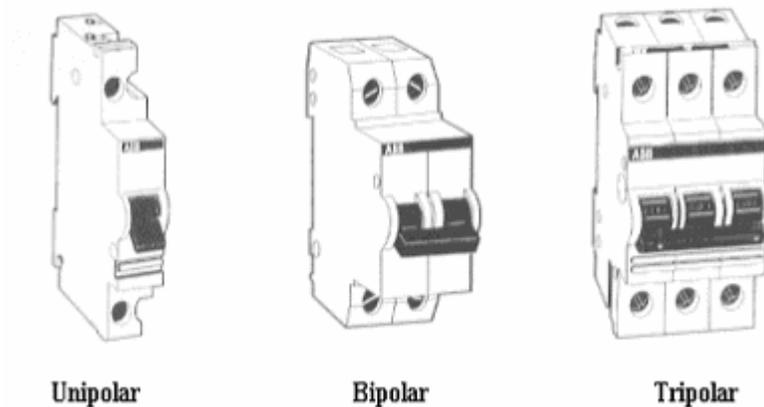
2.1.7.3.3. Interruptor termomagnético

Uno de los interruptores más utilizados y que sirve para desconectar y proteger contra sobrecargas y cortocircuitos es el termomagnético. Se fabrica en gran variedad de tamaños, por lo que su aplicación puede ser como interruptor general o derivado. Su diseño le permite soportar un gran número de operaciones de conexión y desconexión, lo que lo hace muy útil en el control manual de una instalación. Tiene un elemento electrodinámico con el que puede responder rápidamente ante la presencia de un cortocircuito. Para la protección contra sobrecarga se vale de un elemento bimetálico.

Resulta conveniente mencionar aquí que este elemento bimetálico no puede proteger los motores asíncronos de tipo jaula de ardilla, debido a que su constante de tiempo no es suficientemente grande para permitir la corriente de

arranque, y a que su calibración es poco precisa. Por esta razón la conexión y protección de estos motores se lleva a cabo mediante arrancadores.

Figura 3. Forma comercial de los interruptores termomagnéticos para baja tensión



Fuente: Catálogo de interruptores, **ABB Electric**s

2.1.7.3.4. Arrancador

Se conoce como arrancador al arreglo compuesto por un interruptor, ya sea termomagnético o de navajas (cuchillas) con fusibles, un contactor electromagnético y un relevador bimetálico. El contactor consiste básicamente de una bobina con un núcleo de hierro que cierra o abre un juego de contactos al energizar o desenergizar la bobina.

2.1.7.4. Transformador

El transformador eléctrico es un equipo que se utiliza para cambiar el voltaje de suministro al voltaje requerido. En instalaciones grandes (o

complejas) pueden necesitarse varios niveles de voltajes, lo que se logra instalando varios transformadores (normalmente agrupados en subestaciones). Por otra parte pueden existir instalaciones cuyo voltaje sea el mismo que tiene la acometida y por lo tanto no requieran de transformadores.

2.1.7.5. Tableros

Se entiende por tablero un gabinete metálico donde se colocan instrumentos, interruptores, arrancadores y/o dispositivos de control. El tablero es un elemento auxiliar (en algunos casos obligatorio) para lograr una instalación segura, confiable y ordenada.

2.1.7.5.1. Tablero general

El tablero general es aquél que se coloca inmediatamente después del transformador y que contiene un interruptor general. El transformador se conecta a la entrada del interruptor y a la salida de éste se conectan barras que distribuyen la energía eléctrica a diferentes circuitos a través de interruptores derivados.

2.1.7.5.2. Centros de control de motores

En instalaciones industriales, y en general en aquéllas donde se utilizan varios motores, los arrancadores se agrupan en tableros compactos conocidos como centros de control de motores. Dependiendo del número de arrancadores o circuitos derivados y de la distancia entre ellos y el tablero general, puede ser necesario incluir un interruptor general. Los arrancadores normalmente se conectan al interruptor utilizando barras de cobre, lo que permite lograr un arreglo limpio en el interior del tablero.

2.1.7.5.3. Tableros de distribución o tableros derivados

Cada área de una instalación está normalmente alimentada por uno o varios tableros derivados. Estos tableros pueden tener un interruptor general, dependiendo de la distancia al tablero de donde se alimenta y del número de circuitos que alimente. Contienen una barra de cobre para el neutro y 1, 2 ó 3 barras conectadas a las fases respectivas (directamente o a través del interruptor general).

Normalmente, a las barras de las fases se conectan interruptores termomagnéticos de 1, 2 ó 3 polos, dependiendo del número de fases que se requieran para alimentar los circuitos derivados. Estos últimos a su vez alimentan: unidades de alumbrado, salidas para contactos o equipos especiales (que a su vez pueden estar provistos con dispositivos de arranque y protección).

2.2. Instalaciones

2.2.1. Caracterización de Cargas

La caracterización de la carga es una actividad fundamental para determinar el comportamiento del consumidor. Dicho comportamiento, a su vez, explica la asignación de costo y, por lo tanto es utilizado como información para varios estudios, análisis tarifarios y planeamiento (estudios de confiabilidad, asignación de generación, optimización de inversiones).

Esta actividad puede realizarse de acuerdo a los siguientes conceptos:

- Por zonas geográficas/eléctricas: considerando las cargas por regiones geográficas/eléctricas del país.
- Por niveles de tensión: considerando la cadena del sistema eléctrico desde la generación hasta la distribución en sus diferentes niveles de tensión.
- Por sectores: considerando rangos de consumo, actividades de los consumidores y sus usos finales de energía.

La información necesaria se obtiene a través de las campañas de medición, recuperación de la información existente y ejecución de encuestas apropiadas, cuya extensión depende de los objetivos planteados.

El conocimiento adecuado de la carga ahorra inversiones y optimiza la operación del sistema, además de ser un insumo importante para el cálculo de pérdidas técnicas y previsión de la demanda, que es la base de cualquier planeamiento y cálculo de costos marginales.

Cualquier criterio final de muestreo y cálculo dependen, a su vez, de un buen diagnóstico sobre las bases de datos existentes en las empresas y necesarias para el Proyecto, además de datos recopilados y tratados estadísticamente y de la cantidad y calidad de los equipos de medición.

Sin embargo, es necesario resaltar que para el desarrollo de un estudio de caracterización de la carga se necesita de un esfuerzo computacional por parte de las empresas, considerando que:

- Dependiendo de los equipos registradores adquiridos, la estructura de entrada de datos cambia, así como las variables que se desea almacenar y que pueden utilizarse eventualmente en otros estudios. Por lo tanto, la empresa debe hacer su propio programa de archivamiento y almacenamiento para recibir los datos de su campaña de mediciones. Esto posibilita un mayor control y manejo de los datos, del modelo y el seguimiento de las modificaciones de la carga por parte de la empresa.
- Dependiendo de la muestra posible de medición, (los límites son: número de registradores, tiempo y costo) los criterios estadísticos son diversos, por lo que no es recomendable utilizar patrones anticipados o sacados de otro país o empresa. Además de eso, los archivos deben ser corregidos en los horarios de eventuales apagones o fallas. Es una tarea que debe ser hecha por la empresa, con metodología adecuada suministrada por el consultor.

Una vez que se alimentan estos archivos tratados estadísticamente a modelos de tipología y/o tipicidad de la carga, la empresa tiene una visión total de su demanda y sus consumidores, pudiendo desarrollar en el futuro estudios de diversa índole tales como: pronóstico de demanda, reducción de pérdidas, tarifas, etc.

2.2.2. Dimensionamiento de Conductores

Los conductores generalmente, están constituidos por un elemento conductor y forro. Los materiales que en su mayoría se utilizan para la construcción de los conductores son el cobre y aluminio, cada uno con sus características y sus aplicaciones especiales. Los conductores de cobre tienen una menor resistencia específica pero un mayor peso, mientras los de aluminio

tienen una mayor resistencia específica y un menor peso por lo que son más utilizados en tendidos de líneas aéreas ya que de esa manera se pueden utilizar estructuras menos robustas y por ende menos costosas.

Los conductores se encuentran en diferentes secciones o calibres, los cuales están estipulados por la *American Wire Gauge* (AWG). En instalaciones eléctricas se utiliza desde el calibre No. 14 (delgado) hasta el 1000 MCM. Los conductores europeos tienen la sección definida en mm².

Tabla I. Calibre y la sección equivalente de los conductores

Tamaño del Conductor	AREA TRANSVERSAL	
	AWG o MCM	CM
14	4110	2.1
12	6530	3.3
10	10380	5.3
8	16510	8.4
6	26240	13.3
4	41740	21.2
2	66360	33.6
1/0	105600	53.5
2/0	133100	67.4
3/0	167800	85.0
4/0	211600	107.2
250		127.0
300		152.0
350		177.0
400		203.0
450		228.0
500		253.0
550		279.0
600		304.0
650		329.0
700		355.0
750		380.0
800		405.0
900		456.0
1000		507.0

Fuente: Instalaciones Eléctricas, **Rodolfo Koenigsberger**

2.2.2.1. Resistencia de aislamiento

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento de al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tabla II. Valores mínimos de resistencia de aislamiento de una instalación

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (M Ω)
Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) Muy Baja Tensión de protección (MBTP)	250	≥ 0.25
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior	500	≥ 0.5
Superior a 500V	1000	≥ 1.0

Este aislamiento se entiende para una instalación en la cual la longitud del conjunto de canalizaciones y cualquiera que sea el número de conductores que las componen no exceda de 100 metros. Cuando esta longitud exceda del valor anterior y pueda fraccionarse la instalación en partes de aproximadamente 100 metros de longitud, bien por seccionamiento, desconexión, retirada de fusibles o apertura de interruptores, cada una de las partes en que la instalación ha sido fraccionada debe presentar la resistencia de aislamiento que corresponda según la tabla anterior.

Si las masas de los aparatos receptores están unidas al conductor neutro (redes T-N), se suprimirán estas conexiones durante la medida, restableciéndose una vez terminada ésta. Cuando la instalación tenga circuitos con dispositivos electrónicos, en dichos circuitos los conductores de fase y el neutro estarán unidos entre si durante las medidas. El aislamiento se mide de dos formas distintas:

2.2.2.1.1. Primera forma de realizar la medición del aislamiento

En primer lugar entre todos los conductores del circuito de alimentación (fases y neutro) unidos entre si con respecto a tierra (aislamiento con relación a tierra), y a continuación entre cada pareja de conductores activos. La medida se efectuará mediante un megóhmetro, que no es más que un generador de corriente continua, capaz de suministrar las tensiones de ensayo especificadas en la tabla anterior con una corriente de 1mA para una carga igual a la mínima resistencia de aislamiento especificada para cada tensión. Las medidas anteriores se realizan sin ninguna fuente de alimentación conectada.

La medida de aislamiento con relación a tierra, se efectuará uniendo a ésta el polo positivo del megóhmetro y dejando, en principio, todos los receptores conectados y sus mandos en posición “paro”, asegurándose que no existe falta de continuidad eléctrica en la parte de la instalación que se verifica; los dispositivos de interrupción intercalados en la parte de instalación que se verifica se pondrán en posición de “cerrado” y los cortacircuitos fusibles instalados como en servicio normal a fin de garantizar la continuidad eléctrica del aislamiento. Todos los conductores se conectarán entre si incluyendo el conductor neutro o compensador, en el origen de la instalación que se verifica y a este punto se conectará el polo negativo del megóhmetro.

2.2.2.1.2. Segunda forma de realizar la medición del aislamiento

La segunda medida a realizar corresponde a la resistencia de aislamiento entre conductores polares, se efectúa después de haber desconectado todos los receptores, quedando los interruptores y cortacircuitos fusibles en la misma

posición que la señalada anteriormente para la medida del aislamiento con relación a tierra. La medida de la resistencia de aislamiento se efectuará sucesivamente entre los conductores tomados dos a dos, comprendiendo el conductor neutro o compensador.

Para las instalaciones que empleen muy baja tensión de protección (MBTP) o de seguridad (MBTS) se deben comprobar los valores de la resistencia de aislamiento para la separación de estos circuitos con las partes activas de otros circuitos, y también con tierra si se trata de MBTS, aplicando en ambos casos los mínimos de la tabla anterior.

Los conductores eléctricos están forrados por diferentes materiales aislantes, por lo general contienen materiales orgánicos. Estos forros están clasificados de acuerdo con la temperatura de operación permisible, de tal forma que una misma sección de cobre puede tener diferente capacidad de conducción de corriente, dependiendo del tipo de aislamiento que se seleccione, y de la temperatura ambiente del local de operación, como se puede ver en la tabla siguiente:

Tabla III. Características de los diferentes tipos de conductores

MATERIAL AISLANTE	TIPO	TEMP. MAX. °C	CUBIERTA	UTILIZACION
Hule resistente al calor	RH	75.0	Resistente a la humedad, Retardadora de flama	Locales secos
Hule resistente al calor	RHH	90.0		Locales secos y húmedos
Hule resistente al calor y humedad	RHW	75.0	Ninguna	Locales secos
Termoplástico	T	60.0		Locales húmedos y Secos
Termoplástico resistente a humedad	TW	60.0		
Termoplástico resistente al calor Y humedad	THW	75.0		

Fuente: Luis Alfonso Méndez, **Guía para el diseño de instalaciones eléctricas**. Pág.13

2.2.2.2. Capacidad, calibres y secciones de conductores eléctricos

De la tabla anterior se puede ver que la selección del calibre del conductor que llevará la corriente a un dispositivo específico, debe realizarse tomando en consideración los siguientes criterios:

- La capacidad de transporte del conductor
- La caída de voltaje o regulación
- Análisis económico

Los primeros dos factores se deben considerar por separado para su análisis y luego deben compararse para la toma de decisión. Es normal que los dos resultados difieran por lo que se debe tomar el factor que indica la mayor sección transversal, ya que de esta forma el conductor logrará una adecuada regulación de voltaje y cumplirá con los requerimientos de capacidad de corriente.

2.2.2.2.1. Cálculo de conductores por su capacidad de transporte

La capacidad de conducción de un conductor o ampacidad se encuentra limitada por los siguientes factores:

- Conductividad del metal conductor
- Capacidad térmica del aislamiento.

Desde el punto de vista de la conductividad existe un sinnúmero de tablas que proporcionan la resistencia eléctrica, factor importante porque determina la cantidad de potencia perdida por calor en el conductor, pero es muy importante considerar que la resistencia que aparece en las tablas es para corriente directa; cuando circula corriente alterna tenemos el fenómeno conocido como efecto piel, en el cual la corriente circula por la superficie del conductor y no por el centro de él, por lo que se ve incrementada la resistencia del conductor, además se tiene reactancia inductiva, lo que viene a dar sumados vectorialmente la impedancia (Z) del conductor, mayor que la resistencia en corriente directa.

Debido a lo anterior se han tenido que desarrollar factores de corrección para obtener los valores de resistencia en corriente alterna.

El NEC recomienda no cargar a un conductor sobre el 80% de su capacidad nominal, cuando lo seleccionamos por corriente, ya que como toda instalación eléctrica es un sistema dinámico, pueden existir sobrecargas o desbalances lo que hace necesario dejar un margen de seguridad en el cálculo del conductor.

La siguiente tabla, muestra la capacidad de transporte del conductor, tomando en cuenta el tipo de forro y temperatura del aislante que recubre al conductor según el código NEC.

Tabla IV. Capacidades nominales para la conducción de corriente de los distintos calibres de conductores según el NEC

CALIBRE	RANGO DE TEMPERATURA	
	DEL AISLANTE	
	60 °C	75 °C
AWG o MCM	TW	THW
14	20	20
12	25	25
10	30	35
8	40	50
6	55	65
4	70	85
2	95	115
1/0	125	150
2/0	145	175
3/0	165	200
4/0	195	230
250	215	255
300	240	285
350	260	310
400	280	335
500	320	380
600	355	420
700	385	460
750	400	475
800	410	490
900	435	520
1000	455	545

Fuente: Tabla 302.4, **NTIE 1981**.

La temperatura es un factor muy importante a considerar en una instalación eléctrica, debido a que la capacidad de conducción del conductor se ve afectada por la misma. Por ello es que el NEC recomienda el aplicar un factor de corrección a los distintos cálculos que se realicen para encontrar el tamaño del conductor a seleccionar en un circuito o instalación determinada.

Tabla V. Factores de corrección de capacidad de corriente por temperatura

TEMPERATURA AMBIENTE °C	FACTORES DE CORRECCION	
	TW	THW
21-25	1.08	1.05
26-30	1.00	1.00
31-35	0.91	0.94
36-40	0.82	0.88
41-45	0.71	0.82
46-50	0.58	0.75
51-55	0.41	0.67
56-60	...	0.58
61-70	...	0.33
71-80

Fuente: Luis Alfonso Méndez, **Guía para el diseño de instalaciones eléctricas**. Pág. 21

2.2.2.2.2. Cálculo de conductores por el método de regulación de voltaje

Es necesario que la caída de tensión en los conductores no exceda de las estipuladas por las normas. La caída de tensión permisible es del 2% de la tensión nominal para la acometida y del 3% de la misma para los ramales. Antes de pasar al cálculo del porcentaje de caída de tensión se debe conocer las siguientes fórmulas:

Para aplicar el método por caída de tensión, primeramente usaremos una relación que toma en cuenta varias aproximaciones como lo es: que para baja tensión y en calibres hasta de 4/0 AWG, la componente reactiva es bastante pequeña comparada con la resistiva, por lo que puede despreciarse.

En estas condiciones se puede expresar la regulación de voltaje en términos de la ley de Ohm:

$$\Delta V = R * I = \rho \frac{L * I}{S}$$

Por otro lado, la regulación de voltaje tiene la siguiente relación:

$$e = \frac{\Delta V}{V_{no\ min\ al}} * 100 (\%)$$

Combinando las ecuaciones resulta:

$$S = \rho \frac{L * I}{e * V} * 100 \quad \mathbf{Ec. 2.1}$$

Donde:

S = Área o sección transversal (conductora) del alimentador en mm^2

ρ = Resistividad específica (volumétrica) del material conductor en $ohms * mm^2 / m$

I = Corriente de carga en Amperes

L = Longitud del alimentador en metros

e = Caída de voltaje permitida en por ciento

V = Voltaje aplicado en Volts (normalmente el voltaje nominal)

Considerando que la mayoría de los alimentadores son de cobre de 100% de conductividad IACS (*International Annealed Copper Standard*) y suponiendo una temperatura de operación de $60^{\circ}C$ se tiene que $\rho = 1/50$; por lo que para obtener la sección de conductores de cobre se utiliza la siguiente expresión:

$$S_{cu} = \frac{2 * c * L * I}{e * V} \quad \text{Ec. 2.2}$$

Para este caso que son circuitos monofásicos y bifásicos $c = 2$ (debido a que existe un hilo de retorno). La sección obtenida se compara con la de los diferentes calibres y se especifica aquel que tenga un área transversal igual o mayor.

2.2.3. Tuberías

Las tuberías o canalizaciones eléctricas tienen como función principal proporcionar protección mecánica a los conductores de cualquier instalación eléctrica. De acuerdo a la interacción con los circuitos eléctricos que contienen, se encuentran divididas en dos grandes grupos como lo son las tuberías magnéticas de construcción ferrosa y las no magnéticas como lo son las de aluminio y plástico.

Cuando son utilizadas tuberías con características magnéticas se tiene la desventaja que se incrementan las pérdidas por efecto Joule y la caída de tensión en los conductores debido al incremento de la X_L de los mismos. Como se sabe la inductancia de un conductor viene dada por la siguiente fórmula:

$$L = \frac{\mu_0 * \mu_r * N^2 * A}{l} \quad \text{Ec. 2.3}$$

Como se puede observar al tener una mayor permeabilidad relativa del medio circulante se tiene un incremento en la inductancia del conductor debido a los flujos concatenados por la tubería, lo que hace que exista una mayor tensión autoinducida y un incremento en la reactancia inductiva.

Cuando en una acometida de servicio eléctrico sea necesario colocar varios tubos, la cantidad de tubos será submúltiplo de la cantidad de conductores para así poder colocar en cada tubo la misma cantidad de líneas de cada fase y su respectiva neutra, esto, con el fin de anular los campos magnéticos de los conductores y no formar un reactor entre las tuberías que darían como resultado que tanto los conductores como la tubería sufriera incremento en la temperatura.

Desde el punto de vista de la ventilación para los conductores sería deseable que todos se encontraran colocados de tal forma que el aire circulara libremente por su superficie. Sin embargo, debido a las necesidades de los proyectos, normalmente, van alojados en tuberías de acero o plásticas, ductos cuadrados o canaletas y charolas. Todos estos ductos pueden ser fijados en paredes o techos; únicamente las tuberías pueden empotrarse en paredes o enterrarse en el piso. En ocasiones deben construirse en estructuras de soporte para las canalizaciones o bien, compartir estructuras existentes con otros tipos de canalizaciones o instalaciones. Estos soportes deben ser lo suficiente resistentes y rígidos para soportar los esfuerzos desarrollados durante el cableado.

Se conocen las canalizaciones eléctricas como los dispositivos que se emplean en las instalaciones eléctricas para contener a los conductores de manera que estos sean protegidos en la medida de lo posible contra deterioro mecánico, contaminación y, a su vez, protejan a la instalación inmueble contra

riesgo de incendio por arcos que se puedan presentar en la misma. Los medios de canalización más comunes son: Tuberías, canaletas y charolas. Siendo las más utilizadas las tuberías.

Existe en el mercado nacional una diversidad de tuberías para cada caso, según lo requiera la instalación. La longitud de los tramos de tubería metálica, así como los de PVC eléctrico son de 3.05 metros, ya sean roscados para los tubos de pared gruesa y no roscados para los tubos de pared delgada. Entre los diferentes tipos de tuberías se pueden mencionar: tubo conduit galvanizado (pared gruesa), tubo conduit negro (pared gruesa), tubo ducton (pared delgada), tubo aluminio (pared gruesa), tubo aluminio (pared delgada), tubo flexible (Bx), tubo flexible con forro de plástico (Lt), tubo plástico (Poliducto), tubo PVC eléctrico (color naranja).

Algunos de los ductos, que se utilizan en instalaciones para oficinas son los siguientes.

- Tubo ducton: Este tubo es más delgado que el tubo conduit negro, con la diferencia que el grosor de la pared es aproximadamente la mitad, utilizando accesorios castigados por tornillo en los extremos para su unión con cajas u otros tubos. Es empleado para instalaciones en edificios o locales donde se encuentre colocado en cielo falso y empotrado en lugares donde reciben poca carga.
- Tubo plástico (poliducto): Tiene la característica o propiedad de ser ligero y resistente a la acción del agua, su aplicación se ha incrementado mucho en instalaciones empotradas en casas, edificios, comercios. Tiene la limitante que no puede ser utilizada en lugares con temperaturas superiores a los 60⁰C. Se debe tener sumo cuidado cuando se utiliza, ya

que, muchas veces los albañiles o personal de fundición los aplastan cuando realizan sus labores y en el momento del alambrado los tubos se encuentran bloqueados, por lo que se recomienda que siempre que se coloque un tramo de poliducto, éste lleve una guía (pedazo de alambre de amarre o galvanizado). Otra recomendación, cuando el poliducto sea subterráneo, se debe alambrear antes de enterrarlo.

- Tubo PVC eléctrico: Tiene la diferencia con el tubo PVC para agua en el grosor de sus paredes, ya que éste no debe soportar presión interna como el PVC para agua. Su utilización se ha incrementado grandemente, tanto por la facilidad que da para trabajar, ya que es más estético y seguro que el poliducto, como por su precio, ya que es más económico que los tubos metálicos. Se está utilizando en instalaciones subterráneas y se puede llegar a utilizar en acometidas primarias siempre y cuando los ductos se encuentren cubiertos por una capa de fundición como complemento de protección mecánica.

El artículo 347 del NEC establece el uso de ductos no metálicos conocidos como ENT (en inglés, *Electrical non Metallic Tubing*) que tienen todos los accesorios necesarios para su uso. Su aplicación principal es para atmósferas húmedas y medios con vapores químicos.

Los ENT se pueden aplicar en usos generales pero, tienen una limitación muy importante, no pueden utilizarse en ninguna estructura, casa o edificio de más de tres niveles; debido a su alto grado de colaboración en caso de incendios ya que el tubo de PVC o poliducto es muy volátil. También es importante tomar en cuenta que el Código acepta que los conductores que se van a instalar en ducto no metálico tienen que tener aislamiento para 90 °C pero, la capacidad de conducción de los mismos sea utilizada de acuerdo a los

conductores para 60 °C, o en su defecto aplicar los factores de corrección por temperatura en función de la capacidad cuando se utilizan conductores con aislamiento inferior a los 90 °C. Esta restricción del código toma en cuenta que la tubería no metálica o plástica, tiene mala transferencia de calor y llega a funcionar como un aislante térmico (propiedad adiabática del material), impidiendo que el calor que producen los conductores por efecto Joule sean transmitidos al medio ambiente.

El coeficiente de expansión del ducto no metálico es mayor que el del ducto metálico, y en tramos largos hay que tomarlo muy en cuenta porque más o menos con un cambio de temperatura de 15 a 20 grados centígrados, la elongación puede superar 1.5 pulgadas. En los ductos no metálicos además de las consideraciones con el aislamiento, es aconsejable usar como máximo el 35% de la sección del ducto.

2.2.3.1. Cálculo de calibres de los ductos

Como se ha mencionado anteriormente, los conductores tienen una limitante en su capacidad de conducción de corriente debido a la baja disipación de calor, ya que el aislante tiene un límite térmico bajo.

Por esta razón el número de conductores dentro de un tubo o cualquier sistema de canalización debe encontrarse limitado de manera que se logre un arreglo físico de acuerdo con la forma y el área transversal de la canalización de forma tal que se facilite el alojamiento y la manipulación de los conductores durante la instalación, además debe considerarse la cantidad adecuada de aire dentro de la tubería para que se disipe el calor que se genera internamente debido al efecto Joule.

En la siguiente tabla se puede ver la cantidad de conductores que van en una tubería de acuerdo al diámetro de ésta, al calibre y tipo de forro del conductor que en este caso serán los TW y THW.

Tabla VI. Cantidad de conductores que pueden ir dentro de una tubería

Calibre AWG	Diámetro de tuberías (plg)									
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4
MCM	Cantidad de Conductores									
14	4	6	10	18	25	41	58	90	121	155
12	3	5	8	15	21	34	50	76	103	132
10	1	4	7	13	17	29	41	64	86	110
8	1	3	4	7	10	17	25	38	52	67
6	1	1	3	4	6	10	15	23	32	41
4	1	1	1	3	5	8	12	18	24	31
2		1	1	3	3	6	9	14	19	24
1/0			1	1	2	4	6	9	12	16
2/0			1	1	1	3	5	8	11	14
3/0			1	1	1	3	4	7	9	12
4/0				1	1	2	3	6	8	10
250				1	1	1	3	5	6	8
300				1	1	1	3	4	5	7
350				1	1	1	1	3	5	6
400					1	1	1	3	4	6
500					1	1	1	3	4	5
600						1	1	1	3	4
700						1	1	1	3	3
750						1	1	1	3	3
800						1	1	1	2	3
900						1	1	1	1	3
1000						1	1	1	1	3

Fuente: Rodolfo Koenigsberger, **Instalaciones Eléctricas**. Pág. 116

Estas condiciones se logran cuando existe una relación adecuada entre la sección transversal de los conductores con la sección de la canalización, a esta

relación se le conoce como factor de relleno y se encuentra definido por la siguiente ecuación:

$$F = \frac{a}{A} \quad \text{Ec. 2.4}$$

En donde

F = es el factor de relleno

a = la sección transversal del conjunto de conductores

A = la sección transversal de la canalización

Este factor de relleno tiene los siguientes valores establecidos para las instalaciones realizadas con tubería:

- 53% para un conductor
- 31% para dos conductores
- 40% para tres o más conductores

Como vimos anteriormente, la importancia del espacio libre que existe dentro del ducto, radica en que los conductores necesitan entre otras cosas recibir ventilación para regular la temperatura de los mismos.

La tabla siguiente solamente contiene información sobre los calibres más utilizados. Los calibres menores al No. 14, no se utilizan en instalaciones. Los calibres mayores al No. 400 MCM se utilizan raras veces, por ser muy difíciles

de maniobrar, y adicionalmente ser antieconómicos, ya que su eficiencia para la conducción de corrientes es reducida.

En instalaciones interiores se utiliza prácticamente solo el cobre, dejando el uso del aluminio para líneas aéreas exteriores.

Tabla VII. Áreas de conductores TW y THW de acuerdo a su calibre

Calibre AWG ó MCM	Tipo de aislante TW o THW Area aprox. Pulg ²
14	0.0206
12	0.0251
10	0.0311
8	0.0526
6	0.0819
4	0.1087
2	0.1473
1/0	0.2367
2/0	0.2781
3/0	0.3288
4/0	0.3904
250	0.4877
300	0.5581
350	0.6291
400	0.6969
500	0.8316
600	1.0261
700	1.1575
750	1.2252
800	1.2908
900	1.4208
1000	1.5482

Fuente: Luis Alfonso Méndez, **Guía para el diseño de instalaciones eléctricas**. Pág. 36

2.2.4. Protección

Se entiende por una instalación apropiadamente protegida a aquella en la cual se cuenta con un sistema coordinado de elementos que desempeñen las siguientes funciones: evitar situaciones peligrosas para las personas, minimizar daños por situaciones anormales de operación y aislar la zona específica donde aparece la falla de tal forma que el resto de la instalación que no se encuentra implicada siga funcionando en las mejores condiciones posibles.

Es imposible que en una instalación las fallas estén reducidas a cero, por lo tanto, es necesario dedicar el suficiente tiempo y esfuerzo en el análisis de las posibles fallas más probables y diseñar el sistema de protección más apropiado.

Debemos saber que todas las fallas que se dan en un sistema son limpiadas por la protección que se encuentra anterior al punto de falla (flujo arriba), es decir que la falla será limpiada por el dispositivo de protección que se encuentre antes que ésta en dirección al alimentador principal o la fuente.

Las fallas que ocurren con mayor frecuencia en las instalaciones eléctricas son las siguientes: Cortocircuito y sobrecargas, la primera en mención puede llegar a producir efectos devastadores en una instalación eléctrica. Las causas más comunes que la ocasionan son fallas de aislamiento, errores de maniobra, deficiencia en el mantenimiento, contaminación, otros. Como sobrecarga se entiende que se trata de una corriente superior al valor nominal o al valor calculado de la misma. El origen de la sobrecarga es una demanda de potencia superior a la nominal, o algún problema en la instalación.

Un dispositivo de protección es aquel que tiene como misión principal al momento de presentarse una falla abrir el circuito eléctrico con seguridad y confiabilidad. Para desarrollar esta función debe primero poder detectar la falla y luego poder ejecutar la interrupción.

Las características que debe poseer una protección eléctrica adecuada son las siguientes:

- Confiabilidad:

La confiabilidad es la característica relevante, ya que una protección debe ofrecer certidumbre de que operará siempre que se presenten las condiciones anormales para las que se diseña. Esta característica cumple más fácilmente entre más simples son los equipos.

Si en caso de falla no opera la protección primaria, siempre debe existir una protección de respaldo que limpiará la misma. Cuando la falla es limpiada por la protección de respaldo es aconsejable chequear o recalcular la protección primaria.

- Rapidez y Sensibilidad:

Lo ideal es que una protección actúe inmediatamente después de ocurrida la falla; sin embargo, esto no es posible debido a que las señales eléctricas requieren de cierto tiempo para accionar los sistemas mecánicos, que a su vez efectuarán la operación de apertura y limpieza de la falla en un tiempo específico. De acuerdo con esto podemos establecer el siguiente enunciado “operación instantánea es aquella que caracteriza a una protección que no

tienen retraso voluntario, y operación de tiempo definido en la que integra cierta variable en el tiempo”.

El esquema de protección debe de ser capaz de seleccionar entre las diferentes condiciones para las cuales la pronta operación es requerida y aquellas para las cuales el retardo en la operación es necesario. Podemos concluir, que: la sensibilidad es esencial para asegurar que los interruptores del circuito sean disparados, pero, la rapidez de operación de la protección es la que finalmente cuenta, ya que es esta acción la que conduce a desconectar el elemento de falla del sistema.

- Selectividad:

Se dice que un circuito es selectivo cuando, al ocurrir la falla, la menor cantidad de equipo es removido del sistema con el fin de aislar la falla, con lo que se mantiene la continuidad del servicio en la mayor parte del sistema. Al conjunto de protecciones calibradas que trabajan selectivamente se le conoce como sistema coordinado de protecciones.

- Economía:

Un estudio técnico-económico de protecciones debe considerar la inversión necesaria para la instalación y operación del sistema contra el costo de reparación de los posibles daños asociados más el costo de interrupción del servicio. Un sistema será más caro o sofisticado según el valor de los equipos que protege o el grado de protección (confiabilidad), para un circuito o carga.

Entre los elementos de protección que se encuentran en la actualidad, para el buen diseño de las instalaciones eléctricas se tienen las siguientes:

- Fusibles
- Interruptores termomagnéticos (flipones)
- Relevadores.

Los fusibles son de los elementos de protección más utilizados en las instalaciones eléctricas. En forma general podemos decir que un fusible es un conductor con una calibración para fundirse cuando la corriente que circula por él pasa de cierto valor predeterminado. Cabe mencionar también que los fusibles brindan únicamente una protección contra corto circuitos y no contra sobrecargas.

El elemento fusible está colocado dentro de una estructura con terminales y bases para su fijación con los aislamientos necesarios, los cuales se ven limitados por el nivel de voltaje entre línea y tierra. El elemento fusible puede estar rodeado de aire, arena de cuarzo o algún otro material para enfriar los gases del arco y restablecer el medio dieléctrico.

La calibración del fusible se hace en función de las pérdidas de energía por Efecto Joule. El calor que produce la corriente nominal se disipa en el medio ambiente, por lo que la temperatura no produce alteraciones en las propiedades físicas del elemento fusible, si la corriente se mantiene por un determinado tiempo sobre la corriente nominal, la temperatura del elemento fusible alcanza su punto de fusión y abre el circuito.

Los fusibles para baja tensión se construyen en diversas formas; las más comunes son los llamados tipo tapón y tipo cartucho, los fusibles tipo cartucho pueden ser también de dos clases constructivas como lo son los sellados o fusibles a los cuales no se les puede cambiar el elemento fusible y los no-sellados en los cuales pueden reponerse únicamente el elemento fusible. El fusible tipo tapón es de potencias de cortocircuito bajas y se fabrica con corrientes nominales hasta aproximadamente 30 amperios. Los fusibles tipo cartucho están diseñados para potencias de cortocircuito mayores y para corrientes nominales de hasta 600 amperios.

Todos los fusibles se funden con corrientes de falla de altos valores en un tiempo menor a medio ciclo cuando nos encontramos en sistemas de 60 ciclos, sin embargo, el arco formado es conductor y este permite que la corriente de cortocircuito alcance su máximo antes de disiparse, la mayor parte de los fusibles se dice que son auto protegidos ya que son capaces de extinguir cualquier arco o limitar cualquier corriente que se encuentre comprendida dentro de su rango de capacidad interruptiva, de lo contrario el fusible puede explotar.

Las cajas de cuchillas también son conocidas como interruptores de seguridad las cuales pueden ser para servicio normal o pesado según la capacidad de los fusibles que se coloquen en ella y del nivel de voltaje de la caja. Tenemos cajas de 240 V dos polos para circuitos monofásicos de hasta 600 amp., también existen cajas de cuchillas de 250 V o 600 V tres polos de hasta 600 amp.

Tienen la desventaja que se puede quemar uno solo de los tres fusibles y las otras 2 fases permanecerán conectadas poniendo en peligro la instalación y máquina a la cual está protegiendo esta caja de cuchillas.

El interruptor termomagnético es un elemento de uso generalizado por el personal que se dedica a realizar instalaciones eléctricas ya que es de construcción compacta, puede desarrollar funciones de conexión y desconexión para realizar trabajos de mantenimiento, reparación o ampliación y sobre todo protege contra cortocircuitos y sobrecargas.

Esta constituido por una caja plástica moldeada con terminales, una para unirse a la barra del centro de carga y la otra para salida mediante conductor o barra sólida y una palanca para su accionamiento puede ser manual o motorizado, esto, dependiendo de la capacidad en amperios del interruptor termomagnético.

El interruptor termomagnético se utiliza con mucha frecuencia debido a que es un dispositivo de construcción compacta que puede realizar funciones de conexión o desconexión, protección contra cortocircuito y contra sobrecarga en instalaciones de baja tensión (hasta 600 V).

Está constituido por una caja moldeada con terminales y una palanca para su accionamiento. En el interior están los contactos (uno fijo y otro móvil) que tienen una cámara para la extinción del arco. El sistema de disparo trabaja a base de energía almacenada: al operar la palanca para cerrar los contactos, se oprime un resorte donde se almacena la energía; al operar los dispositivos de protección se libera la energía, y la fuerza del resorte separa los contactos.

La protección contra sobrecarga está constituida por una barra bimetálica que, dependiendo del valor que tenga la corriente así como del tiempo que se mantenga, provoca el disparo que abre los contactos. Esta misma barra está colocada a cierta distancia de una pieza ferromagnética. Cuando la corriente se eleva a valores muy altos (cortocircuito) se crean fuerzas electromagnéticas de

atracción capaces de provocar que los contactos se abran en un tiempo muy corto. De esta manera se logra la protección contra cortocircuito. Estos interruptores tienen una calibración que en algunos casos sólo el fabricante puede modificar.

La capacidad interruptiva o la potencia máxima de cortocircuito-corriente máxima de cortocircuito por el voltaje de restablecimiento- que puede soportar un termomagnético está limitado por:

- a) La separación de los contactos en posición abierta.
- b) El tiempo que tardan en abrirse los contactos y llegar a la separación máxima. Este lapso a su vez depende de las masas en movimiento, de la fricción y de la energía que se almacena en el resorte.
- c) La capacidad de la cámara de extinción para enfriar los gases del arco.

Si la capacidad de cortocircuito se especifica en amperes se entiende que el voltaje de restablecimiento es el voltaje nominal. Si la corriente de cortocircuito sobrepasa la capacidad interruptiva, las paredes de la cámara de extinción no son capaces de enfriar los gases ionizados y la corriente sigue fluyendo. Entonces la energía disipada por el arco por efecto Joule, debida a la resistencia del arco ($RI^2 t$), aumenta súbitamente y en fracciones de segundo los gases aumentan de volumen produciendo una explosión.

Lo mismo sucede si la corriente es menor que la corriente máxima de cortocircuito, pero el voltaje de restablecimiento (voltaje que aparece en los

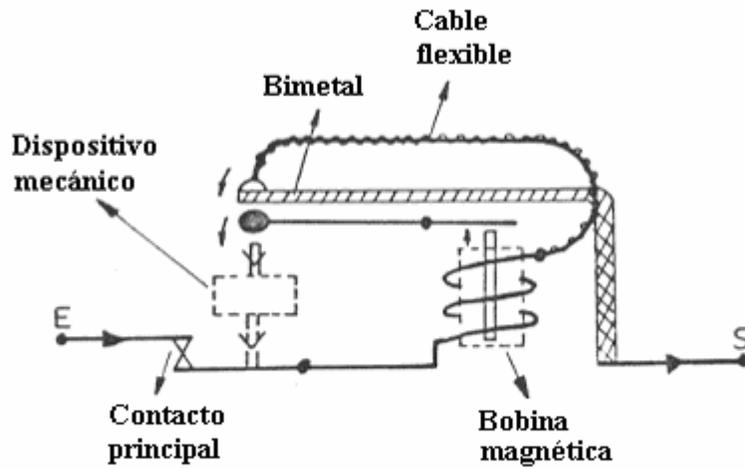
contactos abiertos después de la falla) es mayor que su voltaje nominal, ya que este voltaje restablece la corriente después de cada paso por cero y el arco se mantiene.

A pesar de la garantía del fabricante de que sus aparatos cumplen con las especificaciones, se requiere que cada interruptor tenga un respaldo, de tal forma que si la potencia del cortocircuito es mayor que la que soporta el aparato, el respaldo que debe calibrarse para que dispare fracciones de segundo más tarde opera y detiene el desarrollo de la energía en el arco del elemento que no pudo interrumpir. Cuando actúa una protección de respaldo debe revisarse la instalación, así como el estado físico del aparato que no operó.

Entonces resulta muy importante la calibración relativa magnitudes nominales entre dos elementos de protección en la misma rama (cascada o serie). Si el rango de calibración entre ambos es muy amplio, el respaldo puede considerar pequeña a una falla capaz de destruir al elemento de protección que no la interrumpió, y esto generar en incendios dentro de alguna instalación eléctrica.

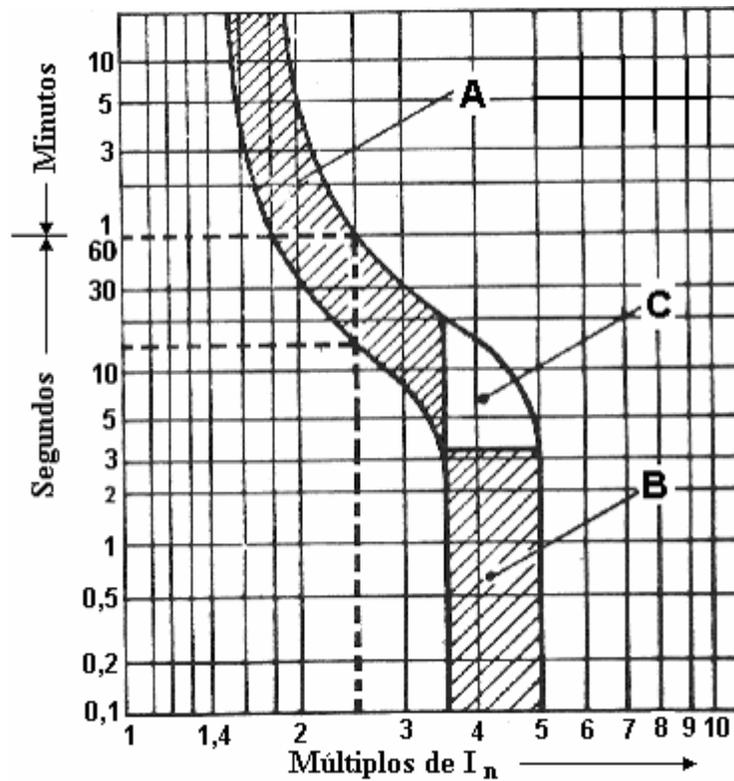
El interruptor termomagnético no se utiliza como protección de sobrecarga en motores de inducción jaula de ardilla debido a que la constante térmica de su elemento es relativamente pequeña y puede dispararse con la corriente de arranque de un motor de inducción; además la calibración de los interruptores termomagnéticos no cubre toda la escala de corrientes de los diferentes tamaños de motores.

Figura 4. (a) Descripción de un interruptor termomagnético unipolar



Fuente: Base de datos de ingeniería, Universidad de Zaragoza, www.unizar.es

(b) Curva característica de un interruptor termomagnético



Fuente: Base de datos de ingeniería, Universidad de Zaragoza, www.unizar.es

2.2.4.1. Prueba de disparo

Esta prueba es realizada para los Interruptores Termomagnéticos (Norma IRAM 2169 de junio de 1991 ó IEC 889 - 1988). Se realizan distintas pruebas a los dispositivos, las cuales el fabricante proporciona en el manual de especificaciones técnicas de su producto, con la finalidad de que toda ella ayude al proyectista. Obteniendo el valor al cual el dispositivo dispara, y soporta un valor de corriente de cortocircuito, el proyectista puede escoger cual protección utilizará en la instalación. Para ello tiene que haber encontrado previamente el valor de la corriente de cortocircuito que circulará en la instalación, al momento de presentarse el mismo. Dichos dispositivos tienen una calibración que solamente el fabricante puede modificar.

Sabiendo lo anterior, se enlistan a continuación los dos tipos de efectos por los cuales se pueden disparar u operar debido a los valores de corriente aplicada a los dispositivos, con la finalidad de encontrar el valor al cual los mismos van a actuar, y en el tiempo de respuesta, ya que es una variable muy importante, en lo concerniente a la protección.

2.2.4.1.1. Por capacidad de cortocircuito

La capacidad interruptiva de los interruptores depende de un interruptor a otro. Los interruptores termomagnéticos pueden operar con valores distintos, de esa manera se tienen comercialmente diferentes valores de operación como son los siguientes: 1.500, 3.000, 4.500, 6.000, 10.000 y 15.000 amperios. Los más utilizados en instalaciones domiciliarias son los de 3.000 Amper. (Debe conocerse la corriente presunta de cortocircuito para establecer si 3000 A. son suficientes). En la siguiente tabla se muestra la característica de operación tiempo-corriente de los interruptores.

Tabla VIII. Características de operaciones tiempo-corriente de los interruptores termomagnéticos

Ensayo	Tipo	Corriente de ensayo	Condición Inicial	Límite del tiempo de desconexión y de no desconexión	Resultado a Obtenerse	Observaciones
A	B, C, D	1.13I _n	Frío *	t ≥ 1h Para I ≤ 63A t ≥ 2h Para I _n ≤ 63A	No Desconexión	-
B	B, C, D	1.45I _n	Después del ensayo a)	t > 1h Para I ≤ 63A t < 2h Para I _n > 63A	Desconexión	Corriente aumentada en forma continua en 5s
C	B, C, D	2.55I _n	Frío *	1s < t < 60s I ≤ 32A 1s < t < 120s / I _n > 32A	Desconexión	-
D	B, C, D	3I _n 5I _n 10 I _n	Frío *	t ≥ 0,1s	No Desconexión	Corriente establecida por cierre de un interruptor aux.
E	B, C, D	5I _n 10I _n 20 I _n	Frío *	t < 0,1s	Desconexión	Corriente establecida por cierre de un interruptor aux.

(*) El término frío significa sin carga previa a la temperatura de calibrado de referencia.

2.2.4.1.2. Por desconexión instantánea

A continuación se presenta una tabla, que muestra la clasificación de los interruptores dependiendo de la capacidad para soportar corrientes de valores n

veces mayores que el valor nominal de operación normal de la instalación eléctrica.

Tabla IX. Clasificación de operación de los interruptores termomagnéticos

Tipo	Gama
B	Mayor de 3 In hasta e incluyendo 5 In.
C	Mayor que 5 In hasta e incluyendo 10 In.
D	Mayor que 10 In hasta e incluyendo 20 In.

La Norma Iram 2169 esta actualizada y se basa en la IEC 898 de 1988, esta norma contiene las exigencias a que se ve sometido un termomagnético en una casa domiciliaria o instalaciones pequeñas y que son cortocircuitos de valores no mayores de 500A provocados generalmente por fallas de electrodomésticos y equipo pequeño, los cuales forman parte del lugar que se va a proteger. Los ensayos que debe superar una termomagnética IEC 898 ó IRAM 2169 son: Con “I” cortocircuito de 500 Amper (reducida) ó 10 In, es O t O t O t O t O t CO t CO t CO. Con “I” cortocircuito de 1500 Amper, es igual secuencia que con 500 A. Con “I” cortocircuito declarada por el fabricante: 3000 - 4500 - 6000 ó 10000A. O t O t CO (bipolares) y O t CO t CO (tripolar ó tetrapolares).

Donde:

O: Significa que aparece el cortocircuito y el producto abre

t: Intervalo entre un cortocircuito y el otro igual a 3 minutos

CO: Significa que la termomagnética cierra sobre el cortocircuito e instantáneamente abre

Los ensayos que más caracterizan la calidad de un termomagnético son:
Eléctrica (con carga) 4.000 accionamientos.

Cortocircuito, 1500, 3000, 4500, 6000, 10.000 A, en una instalación normal, la lcc en bornes de la termomagnética en el tablero principal. Electrificación media, no supera los 3000A de lcc.

2.2.4.2. Capacidad de cortocircuito

El cortocircuito se caracteriza por intensidades sumamente altas, del orden de cientos hasta miles de veces la corriente nominal. Los cortocircuitos se forman por contacto directo entre dos o más conductores, quedando la intensidad limitada solo por las impedancias propias de las fuentes y los cables. Los elementos de la instalación no podrán resistir estas altísimas corrientes sino durante fracción de segundo, por lo que las protecciones contra cortocircuitos deben actuar en forma casi instantánea.

En una instalación monofásica, la corriente de cortocircuito (I_{cc}) se obtiene muy fácilmente, simplemente dividiendo el voltaje entre la impedancia de la línea entre el punto de abastecimiento y la falla. Como las instalaciones monofásicas siempre son pequeñas, se puede despreciar la contribución de corriente de motores. Sin embargo, siempre hay que tomar en consideración la impedancia de transformadores, cuando se tienen calibres mayores al conductor AWG No. 2.

$$I_{cc} = \frac{E_L}{Z_L} = \frac{E_L}{2Z_f}$$

Siendo Z_f la impedancia por hilo:

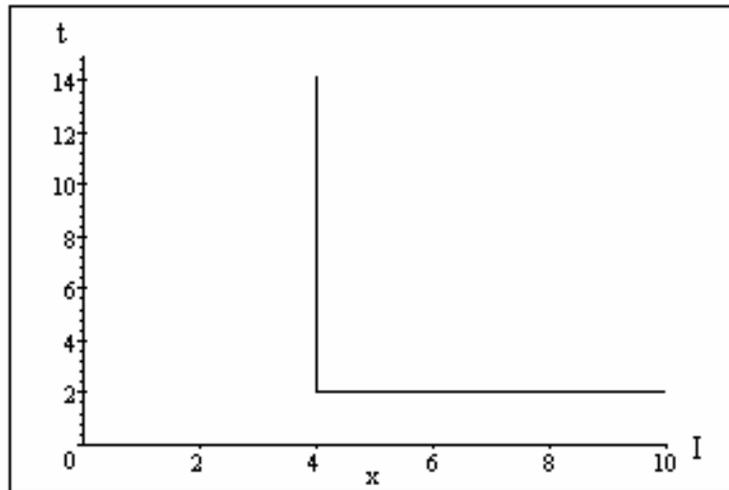
$$Z_L = 2Z_f \quad \text{Ec. 2.5}$$

Los elementos de protección contra cortocircuitos, deben resistir el paso de la corriente máxima asimétrica de cortocircuito. Es sumamente difícil calcular exactamente el valor eficaz de esta corriente, por lo que en la práctica se aplican factores empíricos, de acuerdo a la curva y tabla siguientes.

El dispositivo a utilizar para instalaciones pequeñas para cortocircuitos es el cortocircuito grande de aire, el cual se caracteriza por una construcción sólida y amplia, constando de: contactos, mecanismo de operación, interruptor del arco y dispositivos de disparo por sobrecorriente graduable. Se fabrican en capacidades de interrupción de hasta 100,000 A, y valores nominales desde 15 hasta 4,000 A, para voltajes de hasta 600 voltios. Se utilizan en tableros principales de alimentación en baja tensión, y en circuitos ramales donde se requiere la más alta calidad.

También se utiliza el cortocircuito de caja moldeada, ya que sus dimensiones son más pequeñas y construcción menos robusta que el anterior. El disparo magnético se utiliza para la protección más rápida en caso de un cortocircuito. Consiste en una bobina conectada en serie con la corriente, que al sobrepasar ésta un cierto valor, atrae su armadura, que está interconectada mecánicamente en el mecanismo de disparo. El elemento magnético generalmente es ajustable en cuanto a la corriente de disparo: el tiempo es fijo, casi instantáneo (del orden de centésima de segundo). Teniendo una curva de operación de la siguiente manera:

Figura 5. Operación del dispositivo por disparo magnético



Estos dispositivos combinan características de maniobra y protección en un solo aparato, brindando protección tanto contra cortocircuitos como contra sobrecargas, pudiendo reemplazar a los fusibles, con la ventaja de que no hay que cambiarlos; pues cuando se desconectan debido a una sobrecarga o un cortocircuito, se pueden reponer manual o eléctricamente y seguir funcionando.

En estos interruptores, la desconexión por corrientes de cortocircuito se realiza a través de un disparador electromagnético prácticamente instantáneo cuando las corrientes son de muy elevada intensidad frente a los valores nominales. Para esta acción se utiliza un electroimán que libera el mecanismo de desconexión ante la circulación de la corriente de falla, debiéndose disponer cámaras de extinción de arco de diseño muy estudiado para el manejo y control del arco derivado de tales intensidades.

Los interruptores automáticos termomagnéticos de baja tensión son de amplia utilización tanto en instalaciones domiciliarias, como en empresas industriales y de servicios; y suelen fabricarse para corrientes entre 5 y 125 A,

capacidad de cortocircuito nominal menor a 25 kA, de forma modular y calibración fija, sin posibilidad de regulación. En instalaciones industriales con corrientes elevadas, de hasta 1.000 A, suelen estar provistos de una regulación externa, al menos para el elemento magnético de protección contra cortocircuitos. Además, según el número de polos, se clasifican en: unipolares, bipolares, tripolares y tetrapolares. Estos últimos se utilizan para redes trifásicas con neutro.

Por otra parte, en las normas se contemplan tres tipos principales de características de disparo magnético instantáneo, para una mejor protección de los distintos tipos de circuitos a proteger, cuyas propiedades son:

- **Tipo B:** Magnético no regulable entre 3 y 5 veces la corriente nominal. Se utiliza para protección de líneas de gran longitud y consumidores que no produzcan picos de corriente de inserción.
- **Tipo C:** Magnético no regulable entre 5 y 10 veces la corriente nominal. Se emplea para protección de líneas en las que existieran distintos tipos de consumidores eléctricos, aún iluminación. Hay que recordar que las lámparas incandescentes toman una corriente de encendido en frío de alrededor de 10 veces la corriente nominal y algo similar ocurre con las lámparas de descarga.
- **Tipo D:** Magnético no regulable entre 10 y 20 veces la corriente nominal. Se usa para protección de líneas en las que existieran aparatos con corrientes de arranque elevadas (electroválvulas, transformadores, motores de gran potencia o de arranque directo de la red) y como interruptor de respaldo.

La elección de un tipo particular puede depender de los distintos reglamentos de instalación eléctrica.

Otra característica a tener en cuenta, para seleccionar un interruptor termomagnético, es su capacidad de ruptura, que puede ser distinto dentro de un mismo tipo de curva de desconexión. Los valores de fabricación más normales de la corriente máxima que pueden cortar, ante un cortocircuito, son: 1.5, 3, 4.5, 6, 10, 20, y 25 kA.

Los dispositivos deben contener la siguiente información por parte del fabricante:

- (In) Corriente Nominal (A).
- (Icc) Corriente Cortocircuito (A) o (kA).
- Clasificación de disparo por sobrecorriente B, C o D.
- Tensión Nominal (V).
- Fabricante y país.
- Norma a la que corresponde.

2.2.4.3. Corriente Nominal

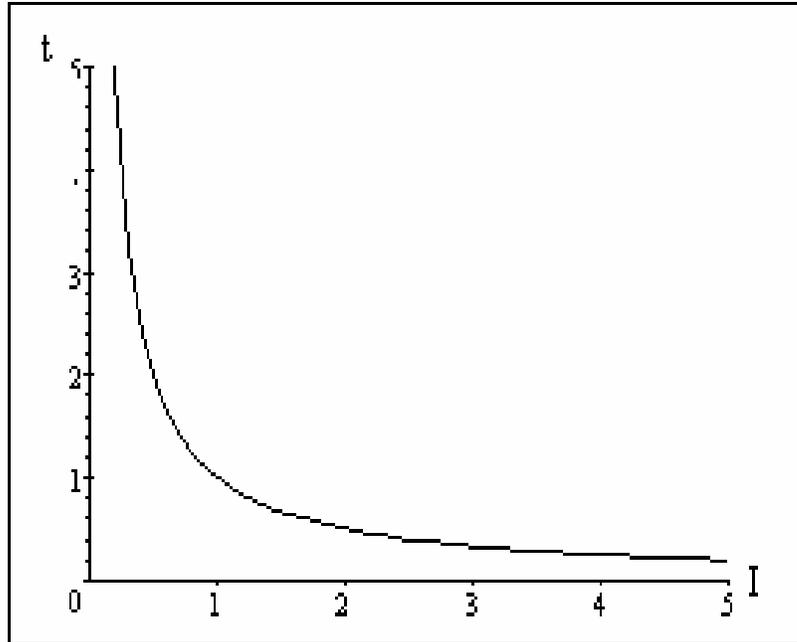
Las sobrecargas, como su nombre lo indica, provienen de excesos de carga que sobrepasan la intensidad nominal de un circuito. Estas se pueden deber al hecho de conectar indiscriminadamente cargas adicionales sobre un

circuito, fallas en una máquina que exigen una potencia eléctrica mayor en un motor, fallas en los motores mismos, etc. Las sobrecargas se caracterizan por un incremento no mucho mayor que la corriente nominal, por lo que la instalación puede resistirlas durante un tiempo corto (del orden de minutos). Sin embargo, al persistir la sobrecarga, causa el recalentamiento de los elementos de la instalación, que terminará por producir un incendio. Sin embargo, las sobrecargas se pueden eliminar utilizando un dispositivo de protección como lo es el Interruptor termo-magnético.

El interruptor termo-magnético ó cortacircuito de caja moldeada, se distinguen por ser relativamente pequeños. La caja es de un material de moldarta o poliéster de vidrio, resistente mecánica y dieléctricamente. No se ha normalizado todavía sus dimensiones, por lo que generalmente no son intercambiables los producidos por diferentes fabricantes. El dispositivo protege de sobrecargas, de la siguiente manera: cuando la corriente pasa por un conductor paralelo a una tira bimetálica, calentándola en función de I^2 y el tiempo, así como a la disipación del calor del mecanismo. Al calentarse, la tira bimetálica se encorva, empujando una palanquita del mecanismo de disparo, con lo que los contactos se abren rápidamente por la acción de un resorte tensado. Al dispararse, la palanca externa queda en una posición intermedia, indicando así el disparo. Para reponer el cortacircuito, una vez pasada la sobrecorriente, primero se tiene que bajar la palanca para reponer el mecanismo de disparo, y luego subirla, para cerrar nuevamente el circuito.

El cortacircuito se utiliza ó se adquiere de forma tal, que abra sus contactos cuando por el circule una corriente que sea igual o el inmediato inferior a la corriente de corriente nominal del conductor del circuito que el protege.

Figura 6. Operación del dispositivo por disparo térmico



Cuando se selecciona un interruptor termomagnético, para la protección de sobrecargas del circuito, hay que tomar en cuenta los tipos que puede haber, como lo son los tipos B, C y D.

Los tipos B, C y D con sobrecargas de $1.13I_n$ no desconectan en tiempos mayores que 1 hora (hasta 63A).

En cambio con $1.45I_n$ de los tipos B, C y D, corta en un tiempo menor a 1 hora (hasta 63A). El comportamiento frente a sobrecargas instantáneas de 3 a $50I_n$ es distinto según el tipo, y el instalador debe saber cual utilizar según sea el tipo de carga de su instalación.

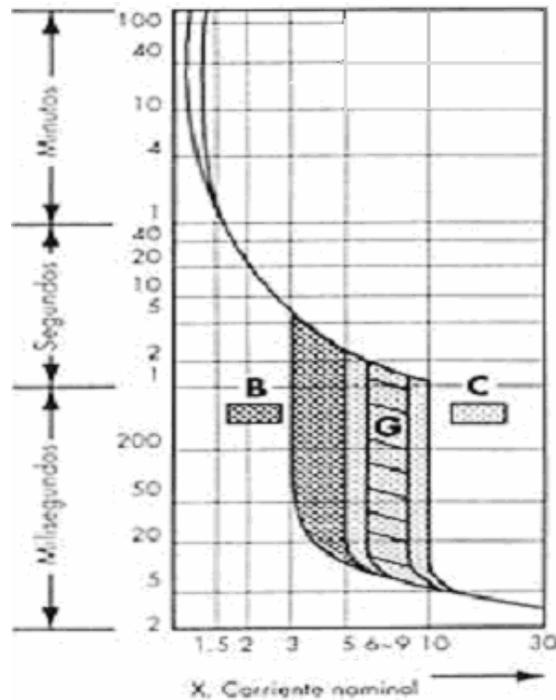
- **Tipo B:** Con $3I_n$ de sobrecarga, no desconecta. Cuando se tiene el valor de $5I_n$ de sobrecarga, se desconecta. La aplicación es para protección

de conductores, principalmente en instalaciones de edificios de viviendas con limitaciones, en líneas con cargas fuertemente resistivas (horno eléctrico) o con alumbrado fluorescente (de bajas corrientes de conexión).

- **Tipo C:** Con $5I_n$ de sobrecarga, no desconecta. Cuando se tiene el valor de $10I_n$ de sobrecarga, se desconecta. La aplicación es de mayor uso, como lo puede ser: Protección de conductores, uso domiciliario sin limitaciones, en instalaciones con elevadas intensidades de conexión o arranque (lámparas o motores), en líneas con cargas del tipo de alumbrado y aparatos electrodomésticos (sin preponderancia de motores).
- **Tipo D:** Con $10I_n$ de sobrecarga, no desconecta. Cuando se tiene el valor de $20I_n$ de sobrecarga, se desconecta. Su aplicación, es la siguiente: protección de conductores, uso industrial con picos de corriente de inserción y arranques elevados (transformadores, capacitares, etc.). En caso de circuitos que alimentan motores que pueden arrancar con I corrientes de 6 o 7 veces la I_n (con cuplas resistentes de arranque importantes). Los tiempos de desconexión son $< 0,1\text{seg}$.

En la siguiente figura se muestra la característica de operación de un interruptor termomagnético. En la misma se observa que al incrementarse la corriente que circula por el interruptor el tiempo de respuesta del mismo disminuye, obteniendo así un dispositivo de protección confiable.

Figura 7. Curva de operación de un interruptor termomagnético



Fuente: ACC protecciones, **Protecciones**. Pág. 16

2.2.5. Tableros

La localización adecuada de los tableros es muy importante, ya que afecta directamente la longitud de los circuitos de baja tensión, y por lo tanto las pérdidas correspondientes.

La recomendación general es montarlos lo más cerca posible de los centros de carga máxima. Por supuesto que hay otros aspectos que pueden limitar esto, como lo son: consideraciones arquitectónicas y/o estructurales, ventilación, tráfico de vehículos y personas, etc., y es necesario discutir el caso con el arquitecto o ingeniero encargado de llevar a cabo el proyecto. Por ello es que se queda en muchas ocasiones a criterio personal la ubicación del mismo. Es recomendable también, poner a tierra los tableros principales.

Los tableros de distribución y principales se escogerán según el número y capacidad (nominal y de cortocircuito) de los circuitos, siendo conveniente dejar previsto una ampliación futura, por lo que se dejan espacios libres para montar cortacircuitos adicionales. La capacidad de las barras del tablero deberá ser adecuada para esta ampliación. Cuando se tienen circuitos monofásicos de 120 voltios, se deben distribuir alternadamente sobre los calientes (líneas vivas), con la finalidad de balancear la carga sobre el neutral.

3. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA INSTITUCIÓN, SITUACIÓN ACTUAL

3.1. Estado actual del diseño de las instalaciones eléctricas de la institución

3.1.1. Caracterización de cargas

La mayoría de los elementos y equipo que se encuentra en la instalación eléctrica del edificio es de carácter inductivo, predominando el sistema de iluminación que esta compuesto por su mayoría de lámparas fluorescentes y equipos de aire acondicionados. Por ser un edificio utilizado en su mayoría por oficinas, éste utiliza equipo electrónico de estado sólido, como lo son computadoras, fotocopiadoras, etc.

Las siguientes figuras muestran las curvas de demanda de potencia activa y reactiva diaria del edificio, que definen el comportamiento de la carga en función del tiempo en el período diario; puede observarse que el período de menor demanda de potencia activa se da entre las 16:00 y las 18:00 horas, mientras que el período de mayor demanda esta entre las 12:00 y las 14:00 horas. La potencia reactiva tiene su máxima demanda en el período comprendido entre las 20:00 a 22:00 horas, mientras que el de menor demanda esta comprendido entre las 8:00 y 10:00 horas. Al analizar el grafico de demanda de potencia, se observa que el valor máximo de demanda es de aproximadamente 7.1 kWatts y el valor mínimo de demanda es de aproximadamente de 1.8 kWatts.

Figura 8. Curva de demanda diaria de potencia activa

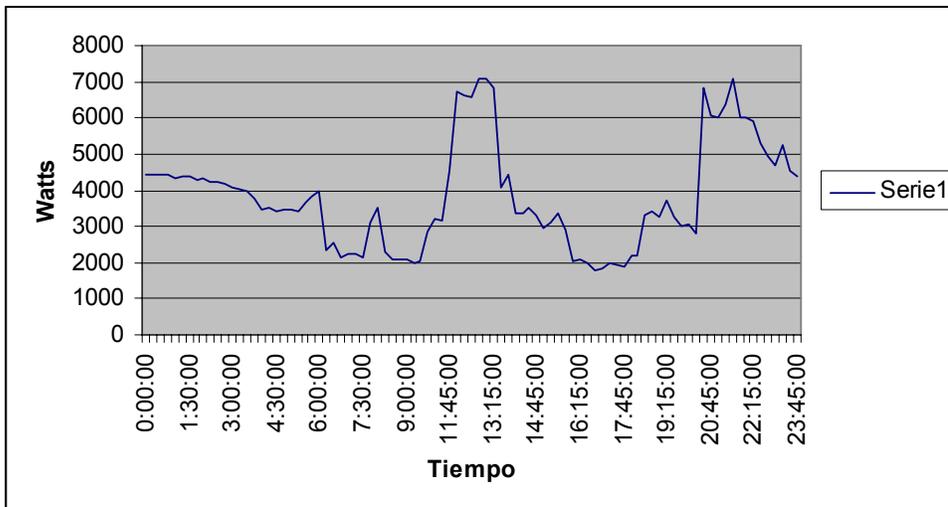
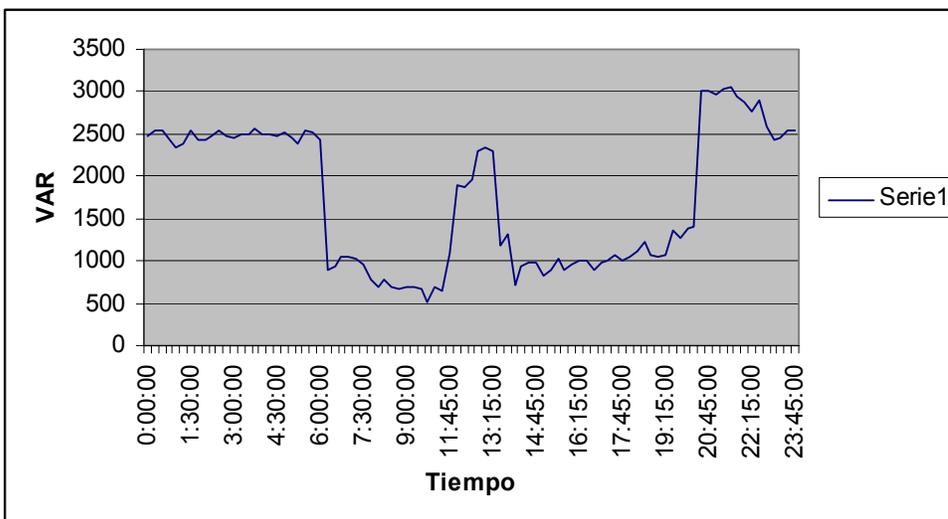


Figura 9. Curva de demanda diaria de potencia reactiva



Las características de la carga del edificio, así como, el cálculo de los diferentes factores que la describen se muestran a continuación, los datos empleados en los cálculos se obtuvieron de las tablas A-3 y A-6 de los anexos, mientras que las ecuaciones se encuentran en la bibliografía consultada.

- Factor de potencia de 0.88 en promedio.
- Frecuencia de 60Hz.
- Carga instalada de 27.98 kilowatts, de la tablas XI y XIII.
- Energía consumida durante el día 87,24 kWh
- Demanda máxima (Dmax) de 7.1 kW, de la tabla A-3 de los anexos
- Demanda promedio, se obtiene de la siguiente ecuación:

$$DP = \frac{\text{Energía consumida en el período}}{\text{No. horas del período}} \quad \text{Ec. 3.1}$$

Donde:

DP: demanda promedio

Aplicando la ecuación se obtiene el siguiente valor de demanda promedio:

$$DP = \frac{87.24kWh}{24h} = 3.64kW$$

- Factor de carga, se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$Fc = \frac{DP}{D_{\max}} \quad \text{Ec. 3.2}$$

Donde:

DP: demanda promedio

Dmax: demanda máxima

Aplicando esta ecuación, se tiene que el valor del factor de carga es:

$$Fc = \frac{3.64kW}{7.1kW} = 0.51$$

El factor de carga indica la forma en que se utiliza el equipo eléctrico de una instalación, el valor de 0.51 obtenido indica que la demanda de potencia no es uniforme en todo el período, esto se visualiza en la curva de demanda de potencia activa de la figura 8.

- El factor de pérdidas, es igual al porcentaje de tiempo requerido por la demanda máxima para producir las mismas pérdidas que se tienen por la demanda real en un lapso definido, se obtienen mediante la siguiente ecuación:

$$Fp = \frac{\sum_0^{24} P_{hr}^2}{24 * D_{max}^2} * 100(\%) \quad \text{Ec. 3.3}$$

Donde:

Phr: demanda por unidad de tiempo

Dmax: demanda máxima

Aplicando esta ecuación se tiene el factor de pérdidas para la instalación eléctrica del edificio:

$$Fp = \frac{568.27}{24 * 7.1^2} * 100(\%) = 46.97$$

El valor de 46.97% para el factor de pérdidas del edificio es considerable ya que indica que el desperdicio de energía es relativamente alto y no hay una eficaz utilización de la energía eléctrica.

3.1.2. Documentación existente sobre las instalaciones

Actualmente en las instalaciones de la radio no existe ningún documento relacionado con la instalación eléctrica del edificio, debido a la antigüedad de la instalación ya no se cuenta con los planos eléctricos de la misma. Del edificio solamente se cuenta con planos arquitectónicos, los cuales no cuentan con ninguna información eléctrica. Lo único con lo que se cuenta actualmente relacionado con el sistema eléctrico de la instalación, son apuntes realizados por parte de las personas encargadas del mantenimiento del edificio, los cuales son muy vagos y poco técnicos.

3.1.3. Estado físico del cableado eléctrico

El cableado eléctrico actualmente cuenta con más de 50 años de servicio. Este período es mayor al que tiene de vida promedio una instalación eléctrica, lo que nos indica que los distintos elementos que la conforman, ya perdieron sus características originales. Los conductores en particular, ya no muestran en

su material aislante las mismas características cualitativas que los conductores nuevos, en el cobre existen lugares donde el mismo muestra oxidación, y en los tableros secundarios los conductores están conectados solo parcialmente a las barras del tablero.

Las mediciones obtenidas por medio del departamento de metrología del CCI (Centro de Investigaciones de Ingeniería), mostraron que los conductores aun cuentan con la resistencia de aislamiento dentro de los rangos seguros, sin embargo es necesario sustituir esos conductores porque los mismos no cuentan con las mismas características de conductividad originales. La tabla 3, del anexo C, muestra los resultados de la prueba de resistencia de aislamiento de conductores eléctricos en los diferentes circuitos de la instalación.

3.1.4. Estado actual de la distribución de las cargas eléctricas

A continuación se muestra la distribución de los circuitos en el tablero secundario "A" (ubicado donde se encuentran las cabinas de transmisión), este tablero es de 16 polos *General Electric*. En este tablero se encuentra actualmente conectada la mayoría de la carga, debido a que en esa parte del edificio es donde se encuentra funcionando casi en su totalidad La Radio.

Tomando en cuenta que la numeración se toma con el primer interruptor a la izquierda como el primero y el primer interruptor a la derecha como el último (viendo el tablero de frente), se tiene la siguiente figura en donde se muestra la capacidad interruptiva de los interruptores termomagnéticos de cada circuito, así como el calibre de conductor de cada circuito. A partir de la tabla siguiente, se hará un análisis teórico con la finalidad de comprobar si la instalación eléctrica necesita mejoras a corto plazo dependiendo de los resultados obtenidos.

Tabla X. Distribución de cargas en el tablero secundario “A”

No. DE CIRCUITO	TIPO DE CARGA	CARGA APROX.	CAPACIDAD DEL INTERRUPTOR	CALIBRE DEL CONDUC.
1	Aire acondicionado	6480	2x30A	No.8
2	Aire acondicionado			
3	Cabina de grabación(Tomacorriente)	180	2x20A	No.12
4	Cabina de grabación(Tomacorriente)			
5	Vacío			
6	Vacío			
7	Transmisor	1000	2x60A	No.10
8	Transmisor			
9	Tomacorrientes (grabación)	1440	1x20A	No.12
10	Tomacorrientes (dirección, secretaria y reporteros), planta telefónica	1980	1x20A	No.12
11	Iluminación de cabina central	400	1x20A	No.12
12	Iluminación grabación	204	1x20A	No.12
13	Tomacorrientes (cabina central), Iluminación (pasillo y baño).	2002	1x20A	No.12
14	Iluminación (lámparas fluorescentes), tomacorrientes (contabilidad)	1309	1x20A	No.12
15	Iluminación (cabinas de operación y locución)	204	1x20A	No.12
16	Tomacorrientes (producción)	1620	1x30A	No.12

De la tabla anterior, se encuentra que la mayoría de la carga se encuentra en el equipo de aire acondicionado, por el hecho de que ésta carga se alimenta con voltaje monofásico de 240V la corriente que circula por los conductores de ese circuito no es muy alta. En las dos barras del tablero se encuentra la siguiente carga: En una barra se tiene 4046VA y en la otra se tiene 5113VA, encontrándose así un 21% de desbalance en el tablero. El desbalance recomendado para este tipo de tableros es de un 5% como máximo.

Por otro lado el cable alimentador de éste tablero es un AWG No.6, el mismo tiene una capacidad de transporte de 65A, haciendo la sumatoria de carga y aplicándole su respectivo factor de demanda a cada una de ellas se encuentra que se esta consumiendo:

Tabla XI. Sumatoria de carga con factor de demanda

TIPO DE CARGA	NUMERO DE CARGAS	CARGA POR UNIDAD (VA)	F. D. (%)	DME (VA)
tomacorrientes	48	180	0,8	6912
lámparas fluorescentes	14	102,22	1	1431
lámparas incandescentes	9	100	1	900
transmisor	1	1000	1	1000
aire acondicionado	1	6480	0,3	1944
Sumatoria				12187

$$I = \frac{12187VA}{240V} = 50.78A$$

Del dato anterior, se tiene que por el conductor está circulando una corriente de 50.87A, tomando en cuenta que se recomienda por el NEC utilizar los conductores al 80% de su capacidad, y que para el conductor No.6 es de 52A, se observa por la corriente calculada, que el conductor esta operando abajo del 80% de su capacidad.

Por otro lado en este tablero, se encontró que el mismo no tiene una barra para tierra física, y ésta es sustituida por un perno que en el cual converge un alambre que viene de la varilla de cobre aterrizada, con todos los demás alambres que van hacia tomacorrientes polarizados.

Debido a que en las instalaciones se fueron incrementando el número de cargas, lo mismo hizo que personal sin haber realizado un estudio previo, agregará cargas a los circuitos sin tomar en cuenta el balance de cargas en los

tableros y sopesando criterios de accesibilidad sobre los de eficiencia del sistema eléctrico.

Del tablero secundario que tiene la mayor carga, se tiene un desbalance entre las dos líneas vivas (calientes), lo cual contribuye en que trabaje un conductor sobrecargado y que circule una corriente por el conductor del neutro.

Tablero secundario "B" (ubicado en donde se encuentran las oficinas de redacción). Actualmente en éste tablero se encuentran colocados los siguientes circuitos. Tomando en cuenta que la numeración se toma de izquierda a derecha y de arriba para abajo (viendo el tablero de frente). Se tiene:

Tabla XII. Distribución de cargas del tablero secundario "B"

No. DE CIRCUITO	TIPO DE CARGA	CARGA APROX.	CAPACIDAD DEL INTERRUPTOR	CALIBRE DEL CONDUC.
1	1 luminaria de 12, 14 Tomacorrientes de 11	2571	1x20A	No.12
2	3 Tomacorrientes de 6, 2 luminarias de 6	744	1x20A	No.12
3	6 tomacorrientes de 6	1080	1x20A	No.12
4	2 luminarias de 1, 1 luminaria de 3, 2 luminarias de 4, 1 luminaria de 5, 2 luminarias de 6, 2 luminarias de 2, 8 luminarias de 11, 4 tomacorrientes de 2,6 y 8.	1947	1x20A	No.12
5	4 tomacorrientes de 3, 6 tomacorrientes de 4.	1800	1x20A	No.12
6	Vacío (no se pudo determinar el circuito)	0	1x20A	No.12
7	2 tomacorrientes de 11	360		No.12
8	Vacío (sin carga).	0	1x20A	

Los números en **negrita** representan las diferentes áreas en esa parte del edificio, las áreas que estos representan se pueden visualizar con el diagrama del edificio que se muestra en los anexos de éste documento.

El tablero es monofásico de 120/240V, no tiene tierra física, los conductores tanto de la alimentación del mismo como para la mayoría de los circuitos tiene mas de 50 años de trabajo, por lo que los mismos ya exceden el tiempo de vida útil de una instalación eléctrica.

Tabla XIII. Sumatoria de carga con factor de demanda del tablero secundario “B”

TIPO DE CARGA	NUMERO DE CARGAS	CARGA POR UNIDAD (VA)	F. D. (%)	DME (VA)
tomacorrientes	45	180	0,8	6480
lámparas fluorescentes	14	102,22	1	1942
Sumatoria				8422

$$I = \frac{8422VA}{240V} = 35.10A$$

La cantidad de corriente que utiliza este tablero esta muy por debajo de los 52A, que puede utilizar como nominales. Pero se recomienda el reemplazo de los conductores alimentadores de este tablero, así como los interruptores termomagnéticos del mismo (flipones) y el tablero, ya que éste no cuenta con una barra para tierra física y lo principal por el hecho del tiempo que tienen de estar trabajando. El tablero actualmente, tiene en una barra 6342VA y la otra 2160VA, con ello se tiene un desbalance de 66% entre las dos barras.

La diferencia entre las cargas que maneja cada tablero secundario es considerable, ya que uno de ellos maneja prácticamente toda la carga del edificio, esto repercute en que los conductores alimentadores de los tableros secundarios sufran sobrecargas, debido a que no fueron calculados para

soportar corrientes mayores y que los mismos ya no muestran la conductividad original de fabricación.

3.1.5. Estado actual de iluminación

Si se toma en consideración las áreas de trabajo dentro del edificio, la iluminación actual no cumple con los requerimientos necesarios que contemplan las recomendaciones del informe # 29 de la Comisión Internacional de Iluminación (*International Commission on Illumination*). Por ello como veremos en el capítulo 5, utilizando el método de cavidades para el cálculo de iluminación, la cantidad de luminarias y la altura de las mismas son factores que contribuyen negativamente en el eficiente servicio del sistema. Se observa una diferencia considerable en los luxes requeridos y los que se tienen actualmente, el tipo de luminarias, la cantidad, posicionamiento y suspensión de las mismas se debe a la falta de un estudio de iluminación por parte del personal técnico de la institución, debido a que constantemente se improvisa y se realizan modificaciones a la instalación original. El sistema de iluminación actual, cuenta con lámparas fluorescentes en su mayoría y con lámparas incandescentes en ciertas áreas del edificio, cabe recalcar que este sistema no es el sistema de iluminación original del edificio, ya que actualmente no existe ninguna luminaria de las originales en ese edificio.

En el edificio se realizaron mediciones de niveles de iluminación con el luxómetro, por parte del departamento de metrología del CII, las cuales mostraron que en la mayoría de las áreas del edificio no se cuenta con los niveles de iluminación mínimos recomendados. Los resultados de esas mediciones se muestran en la tabla 5 del anexo C de este documento, al comparar esos valores con los niveles recomendados, se comprueba que están muy por debajo de ellos.

En la siguiente tabla se muestra un análisis teórico del cálculo de luminarias que se necesitan para obtener los niveles de iluminación requeridos, y con ello realizar una comparación con la cantidad de luminarias con las que se cuenta ahora en el edificio.

Primeramente se toma el área del edificio donde se encuentran las cabinas de transmisión, obteniendo los resultados que muestra la tabla siguiente.

Tabla XIV. Cantidad de luminarias necesarias para obtener los niveles de iluminación requeridos en la parte del edificio “A”

AREAS INTERIORES	ANCHO (m)	LARGO (m)	AREA (m ²)	N.I.R. (luxes)	RCL	RCT	RCS	R.E.C. (%)	C.U.	N	Ne	N.I.D. (luxes)	N. L. A.
JEFATURA DE RADIO	3,55	3,84	13,63	500	6,23	6,78	2,71	28,00	0,36	4,70	4	425,92	2
SECRETARIA Y REPORTERO	1,90	5,27	10,01	500	8,23	8,95	3,58	23,00	0,3	4,14	4	483,21	4
PRODUCCION TESORERIA Y CONTA.	4,18	5,91	24,70	500	4,70	5,11	2,04	35,00	0,41	7,47	7	468,42	4
BODEGA DE RADIO	1,48	4,33	6,41	150	10,43	11,33	4,53	21,00	0,25	0,95	1	157,29	1
RECEPCION DE LA RADIO	2,60	4,14	10,76	300	7,20	7,83	3,13	25,00	0,33	2,43	2	247,22	2
PASILLO DE RADIO	1,43	10,88	15,56	100	9,10	9,89	3,96	25,00	0,27	1,43	2	139,94	1
CABINA DE PRODUCCION	3,28	4,18	13,71	500	6,26	6,80	2,72	28,00	0,36	4,72	4	423,48	1
CABINA DE OPERACION	2,78	3,84	10,68	500	7,13	7,75	3,10	25,00	0,33	4,01	4	498,56	1
CABINA DE LOCUCION	2,23	3,84	8,56	500	8,15	8,86	3,54	22,00	0,27	3,93	4	508,52	1
ESPACIO VACIO	2,38	4,18	9,95	500	7,58	8,24	3,30	22,00	0,31	3,98	4	502,56	1
BAÑO	1,43	2,18	3,12	200	13,32	14,48	5,79	21,00	0,25	0,62	1	323,35	1
<p>N. I. R.= Nivel de iluminación recomendado</p> <p>R. E. C.= Reflectancias efectivas de cavidad</p> <p>N. L. A= Número de luminarias actuales</p> <p>RCL= Coeficiente de reflexión de las paredes</p> <p>U.=Coeficiente de utilización</p> <p>RCT= Coeficiente de reflexión del techo</p> <p>N= Número de lámparas calculado</p> <p>RCS= Coeficiente de reflexión del suelo</p> <p>Ne= Número de lámparas aproximado</p> <p>R. E. C.= Reflectancias efectivas de cavidad</p> <p>N. I. D.= Nivel de iluminación a utilizar</p>													

Ahora, se procede a realizar la tabla de las diferentes áreas que se encuentran en la otra parte del edificio (donde actualmente no se encuentran ninguna cabina de La Radio). Las diferentes áreas que se muestran por medio de números, se muestran en los planos de los anexos de este documento.

Tabla XV. Cantidad de luminarias necesarias para obtener los niveles de iluminación requeridos en la parte del edificio “B”

AREAS	ANCHO (m)	LARGO (m)	AREA (m ²)	N.I.R. (luxes)	RCL	RCT	RCS	R.E.C. (%)	C. U.	N	Ne	N. I. D. (luxes)	N. L. A.
2	5,42	5,84	31,65	500	4,09	4,45	1,78	37,75	0,45	8,72	8	458,58	2
6	4,60	5,43	24,98	500	4,62	5,02	2,01	35,00	0,42	7,37	7	474,58	4
1	4,38	6,54	28,65	300	4,38	4,77	1,91	36,15	0,43	4,96	5	302,63	2
3, 4 y 5	4,60	6,13	28,20	500	4,38	4,76	1,90	40,00	0,43	8,13	8	491,88	4
12	1,39	23,42	32,55	100	8,76	9,53	3,81	21,00	0,28	2,88	3	104,04	1
9	2,16	2,85	6,16	150	9,36	10,17	4,07	21,00	0,2	1,15	1	130,99	1
8	2,16	2,76	5,96	300	9,49	10,32	4,13	22,00	0,19	2,33	2	257,00	1
7	2,16	2,85	6,16	150	9,36	10,17	4,07	21,00	0,2	1,15	1	130,99	1
10	2,85	2,97	8,46	150	7,91	8,59	3,44	25,00	0,3	1,05	1	142,90	0
11	7,50	15,43	115,73	300	2,28	2,48	0,99	24,00	0,3	28,70	28	292,67	8

N. I. R.= Nivel de iluminación recomendado	R. E. C.= Reflectancias efectivas de cavidad	N. I. A.= Número de luminarias actuales
RCL= Coeficiente de reflexión de las paredes	C. U.= Coeficiente de utilización	
RCT= Coeficiente de reflexión del techo	N= Número de lámparas calculado	
RCS= Coeficiente de reflexión del suelo	Ne= Número de lámparas aproximado	
R. E. C.= Reflectancias efectivas de cavidad	N. I. D.= Nivel de iluminación a utilizar	

3.2. Análisis de redes

Para determinar la calidad de energía, con la que cuenta el edificio de La Radio, primero se realizó un análisis de los principales parámetros eléctricos que intervienen en la calidad de la energía. Para la realización del análisis, se utilizó un equipo de medición de calidad de energía, el equipo estuvo conectado durante un período de 24 horas a la red eléctrica interna del edificio proporcionando los datos tabulados en las tablas del anexo A y las gráficas que se muestran en las siguientes secciones.

3.2.1. Corrientes

La circulación de corriente en las líneas se incrementa en el período comprendido de las 21:00 horas a las 22:00 horas, como se puede observar en la tabla 1 de la sección de anexo 1; esto sucede a que este período comprende las horas pico, es cuando la mayoría de los aparatos se encuentra en funcionamiento. Los siguientes gráficos muestran el comportamiento de la corriente en las líneas vivas y el neutral durante el periodo de la medición.

Figura 10. Corriente que circula en la línea 1

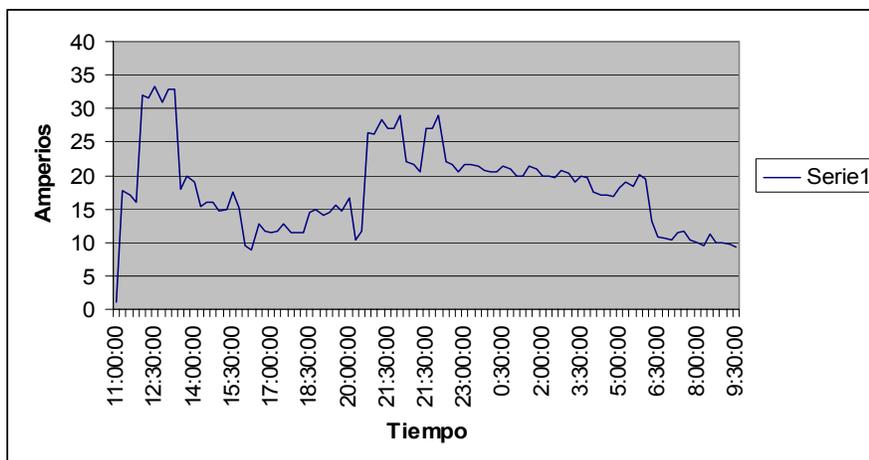


Figura 11. Corriente en la línea dos contra tiempo

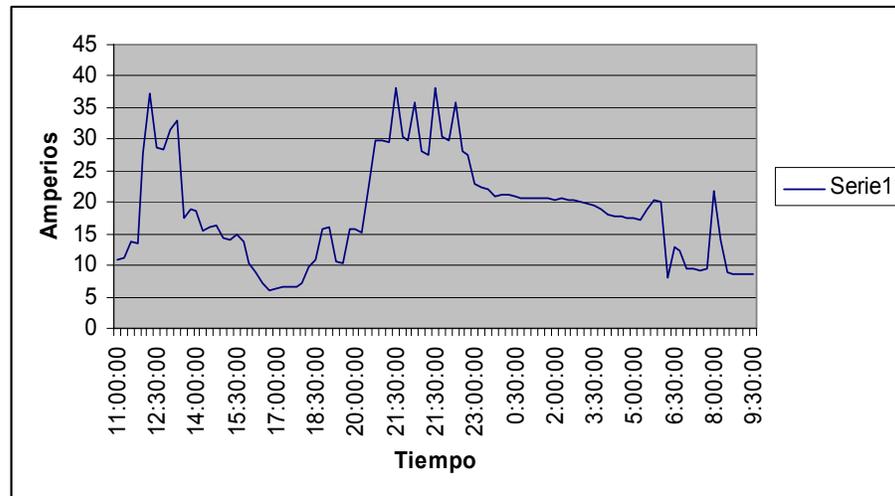
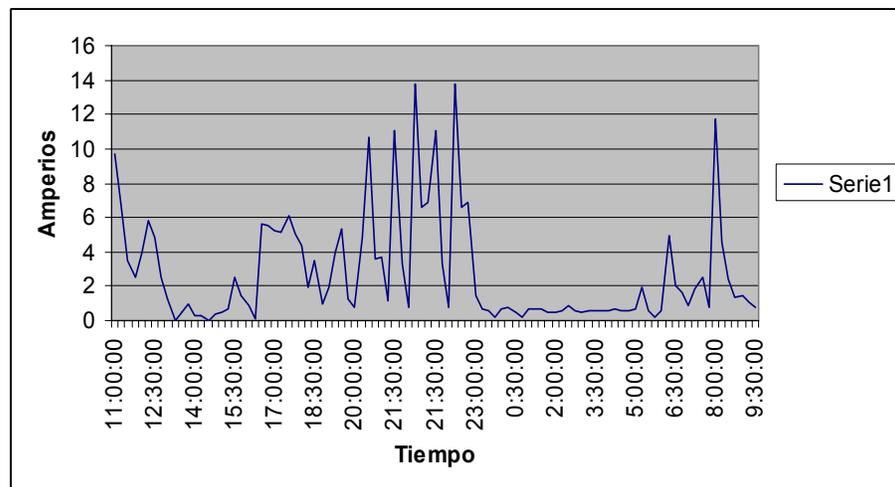


Figura 12. Corriente en línea neutral contra tiempo



De las gráficas se puede observar que el flujo de corriente en las líneas es casi simétrico. La corriente que circula a través de la línea neutral se debe a que existen desbalances en las cargas monofásicas. Se observa que el comportamiento de la corriente por la misma es más crítica en el período comprendido entre las 20:00 horas a 22:30 horas.

La corriente máxima que circula por cada una de las líneas es aproximadamente la misma y ocurre relativamente a la misma hora, de igual forma, la corriente promedio que circula a través de las líneas es bastante parecida, esto muestra que el desbalance aparente en las líneas ocurre porque el horario de operación de las diferentes cargas no esta distribuido al unísono.

3.2.2. Voltajes

Las curvas de voltajes tienen un comportamiento similar en las dos líneas en el periodo de tiempo, como muestran las figuras. Se puede observar que el nivel de voltaje oscila entre un valor superior e inferior al valor nominal de 120 voltios, la línea uno presenta una variación de 112 a 123 voltios, en la línea dos el rango de variación es de 116 a 123 voltios, al igual que en el caso de la corriente estos valores muestran una mala distribución de la carga en las líneas a lo largo del día, aumentando el voltaje en las horas cuando hay menos carga, y disminuyendo el voltaje cuando esta conectada la mayoría de carga, como lo es el equipo de aire acondicionado, ya que el mismo cuenta con un motor de inducción de 5 HP.

Figura 13. Voltaje en línea uno contra tiempo

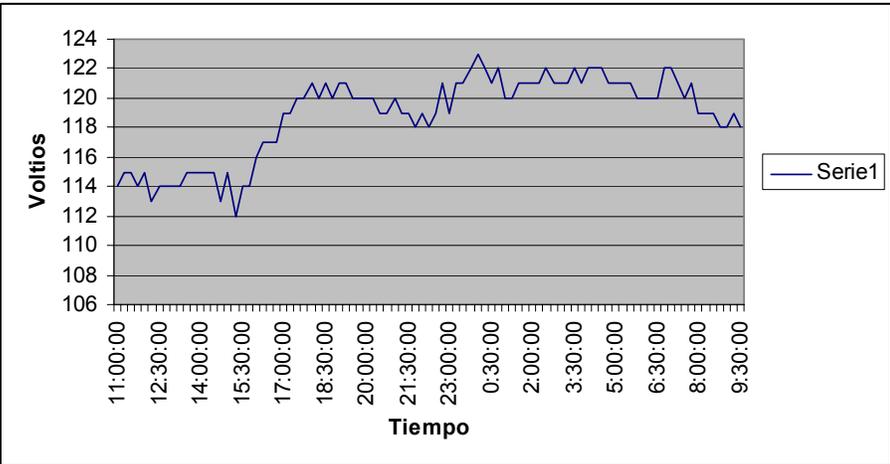
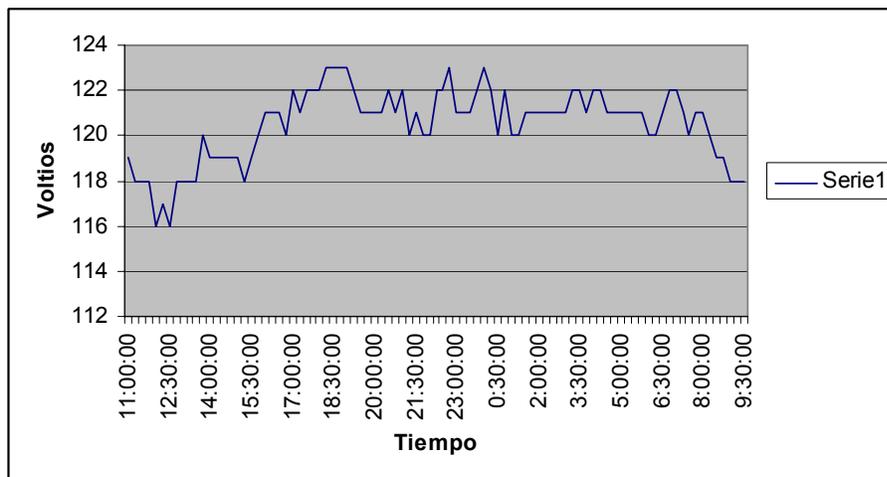


Figura 14. Voltaje en línea dos contra tiempo



Para determinar la calidad de la energía con que se cuenta, se procede a realizar el cálculo del índice de calidad de regulación de tensión (IRT) establecido en las normas técnicas del servicio de distribución (NTSD), que se muestra a continuación.

$$IRT(\%) = \frac{|V_k - V_n|}{V_n} * 100 \quad \text{Ec. 3.4}$$

Donde:

V_k: nivel de tensión en un intervalo de medición k

V_n: nivel de tensión nominal

La NTSD establece tres valores de tolerancia admisibles dependiendo de la etapa en la que se encuentre; dichos valores para servicio urbano en baja tensión son de 12%, 10% y 8% para las etapas de transición, régimen del mes

uno al doce y régimen del mes trece en adelante respectivamente. El periodo de tiempo en que se realizó la medición corresponde al de la primera etapa de transición, por lo que el índice de tolerancia admisible es del 12%, de la tabla A-2 del anexo A, se observa que la variación de tensión en ningún momento sobrepasa el rango de tolerancia admisible.

3.2.3. Factor de potencia

La empresa eléctrica de Guatemala, establece en sus normas para acometidas de servicio eléctrico, XII edición que en ningún caso el factor de potencia del usuario debe ser menor al 85%; los resultados obtenidos de la medición muestran que durante los periodos en los cuales más del 80% de la carga instalada está operando, el factor de potencia en las fases permanece dentro del rango establecido por la norma.

Como puede verse en la siguiente figura, en la mayoría del periodo de la medición, estuvo alrededor y arriba del 0.85 requerido.

Figura 15. Factor de potencia de L1

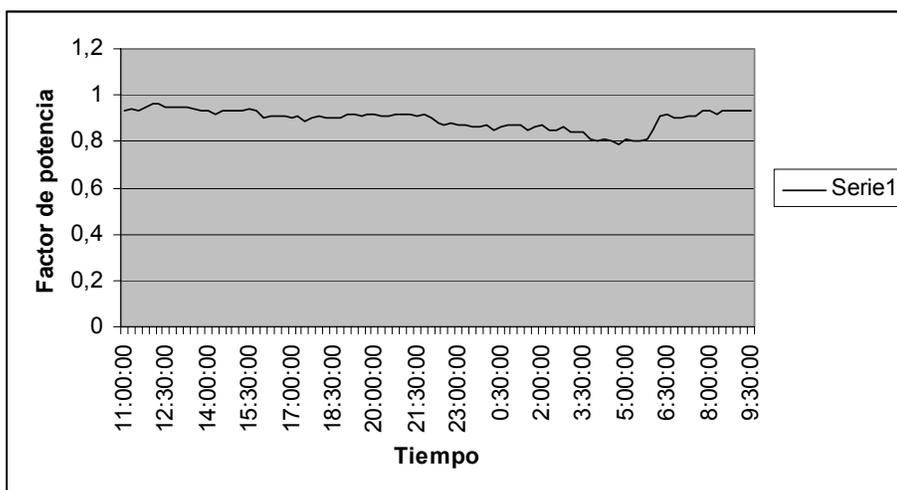
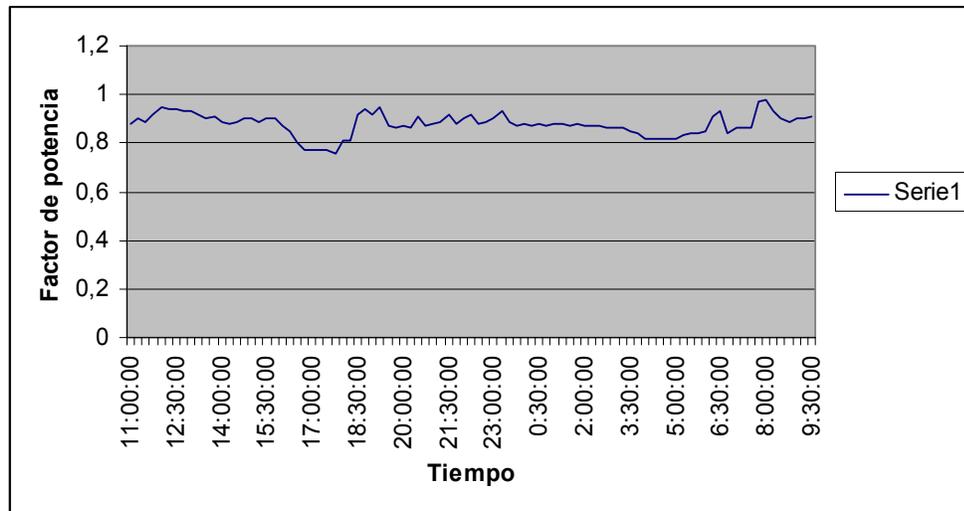


Figura 16. Factor de potencia de L2



Un promedio de los valores de los factores de potencia medidos de cada una de las fases, muestra que en la línea uno tiene un valor promedio de 0.89, la línea dos tiene un valor promedio de 0.88. Estos valores indican que existe un pequeño desbalance de carga entre las líneas.

Los resultados anteriores, son de mucha importancia por el hecho de que al momento de realizar la restauración, se dispondrá del equipo actualmente conectado sin que el mismo produzca una disminución en el valor del factor de potencia mínimo requerido por las normas.

3.2.4. Potencias

Se obtuvieron durante la medición de los valores de las potencias activa, reactiva y aparente para cada una de las líneas y en conjunto, lo que permite visualizar el comportamiento de la carga durante el período de medición.

3.2.4.1. Potencia activa

El comportamiento del consumo de potencia activa (P), durante el período de medición es prácticamente similar en las líneas, en ellas la potencia activa presenta un incremento y decremento durante los mismos períodos de tiempo, aunque con valores diferentes.

El consumo de potencia activa en la línea uno se incrementa paulatinamente de las 12:00 horas hasta las 13:30, aproximadamente, hasta un valor de 3.5 kW, durante del período de la medición el consumo de potencia en esta línea permanece alrededor de 2 kW; el consumo de potencia activa en la línea dos difiere del de la línea uno en que el valor pico es de 4.1 kW aproximadamente, además en el período comprendido entre las 17:00 horas a las 18:00 horas es el período de menor consumo, es aproximadamente de 0.6 kW con pequeños picos en el período. El comportamiento del consumo de potencia activa durante el período de medición se muestra en las figuras siguientes.

Figura 17. Potencia activa línea uno

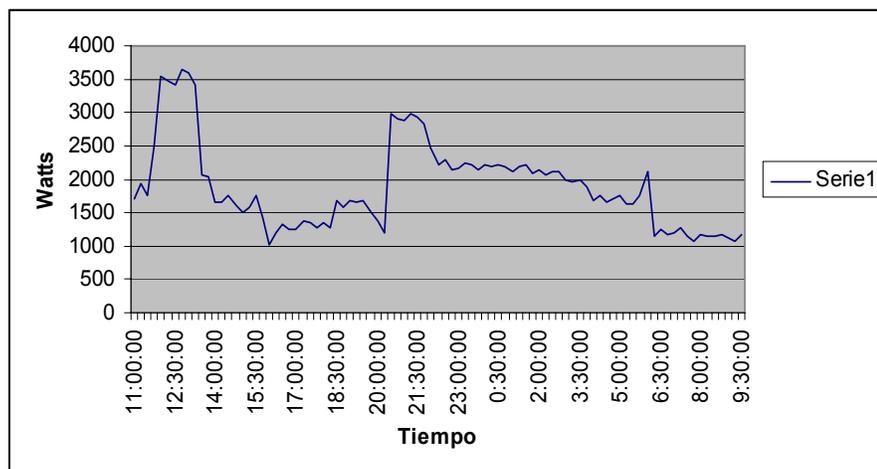
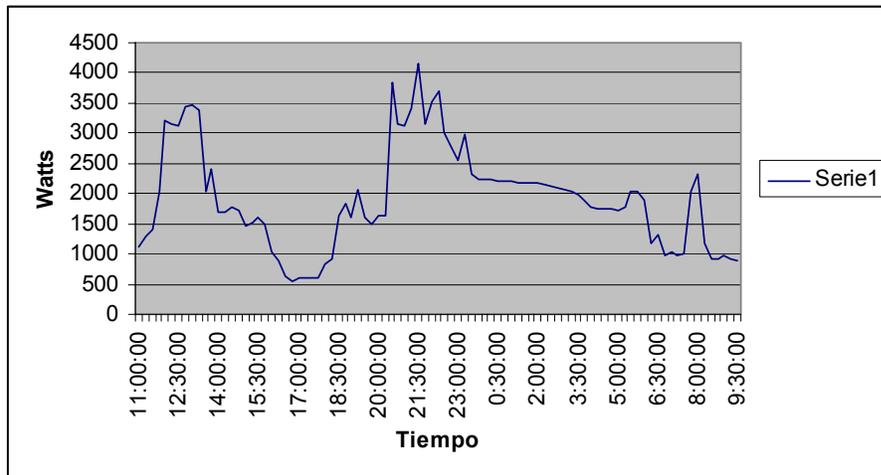
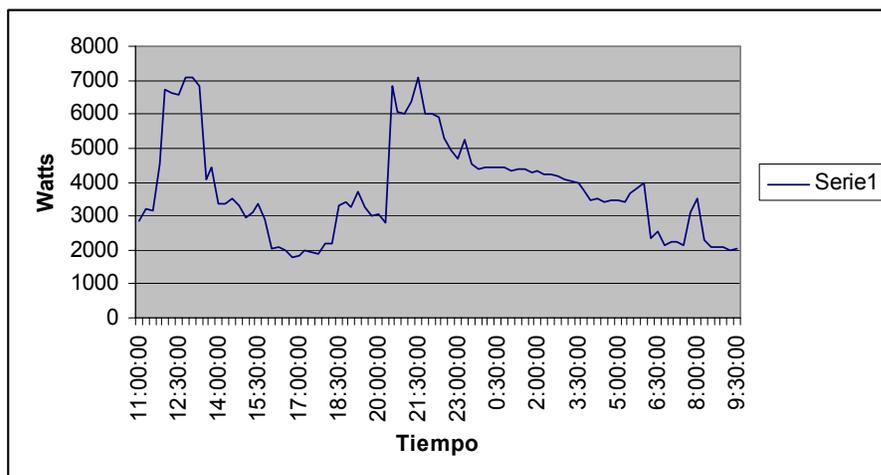


Figura 18. Potencia activa línea dos



La gráfica siguiente, muestra la potencia total consumida por el edificio durante el período de medición, se observa un consumo máximo de aproximadamente 7.1 kW a las 14:00 horas y a las 21:30 aproximadamente. Los datos completos de las potencias individuales y total se muestran en la tabla 3 del anexo A.

Figura 19. Potencia activa total



3.2.4.2. Potencia reactiva

El comportamiento de la potencia reactiva es diferente en las líneas, lo cual muestra que la carga conectada a cada una de ellas posee características muy diferentes en cuanto a la potencia reactiva que utilizan. En la línea uno la potencia reactiva se incrementa en el período de tiempo comprendido entre las 20:30 horas a las 21:00 horas, hasta un valor aproximadamente de 1.2 kVAr, durante el resto del periodo de la medición la potencia reactiva es de aproximadamente 0.5 kVAr. En la línea dos, el valor de la potencia reactiva se incrementa en el período de tiempo comprendido desde las 21:00 horas a 22:00 horas hasta un valor máximo de 1.7 kVAr aproximadamente, durante el resto del período de tiempo el valor de potencia reactiva es pequeño.

El comportamiento del consumo de potencia reactiva de cada una de las líneas y la potencia reactiva total durante el período de medición se muestra en las figuras siguientes.

Figura 20. Potencia reactiva línea uno

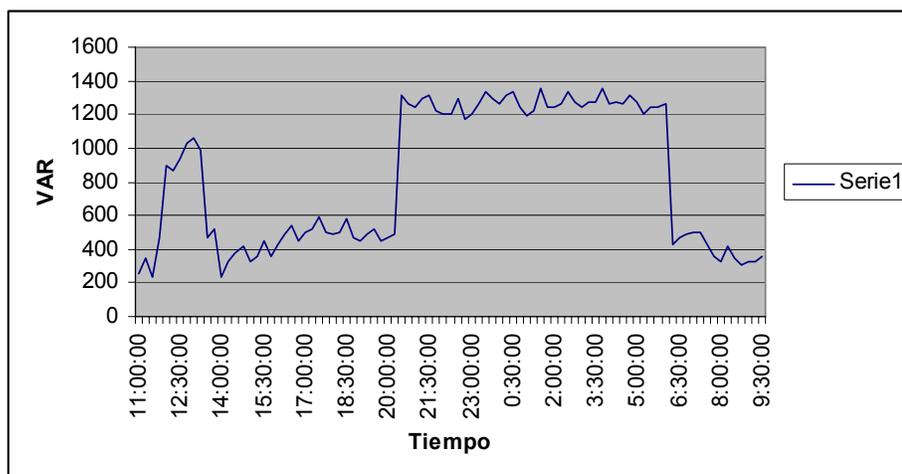
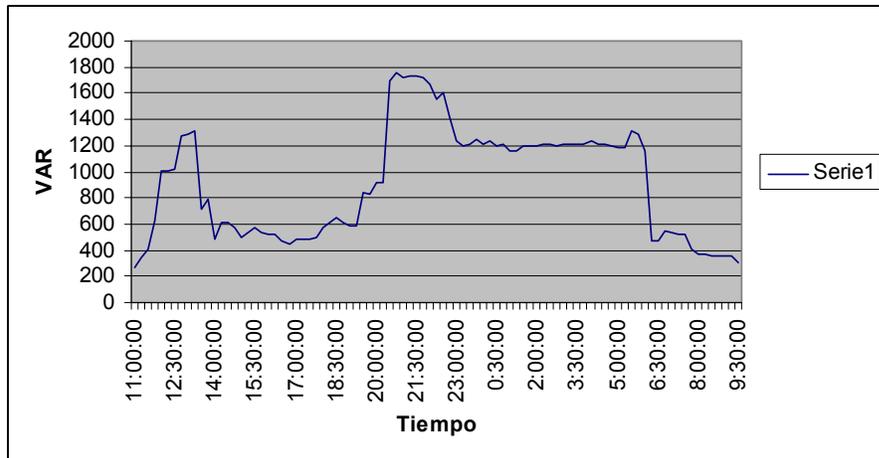
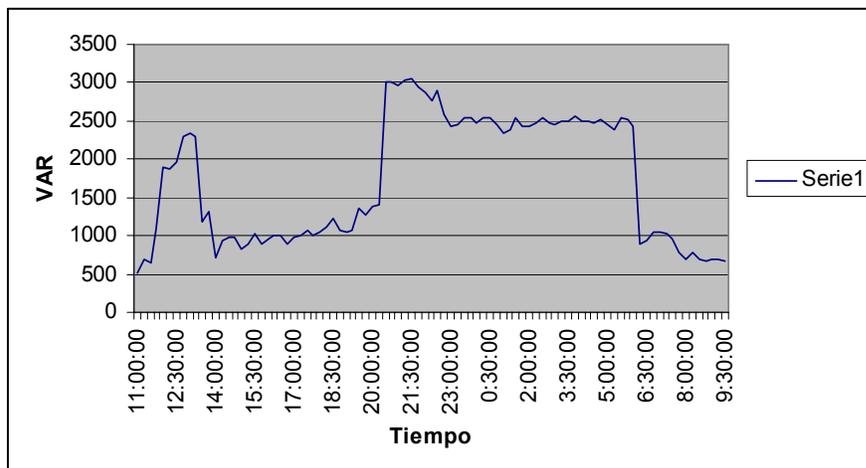


Figura 21. Potencia reactiva línea dos



La siguiente grafica muestra el comportamiento de la potencia reactiva total durante el período de la medición en el edificio, se observa un crecimiento en la potencia reactiva comprendido entre las 21:00 horas a 21:30 horas hasta llegar a un valor máximo de aproximadamente 3 kVAr, durante el resto del período que duro la medición la potencia reactiva permanece relativamente oscilando alrededor de los 0.5 kVAr. Los datos completos de la potencia reactiva por línea y total son mostrados en la tabla A-4 de los anexos.

Figura 22. Potencia reactiva total



3.2.4.3. Potencia aparente

La potencia aparente es la magnitud o suma vectorial de las potencias activa y reactiva, la importancia de la misma radica en que es la que se utiliza normalmente para el cálculo de la corriente nominal y de cortocircuito que circulará por los conductores.

En la línea uno la potencia aparente se incrementa paulatinamente durante el día hasta un valor máximo de aproximadamente 3.75 kVA, mientras durante el resto del período de la medición el valor de la potencia activa no permanece constante. En la línea dos la potencia se incrementa hasta alcanzar un valor máximo en el período de tiempo comprendido entre las 21:30 horas a las 22:00 horas, que es de aproximadamente 4.5 kVA, durante el resto del período de la medición el valor de potencia es menor. El comportamiento de la potencia activa durante el período de la medición se muestra en las siguientes figuras.

Figura 23. Potencia aparente línea uno

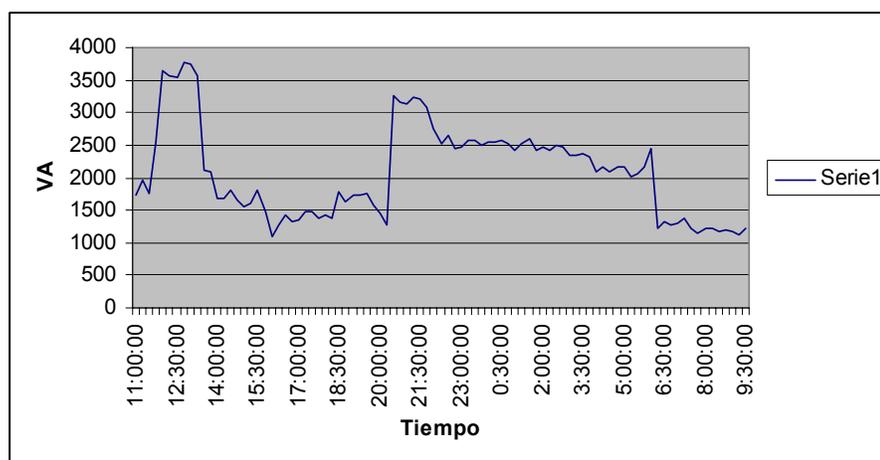
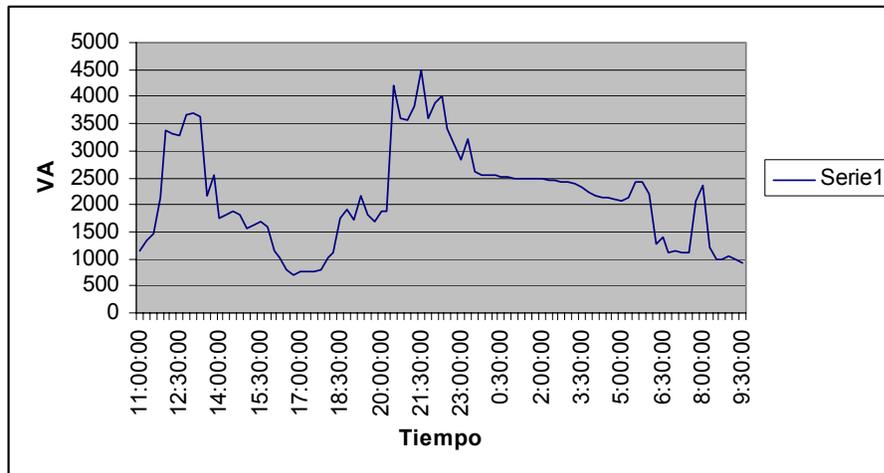
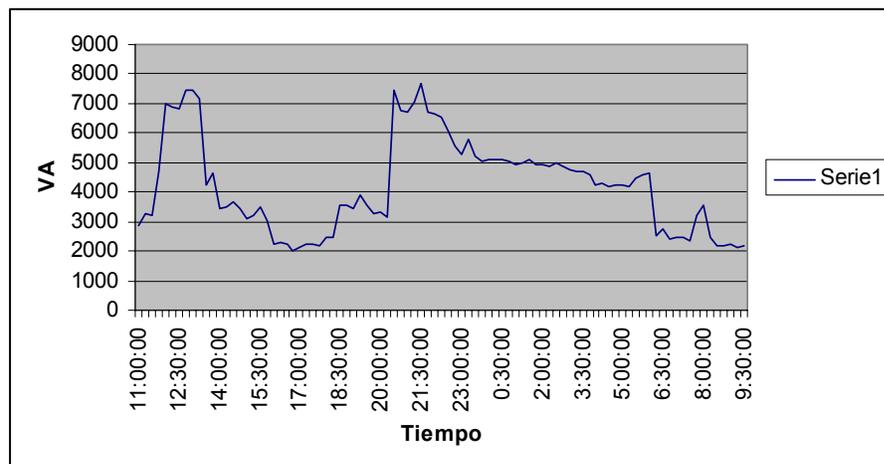


Figura 24. Potencia aparente línea dos



Por último la figura siguiente muestra el comportamiento de la potencia aparente total que utiliza el edificio durante el período de la medición, se observa que esta tiene su pico que es de aproximadamente 7.6 kVA. Los datos completos de las potencias aparentes del las líneas y total se muestran en la tabla 5 del anexo A.

Figura 25. Potencia aparente total



3.2.5. Análisis de armónicos

Los armónicos ocasionan perturbaciones que son culpables en sistemas de potencia del sobrecalentamiento y disminución de la vida útil del equipo. El impacto es mayor cuando por resonancias en la red se amplifican dichas corrientes armónicas. Las armónicas también pueden causar errores en el encendido de los tiristores en instalaciones de transmisión de corriente directa en alto voltaje, compensadores estáticos de VARs, errores en la medición y fasos disparos de equipo de protección. El comportamiento del equipo del usuario tal como controladores de velocidad, equipo de cómputo, controladores lógicos programables (PLC) pueden ser afectados por las armónicas. Además el flujo de corrientes armónicas en los alimentadores pueden inducir ruidos en las líneas de comunicación cercanas.

3.2.5.1. Distorsión armónica THDV

Para caracterizar la presencia de las armónicas en una onda dada, la comisión nacional de energía eléctrica establece en sus normas técnicas del servicio de distribución (NTSD), que es el índice de calidad de la distorsión armónica de la tensión (DATT), el cual esta expresado como un porcentaje y calculado mediante la siguiente ecuación:

$$DATT(\%) = \left(\sqrt{\frac{\sum V_i^2}{V_1^2}} \right) * 100 \quad \text{Ec. 3.5}$$

Donde:

DATT = Distorsión armónica total de tensión en porcentaje

V_i = Componente de tensión de la armónica de orden i

V1 = Componente de tensión de la frecuencia fundamental (60Hz)

Las NTSD establecen como máximo permisible, una tolerancia del 8% para la distorsión armónica total de tensión (ver tabla 2 del anexo B), además considera que la energía eléctrica es de mala calidad cuando, en un lapso de tiempo mayor al 5% del correspondiente periodo de medición.

El artículo 34 de las NTSD establece que los distribuidores deberán indemnizar a todos aquellos usuarios para los que se compruebe que se ha entregado energía que esta fuera de tolerancias en cuanto a la distorsión armónica de tensión. Y el distribuidor continuará indemnizando a los usuarios hasta que se compruebe que el problema ha sido resuelto y que se está dentro de las tolerancias establecidas por la norma. La indemnización esta basada en función de las desviaciones pon encima de las tolerancias establecidas para los índices o indicadores DAIT y DATT, y la energía suministrada en esas condiciones.

Se define como (DPAk) a la distorsion armonica encontrada en cada intervalo de medicion k, por encima de las tolerancias establecidas por la norma, y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$DPAk = Max \left[0, \frac{DATT_{(k)} - DATT}{DATT} \right] + \frac{1}{3} \sum_2^{40} Max \left[0, \frac{DAIT_{i(k)} - DAIT_i}{DAIT_i} \right] \quad \text{Ec. 3.6}$$

Donde:

DPAk: es la distorsión penalizable de armónicas para cada intervalo de medición k.

DATT(k): es la distorsión armónica total de tensión, registrada en el intervalo de medición k.

DATT: es la tolerancia para la distorsión armónica total de tensión.

DAITi(k): es la distorsión armónica individual de tensión i, registrada en el intervalo de medición k.

DAITi: es la tolerancia para la distorsión armónica individual de tensión i.

La valorización de la energía suministrada en condiciones inadecuadas (fuera de tolerancias o DPAk mayor que cero), en Q/kWh para el cálculo de la indemnización, se obtiene bajo los siguientes patrones:

$0 < DPA_k \leq 1$	$CENS * (DPA_k)^2$	Q/kWh
$1 < DPA_k$	CENS	Q/kWh

CENS: Costo de la energía no suministrada (Q/kWh).

La indemnización se determina como la sumatoria del valor en Q, de los kWh de energía, registrados en cada intervalo de medición fuera de tolerancia, queda así:

$$Indemnización(Q) = \sum_{k: DPA_k \leq 1} CENS * (DPA_k)^2 * E(K) + \sum_{k: DPA_k > 1} CENS * E(K) \quad \text{Ec. 3.7}$$

Donde:

E(k): es la energía registrada en cada intervalo de medición k.

Las normas establecen que los distribuidores indemnizarán únicamente a los usuarios conectados al punto de medición en donde se excedan las tolerancias, con excepción de aquellos que están generando las armónicas del problema en niveles que superen las tolerancias establecidas para el caso. Si los distribuidores verifican que alguno de los usuarios ha excedido las tolerancias establecidas por la norma para la distorsión armónica, el usuario deberá pagar al distribuidor una indemnización determinada en función de la distorsión penalizable individual de armónicas.

Como se puede observar en la tabla A-8 del anexo, no se excede el rango de tolerancia para la distorsión armónica de voltaje establecido por las NTSD, por lo que se considera que en este aspecto la instalación eléctrica del edificio no necesita un filtro de armónicos.

3.2.6. Desbalance

El desbalance de voltaje es un factor muy importante en un análisis de la red eléctrica, éste identifica una mala distribución de la carga y la calidad de la energía eléctrica con la que se cuenta. Las NTSD establecen un índice de calidad del desbalance de la tensión.

La tolerancia admitida por las NTSD aplicables al distribuidor sobre el desbalance de tensión en los puntos de entrega de energía es el 3% y considera que la energía eléctrica es de mala calidad cuando en un lapso de tiempo mayor al 5% del correspondiente al total del período de medición, se ha excedido el rango de tolerancia admitido.

En la tabla B-3 de los anexos, puede observarse que para el 100% de las mediciones realizadas, el rango de tolerancia para el desbalance de tensión

establecido por las NTSD ha sido excedido. En promedio el valor del índice de tolerancia obtenido es de 2.19%, que no representa un exceso.

4. DIAGRAMAS UNIFILARES

Un diagrama unifilar es un diagrama simplificado de un sistema eléctrico, el cual indica por medio de líneas y símbolos como están conectados los diferentes circuitos y elementos de la red eléctrica en estudio.

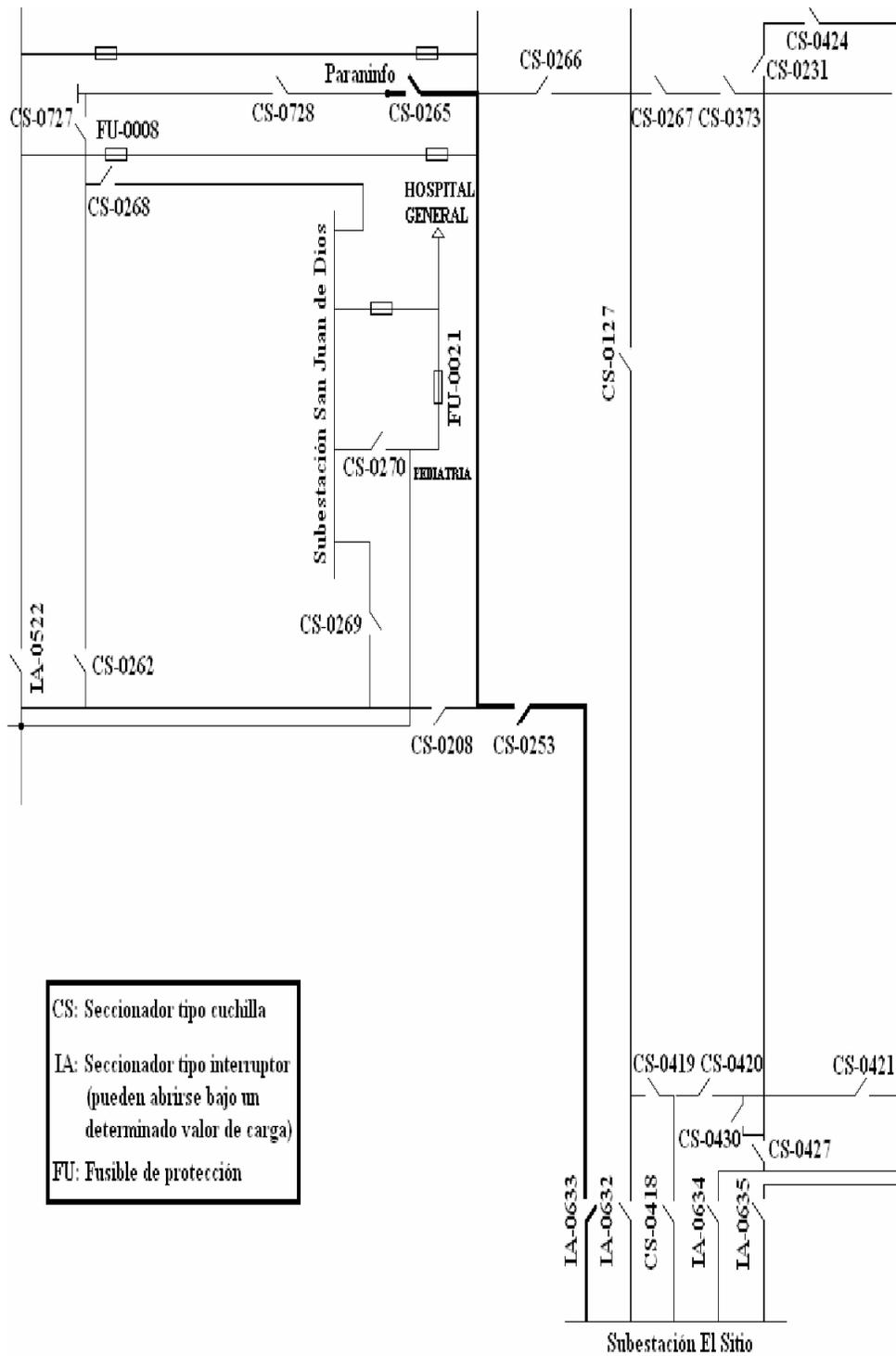
4.1. Diagrama unifilar de la red eléctrica general

En la siguiente figura, se muestra el diagrama unifilar correspondiente a los ramales del Centro Cultural Universitario (CCU). El edificio es alimentado por un ramal, que ingresa por la 12 calle y 1ª. Avenida de la z. 1, procedente de la subestación El Sitio.

La subestación El Sitio, tiene como propósito convertir el voltaje de alta tensión a media tensión para que posteriormente el mismo sea llevado a baja tensión por medio de los transformadores de distribución y de esa manera poder alimentar a las cargas correspondientes.

Además, en el diagrama unifilar general se muestra como se encuentra distribuido el sistema eléctrico en el sector donde esta ubicado el Paraninfo Universitario; Esto con el propósito de brindar una mayor ilustración en lo concerniente a la red eléctrica general del lugar.

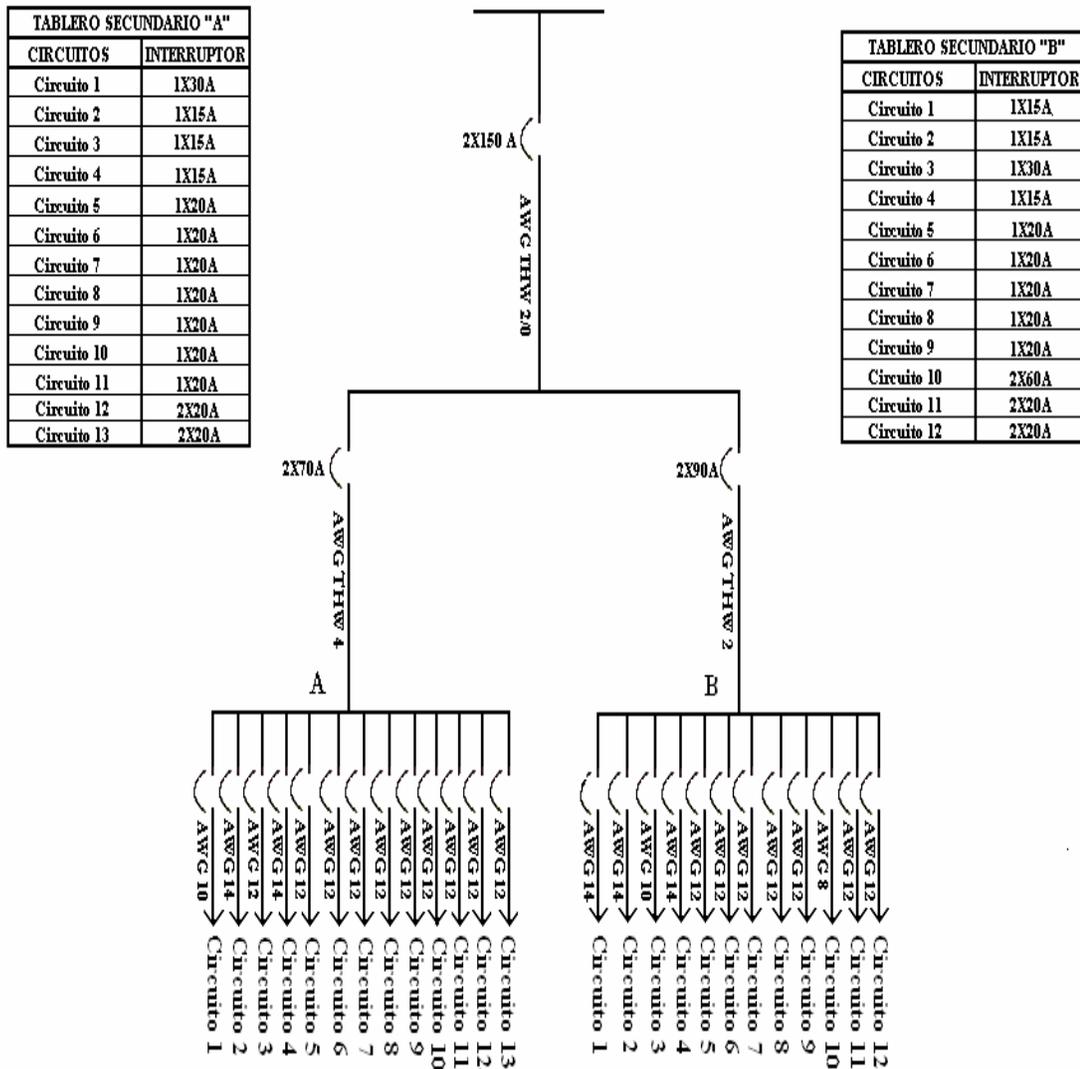
Figura 26. Diagrama Unifilar de la red eléctrica general



4.2. Diagrama unifilar de la sub-red eléctrica

Para una mayor comprensión de los distintos circuitos que componen la sub-red eléctrica del edificio donde se encuentra Radio Universidad, la misma se muestra a través del diagrama unifilar que se muestra en la siguiente figura. En el diagrama unifilar, se muestra la acometida y alimentación a los tableros de la instalación eléctrica.

Figura 27. Diagrama Unifilar de la sub-red eléctrica



Cabe hacer la mención de que el diagrama unifilar de la sub-red eléctrica mostrado anteriormente es el resultado de la propuesta de restauración de la instalación eléctrica en el lugar, por lo que actualmente no existe físicamente una instalación como la mostrada anteriormente. A diferencia de lo anterior, el diagrama unifilar de la red-eléctrica general si muestra como actualmente se encuentra constituida la instalación

5. ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA LA PROPUESTA DE RESTAURACIÓN

5.1. Cálculo de Conductores

5.1.1. Cálculo de los conductores de los alimentadores del tablero principal

Para encontrar los conductores a utilizar en los circuitos del tablero principal, se utilizarán tres métodos, como lo son: método de cálculo por capacidad de transporte del conductor del tablero principal, método del 60% de demanda global y de acuerdo a los criterios del NEC. Con el propósito de compararlos y escoger el más adecuado, dependiendo del resultado, se utilizará posteriormente el método escogido para el cálculo de los alimentadores de los tableros secundarios.

5.1.1.1. Método de cálculo por capacidad de transporte

En la instalación de la radio se encuentran las siguientes cargas instaladas:

- 103 luminarias de Categoría V, 2 lámparas T-12 430mA. Envoltura prismática 30cm ancha.
- 93 tomacorrientes de usos generales.

- 1 transmisor de 240V de 1KVA.
- 1 equipo de aire acondicionado de 5 HP.
- 8 lámparas incandescentes.
- 4 lámparas de vapor de sodio de alta presión de 400W dada una.

Para calcular la capacidad del cable del alimentador, será aplicando los factores de demanda de cada uno de los elementos en particular, de la siguiente forma:

Tabla XVI. Sumatoria de carga con factor de demanda para el edificio

Tipo de carga	f. d.	Carga por unidad (VA)	# de unidades	f.p.	carga (VA)
Tomacorrientes	0,8	180	93	1	13392
Lámparas de vapor de sodio de alta presión	1	400	4	0.5	3200
Lámparas fluoresc.	1	92	103	0,9	10529
Lámparas incandesc.	1	80	8	1	640
transmisor de radio	1	1000	1	0,9	1111
Equipo de a/c	0,5	4662	1	0,8	3642
				sumatoria de la carga instalada	32514

Para el cálculo de la corriente del alimentador se tiene, la siguiente relación:

$$I = P/V \quad \text{Ec. 5.1}$$

$$I = 32514VA / 240V = 135.48A$$

En base al resultado anterior, se busca en la tabla XVI el conductor inmediato superior para poder conducir esa corriente. Se puede utilizar 2 conductores THW calibre No.2/0, para las líneas vivas.

Para el cálculo del calibre del conductor de la línea neutral se tiene:

Tabla XVII. Sumatoria de carga instalada en 240 V y 120V por separado

Tipo de carga	Cargas parciales en (VA)			Σ Carga total instalada (VA)
DME (120V)	13392	10529	640	24651
DME (240V)	1111	3642	3200	7953

Tabla XVIII. Cálculo de corriente que circulará por el neutro

Σ DME(120V)	Σ DME(240V)	Σ DME(240V)*0,7	I neutral (A)
24651	7953	5567	126

Debido al resultado de la corriente por el neutro, se debe seleccionar un conductor THW calibre No. 2/0 para el neutral.

5.1.1.2. Aplicando el método del 60 por ciento de demanda global

El siguiente método contempla tomar toda la carga instalada y aplicarle a la misma el 60 por ciento de factor de demanda a toda la carga instalada.

En las siguientes tablas se muestra la carga instalada y el cálculo para determinar los conductores necesarios:

Tabla XIX. Sumatoria de carga sin factor de demanda

Tipo	carga por unidad (VA)	# de unidades	f, p.	carga (VA)
Tomacorrientes	180	93	1	16740
Lámparas fluoresc.	92	103	0,9	10529
Lámparas de vapor de sodio de alta presión	400	4	0.5	3200
Lámparas incandesc.	80	8	1	640
transmisor de radio	1000	1	0,9	1111
equipo de a/c	4662	1	0,8	5828
		sumatoria de la carga		38048

Seguidamente se aplica el factor de demanda global

$$DME = 38048 * 0.6 = 22829 \text{ VA}$$

Tabla XX. Cálculo de conductores por medio del método de factor de demanda global

Aplicación del conduc.	Potencia (VA)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Conductor AWG (THW)
Líneas Vivas o calientes	22829	240	95.12	No. 2
Conductor neutral	22829	240	95.12	No. 2

En base al cual se seleccionan dos conductores THW calibre No.2 para las líneas vivas y 1 conductor THW calibre No.2 para el neutral.

5.1.1.3. Cálculo de alimentadores de acuerdo a los criterios del NEC

Calculando el área de la planta del edificio que abarca el tablero principal. Como solo es de un nivel, se tiene:

Área = 453.30 m², Densidad de carga = 32 $\frac{VA}{m^2}$

- Carga instalada 32VA/m² * 453.30m² = 14506.61VA
- Transmisor de radio
- Equipo de aire acondicionado

Tabla XXI. Sumatoria de carga aplicando criterio del NEC de densidad de carga

tipo de cargas	carga (VA)
Criterio NEC	14505,61
transmisor de radio	1111
equipo de aire acondicionado	5828
carga total instalada	21445

Con la demanda máxima estimada se calcula el calibre del conductor de la acometida

Tabla XXII. Calibres encontrados por el método de densidad de carga

Aplicación del conduc.	Potencia (VA)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Conductor AWG (THW)
Líneas Vivas o calientes	21445	240	89.35	No. 2
Conductor neutral	21445	240	89.35	No. 2

Se observa que al utilizar el método del NEC, se obtiene un consumo menor de corriente y esto es atípico, porque el NEC siempre queda sobredimensionado. Por lo que en la práctica se puede aplicar cualquiera de los

dos métodos antes mencionados, tomando en cuenta que siempre se debe tomar como prioridad la seguridad antes que lo económico, se utilizará el método de factor de demanda como el más adecuado, éste es mas específico que el de demanda de 60% global. Por lo tanto como se encontró anteriormente, se tomarán dos conductores No. 2/0 para las líneas vivas y 1 conductor No. 2/0 para el neutro de la acometida.

Sabiendo que conductores se utilizarán para la acometida principal, se procede a encontrar los necesarios para los tableros secundarios.

5.1.2. Cálculo de los conductores de los alimentadores de los tableros secundarios

Ahora que se han encontrado los conductores de los alimentadores del tablero principal, se procede a encontrar el calibre que utilizarán los conductores para los tableros secundarios.

El cálculo a realizar para encontrar las dimensiones de los conductores, es de mucha importancia ya que de esto depende el eficiente desempeño de la instalación eléctrica y el tiempo de vida útil de la misma, para la selección del conductor se pueden utilizar dos métodos:

- Por capacidad de transporte del conductor.
- Por la caída de voltaje o regulación.

Primeramente se analizan los criterios para definir la sección transversal de los conductores de los alimentadores, para que cumplan con los

requerimientos necesarios de un sistema confiable y económico evitando conductores con secciones sobradas.

Como se conoce la carga que se va a instalar en el lugar se puede encontrar la corriente que va a circular por los conductores vivos y el neutro de los alimentadores para los tableros secundarios. De la tabla IV. Se encuentra la capacidad de corriente de conductores aislados, que en este caso es para conductores instalados en tuberías.

5.1.2.1. Por capacidad de transporte del conductor

Primeramente se realiza el cálculo de la corriente en los alimentadores 1, 2 y 3, del tablero secundario A. Supóngase que las cargas conectadas a los voltajes: V1-2, V2-3 y V1-3 (valores RMS) y teniendo la potencia de S1-2, S2-3 y S1-3.

La corriente en la línea “1” se calcula con la relación:

$$I_1 = \frac{S_{1-2}}{V_{1-2}} + \frac{S_{1-3}}{V_{1-3}} \quad \text{Ec. 5.2}$$

Siendo S_{1-3} , la potencia que esta instalada entre los conductores de 120 V. Y S_{1-2} , la potencia que esta instalada entre la línea de 120 V y el neutral.

En las siguientes tablas, se resumen las ubicaciones de las diferentes cargas instaladas en el tablero secundario, así como el valor de las diferentes cargas que serán instaladas entre los conductores calientes, y entre el caliente 1 con el conductor neutro.

Tabla XXIII. Carga instalada en la línea 1 del tablero secundario “A”

Tipo de carga	Cantidad	Carga de circuitos (VA)	Ubicación de las cargas
Transmisor (240V)	1	1111	bodega
Tomacorrientes (240V)	2	288	Salón
Luminarias	20	2044	Oficina de director, Redacción y Recepción
Tomacorrientes (120V)	7	1008	Oficina de director, secretaria y recepción
Luminarias	15	1533	Animaciones, Pasillo e islas de edición
Tomacorrientes (120V)	8	1152	Redacción
Tomacorrientes (120V)	5	720	Animaciones, café y pasillo pequeño

Tabla XXIV. Sumatoria de carga instalada en L1 y compartida con L2 aplicando factor de demanda para el tablero “A”

	Cantidad	f.d.	f.p.	Carga (VA)
Cargas de 240V (S₁₋₃)				
Transmisor de Radio	1	1	0,9	1111
Tomacorrientes	2	0,8	1	144
			sumatoria de carga	1255
Cargas de 120V (S₁₋₂)				
Iluminación	35	1	0,9	3577
Tomacorrientes	20	0,8	1	2880
			sumatoria de carga	6458

Sustituyendo en la fórmula, encontraremos la corriente que va a circular por el conductor vivo en la línea 1:

$$I_1 = \frac{6458VA}{120V} + \frac{1255VA}{240V} = 59.05A$$

De acuerdo con el cálculo anterior obtenemos la cantidad de corriente que circulará por el conductor 1 o el conductor vivo número 1. De la tabla IV, tenemos que el conductor que tiene esa capacidad de transporte y mayor es el AWG No. 4, el cual tiene una capacidad de transporte de 85 A.

La corriente en la línea 2 se calcula con la siguiente relación:

$$I_2 = \frac{S_{2-3}}{V_{2-3}} + \frac{S_{1-3}}{V_{1-3}} \quad \text{Ec. 5.3}$$

Donde S_{1-3} , es la carga instalada entre la línea viva 2 y la línea viva 1. Y S_{2-3} , es la carga instalada entre el neutral y la línea viva 2.

Tabla XXV. Carga instalada en la L2 del tablero secundario “A”

Tipo de carga	Cantidad	carga de los componentes (VA)	Ubicación de las cargas
transmisor	1	1111	bodega
Tomacorrientes (240V)	2	288	Salón
Tomacorrientes (120V)	8	1152	Islas de edición
Luminarias	14	1431	Pasillos, Baños, Dpto. información, bodega general, sala de usos múltiples, Bodega y jaula de cámaras, control de iluminación y mecanógrafos.
Tomacorrientes (120V)	4	1440	Baños y bodega general.
Luminarias	8	640	Iluminación exterior.
Tomacorrientes (120V)	12	1728	Salón de usos múltiples y control de iluminación, escenógrafos.
Tomacorrientes (120V)	10	1440	Información, pasillo, bodega y jaula de cámaras.

Tabla XXVI. Sumatoria de carga instalada en L2 y compartida con L1 aplicando factor de demanda para el tablero secundario "A"

	cantidad	f.d.	f.p.	carga (VA)
Cargas de 240V (S₁₋₃)				
Transmisor de Radio	1	1	0,9	1111
tomacorrientes	2	0,8	1	144
		sumatoria de carga		1255
Cargas de 120V (S₁₋₂)				
Iluminación	22	1	0,9	2071
tomacorrientes	34	0,8	1	4896
		sumatoria de carga		6967

La corriente que circulará por el conductor del alimentador número dos, esta dada por la siguiente relación:

$$I_2 = \frac{6967VA}{120V} + \frac{1255VA}{240V} = 63.29A$$

Para el conductor número 2, del cálculo anterior encontramos que la cantidad de corriente que circulara por el mismo será de 63.29A. Se observa también un desbalance de cargas del 6.70%, que es un valor q se acerca al 5% recomendado, por las NTSD.

Para el cálculo de la cantidad de corriente que circulará por el neutro se tiene la siguiente relación:

$$I_n = \frac{S_{1-2} - S_{2-3}}{V_{1-2}} \quad \text{Ec. 5.4}$$

De lo anterior se tienen los valores tanto de la potencia de la línea 1 al neutro y de la línea 2 al neutro, sustituyendo obtenemos

$$I_n = \left| \frac{6458VA - 6967VA}{120V} \right| = 4.24A$$

Se puede observar que en este caso la corriente nunca será mayor a la que circula por las líneas uno o dos. Sin embargo, para el conductor neutral se debe utilizar un conductor que sea como mínimo un 70% del conductor de las líneas vivas. Por lo tanto dependerá ese valor de los conductores escogidos para las líneas calientes o vivos.

Con los datos obtenidos anteriormente de corriente, podemos encontrar las dimensiones de los conductores a utilizar para la alimentación del tablero secundario "A". Los cuales son **THW AWG No. 4**, para los conductores calientes y aplicando el criterio que el conductor neutro puede ser el 70% del conductor de las líneas vivas, se tiene un **AWG No.6** para el conductor neutral.

Ahora se procede a encontrar el calibre de los conductores que servirán como alimentadores para el Tablero secundario B.

Se utiliza el mismo método de cálculo que se utilizó para encontrar los alimentadores del tablero A. Además también se indican las ubicaciones de las diferentes cargas instaladas en el tablero secundario B, así como el valor de las diferentes cargas que serán instaladas entre los conductores calientes, y entre el caliente 1 con el conductor neutro.

Tabla XXVII. Carga instalada en la línea 1 del tablero secundario “B”

Tipo de carga	Cantidad	carga de circuitos (VA)	Ubicación de las cargas
Aire acondicionado(240V)	1	6055	exterior
Tomacorrientes (240V)	2	360	Cabina de producción
Lámparas de vapor de sodio de alta presión	4	3200	Estudio
luminarias	20	2044	Contabilidad, tesorería y producción, bodega, cabina de producción y espacio vacío.
Luminarias	9	920	Cabina de locución, cabina de operación y baños.
Tomacorrientes (120V)	10	1440	Cabina de locución, cabina de operación y baños.
Tomacorrientes (120V)	6	1080	Cabina de producción.

Tabla XXVIII. Sumatoria de carga instalada en L1 y compartida con L2 aplicando factor de demanda para el tablero secundario “B”

	cantidad	f.d.	f.p.	carga (VA)
Cargas de 240V (S₁₋₃)				
Lámparas de vapor de sodio de alta presión	4	1	0,5	3200
Aire acondicionado	1	0,6	0,8	3730
tomacorrientes	2	0,8	1	288
		sumatoria de carga		7218
Cargas de 120V (S₁₋₂)				
Iluminación	30	1	0,9	3067
tomacorrientes	16	0,8	1	2304
		sumatoria de carga		5371

Sustituyendo en la ecuación 5.2, encontraremos la corriente que va a circular por el conductor vivo en la línea 1:

$$I_1 = \frac{5371VA}{120V} + \frac{7218VA}{240V} = 74.83A$$

De la misma manera que la anterior, para el tablero “B”.

Tabla XXIX. Carga instalada en la línea 2 del tablero secundario “B”

Tipo de carga	Cantidad	carga de los componentes (VA)	Ubicación de las cargas
Aire acondicionado	1	6055	Exterior
Lámparas de vapor de sodio de alta presión	4	3200	Estudio
Tomacorrientes (240V)	2	360	Cabina de producción
Luminarias	4	409	Estudio
Luminarias	12	1227	Reportero y espera, jefatura y pasillo.
Tomacorrientes (120V)	6	1080	Reportero y secretaria, jefatura, espera y pasillo.
Tomacorrientes (120V)	6	1080	Estudio
Tomacorrientes (120V)	11	1980	Bodega, contabilidad, tesorería, producción y espacio vacío.

Tabla XXX. Sumatoria de carga instalada en L2 y compartida con L1 aplicando factor de demanda para el tablero secundario “B”

	cantidad	f.d.	f.p.	carga (VA)
Cargas de 240V (S₁₋₃)				
Aire acondicionado	1	0.6	0.8	3730
Lámparas de vapor de sodio de alta presión	4	1.0	0.5	3200
Tomacorrientes	2	0,8	1	288
sumatoria de carga				7218
Cargas de 120V (S₁₋₂)				
Iluminación	16	1	0,9	1422
Tomacorrientes	23	0,8	1	3312
sumatoria de carga				4948

Sustituyendo en la fórmula 5.3, obtenemos el siguiente valor de corriente:

$$I_2 = \frac{4948VA}{120V} + \frac{7218VA}{240V} = 71.31A$$

Para el conductor número 2, del cálculo anterior encontramos que la cantidad de corriente que circulará por el mismo será de 71.31A. Se observa también un desbalance de cargas del 4.7%, que es un valor bastante aceptable.

Para el cálculo de la cantidad de corriente que circulara por el neutro, se tienen los valores tanto de la potencia de la línea 1 al neutro y de la línea 2 al neutro, sustituyendo obtenemos

$$I_n = \frac{5371VA - 4948VA}{120V} = 3.53A$$

Al igual que en el caso anterior la corriente por el neutro es muy pequeña, pero de las NTIE, que dice que tiene que ser igual el diámetro del conductor del neutro al de los conductores vivos. Sin embargo el neutro puede ser del 70% del conductor de las líneas vivas. Con los datos obtenidos anteriormente de corriente, podemos encontrar las dimensiones de los conductores a utilizar para la alimentación del tablero secundario "B", que son de No. 4 para las líneas calientes y No. 6 para el neutro.

5.1.2.2. Por caída de voltaje o regulación

Para mayor seguridad en el diseño, se procede a aplicar un segundo método para calcular el calibre de los conductores para el tablero secundario A, el cual consiste en el de caída de tensión.

Por lo que para obtener la sección de conductores de cobre se utiliza la siguiente expresión:

$$S_{cu} = \frac{2 * c * L * I}{e * V} \quad \text{Ec. 5.5}$$

Para este caso que son circuitos monofásicos y bifásicos $c = 2$ (debido a que existe un hilo de retorno). La sección obtenida se compara con la de los diferentes calibres y se especifica aquel que tenga un área transversal igual o mayor. Sustituyendo los datos, como lo son: distancia del tablero principal al tablero secundario que es de 35m, la caída de voltaje para alimentadores es de 3%, que en este caso será de 7.2 V, porque la tensión es de 240V, $\rho = 1/50$ ohms* mm^2 / m . Y por último la corriente en la línea 1 es de 59.05 A.

Tenemos:

$$S = \frac{2}{50} * \frac{35m * 59.05A}{3 * 240V} * 100 = 11.48mm^2$$

Con este valor encontrado se busca en la tabla I. Y se va a escoger el inmediato superior que es el AWG No. 6, el cual tiene una sección transversal de 13.30 mm^2 .

Ahora se procede a encontrar la sección de la línea 2, con la relación de caída de tensión. Teniendo los siguientes datos: $L = 35m$, $I = 60.88 A$, $\rho = 1/50$ ohms* mm^2 / m y la caída de tensión es de 3.6 V.

$$S = \frac{2}{50} * \frac{35m * 60.88A}{3 * 240V} * 100 = 11.84mm^2$$

Con este valor encontrado se busca en la tabla I. Y se escoge el inmediato superior que es el **AWG No. 6**, el cual tiene una sección transversal de 13.3 mm^2 . Este conductor será el que se encontró anteriormente para el neutro.

Con las secciones encontradas, se deduce que la caída de tensión, no es el factor principal, para encontrar el tamaño del conductor a utilizar en esta instalación, ya que debido a que la distancia entre tableros es relativamente corta. Mientras que el conductor encontrado por capacidad de transporte de corriente es mayor, por ello se procede a escoger el conductor **THW AWG No.4** de cobre, para los conductores vivos y el **THW AWG No.6**, para el neutral.

Debido a que el NEC recomienda no cargar a un conductor sobre el 80% de su capacidad nominal, cuando lo seleccionamos por corriente, ya que como toda instalación eléctrica es un sistema dinámico, pueden existir sobrecargas o desbalances lo que hace necesario dejar un margen de seguridad en el cálculo del conductor.

Tabla XXXI. Verificación de si los conductores seleccionados cumplen con la recomendación del NEC en lo concerniente a la capacidad de transporte del conductor para el tablero A

Conductores del tablero secundario	Corriente calculada (A)	Corriente nominal del conductor THW No. 4 (A)	80% de la corriente nominal del conductor seleccionado (A)	Resultado de la recomendación del NEC
1	59,05	85	68	cumple
2	60,88	85	68	cumple

Por ello se escoge el calibre No. 4 para los conductores 1 y 2 del tablero secundario A, ya que esta cerca del 80% de capacidad recomendado por el NEC.

Ya con los valores de corriente, se procede a aplicar el segundo método para el calibre de los conductores, el cual es por caída de tensión. Al igual que en el cálculo de los alimentadores para el tablero "A", usamos la misma relación para el tablero "B".

Tenemos los siguientes datos para el tablero: $L = 30m$, $\rho = 1/50$ ohms* mm^2 / m , $e = 3.6V$, $I_1 = 74.83A$.

$$S = \rho \frac{L * I}{e * V} * 100, \text{ sustituyendo}$$

$$S = \frac{2}{50} * \frac{30m * 77.23A}{3 * 240V} * 100 = 12.87mm^2$$

De la misma manera para el conductor 2, se tiene

$$S = \frac{2}{50} * \frac{30m * 71.31A}{3 * 240V} * 100 = 11.89mm^2$$

Comparando los valores encontrados, con los de la tabla I, se escoge el inmediato superior, el cual es el AWG No.6. Al igual que en el caso del tablero "A", se tiene que se debe utilizar como el método elegido para el cálculo, el de por capacidad de transporte de corriente. Al comparar estos, con los valores encontrados por capacidad de transporte del conductor, se tiene que se deben

utilizar para los alimentadores de los tableros secundarios, los conductores AWG THW No.4.

Debido a que el NEC recomienda no cargar a un conductor sobre el 80% de su capacidad nominal, cuando lo seleccionamos por corriente, ya que como toda instalación eléctrica es un sistema dinámico, pueden existir sobrecargas o desbalances lo que hace necesario dejar un margen de seguridad en el cálculo del conductor. Tomando en cuenta lo anterior, se evalúan a continuación :

Tabla XXXII. Verificación si los conductores seleccionados cumplen

Conductores del tablero secundario	Corriente calculada (A)	Corriente nominal del conductor THW No. 4 (A)	80% de la corriente nominal del conductor seleccionado (A)	Resultado de la recomendación del NEC
(Tab. Sec. A) 1	59,05	85	68	Cumple
(Tab. Sec. A) 2	60,88	85	68	Cumple
(Tab. Sec. B) 1	74.83	85	68	No cumple
(Tab. Sec. B) 2	71.31	85	68	No cumple

Por ello se escoge el calibre No. 4 para los conductores 1 y 2 de los tableros secundarios A. Y se utilizará calibre No.2 para los conductores alimentadores del tablero secundario B, ya que esta arriba del 80% de capacidad recomendado por el NEC. Y para el conductor neutral se utilizará un conductor No.6 en el tablero A y No. 4 en el tablero B.

5.1.3. Cálculo de los conductores de los circuitos individuales de cada tablero

5.1.3.1. Por capacidad de transporte de los conductores

Para encontrar los tipos de conductores de los circuitos ramales, se va a mostrar primeramente los métodos que se van a utilizar realizando los mismos para el circuito 1 y los demás circuitos se resumirán en las tablas XXXIII,

XXXIV, XXXV y XXXVI. Los mismos para el tablero "B", dejando pendiente solamente lo concerniente al conductor de tierra, el cual será encontrado en la sección de cálculos de tierras.

Calculando el calibre del conductor por el método de capacidad de transporte, para el primer circuito de iluminación en el tablero secundario "A".

$$I = \frac{P}{V} = \frac{2044VA}{0.8 * 120V} = 21.29 A,$$

De la tabla I. El conductor inmediato superior para transportar esa corriente es el THW No. 10, por lo tanto este conductor trabajará cerca del 80% de su capacidad. Cumpliendo así con la recomendación del NEC, en lo concerniente a la capacidad de transporte.

Tabla XXXIII. Circuitos de iluminación del tablero secundario A, por el método de capacidad de transporte

CIRCUITO 2	CARGA (VA)	"I" NOMINAL (A)	"I" CRITERIO NEC (A)	CONDUCTOR AWG
ANIMACIONES	409	4.26	5.32	
PASILLO PEQUEÑO	307	3.20	4.00	
ISLAS DE EDICION	818	8.52	10.65	
	$\Sigma = 1534$	$\Sigma = 15.98$	19.97	No.14
CIRCUITO 3	CARGA (VA)	"I" NOMINAL (A)	"I" CRITERIO NEC (A)	CONDUCTOR AWG
PASILLO	307	3.20	4.00	
BAÑOS	204	2.13	2.66	
DEPTO. DE INFORMACION	204	2.13	2.66	
BODEGA GENERAL	102	1.07	1.33	
SALON DE USOS MULTIPLES	204	2.13	2.66	
BODEGA Y JAULA DE CAMARAS	102	1.07	1.33	
CONTROL DE ILUMINACION Y ESCENOGRAFOS	307	3.20	4.00	
	$\Sigma = 1430$	$\Sigma = 14.93$	18.64	No.14

La tabla muestra los distintos valores de corriente, obtenidos por medio de la relación existente entre la potencia y el voltaje, así como aplicándole a ésta el criterio recomendado por el NEC para capacidad de transporte de los conductores.

Se tiene que en la última columna se muestra el conductor seleccionado a partir de la tabla IV, el cual resulta al tomar como referencia la corriente que se encuentra en la penúltima columna, y de escoger el conductor inmediato superior. De esa manera se puede seleccionar este tipo de conductor para los circuitos ramales que van a alimentar a las diferentes luminarias de la instalación.

Del cálculo anterior se tiene que al realizar el cálculo de los conductores no se tomo en cuenta el factor de temperatura, esto es debido a que se asume que los conductores van a estar en una instalación donde la temperatura es una temperatura ambiente y se tiene que para ella el factor aplicado es de uno por lo mismo no altera a los valores encontrados, además como se verá posteriormente en el cálculo de tuberías allí se calculará el diámetro de la tubería necesaria para evitar que el conductor se vea afectado por el incremento o decremento de la temperatura.

Ya encontrados los conductores para los circuitos de iluminación, se procederá a calcular los conductores necesarios para los circuitos de fuerza.

En la siguiente tabla se muestra los conductores a utilizar en los circuitos de fuerza, utilizando el mismo método y criterios que se utilizaron para los circuitos de iluminación.

Tabla XXXIV. Tamaño de los conductores de los circuitos de fuerza del tablero secundario "A" por medio del método de capacidad de transporte

CIRCUITO 4	CARGA (VA)	"I" NOMINAL (A)	"I" CRITERIO NEC (A)	CONDUCTOR AWG
ILUMINACION EXTERIOR	640	4.38	5.48	No.14
CIRCUITO 5				
OFICINA DE DIRECTOR	720	7.50	9.38	
SECRETARIA	360	3.75	4.69	
RECEPCION Y ESPERA	180	1.88	2.35	
	$\Sigma = 1260$	$\Sigma = 13.13$	$\Sigma = 16.42$	No.12
CIRCUITO 6				
REDACCION	1440	15.00	18.75	No.12
CIRCUITO 7				
ISLAS DE EDICION	1440	15.00	18.75	No.12
CIRCUITO 8				
BAÑOS	960	10.00	12.50	
BODEGA GENERAL	480	5.00	6.25	
	$\Sigma = 1440$	$\Sigma = 15.00$	$\Sigma = 18.75$	No.12
CIRCUITO 9				
SALON DE USOS MULTIPLES	720	7.50	9.38	
CONTROL DE ILUMINACION Y ESCENOGRAFOS	1080	11.25	14.06	
	$\Sigma = 1800$	$\Sigma = 18.75$	$\Sigma = 23.44$	No.12
CIRCUITO 10				
INFORMACION, PASILLO, BODEGA Y JAULA DE CAMARAS	1440	15.00	18.75	No.12
CIRCUITO 11				
ANIMACIONES	540	5.63	7.04	
CAFÉ	180	1.88	2.35	
PASILLO PEQUEÑO	180	1.88	2.35	
	$\Sigma = 900$	$\Sigma = 9.39$	$\Sigma = 11.74$	No.12
CIRCUITO 12				
TRANSMISOR	1111	5.79	7.23	No. 12
CIRCUITO 13				
TOMACORRIENTES (240V)	360	1.88	2.34	No. 12

En la tabla anterior están resumidos los cálculos por capacidad de transporte, tomando en cuenta la recomendación del NEC; Es decir, que se

puede notar que aun aumentando en un 20%, aún así el conductor opera por debajo de su corriente nominal. O de otra manera al multiplicar la corriente nominal del conductor por un factor de 0.8, se obtiene como resultado un valor menor al calculado. Con ello se garantiza la seguridad, debido a que los conductores no van a trabajar con sobrecargas.

Ya obtenidos los calibres calculados para los circuitos del tablero secundario A, ahora se procede a enlistar los resultados de los calibres de los conductores encontrados para los circuitos de iluminación como de fuerza que utilizará el tablero secundario B usando el mismo método.

Tabla XXXV. Cálculo de conductores para los circuitos de iluminación del tablero secundario B, por medio del método de capacidad de transporte

CIRCUITOS	CARGA (VA)	"I" NOMINAL (A)	"I" CRITERIO NEC (A)	CONDUCTOR AWG
CIRCUITO 1				
ESTUDIO	409	4.26	5.33	No. 14
CIRCUITO 2				
REPORTERO Y SECRETARIA	204.44	2.13	2.66	
ESPERA	409.00	4.26	5.33	
JEFATURA	409.00	4.26	5.33	
PASILLO	204.44	2.13	2.66	
	$\Sigma=1226.88$	$\Sigma=12.78$	$\Sigma=15.98$	No. 14
CIRCUITO 3				
CONTABILIDAD, TESORERIA Y PRODUCCION	1125.00	11.71	14.64	
BODEGA	102.22	1.06	1.33	
CABINA DE PRODUCCION	409.00	4.26	5.33	
ESPACIO VACIO	409.00	4.26	5.33	
	$\Sigma=2044.44$	$\Sigma=21.29$	$\Sigma=26.63$	No. 10
CIRCUITO 4				
CABINA DE OPERACIÓN	409.00	4.26	5.33	
CABINA DE LOCUCION	409.00	4.26	5.33	
BAÑOS	102.22	1.06	1.33	
	$\Sigma=920.22$	$\Sigma=9.58$	$\Sigma=11.98$	No. 14

En la tabla se encuentra que en la mayoría de circuitos, los conductores van a trabajar por debajo de su capacidad, permitiendo así, que los mismos no trabajen sobrecargados. El conductor a utilizar en los circuitos de iluminación es en su mayoría el No. 14, para los circuitos de alumbrado, cumpliendo así con la NTIE, que recomienda que para circuitos de alumbrado se utilice como mínimo un conductor de calibre 14.

Tabla XXXVI. Cálculo de conductores para los circuitos de fuerza del tablero "B", por medio del método de capacidad de transporte

CIRCUITOS	CARGA (VA)	"I" NOMINAL (A)	"I" CRITERIO NEC (A)	CONDUCTOR AWG
CIRCUITO 5				
REPORTERO	180.00	1.88	2.35	
SECRETARIA	180.00	1.88	2.35	
JEFATURA	360.00	3.75	4.69	
ESPERA	180.00	1.88	2.35	
	$\Sigma=900.00$	$\Sigma=9.39$	$\Sigma=11.74$	No. 12
CIRCUITO 6				
ESTUDIO	1080	11.25	14.06	No.12
CIRCUITO 7				
CABINA DE OPERACIÓN	900.00	9.38	11.73	
CABINA DE LOCUCION	720.00	7.50	9.38	
BAÑOS	180.00	1.88	2.35	
	$\Sigma=1800.00$	$\Sigma=18.76$	$\Sigma=23.46$	No.12
CIRCUITO 8				
CABINA DE PRODUCCION	1080.00	11.25	14.06	No.12
CIRCUITO 9				
BODEGA	360.00	3.75	4.69	
CONTABILIDAD	360.00	3.75	4.69	
TESORERIA	360.00	3.75	4.69	
ESPACIO VACIO	900.00	9.38	11.73	
	$\Sigma=1980.00$	$\Sigma=20.63$	$\Sigma=25.8$	No. 12
CIRCUITO 10				
EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO	5828	30.35	37.94	No.8
CIRCUITO 11				
CABINA DE PRODUCCION (240V)	360.00	1.88	2.35	No.12
CIRCUITO 12				
ESTUDIO (LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO)	3200	16.66	20.83	No. 12

En la tabla se observa que los conductores, van a trabajar por debajo de su capacidad nominal, con ello se cumple con la recomendación del NEC, en lo concerniente a capacidad de transporte de los conductores. Y con las NTIE, las cuales sugieren la utilización de un conductor calibre No. 12 como mínimo para los circuitos de fuerza. Los circuitos fueron distribuidos, tomando en consideración dos factores: 1) La ubicación que tienen los distintos lugares de trabajo entre sí. 2) Distribuyendo la carga, de manera de que no existan circuitos que trabajen con mucha carga y otros con poca carga.

5.1.3.2. Por el método de caída de tensión

Al realizar los cálculos por medio del método de caída de tensión se obtienen los valores del área de las diferentes secciones transversales de los circuitos utilizados para iluminación, del tablero secundario "A", adecuadas para cada circuito. En la siguiente columna el valor obtenido se usa como referencia para encontrar en la tabla I, el conductor que tenga una sección transversal igual o mayor que el obtenido por la fórmula, y con ello encontrar el conductor adecuado para cada circuito que alimentará a las luminarias.

Al igual que para el método de capacidad de transporte, se ilustra la forma de como realizar el cálculo para encontrar el área transversal del conductor para el circuito 1 del tablero secundario A, posteriormente se muestran en las tablas XXXVII, y XXXVIII, los resultados de los cálculos, así como el conductor sugerido para los distintos circuitos.

Sección del conductor $a = \frac{I * 2d}{e * k_{cu}}$, para este caso la constante del cobre

" k_{cu} " dado por el fabricante es de 57.

Para este circuito se tienen los datos: $I = 2044VA/120V=17.03$ A, $d = 19.44$ m, $e = 3.6$ V.

Sustituyendo,

$$a = \frac{17.03 * 2 * 19.44m}{3.6 * 57} = 3.23mm^2$$

En la tabla I. Se encuentra que el conductor con sección transversal mayor es el AWG calibre No.12, cuya sección transversal es de $3.3mm^2$. Por lo tanto, se observa que para el primer caso se tiene como conductor de este circuito el calibre No. 10. Para los demás circuitos se tienen las siguientes tablas.

Tabla XXXVII. Cálculo de los circuitos de iluminación del tablero secundario A, por el método de caída de tensión

CIRCUITO 2	CARGA (VA)	"I" NOMINAL (A)	DISTANCIA (m)	SECCION CALCULADA (mm2)	CONDUCTOR AWG
ANIMACIONES	409	3.4	5,2	0,65	No.14
PASILLO PEQUEÑO	307	2.55			
ISLAS DE EDICION	818	6.81			
$\Sigma = 1534$	$\Sigma = 12.76$				
CIRCUITO 3	CARGA (VA)	"I" NOMINAL (A)	DISTANCIA (m)	SECCION CALCULADA (mm2)	CONDUCTOR AWG
PASILLO	307	2.56	25,2	2,93	No.12
BAÑOS	204	1.70			
DEPTO. DE INFORMACION	204	1.70			
BODEGA GENERAL	102	0.85			
SALON DE USOS MULTIPLES	204	1.70			
BODEGA Y JAULA DE CAMARAS	102	0.85			
CONTROL DE ILUMINACION Y ESCENOGRAFOS	307	2.56			
$\Sigma = 1430$	$\Sigma = 11.92$				

Tabla XXXVIII. Cálculo de los conductores de los circuitos de fuerza del tablero secundario A, por el método de caída de tensión

CIRCUITO 4	CARGA (VA)	"I" NOMINAL (A)	DISTANCIA (m)	SECCION CALCULADA (mm ²)	CONDUCTOR AWG
ILUMINACION EXTERIOR	640	3.50	15.00	0.58	No.14
CIRCUITO 5					
OFICINA DE DIRECTOR	720	6.00			
SECRETARIA	360	3.00			
RECEPCION Y ESPERA	180	1.50			
	$\Sigma = 1260$	$\Sigma = 10.5$	7.90	0.85	No. 14
CIRCUITO 6					
REDACCION	1440	12.00	13,74	1.60	No. 14
CIRCUITO 7					
ISLAS DE EDICION	1440	12.00	5,20	0.61	No. 14
CIRCUITO 8					
BAÑOS	960	8.00			
BODEGA GENERAL	480	4.00			
	$\Sigma = 1440$	$\Sigma = 12.00$	11,90	1.59	No. 14
CIRCUITO 9					
SALON DE USOS MULTIPLES	720	6.00			
CONTROL DE ILUMINACION Y ESCENOGRAFOS	1080	9.00			
	$\Sigma = 1800$	$\Sigma = 15.00$	25,30	3.70	No.12
CIRCUITO 10					
INFORMACION, PASILLO, BODEGA Y JAULA DE CAMARAS	1440	12.00	20.00	2.70	No.12
CIRCUITO 11					
ANIMACIONES	540	4.50			
CAFÉ	180	1.50			
PASILLO PEQUEÑO	180	1.50			
	$\Sigma = 900$	$\Sigma = 7.50$	5,20	0.38	No. 14
CIRCUITO 12					
TRANSMISOR	1111	4.63	15,00	0.77	No. 14
CIRCUITO 13					
TOMACORRIENTES (240V)	360	1.50	20.00	0.15	No. 14

Ahora se procede a enlistar los valores encontrados para los circuitos tanto de iluminación como de fuerza del tablero secundario B.

Para el cálculo de conductores de los circuitos de iluminación, se obtuvieron los resultados resumidos en la siguiente tabla.

Tabla XXXIX. Cálculo de conductores para los circuitos de iluminación en el tablero B, utilizando el método de caída de tensión

CIRCUITOS	CARGA (VA)	"I" NOMINAL (A)	DISTANCIA (m)	SECCION CALCULADA (mm ²)	CONDUCTOR AWG
CIRCUITO 1					
ESTUDIO	1600	6.66	20	0.66	No. 14
CIRCUITO 2					
REPORTERO Y SECRETARIA	204.44	1.70			
ESPERA	409.00	3.41			
JEFATURA	409.00	3.41			
PASILLO	204.44	1.70			
	$\Sigma=1226.88$	$\Sigma=10.22$	10.00	1.00	No. 14
CIRCUITO 3					
CONTABILIDAD, TESORERIA Y PRODUCCION	1125.00	9.37			
BODEGA	102.22	0.85			
CABINA DE PRODUCCION	409.00	3.41			
ESPACIO VACIO	409.00	3.41			
	$\Sigma=2044.44$	$\Sigma=17.04$	10.03	1.67	No. 14
CIRCUITO 4					
CABINA DE OPERACION	409.00	3.41			
CABINA DE LOCUCION	409.00	3.41			
BAÑOS	102.22	0.85			
	$\Sigma=920.22$	$\Sigma=7.67$	10.00	0.75	No.14

De la tabla anterior se observa que la mayoría de las secciones transversales encontradas, son relativamente pequeñas, que al comparar estas con los valores de secciones transversales de conductores indicados en la tabla XXXV, resultan mucho menores. Lo anterior sucede porque cuando se utiliza el método de caída de tensión se tiene que la distancia de el tablero a cada circuito es directamente proporcional a la sección del conductor calculado, por

ello es que al tener distancias relativamente cortas, el tamaño de la sección transversal encontrada es también pequeño.

Las diferentes secciones transversales de los conductores por caída de tensión que se van a utilizar en los circuitos de fuerza para el tablero secundario B, se resumen en la siguiente tabla

Tabla XL. Cálculo de conductores para los circuitos de fuerza del tablero secundario B, utilizando el método de caída de tensión

CIRCUITOS	CARGA (VA)	"I" NOMINAL (A)	DISTANCIA (m)	SECCION CALCULADA (mm ²)	CONDUCTOR AWG
CIRCUITO 5					
REPORTERO	180.00	1.50			
SECRETARIA	180.00	1.50			
JEFATURA	360.00	3.00			
ESPERA	180.00	1.50			
	$\Sigma=900.00$	$\Sigma=7.50$	11.00	0.80	No. 14
CIRCUITO 6					
ESTUDIO	1080.00	9.00	20.00	1.75	No.14
CIRCUITO 7					
CABINA DE OPERACIÓN	900.00	7.50			
CABINA DE LOCUCION	720.00	6.00			
BAÑOS	180.00	1.50			
	$\Sigma=1800.00$	$\Sigma=15.00$	10.00	1.46	No. 14
CIRCUITO 8					
CABINA DE PRODUCCION	1080.00	9.00	10.03	0.88	No.14
CIRCUITO 9					
BODEGA	360.00	3.00			
CONTABILIDAD	360.00	3.00			
TESORERIA	360.00	3.00			
ESPACIO VACIO	900.00	7.50			
	$\Sigma=1980.00$	$\Sigma=16.50$	10.30	1.66	No. 14
CIRCUITO 10					
EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO	5828.00	24.28	15.00	1.77	No.12
CIRCUITO 11					
CABINA DE PRODUCCION (240V)	360.00	1.50	10.03	0.10	No.14
CIRCUITO 12					
ESTUDIO (LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO)	3200	13.33	20.00	1.30	No. 14

En la tabla anterior se muestran las distancias aproximadas entre los circuitos (ubicación física) y el tablero secundario B. Las distancias al no ser tan grandes, no son un factor determinante en el cálculo de la sección transversal del conductor, por lo que se obtienen resultados relativamente pequeños de secciones transversales; Sin embargo, siguiendo la recomendación de NTIE se usa como el calibre de conductor el AWG No. 12, con ello se tiene la seguridad de que los circuitos de fuerza no van a trabajar sobrecargados y con ello se protege a los conductores de deterioro.

De las tablas anteriores, se puede observar que el método adecuado en esta instalación, es el método por capacidad de transporte de corriente. Por lo que se utilizarán los conductores encontrados por ese método, ya que se obtienen como resultado valores mayores, que los encontrados con el método de caída de tensión. Al utilizar el método de capacidad de transporte se tiene que el conductor va estar en capacidad de soportar las corrientes que circularán en cada circuito, dejando cierto margen para posibles aumentos de carga y con ello se protege la instalación en general, en lo concerniente a el deterioro de los conductores y de esa manera que los mismos tengan mayor tiempo de vida útil.

Cada tipo de conductor, de acuerdo a su construcción y tipo de aislamiento, tiene propiedades específicas que lo diferencian de otros, pero en el momento de la selección del conductor se debe considerar los agentes que los afectan durante su operación, como lo son: agentes mecánicos, agentes químicos y agentes eléctricos, de los cuales se hablo en el capítulo 2.

5.1.4. Selección del centro de carga

Para la selección y ubicación de los tableros secundarios, se toma en cuenta que el centro de carga (tablero de distribución), debe encontrarse

colocado lo más cerca posible de la mayor concentración de cargas, de donde se deriva su nombre. Lo anterior es con la finalidad de evitar cableado con conductores de calibre mayor a largas distancias, logrando así economía y certeza que no existirán caídas de tensión perjudiciales, así como pérdidas apreciables.

El centro de carga se debe seleccionar de acuerdo a la capacidad en amperios de las barras, la cantidad de polos que están en función de la cantidad de circuitos derivados que se van a instalar. Normalmente para dimensionar la cantidad de polos de un tablero se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$No_POLOS_TABLERO = \frac{3}{2} * No.POLOS \quad \text{Ec. 5.6}$$

Con esto se prevé la ampliación de carga a instalar en el inmueble y se evita estar colocando interruptores termomagnéticos con construcción menor que la normal. Otro aspecto importante en el momento de montar las protecciones en un centro de carga es efectuar un adecuado balance de cargas.

Ya teniendo la información de los diferentes circuitos, la ubicación así como la selección de los tableros a utilizar para la instalación, se muestra a continuación la siguiente figura que muestra el tipo de tablero seleccionado, sus cargas balanceadas, la localización del mismo, calibre de conductores y la protección para los diferentes conductores.

Tabla XLI. Cuadro de cargas del tablero secundario A

Tablero de Alumbrado y tomacorrientes No A Tipo LOAD CENTER Interruptor principal 2X80 A
 Zapatas principales 150 A. Tensión 240 volts, 1 fases, 3 hilos,
 Circuitos derivados 3 de 1X15 A, 7 de 1X20 A, 2 de 2X20 A, 1 de 1X30 A.
 Localización del tablero Animaciones.

Long mts.	Calibre	Amps	VA Circ.	Carga		Int. Amp.	No. Circ.	Barras		No. Circ.	Int. Amp.	Carga		VA Circ.	Amps	Calibre	Long mts.
				Tipo	Cant.			A	B			Tipo	Cant.				
10	No.10	21.3	2044	1	20	1X30	1			2	1X15	1	15	1534	15.98	No.14	5.2
25.2	No.12	14.93	1430	1	20	1X15	3			4	1X15	2	8	640	5.5	No.14	15
8	No.12	13.13	1260	3	7	1X20	5			6	1X20	3	8	1440	15	No.12	14
5.2	No.12	15	1440	3	8	1X20	7			8	1X20	3	10	1440	15	No.12	12
25.3	No.12	18.75	1800	3	10	1X20	9			10	1X20	3	4	1440	15	No.12	20
5.2	No.12	9.39	900	3	5	1X20	11			12							
15	No.12	5.79	1111	4	1	2X20	13			14	2X20	5	1	288	2.4	12	20
		5.79	1111				15	16							288	2.4	
							17			18							
							19			20							
							21			22							
							23			24							

Barra 1 7877 VA, Barra 2 8025.5 VA . Desbalanceo 1.84% . Carga total 15903 VA
 Corriente total 66.26 A .

TIPO DE CARGA	No. IDENTIFICACION
Lum. fluorescentes	1
Lum. Incandescentes	2
Tomas de 120V	3
Transmisor de radio	4
Tomas de 240V	5
Equipo de A/C	6

Tabla XLII. Cuadro de cargas del tablero secundario B

Tablero de Alumbrado y tomacorrientes No. B Tipo LOAD CENTER Interruptor principal 2X100 A.
 Zapatas principales 150 A. Tensión 240 volts, 1 fases, 3 hilos,
 Circuitos derivados 3 de 1X15 A, 5 de 1X20 A, 2 de 2X20 A, 1 de 2X60 A,
 1 de 2X30 A. Localización del tablero Pasillo .

Long mts.	Calibre	Amps	VA Circ.	Carga		Int. Amp.	No. Circ.	Barras		No. Circ.	Int. Amp.	Carga		VA Circ.	Amps	Calibre	Long mts.
				Tipo	Cant.			A	B			Tipo	Cant.				
20	No.14	4.26	409	1	4	1X15	1			2	1X15	1	12	1227	12.78	No.14	10
10	No.10	21.29	2044	1	20	1X30	3			4	1X15	1	9	920	9.58	No.14	10
11	No.12	9.39	900	3	5	1X20	5			6	1X20	3	6	1080	11.25	No.12	20
10	No.12	18.76	1800	3	10	1X20	7			8	1X20	3	6	1080	11.25	No.12	10
11	No.12	20.63	1980	3	11	1X20	9			10							
20	No.8	30.35	6055	6	1	2X60	11			12	2X20	5	2	360	1.88	No.12	10
	No.8		6055	6	1		13			14		5	2	360			No.12
							15			16	2X20	7	4	3200	16.66	No.12	20
							17			18		7	4	3200			No.12
							19			20							
							21			22							
							23			24							

Barra 1 10403 VA , Barra 2 10651 VA . Desbalanceo 2.33% . Carga total 21055 VA
 Corriente total 87.73 A .

TIPO DE CARGA	No. IDENTIFICACION
Lum. fluorescentes	1
Lum. Incandescentes	2
Tomas de 120V	3
Transmisor de radio	4
Tomas de 240V	5
Equipo de A/C	6
Lum. Vapor de Mercurio	7

5.2. Cálculo de tuberías

La ubicación de las tuberías, se muestra en el plano de los anexos de este documento. Para el cálculo del diámetro de la tubería a utilizar se realiza de la siguiente manera: Partiendo de la tabla I, se encuentran las distintas secciones de los conductores, y con ello se realiza el cálculo de tuberías que se utilizarán en la instalación eléctrica, tanto para los tableros secundarios como para los conductores alimentadores.

5.2.1. Cálculo de los ductos a utilizar para los diferentes circuitos de los tableros secundarios

Primeramente se encontrarán los ductos a utilizar en el tablero secundario "A".

Circuitos ubicados en el ducto del lado izquierdo del edificio:

- Circuitos de iluminación (calibre No.14 y calibre No. 10):
 - Director, Redacción y recepción. (2 conductores).
 - Pasillo, baños, departamento de información, bodega general, salón de usos múltiples, bodega y jaula de cámaras, control de iluminación y escenográficos (2 conductores).

- Circuitos de tomacorrientes (calibre No.12):
 - Oficina de director, secretaria, recepción y espera (2 conductores).
 - Redacción (2 conductores).
 - Información, pasillo, bodega y jaula de cámaras (2 conductores).
 - Transmisor (3 conductores).

Circuitos ubicados en el ducto del lado derecho del edificio:

- Circuitos de fuerza e iluminación (calibre No.14 y No. 12).
 - Animaciones, pasillo, islas de redacción y tomacorrientes (2 conductores).
 - Islas de edición (2 conductores).
 - Animaciones, café y pasillo pequeño (2 conductores).
 - Baños y bodega general (2 conductores).
 - Salón de usos múltiples y control de iluminación y escenógrafos (2 conductores).
 - Tomacorrientes de estudio de 240V (3 conductores).

Con los datos anteriores, se procede a calcular el diámetro de los ductos:

- En el lado izquierdo:

El cálculo de los conductores se realiza de la siguiente manera, se tienen 13 conductores, de los cuales dos son No.14, nueve son No.12 y dos No. 10.

$$a = 2 * 0.0206 plg^2 + 9 * 0.0251 plg^2 + 2 * 0.0311 plg^2 = 0.3293 plg^2$$

Despejando de la ecuación 2.4.

$$A = \frac{a}{F}$$

Sustituyendo valores se encuentra el área de la canalización:

$$A = \frac{0.3293 plg^2}{0.4} = 0.8233 plg^2$$

$$d = \sqrt{\frac{0.8233 \text{plg}^2 * 4}{3.1416}} = 1.02 \text{plg}$$

Con el valor encontrado se encuentra el diámetro de la tubería, el cual es el inmediato superior, en este caso será la de 1 pulgada de diámetro.

- En el lado derecho del edificio:

El cálculo del ducto en el lado derecho se realiza de la siguiente manera, se tienen 13 conductores, de los cuales dos son No.14 y once son conductores No.12. Sustituyendo los datos en la ecuación 2.4, tenemos

$$a = 2(0.0206 \text{plg}^2) + 11(0.0251 \text{plg}^2) = 0.3173 \text{plg}^2$$

$$A = \frac{0.3173 \text{plg}^2}{0.4} = 0.7933 \text{plg}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{0.7933 \text{plg}^2 * 4}{3.1416}} = 1.01 \text{plg}$$

De ese modo se encuentra que para poder llevar esos conductores, se necesita tubería de 1" de diámetro.

Ahora se procede a encontrar los diámetros de los ductos para los circuitos del tablero secundario B.

Circuitos ubicados en el lado izquierdo:

- Circuitos de iluminación.

- Estudio (fluorescentes y vapor de sodio).
 - Reportero y secretaria, espera, jefatura y pasillo.
 - Cabina de operación, cabina de locución, baños.
- Circuitos de tomacorrientes o fuerza.
 - Reportero, secretaria, jefatura y espera.
 - Cabina de operación, cabina de locución y baños.
 - Estudio.

Circuitos ubicados en el lado derecho:

- Circuitos de iluminación.
 - Contabilidad, tesorería y producción, bodega, cabina de producción y espacio vacío.
- Circuitos de tomacorrientes o fuerza.
 - Cabina de producción.
 - Equipo de aire acondicionado.
 - Cabina de producción.
 - Bodega, contabilidad, tesorería y espacio vacío.

Con los datos anteriores, se procede a calcular el diámetro de los ductos:

- En el lado izquierdo del edificio:

El cálculo del ducto en el lado derecho se realiza de la siguiente manera, se tienen 15 conductores, de los cuales nueve son No.14 y seis son conductores No.12. Sustituyendo los datos en la ecuación, tenemos:

$$a = 9(0.0206 \text{plg}^2) + 6(0.0251 \text{plg}^2) = 0.336 \text{plg}^2$$

$$A = \frac{0.336 \text{plg}^2}{0.4} = 0.84 \text{plg}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{0.84 \text{plg}^2 * 4}{3.1416}} = 1.034 \text{plg}$$

De ese modo se encuentra que para poder llevar esos conductores, se necesita tubería de 1" de diámetro.

- En el lado derecho del edificio:

El cálculo del ducto en el lado derecho se realiza de la siguiente manera, se tienen 12 conductores, de los cuales dos son No.10, siete son conductores No.12 y tres son conductores No.8. Sustituyendo en la ecuación, tenemos:

$$a = 2(0.0311 \text{plg}^2) + 7(0.0251 \text{plg}^2) + 3(0.0526) = 0.396 \text{plg}^2$$

$$A = \frac{0.396 \text{plg}^2}{0.4} = 0.99 \text{plg}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{0.99 \text{plg}^2 * 4}{3.1416}} = 1.12 \text{plg}$$

De esa forma se encuentra que para poder llevar esos conductores, se necesita tubería de 1 1/4" de diámetro.

5.2.2. Cálculo de los ductos a utilizar para los conductores alimentadores de los tableros secundarios

Primeramente se encuentra el diámetro para el tablero secundario "A".

Se tienen dos conductores No.2 y un conductor No.4, se tiene:

$$a = 2(0.1473 p \lg^2) + 1(0.1087 p \lg^2) = 0.4033 p \lg^2$$

$$A = \frac{0.4033 p \lg^2}{0.4} = 1.008 p \lg^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4(1.008 p \lg^2)}{3.1416}} = 1.13''$$

Se utilizará tubería de 1 ¼" de acero galvanizado, para estos conductores que alimentan el tablero secundario.

Ahora se procede a encontrar el diámetro para el ducto de los alimentadores para el tablero secundario "B".

Se tienen dos conductores No.2 y un conductor No.4, se tiene:

$$a = 2(0.1473 p \lg^2) + 1(0.1087 p \lg^2) = 0.4033 p \lg^2$$

$$A = \frac{0.4033 p \lg^2}{0.4} = 1.008 p \lg^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4(1.008 p \lg^2)}{3.1416}} = 1.13''$$

Se utilizará una tubería de acero galvanizado de 1 ¼" de diámetro, para el circuito alimentador de éste tablero secundario.

5.3. Cálculo de Lúmenes

El método a utilizado es el Método de cálculo de los lúmenes, este método es utilizado únicamente para el alumbrado en interiores y está basado en la definición de lux, que es igual a un lumen por metro cuadrado. Con la información del fabricante sobre la emisión luminosa inicial de cada lámpara, la cantidad instalada y el área de la zona considerada (en metros cuadrados) puede obtenerse el número de lúmenes por metro cuadrado o luxes:

$$E = \frac{\phi_e}{S} = \frac{\text{Lúmenes}}{\text{Area}} = \text{Luxes} \quad \text{Ec. 5.7}$$

Este valor difiere de los luxes medidos, debido a que algunos lúmenes son absorbidos por la misma luminaria o por la influencia de otros factores tales como la suciedad de la luminaria y la disminución gradual de la emisión de luz de las lámparas, entre otras.

5.3.1. Determinación del nivel de iluminación requerido

Se utilizarán los niveles de iluminación para diversas tareas recomendadas en el informe # 29 de la Comisión Internacional de Iluminación constituida por los comités nacionales de iluminación de treinta países (Manual de Alumbrado de Phillips, 1983). Estas recomendaciones representan valores mínimos en el lugar mismo de la tarea visual de acuerdo con la práctica actual; una total comodidad visual puede requerir niveles superiores.

Tabla XLIII. Niveles de iluminación recomendados para diversos interiores y tareas, del informe # 29 de la Comisión Internacional en iluminación

Interiores y Tareas	Nivel de iluminación (luxes)
Zonas generales de edificios	
Zonas de circulación (pasillos)	100
Escaleras fijas y eléctricas	150
Roperos y lavabos	150
Almacenes y archivos	150
Oficinas	
Oficinas normales, mecanografiado y salas de proceso de datos	500
Oficinas generales extensas	750
Salas de dibujo	750
Salas de conferencias	500

Se muestra el cálculo de iluminación para un área interior específica, como medio de ejemplo de la utilización del método de cálculo. El método se aplicará para diseñar el sistema de iluminación en la oficina de dirección, éste tiene las dimensiones de 5.42 metros de ancho por 5.84 metros de largo y con una altura de 5.8 metros; los colores del techo es blanco, pared color marfil y piso color rojo.

Paso 1: El nivel de iluminación adecuado para el área es de 500 lux, según la tabla XLIII.

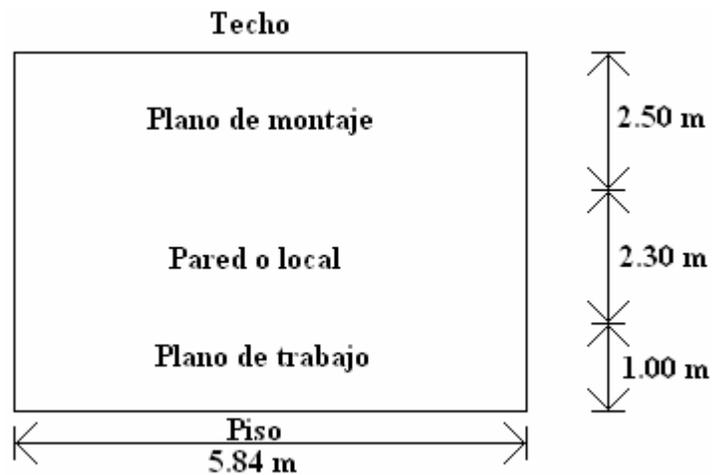
Paso 2: Se utilizarán luminarias con envoltura prismática de doble lámparas fluorescentes tubulares tipo luz de día marca Sylvania.

Las especificaciones para este tipo de luminarias son las siguientes: lámparas tipo tubular con acabado tipo luz de día y encendido rápido de 40

watts cada una, 120 V, 1.22 m de longitud, 3150 lúmenes, 65 lúmenes/metro de eficiencia y 0.88 de factor de depreciación.

Paso 3: Características físicas y reflectancias del local: del boletín de ingeniería comercial 2-80 de Sylvania se obtiene que los valores para las reflectancias del techo, pared y piso son de 88%, 75% y 20% respectivamente.

Figura 28. Características físicas del local



Para determinar las relaciones de cavidad se emplea la siguiente ecuación:

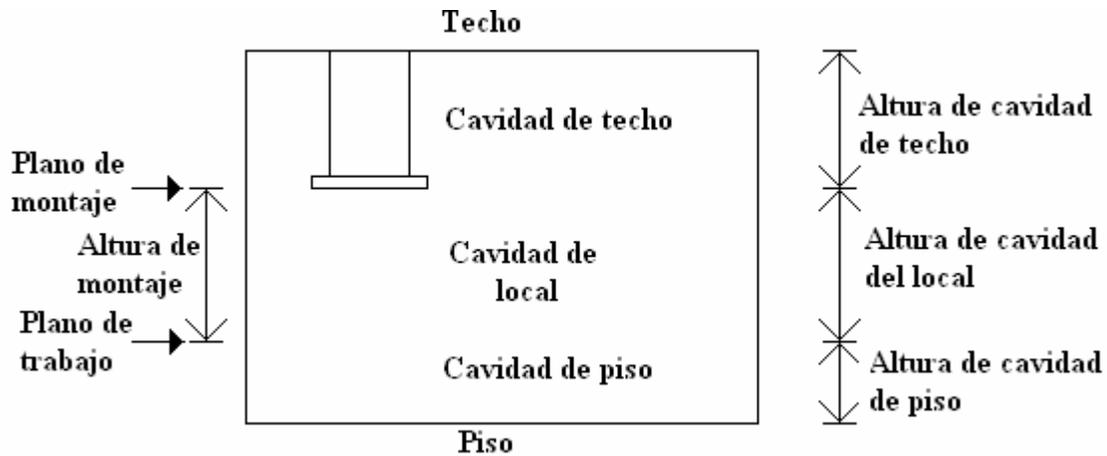
$$RCR = \frac{5 * h * (largo + ancho)}{largo * ancho} \quad \text{Ec. 5.8}$$

Donde:

RCR = relación de cavidad

h = altura de cavidad de pared, piso o techo que se este trabajando.

Figura 29. Relación de cavidades



Aplicando la ecuación anterior se obtienen los valores para las relaciones de cavidad de techo, pared y piso de la siguiente manera:

$$RCR_{(pared)} = \frac{5 * 2.3 * (5.42 + 5.84)}{5.42 * 5.84} = 4.10$$

$$RCR_{(piso)} = \frac{5 * 1 * (5.42 + 5.84)}{5.42 * 5.84} = 1.78$$

$$RCR_{(techo)} = \frac{5 * 2.5 * (5.42 + 5.84)}{5.42 * 5.84} = 4.45$$

Tabla XLIV. Relaciones de cavidad y porcentaje de reflectancia

Cavidad	% reflectancia	% reflectancia aproximado	RCR
Techo	88	90	4.5
Pared	75	80	4.1
Piso	20	20	1.8

La tabla anterior muestra un resumen de los datos obtenidos hasta ahora; para el cálculo de reflectancias efectivas de techo, pared y piso, de no existir el valor exacto en las tablas, se procede a realizar interpolación o extrapolación, según sea el caso.

En la siguiente tabla se muestra los resultados de la extrapolación para determinar el porcentaje de reflectancia efectiva para techo y piso; para la pared se obtiene de las tablas un valor de reflectancia efectiva del 46%.

Tabla XLV. Porcentaje de reflectancia efectiva para piso y techo

% reflectancia individual pared	% reflectancia individual	RCR	% reflectancia Efectiva
Techo			
80	90	4	69
80	90	4.5	X = 64
80	90	5	59
Piso			
80	20	4	28
80	20	4.1	X = 28
80	20	5	29

Paso 4: Cálculo de los factores de depreciación y de mantenimiento; según la tabla del fabricante el factor de depreciación de la lámpara (LLD) es de 0.88. Tomando una categoría de mantenimiento de luminaria No. III,

considerando el grado de contaminación por suciedad y polvo en el local como medio, para un tiempo de uso de 36 meses se obtiene que el grado de degradación por suciedad en la luminaria (LLD) es del 73%.

Para determinar el factor de mantenimiento se emplea la siguiente ecuación:

$$FM = LDD * LLD \quad \text{Ec. 5.9}$$

Donde:

FM: factor de mantenimiento

LDD: factor de degradación de la luminaria

LLD: factor de depreciación de la lámpara

Aplicando la ecuación anterior, para un factor de degradación de 0.73 y un factor de depreciación de 0.88; se obtiene un factor de mantenimiento de 0.64.

Paso 5: Cálculo del coeficiente de utilización (CU) de la luminaria; del catalogo se tiene una relación de espaciamiento máximo de la luminaria a la altura de 1.2. Para obtener el valor del CU se extrapola e interpola entre los valores obtenidos de la tabla de coeficientes de utilización, se obtiene para un 20% de reflexión del piso, un coeficiente de utilización de 0.45.

El procedimiento de cálculo se muestra en la siguiente tabla:

Tabla XLVI. Determinación del coeficiente de utilización

Primera interpolación				Segunda extrapolación			Interpolación
% reflectancia efectiva Techo	70	64	50	70	64	50	64
% reflectancia efectiva Pared	30	30	30	50	50	50	46
RCR(local)	4	4	4	4	4	4	4
C. U.	0.43	X=0.43	0.41	0.47	X=0.46	0.45	X = 0.45

El coeficiente de utilización calculado, considera una reflectancia efectiva de piso del 20%, sin embargo, el valor real de reflectancia efectiva de piso es de 25% por lo que no se le aplica ningún factor de corrección ya que no se pasa del 25%.

Paso 5: Cálculo de número de luminarias a instalar en el local. Para determinar el número de luminarias a colocar en el local, se utiliza la siguiente ecuación:

$$No.DE_LUMINARIAS = \frac{NI * area}{NL * Lumenesporlampara * CU * FM} \quad \text{Ec. 5.10}$$

Donde:

NI: nivel de iluminación

CU: coeficiente de utilización

FM: factor de mantenimiento

NL: numero de lamparas por luminaria

Tomando en cuenta los niveles de iluminación recomendados, utilizamos “el método de cálculo de lúmenes”, y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla XLVII. Diseño del sistema de iluminación interior en el edificio

AREAS INTERIORES	ANCHO(m.)	LARGO(m.)	AREA	NLR/(luxes)	RCL	RCT	RCS	C.U.	N	N _e	NLD (luxes)
DIRECCION (OFICINA DE DIRECTOR)	5.42	5.84	31.65	300	4.09	4.45	1.78	0.45	8.72	8	458.38
SALA DE REDACCION	4.60	5.43	24.98	300	4.62	5.02	2.01	0.42	7.37	7	474.38
ESPERA Y RECEPCION	4.38	6.54	28.65	300	4.38	4.77	1.91	0.43	4.96	5	302.63
ANIMACIONES	2.44	4.38	10.69	300	7.34	7.98	3.19	0.32	4.14	4	482.91
CONTROL DE ILUMINACION	2.70	2.97	8.02	300	8.13	8.84	3.54	0.3	1.99	2	301.68
ISLAS DE EDICION	4.60	6.13	28.20	300	4.38	4.76	1.90	0.43	8.13	8	491.88
PASILLO	1.39	23.42	32.55	100	8.76	9.53	3.81	0.28	2.88	3	104.04
SERVICIO SANITARIO (HOMBRES)	2.16	2.85	6.16	150	9.36	10.17	4.07	0.2	1.15	1	130.99
SERVICIO SANITARIO (MUJERES)	2.16	2.85	6.16	150	9.36	10.17	4.07	0.2	1.15	1	130.99
DEPARTAMENTO DE INFORMACION	2.16	2.76	5.96	300	9.49	10.32	4.13	0.19	2.33	2	257.00
BODEGA GENERAL	2.85	2.97	8.46	150	7.91	8.39	3.44	0.3	1.05	1	142.90
BODEGA DE LIMPIEZA Y AJUAR DE C.	2.85	3.75	10.69	150	7.10	7.72	3.09	0.32	1.24	1	120.72
SALA DE USOS MULTIPLES	2.70	2.97	8.02	300	8.13	8.84	3.54	0.3	1.99	2	301.68
ESTUDIO	7.52	7.75	58.13	300	7.20	0.66	1.31	0.50	4.14	4	497.38
PASILLO PEQUEÑO	0.81	7.52	6.09	100	15.73	17.09	6.84	0.25	0.60	1	165.48
JEFATURA DE RADIO	3.55	3.84	13.63	300	6.23	6.78	2.71	0.36	4.70	4	425.92
SECRETARIA Y REPORTERO	1.90	5.27	10.01	300	8.23	8.95	3.58	0.3	4.14	4	483.21
PRODUCCION TESORERIA Y CONTA.	4.18	5.91	24.70	300	4.70	5.11	2.04	0.41	7.47	7	468.42
BODEGA DE RADIO	1.48	4.33	6.41	150	10.43	11.33	4.53	0.25	0.95	1	157.29
RECEPCION DE LA RADIO	2.60	4.14	10.76	300	7.20	7.83	3.13	0.33	2.43	2	247.22
PASILLO DE RADIO	1.43	10.88	15.56	100	9.10	9.88	3.96	0.27	1.43	2	139.94
CABINA DE PRODUCCION	3.28	4.18	13.71	300	6.26	6.80	2.72	0.36	4.72	4	423.48
CABINA DE OPERACION	2.78	3.84	10.68	300	7.13	7.75	3.10	0.33	4.01	4	498.56
CABINA DE LOCUCION	2.23	3.84	8.56	300	8.15	8.86	3.54	0.27	3.93	4	508.52
ESPACIO VACIO	2.38	4.18	9.95	300	7.38	8.24	3.30	0.31	3.98	4	502.56
BAÑO	1.43	2.18	3.12	200	13.32	14.48	5.79	0.25	0.62	1	323.35

NLR= Nivel de iluminación recomendado
RCL= Coeficiente de reflexión de las paredes
RCT= Coeficiente de reflexión del techo
RCS= Coeficiente de reflexión del suelo
C.U.= Coeficiente de utilización
N= Número de lámparas calculado
N_e= Número de lámparas aproximado

El tipo de lámparas a utilizar para el proyecto, es Categoría V, h=1.2, 2 lámparas T-12 430 mA. Envoltura prismática 30cm de ancho, así como

lámparas de vapor de mercurio de alta presión de 400W para el área de Estudio.

Los niveles de iluminación calculados, difieren de los niveles de iluminación recomendados en menos del 80%, lo que nos permite utilizar la cantidad de lámparas calculadas, sin que eso vaya a afectar en gran medida los niveles de iluminación necesarios para las distintas áreas y tareas. La ubicación y distribución de las diferentes luminarias en las distintas áreas, se muestra en los planos del anexo.

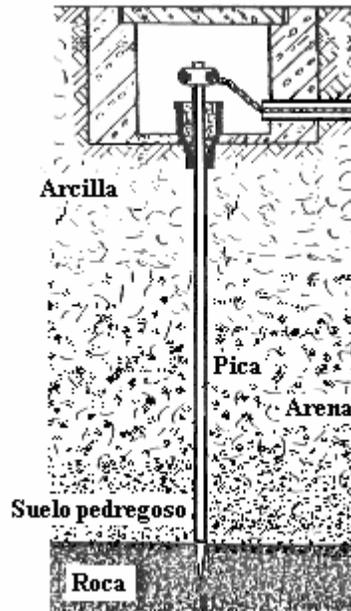
5.4. Diseño de red de tierras

Se debe aterrizar al neutro en el tablero principal, así como unir todas las varillas a tierra y con ello tener todo el sistema a un mismo potencial. El calibre del conductor de tierra es del mismo calibre que el conductor del circuito, que es un AWG No. 12. Las varillas de tierra van a ser unidas con un cable AWG No. 2, con ello se cubre la norma NEC, en su artículo 250.

Para el equipo electrónico se necesita cubrir o tener una resistencia a tierra de 5 ohmios o menor.

En la figura se puede observar que en la conexión de la varilla con el cable se deja una caja (registro), con la finalidad de que se pueda revisar las conexiones. Las varillas tienen que ser de cobre con 5/8" de diámetro por 8 pies de longitud, enterradas por lo menos a 8 pies del suelo.

Figura 30. Forma de conexión y colocación de la varilla de cobre en el suelo



Para encontrar la resistencia a tierra se tomó en consideración las siguientes variables importantes:

- Diámetro de la varilla.
- Longitud de la varilla.
- Humedad del terreno.
- Temperatura ambiente.
- Minerales.
- Composición del suelo.

En la conexión con las varillas se propone utilizar soldadura exotérmica, así se eliminan problemas como corrosión, aflojamiento de abrazaderas u otros herrajes tal como los de compresión.

En el tablero principal se unirán tanto la barra del neutro con la barra de tierras y en la barra de tierra estará conectado el conductor de tierra. El código NEC requiere que todos los electrodos que se utilizan en la instalación sean interconectados conjuntamente, a esto se le llama “Sistema de electrodo a tierra”. Se hace para tener una única referencia a tierra.

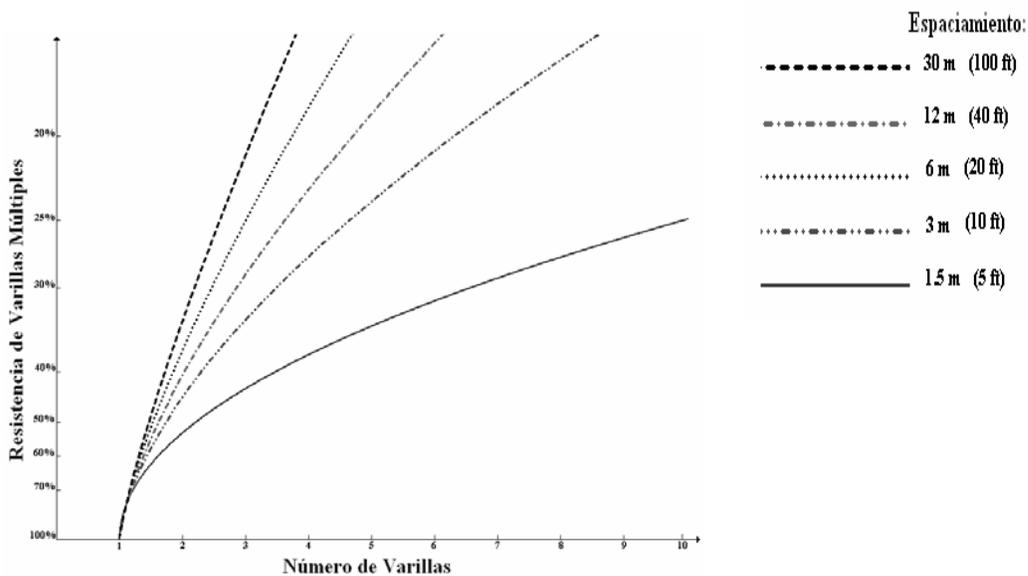
Para la protección de equipos el diseño se hará de acuerdo al artículo 250 del NEC. La sección 250-112 del NEC indica que las partes expuestas que no transporten corriente serán conectadas a tierra sin importar el nivel de voltaje, por ello es que el transmisor como el equipo de aire acondicionado estarán conectados a tierra en su chasis.

La separación entre varillas tiene que ser de al menos una distancia mayor a dos veces la longitud de la misma, ya que si están muy juntas resulta en algo contraproducente. Para la interconexión de las varillas se va a utilizar cable AWG No. 2, desnudo, y el mismo va a estar enterrado 2 ½ pies, debajo de la superficie.

El suelo en el lugar del edificio es del tipo barroso. Y de la medición obtenida por el megger que fue de 10.13 Ω . Se puede obtener la siguiente gráfica. El valor aproximado de resistencia que va a tener el nuevo sistema de tierras va a ser de 2 Ω , este valor se obtiene si se toma en cuenta que se utilizaran al menos 6 varillas de cobre, y que las mismas van a estar separadas por una distancia aprox. De 15m, entre cada una de ellas, ya que al observar el gráfico se puede observar que si se toma una separación de 17m, se tiene un

valor de 20% del valor inicial aproximadamente, consiguiendo así un valor mas que aceptable para la protección de los distintos equipos electrónicos que se encuentran en las instalaciones de La Radio y la protección de las personas que se encuentran en el lugar.

Figura 31. Curvas que muestran el comportamiento de la resistencia del suelo en función del número de varillas que se coloquen



Fuente: Rodolfo Koenigsberger, **Instalaciones Eléctricas**. Pág. 99.

Para circuitos de alumbrado como para tomas normales (no polarizadas), se tienen aterrizadas por medio del conductor del neutro.

En la sala de redacción como en las Islas de edición, dados los equipos de cómputo, se utilizará una tierra aislada. La misma va a ser llevada desde los tableros secundarios hasta la sala de redacción como a las islas de edición, por medio de un conductor del mismo calibre que el conductor del circuito que alimenta a estas salas. El conductor de esos circuitos es el AWG No. 12.

El transmisor esta aterrizado actualmente por medio de una varilla de puesta a tierra de cobre. Siguiendo la recomendación del NEC, se procederá a unir esta tierra con las demás tierras de la instalación. La varilla que aterriza a los pararrayos, al igual que la varilla de tierra del transmisor, se une o se conecta con el sistema de tierras de toda la instalación.

Para los lugares donde existen tanto computadoras como equipo de telecomunicaciones se sugiere el uso de transformadores de aislamiento (*general-electric*), para 120 Voltios.

Para la colocación de las varillas alrededor del edificio se tienen que realizar 6 pozos, el cual se tiene que preparar utilizando sales de sulfato de calcio y bentonita, al centro se debe colocar la varilla de cobre, la conexión de la varilla con el cable tiene que ser del tipo exotérmico (tipo *cadwell*). El cable será un cable desnudo de cobre No2.

Para el sistema de pararrayo se utilizará una malla de tierras, las dimensiones de la malla se encuentra con la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} \quad \text{Ec. 5.11}$$

Donde

ρ : Resistividad del terreno

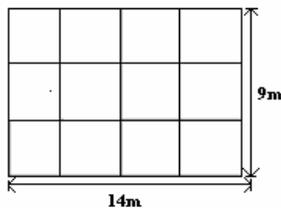
R: resistencia a tierra

L: longitud del cable utilizado para la malla

r: radio del círculo de área equivalente a la malla

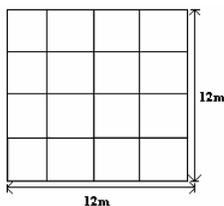
Para el cálculo de las dimensiones se toma una resistencia para la malla de 1.5Ω y un valor de resistividad de $33.49 \text{ ohm}\cdot\text{m}$, realizando un primer tanteo se quita la segunda parte del término de la ecuación y al radio se incrementa un 10% mas que el teórico, se encuentra un valor de $5.58\text{m} + 0.1(5.58\text{m}) = 6.14\text{m}$, con un área circular de 118.36m^2 , Ahora se busca un área equivalente rectangular de la anterior que puede tener dimensiones de 9m de ancho por 14m de largo, con espaciado de aproximadamente 3m entre cada segmento de cable.

Figura 32. Dimensiones de la malla de tierra para el primer tanteo



Se tienen 4 segmentos de cable de 14m de longitud y 5 segmentos de 9m de longitud si se suman todos los segmentos se obtiene una longitud total de 101 metros de cable. Sustituyendo en la ecuación 5.11, se tiene un valor de resistencia de 1.69 ohmios. Como el valor anterior aún es menor al deseado, se realiza un segundo tanteo incrementándole otro 10% al radio, se tiene: $6.14 + 0.1(6.14) = 6.75$ metros, para un área de 143.31m^2 , se puede utilizar un área equivalente rectangular a la anterior de 12m de largo por 12m de ancho.

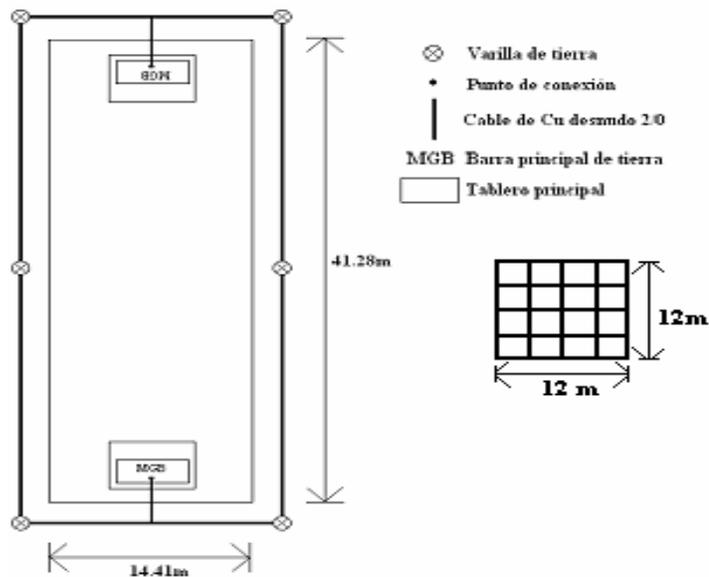
Figura 33. Dimensiones de la malla que produce el valor de resistencia deseado



Se tienen 5 segmentos de 12m de ancho y 5 segmentos de 12m de largo, con una longitud total de 120m de cable. Sustituyendo en la ecuación 5.11, se obtiene un valor de resistencia de 1.52 ohmios, que es aproximadamente el valor deseado.

En la siguiente figura se muestra el sistema de tierras en la instalación, tanto como para el anillo de tierras como para la malla de tierras donde se aterrizará el pararrayo.

Figura 34. Ubicación y configuración del sistema de tierras



5.5. Cálculo de pararrayos

Para el cálculo de pararrayos, se tiene que determinar primero, si es necesario la utilización de un medio de protección contra descargas electro-atmosféricas.

Primeramente se evalúa el riesgo de un rayo. El mismo se realiza de la siguiente manera:

El promedio anual de la frecuencia de un rayo directo sobre un edificio se define como N_d y se calcula con la siguiente ecuación

$$N_d = N_{gmax} \times A_c \times C_1 \times 1 \times 10^{-6} / \text{año} \quad \text{Ec. 5.12}$$

Donde

A_c : área de captura equivalente del edificio aislado

C_1 : coeficiente ambiental

N_g : densidad anual de relámpagos en la región (numero de caída de rayo / año / km^2)

En el caso de que no se disponga de un mapa de N_g , se puede obtener usando el nivel cerámico N_k .

$$N_{gmax} = N_k / 10 \quad \text{Ec. 5.13}$$

El área de captura A_c , es definido como el área de tierra que tiene la misma posibilidad anual de relámpago directo que un edificio. Para estructuras rectangulares con largo L , ancho W y altura H , el área de captura se define con la siguiente ecuación:

$$A_c = L \times W + 6 \times H (L + W) + 9\pi \times H^2 \quad \text{Ec. 5.14}$$

La topografía del sitio y los objetos localizados a menos de una distancia de $3H$ de la estructura afectan significativamente el área de captura. Este efecto

es tomado en cuenta en la ecuación con el coeficiente ambiental C1, el cual se encuentra en la tabla D-1, del anexo D.

Cuando el área de captura de varias estructuras esta traslapada, la correspondiente área de colección común es considerada como un área de colección sencilla.

- Para edificios rectangulares, se utiliza el Ac de la ecuación 5.14
- Para edificio con partes prominentes, el área equivalente de la parte prominente encierra todo o parcialmente la parte baja y se toma solamente la última parte de la ecuación 5.14.

La frecuencia aceptable de un rayo sobre un edificio se define como Nc, los valores de Nc se equiparan a través del análisis de riesgo de daño, tomando en cuenta los factores aprobados como

- Tipo de construcción
- Contenido de la estructura
- Ocupación de la estructura
- Consecuencia de la caída de un rayo

La frecuencia Nc aceptable esta calculada por:

$$N_c = (5.5 \times 10^{-3}) / (C_2 \times C_3 \times C_4 \times C_5) \quad \text{Ec. 5.15}$$

Donde

C2: representa el tipo de construcción

C3: representa el material y equipo contenido en el edificio

C4: representa la ocupación del edificio

C5: representa las consecuencias de la caída de un rayo

La determinación de los diferentes coeficientes se encuentran en las tablas de D-2 a D-5 del anexo D.

El resultado de la comparación de N_c y N_d , sirve para decidir si un sistema de protección contra rayos es requerido y el nivel que debe utilizarse.

- Si N_d es menor o igual que N_c , el sistema de protección contra rayos no es requerimiento obligatorio.
- Si N_d es mayor que N_c , es sistema de protección de rayos de rendimiento $E \geq 1 - N_c / N_d$. Debe de ser instalado y asociado el nivel de protección seleccionado en la tabla siguiente.

Tabla XLVIII. Valores críticos de E inefectivo correspondientes al límite entre el nivel de protección y el nivel de protección correspondiente al E inefectivo calculado

E Inefectivo calculado	Nivel de protección asociado	Corriente pico I (kA)	Distancia de Iniciación D(m)
$E > 0.98$	Nivel I + Medidas Asociadas	---	---
$0.95 < E < 0.98$	Nivel I	2.8	20
$0.8 < E < 0.95$	Nivel II	9.5	45
$0 < E < 0.8$	Nivel III	14.7	60

Fuente: tabla B10, NF C 17-102

Cuando el sistema de protección contra rayos es diseñado deberá encontrar las especificaciones dadas en los criterios de los niveles de protección seleccionados.

Los diferentes niveles de protección según la norma NF C 17-102 y la norma UNE 21 186-96 se proyectan de la siguiente manera:

- Nivel I: Nivel de máxima seguridad. Recomendado en edificios y lugares de pública concurrencia, alto número de impactos de rayos / año, zonas aisladas, etc.
- Nivel II: Nivel de alta seguridad. Recomendado para la protección de personas y estructuras con un índice de impactos de rayos / año medio-bajo, zonas en núcleos urbanos, etc.
- Nivel III: Nivel de seguridad estándar. Se recomienda este nivel para la protección de estructuras en zonas de bajo nivel de impactos / año, estructuras poco elevadas, etc.

Debido a lo anterior se procede a realizar si es necesaria la implementación de un sistema de pararrayos en la instalación. De la instalación se tienen los siguientes datos:

- Estructura común
- Techo común
- Contenido de estructura: valor común
- Normalmente ocupado
- Continuidad de servicio requerido
- Altura del edificio 15 m (porque se toma la parte más predominante)

- Radio de proteccion requerido 30 m
- Nivel ceráunico 69

Los cálculos se realizaron a partir de las ecuaciones anteriores, obteniendo:

$$N_g = 69/10 = 6.9$$

$$A_c = 9 \times 3.1416 \times 15^2 = 6361.72 \text{ m}^2$$

$$N_d = 6.9 \times 6361.72 \times 1 \times 10^{-6} \times 0.25 = 0.011$$

$$N_c = (5.5 \times 10^{-3}) / (1 \times 1 \times 1 \times 5) = 0.0011$$

$N_d > N_c$, entonces

$$E \geq 1 - (0.0011/0.011) = 0.9$$

Debido a que el E calculado esta en el rango de $0.8 < E < 0.95$, se tiene un nivel II de proteccion.

El tipo de pararrayo a utilizar para proteger tanto a la antena como al edificio, será un pararrayo ingesco PDC, ya que este pararrayo tiene como función específica, producir una ionización dirigida hacia la nube, canalizando desde su origen la posible descarga eléctrica. Los radios de protección de los distintos modelos de las puntas Ingesco PDC son considerados con un mástil de 6m de altura.

5.6. Cálculo de cortocircuito

Para instalaciones pequeñas (que no incluyen motores), el valor de la corriente de cortocircuito, depende de gran medida del transformador de distribución. Los dispositivos de protección tienen que tener la capacidad de abrir en un tiempo menor que el que soportan los conductores de la instalación, porque si no fuese así se destruirían los conductores.

Cuando un cortocircuito es producido a la salida de un transformador para baja tensión, es decir, es el cortocircuito más desfavorable que puede producirse. Para determinar esta intensidad dispondremos de un método práctico basado en unas gráficas que representan las variaciones de la intensidad de cortocircuito en función de la potencia del transformador y de la resistencia de la línea intercalada hasta el lugar del cortocircuito.

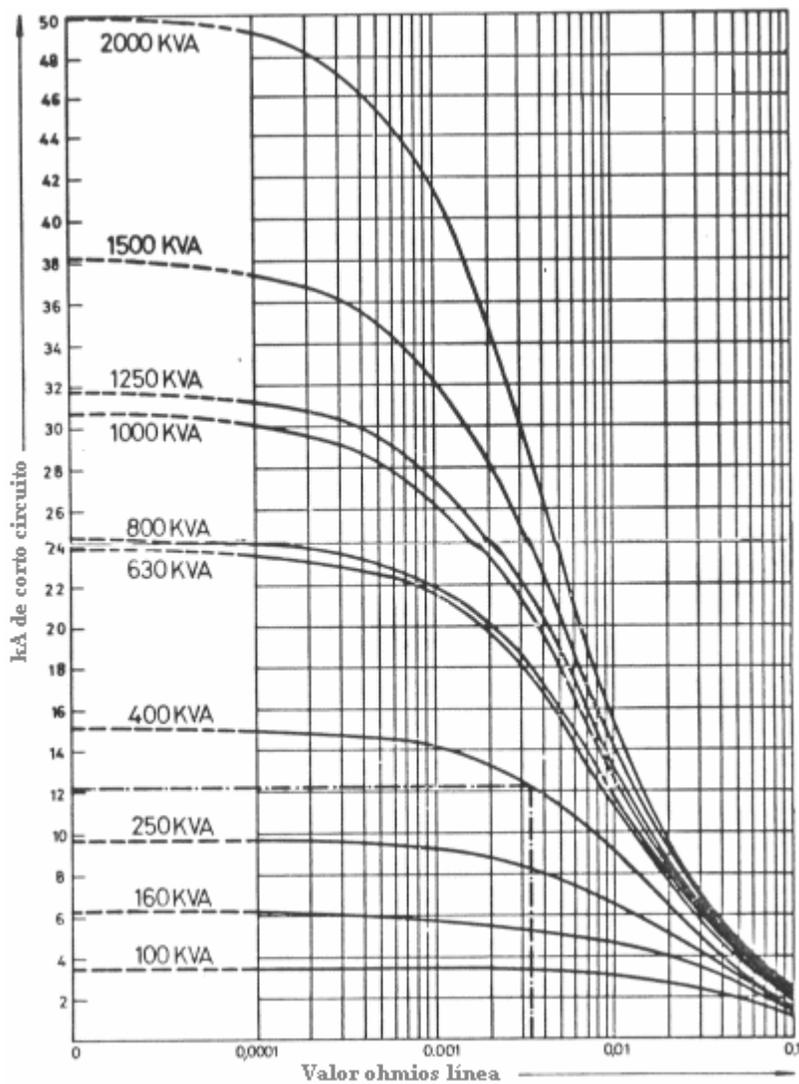
Basándonos en estas gráficas, el procedimiento a seguir será el siguiente: se calcula la resistencia del conductor intercalado desde el transformador hasta el cortocircuito.

Al valor de resistencia que resulte deberá sumársele el valor del hilo neutro, cuando el cortocircuito sea entre fase y neutro, y multiplicarlo por $\sqrt{3}$ cuando el cortocircuito sea entre dos fases. El resultado obtenido se traslada al gráfico de la figura 35, donde en función de la potencia del transformador, se determinará el valor de la intensidad de cortocircuito en amperios.

Mediante este procedimiento obtenemos la intensidad de cortocircuito en el punto elegido, y con él tendremos el poder de corte mínimo del fusible o interruptor automático que vayamos a colocar. El valor obtenido será en exceso ya que no tenemos en cuenta la reactancia de la línea. Existen una serie de

protecciones selectivas y en cada uno de estos puntos deberemos calcular la intensidad de cortocircuito para poder dimensionar correctamente cada una de las protecciones.

Figura 35. Curvas de variaciones de intensidad de cortocircuito en función de la potencia del transformador y de la resistencia de la línea



Fuente: Corrientes de cortocircuito, **Universidad de Zaragoza**, www.unizar.es

Los alimentadores principales tienen una longitud de 35m, conductor AWG No.2/0 THW, el transformador de distribución tiene una capacidad menor a 100 KVA, por lo que se utiliza la primera curva. La impedancia para el conductor No2/0 THW tiene un valor de $0.3355 \Omega/1000m$, multiplicando por la distancia de 35 m y dividiendo los 1000 metros, se tiene un valor de 0.01 ohmios, a este resultado se multiplica por dos y queda 0.02 ohmios. Observando la gráfica, se encuentra un valor de corriente de cortocircuito de aproximadamente 3kA.

Cualquier cortocircuito que se produzca después será de intensidad menor, ya que la resistencia intercalada será mayor, debiendo seguir el mismo criterio de cálculo para los sucesivos puntos.

Con el valor de corriente de cortocircuito, se puede encontrar el tiempo máximo que pueden soportar los conductores alimentadores en el momento de cortocircuito, se calcula con la siguiente relación:

$$\left(\frac{I_{cc}}{A}\right)^2 t = 0.0297 \log\left(\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234}\right) \quad \text{Ec. 5.16}$$

En esta relación:

I_{cc} = Corriente de cortocircuito, en Amperes.

A= Área del conductor, en mil circular mils.

t = Tiempo que dura el cortocircuito, en segundos.

T_2 = La temperatura máxima que resiste el conductor en condiciones de cortocircuito, en grados centígrados $^{\circ}C$.

T_1 = La temperatura de operación normal del conductor, en $^{\circ}C$.

Sustituyendo los datos, se obtiene el tiempo que van a soportar los conductores:

$$\left(\frac{3000}{133.2}\right)^2 t = 0.0297 \log\left(\frac{150 + 234}{60 + 234}\right) \Rightarrow t = 2.6 \text{ Segundos.}$$

El resultado anterior, muestra el tiempo máximo que pueden soportar los conductores de los alimentadores del tablero principal para soportar la corriente de cortocircuito. Por lo tanto se tiene que escoger un interruptor termomagnético, que tenga un tiempo de reacción menor al que soportan los conductores para proteger de la manera más eficiente a la instalación.

El valor de las protecciones se pudo haber encontrado, simplemente con los datos del fabricante de las protecciones, ya que dependiendo del tipo de instalación se sugiere la utilización de un interruptor tipo C. Ya con éste dato, como el de valor de corriente se busca en un catálogo de fabricante el interruptor termomagnético a utilizar como el principal. Y de esa manera proteger a la instalación contra cortocircuitos.

5.7. Conexión de dispositivos de protección

Para la conexión de los dispositivos de protección se tomó en cuenta la selectividad, ya que con ello operan los dispositivos que estén más próximos a la falla. En el diseño se sugiere el uso de interruptores de una misma marca de fabricante (se sugiere los de *General Electric*), con la finalidad de parametrizar la instalación. En la instalación solamente se usarán interruptores termomagnéticos como medio de protección de la misma, ya que éstos ofrecen protección tanto para cortocircuitos como para sobrecargas. Los interruptores

van conectados al inicio de cada circuito; Es decir, los interruptores protegen a la líneas vivas (conductor caliente), estando conectados los mismos en un extremo a la barra de tensión del tablero y en el otro extremo al conductor caliente del circuito. Los interruptores van colocados en los tableros. Los interruptores termomagnéticos para instalaciones domésticas o pequeñas instalaciones comerciales, tienen una capacidad de corte de hasta 10 kA.

En la instalación se tendrá tres tableros, uno principal y dos secundarios, los mismos se colocan a una altura de 1.5 metros del suelo. Y están ubicados en los puntos que muestra el plano de la instalación en los anexos del documento.

6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE LAS INSTALACIONES DE LA RADIO UNIVERSIDAD EN EL CERRO ALUX Y ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA DE EMERGENCIA

El problema se originó, desde que las Instalaciones de la Radio fueron establecidas en el cerro Alux, ya que cuando el equipo fue instalado en las instalaciones del mismo, no quedó como se había planificado en el diseño original. Paralelamente al problema citado anteriormente, surgió el problema de continuidad en la transmisión de la Radio por falta de energía eléctrica, debido a que no se incluyó en el diseño de la instalación la implementación de una planta de emergencia en el lugar.

La importancia de resolver éste problema radica en que dada la cantidad de dinero invertido en los equipos no se puede arriesgar que los mismos sufran daños; así como también para mejorar el desorden en la ubicación de los equipos y tableros dentro de la instalación por no estar en lugares adecuados. Por otro lado las continuas interrupciones en la transmisión de la Radio conllevan a que ese medio de comunicación pareciera un medio de comunicación poco serio y falto de profesionalismo, afectando así el prestigio de la Radio y de toda una institución como lo es la Universidad de San Carlos de Guatemala. El problema necesita ser abordado en el menor tiempo posible, con una reubicación del equipo instalado, así como con la implementación de una Planta de Emergencia.

El problema consiste en la ausencia de una planta eléctrica de emergencia en el lugar, así como una ubicación inadecuada del equipo eléctrico en el lugar.

Como las posibles causas que originaron el problema, se pueden citar las siguientes:

- Capacidad: Falta de capacidad, debido al realizar el diseño de la instalación en el lugar, no se tomó en consideración la cantidad de equipo que iba a ser instalado, así como la falta de un estudio relacionado con la calidad del servicio eléctrico en ese sector, no se previó la implementación de una planta de emergencia.
- Control: El poco o nulo control por parte del personal calificado, generó la ubicación del equipo eléctrico y electrónico en lugares inadecuados.
- Comunicación: Considerando la poca comunicación entre el ente encargado del proyecto con los administradores del medio de comunicación, radicó en limitantes que al momento de colocar el equipo éste no quedara como se había diseñado originalmente.
- Costos: Este fue uno de los factores predominantes que contribuyó al problema, ya que por la falta de recursos, fue muy difícil adquirir mayor cantidad de cable (de comunicación), lo que hizo que los equipos no quedarán ubicados como se tenía estipulado en el proyecto. Los costos de inversión en una Planta son altos, y por lo mismo no se adquirió una de éstas.

La importancia de resolver el problema a nivel institucional, se debe a que la Universidad de San Carlos, es una institución que se debe al Pueblo de Guatemala, por ello necesita llegar al mismo contribuyendo con el enriquecimiento cultural de nuestro país. Por lo anterior es que se necesita tener un medio de comunicación que sea sólido y prestigioso. En el ámbito

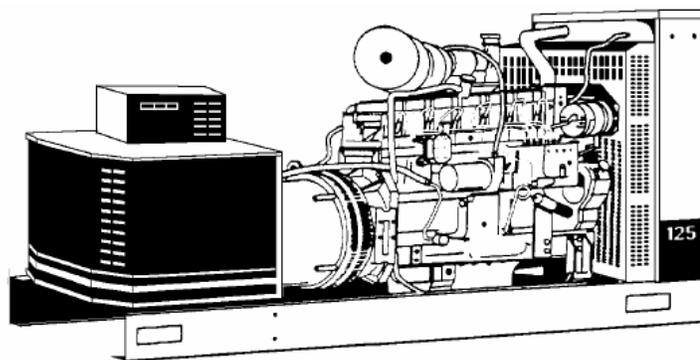
nacional existen pocos espacios culturales y educativos, uno de ellos es la Universidad, que por medio de medios de comunicación como lo son La Radio y La Televisión tienen acceso a lugares de todo el territorio. Por ello se necesita que se solucionen todos los problemas que afectan el buen desempeño de los medios citados anteriormente, con la finalidad de que trabajen eficientemente y de esa manera contribuyan positivamente con el desarrollo de nuestro país.

7. DEFINICIONES GENERALES ACERCA DE LA PLANTA DE EMERGENCIA

7.1. Conversión de Energía Electromecánica

Este concepto maneja o involucra, dos variables como lo es la conversión de algún tipo de energía a otro, y lo que es la electricidad con la mecánica. En la industria así como en la vida cotidiana, se necesita de alguna máquina con la finalidad de que ésta realice algún trabajo, por ejemplo como los motores los cuales convierten energía eléctrica en mecánica, de forma similar, cuando se requiere de electricidad, se necesita una máquina que convierta la energía mecánica en eléctrica, para ese propósito se utilizan los generadores. Por ello se puede decir que uno de los pilares en el mundo de la electricidad es la conversión de energía electromecánica, ya que ésta involucra un conjunto de leyes físicas relacionadas con la electricidad, mecánica, magnetismo, etc. que explican el comportamiento de diversos fenómenos, todo ello para darles aplicaciones faciliten la vida del hombre.

Figura 36. Planta de energía eléctrica (grupo electrógeno)



Fuente: Manual de operación de plantas de emergencia, **MSPAS**, El Salvador.

7.2. Motor mecánico

En la planta de emergencia, se utiliza un motor mecánico diesel, los motores Diesel son motores de combustión interna de alta compresión, carente de carburador y de sistema de encendido, funciona con aceites pesados o gasóleo, puede ser de cuatro ó de dos tiempos. Se utiliza cada vez más en las plantas eléctricas de emergencia debido a su rendimiento (35% aproximadamente) y el consumo de combustible mucho más económico que la gasolina. El gasóleo se inyecta a presión elevada dentro de la cámara de combustión, donde se mezcla con el aire puro, al final de la compresión, produciendo el encendido debido a la alta temperatura alcanzada. El sistema empleado necesita órganos muy resistentes capaces de soportar fuertes presiones, dispositivos de compresión del aire y de insuflación del combustible, de fabricación costosa. No obstante, los constantes perfeccionamientos en la construcción de estos motores han permitido que se utilicen cada vez más.

7.3. Generador

El generador al igual que el motor son las partes fundamentales en una planta, ya que este es el productor de la electricidad. En un generador se aplica una corriente dc al devanado del rotor, la cual produce un campo magnético. Entonces el rotor del generador gira mediante un motor primario y produce un campo magnético rotacional dentro de la máquina. Este campo rotacional induce un voltaje en los devanados del estator del generador. Se debe suministrar una corriente dc al circuito de campo del rotor, puesto que el rotor está girando, se requiere un arreglo especial para entregar potencia dc a sus devanados de campo. Una forma para lograr ese propósito es suministrar la potencia dc desde una fuente dc externa al rotor por medio de anillos rozantes y escobillas, los anillos rozantes son anillos metálicos que circundan el eje de la

máquina pero se encuentran aislados de él. Un extremo del devanado del rotor dc está unido a cada uno de los dos anillos rozantes colocados sobre el eje de la máquina, y una escobilla estacionaria se desliza sobre cada anillo rozante. Una “escobilla” es un bloque compuesto de carbón grafitado que conduce la electricidad libremente y tiene muy baja fricción para no desgastarse con el anillo rozante. A pesar de que las escobillas y los anillos rozantes necesitan mantenimiento y pueden generar problemas, se utilizan en todas las máquinas generadoras pequeñas ya que ningún otro método de suministro de la corriente de campo dc es adecuado por el costo.

Figura 37. Generador de corriente alterna



7.4. Aislamiento

Una de las etapas más importantes en el diseño de una máquina ac es el aislamiento de sus devanados. Si falla el aislamiento de un motor o de un generador, la máquina se cortocircuita. La reparación de una máquina con su aislamiento cortocircuitado, si es posible, es muy costosa. Para prevenir la falla del aislamiento de los devanados por efecto del sobrecalentamiento, es necesario limitar la temperatura de aquéllos. Esto puede lograrse de modo parcial implementando la circulación de aire sobre los devanados, pero en últimas, la máxima temperatura del devanado limita la potencia máxima que puede suministrar la máquina continuamente.

Las especificaciones sobre temperaturas particulares para cada tipo de motor y de generador ac se encuentran detalladas en la norma NEMA MG1-1993, (Motores y generadores). Normas similares han sido definidas por la *International Electrotechnical Commission* (IEC) y por varios organismos de normalización nacional, en algunos países.

7.5. Embobinado

En el diseño de una máquina ac, los voltajes de salida de las bobinas del estator tienen que ser sinusoidales debido a que la distribución de la densidad de flujo en el entrehierro es sinusoidal. Una técnica importante para suprimir las armónicas es utilizar devanados de paso fraccionado (o devanado de cuerdas). Independientemente de la forma de conexión de los devanados a los segmentos de conmutación, la mayoría de los devanados del rotor constan de bobinas preformadas en forma de diamante, las cuales están insertadas dentro de las ranuras del rotor como una sola unidad, cada bobina tiene un número de vueltas de alambre y cada vuelta es encintada y aislada de las otras vueltas y de la ranura del rotor. Normalmente, una bobina abarca un paso polar. El paso polar es la distancia angular entre dos polos adyacentes en una máquina, independientemente del número de polos de la máquina, un paso polar es siempre 180 grados eléctricos. Si la bobina del rotor o estator se extiende a través del mismo ángulo que el paso polar, se llama bobina de paso pleno (o devanado diametral). Si la bobina del rotor o estator se extiende a través de un ángulo menor que un paso polar, se llama bobina de paso fraccionado (o bobina de cuerdas), la mayoría de las bobinas estáticas tienen paso fraccionado puesto que un devanado de paso fraccionado provee algunos beneficios.

7.6. Mecanismos de Enfriamiento

Debido a que los incrementos de temperatura produce un deterioro gradual del aislamiento en los devanados del generador haciéndolo susceptible de fallar por causas como golpes, vibraciones o esfuerzos dieléctricos. Para limitar la temperatura del generador se utiliza la circulación de aire como único medio de enfriamiento de sus devanados. En lo concerniente al motor Diesel, se encuentra sometido a temperaturas elevadas y requiere, por tanto una refrigeración adecuada por un circuito de agua que va del radiador al motor. En algunos modelos se utiliza un líquido especial.

7.7. Estudio de Cargas

Antes de conectar a un generador con determinadas cargas, es muy importante realizar un estudio de cargas previo. Ya que con esto se tiene la seguridad de que los devanados del generador no van a sufrir daño alguno por la cantidad de corriente que circule por ellos. En la placa que coloca el fabricante al generador tiene que especificar la potencia máxima que éste puede proveer, así como la frecuencia y el voltaje de operación, porque esta información es muy importante al momento de conectarle cargas al generador. Por ejemplo, si las cargas a ser alimentadas suman una potencia igual o mayor que la del generador y si el voltaje de operación de las mismas no es igual, se recomienda no conectarlas al generador.

7.8. Transferencia Inteligente

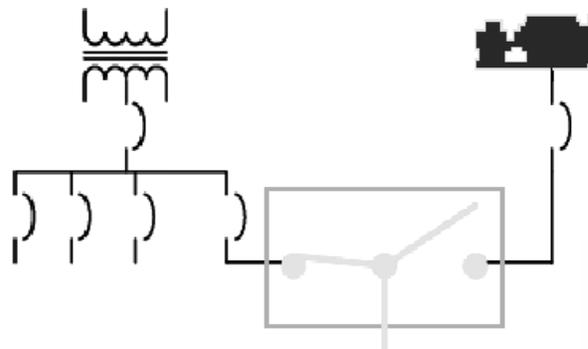
Cuando se tienen instalaciones en sitios remotos, se utilizan generadores que suministren la energía de emergencia en el evento de una interrupción de la energía de la central eléctrica. Estos tienen un conmutador de transferencia

automático, para transferir el servicio de la central al generador y de nuevo al servicio de la central cuando este servicio es renovado. A la acción del conmutador automáticamente, se le llama transferencia inteligente, ya que la misma fue hecha sin la intervención de una persona y en el momento adecuado.

La operación de la planta eléctrica de emergencia puede ser realizada en dos modalidades:

- Modalidad automática.
- Modalidad manual.

Figura 38. Diagrama unifilar de la transferencia de carga eléctrica



7.8.1. Modalidad u operación automática

Para que la operación automática sea realizada, primero los selectores del control maestro deben estar ubicados en la posición de automático. El control maestro es una tarjeta electrónica que se encarga de controlar y proteger el motor de la planta eléctrica.

En caso de fallar la energía normal suministrada por la compañía de servicios eléctricos, la planta arrancara con un retardo de 3 a 5 segundos después del corte del fluido eléctrico. Luego la energía eléctrica generada por la planta es conducida a los diferentes circuitos del sistema de emergencia a través del panel de transferencia, a esta operación se le conoce como transferencia de energía.

Después de 25 segundos de normalizado el servicio de energía eléctrica de la compañía suministradora se realiza la retransferencia (la carga es alimentada nuevamente por la energía eléctrica del servicio normal) quedando aproximadamente 5 minutos encendida la planta para el enfriamiento del motor. El apagado del equipo es automático.

7.8.2. Modalidad u operación manual

En esta modalidad, se verifica el buen funcionamiento de la planta sin interrumpir la alimentación normal de la energía eléctrica.

El selector de control maestro debe colocarse en la posición de “Manual”. Como medida de seguridad para que la planta eléctrica trabaje sin carga (en vacío), se debe colocar el interruptor principal “Main” del generador en posición de apagado off. El arranque manual es solamente utilizado para realizar pruebas.

8. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA DE EMERGENCIA CON RELACIÓN A LA CARGA INSTALADA EN EL CERRO ALUX

La planta de emergencia ó grupo electrógeno, tiene una capacidad máxima de 37 kVA, para ello se debe de hacer un análisis de la carga que se tiene instalada en las instalaciones de La Radio ubicadas en ese lugar.

8.1. Descripción del equipo a alimentar

El equipo a alimentar dentro de la instalación es de transmisión, y está conformado tanto por equipo de transmisión de radio como de televisión. Actualmente el equipo y carga instalada en el lugar, esta conformada por:

- Televisión:
 - Amplificador de Poder de estado sólido, marca ABE.
 - Modulador de IF, para TV.
 - Receptor, modelo RXRL-NV.

- Radio:
 - Amplificador marca RVR, modelo VJ5000-TR para FM.
 - Excitador de FM (87.5-108MHz), modelo TEX 20-NV, marca RVR.
 - Amplificador de poder RF, modelo PJ 501M, marca RVR.
 - Equipo de radiocomunicación.

- Transmisor de FM (87.5-108MHz), modelo VJ-1000, marca RVR.
 - Excitador de FM (87.5-108MHz), modelo TEX20-MV, marca RVR.
- Cargas:
 - 6 luminarias (4 tubos de 40 watts).
 - 22 tomacorrientes (de uso general).

8.2. Consideraciones técnicas y de mantenimiento

En las instalaciones se necesita una redistribución de circuitos, y una readecuación de la ubicación física de los tableros con el objetivo de proporcionar mayor protección como tener mayor control de los circuitos y separar las cargas de televisión de las de radio, para que ambos medios de comunicación operen independientemente.

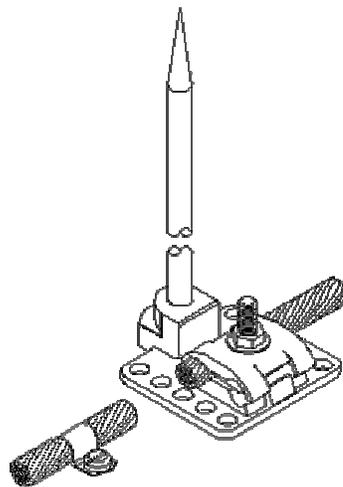
También en las instalaciones no se encuentra ningún pararrayos, por ello se sugiere instalar un pararrayos en la punta de la estructura de la antena.

La estructura que contiene a las antenas de transmisión cuenta con una altura aproximada de 45 metros, y en su extremo superior llevará un pararrayos punta de franklin, con ello quedará protegida la zona que esta debajo de la misma. Para la protección se tienen dos criterios: el primero asumiendo que la zona de protección abarca un arco de 38 metros de radio, tangente a la tierra para un 99% de seguridad (según estudios recientes). Cuando son edificios muy altos se tiene que el edificio queda protegido solo parcialmente debido a que entre mas alto sea el edificio el segmento de arco de protección que es tangente al suelo y a la punta del pararrayos es menos lineal y mas curvo.

El segundo criterio es del NFPA, 78-1968 el *Lighting Protection Code*. El mismo asume que se forma un cono cuyo vértice se encuentra en la punta del pararrayos y la base del cono tiene un diámetro de dos veces la altura de montaje, para objetos donde se requiera mayor protección. Y la base del cono con un diámetro de cuatro veces la altura de montaje en donde se requiera menos protección. Debido a que el edificio es relativamente bajo, los dos criterios se aproximan bastante en la parte baja y se pueden utilizar el último en mención sin que esto afecte en gran medida el resultado.

Con la utilización del pararrayos, se tiene que todo el edificio como las antenas quedan protegidos de descargas electroatmosféricas. El elemento a utilizar como pararrayos es el de puntas Franklin la cual se muestra en la siguiente figura.

Figura 39. Punta de Franklin a colocar en la punta de la estructura que lleva las antenas

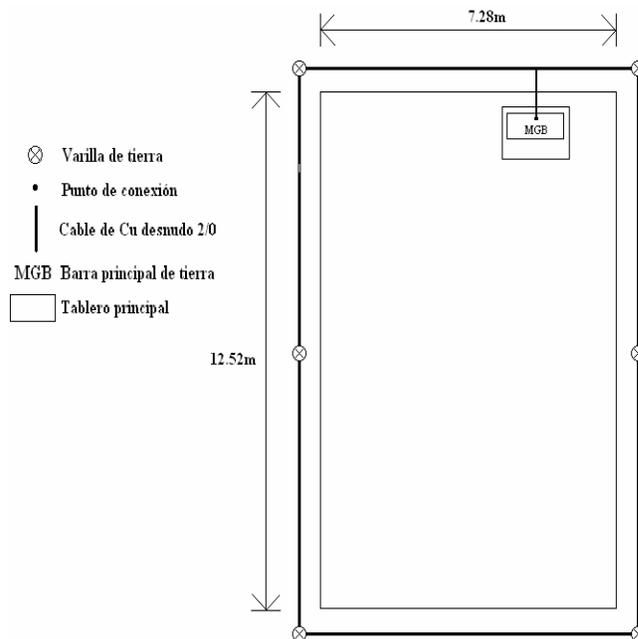


Fuente: Teoría y diseño de sistemas de tierra, **Universidad de La Salle Bajío, México.**

Para los cables de para aterrizar el pararrayos se utilizará cable No. 14 AWG y debidamente aislado de la estructura.

El equipo que se encuentra instalado actualmente en las instalaciones del Cerro Alux en su mayoría es electrónico, el mismo debe quedar bien protegido por un eficiente sistema de tierra, tomando en consideración lo anterior se sugiere la implementación de un sistema de anillo de tierras alrededor del edificio, el mismo se muestra en la figura siguiente. Y de esa manera protegerlo correctamente, consiguiendo así una reducción en la resistencia a tierra y una única referencia a tierra, es decir que todas las tierras se encuentren al mismo potencial.

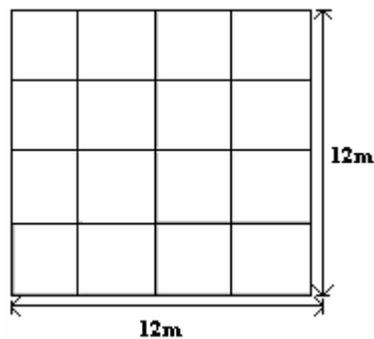
Figura 40. Representación del anillo de tierras alrededor de las instalaciones ubicadas en el Cerro Alux



Para la tierra del pararrayos se sugiere la utilización de una malla de tierras de las mismas dimensiones a la que se utilizó en la malla de tierra del capítulo 5

(debido a que tienen aproximadamente la misma resistividad) y con ello evitar voltajes reflejados hacia los equipos electrónicos ubicados en la instalación.

Figura 41. Representación de la malla de tierra para el aterrizaje del pararrayo



8.2.1. Mantenimiento de la instalación eléctrica

Para el mantenimiento de la instalación, se hace mayor énfasis en lo concerniente a la revisión del sistema de tierras en la instalación, así como a las conexiones a los diferentes equipos. La revisión de sistema de tierras se realiza de la siguiente manera: Se le da una revisión periódica una vez en época de invierno y otra vez en época de verano, para poder observar el estado de las conexiones se propone dejar un registro circular, con tapadera de metal para poder inspeccionar las conexiones entre varillas, el cual es de fácil acceso.

8.2.2. Mantenimiento de la planta de energía eléctrica

Toda la instalación relacionada con la planta de emergencia (planta de emergencia, cableado, transferencia automática), necesita un mantenimiento periódico, por ello se sugiere la implementación de un programa de mantenimiento que se encuentra en la sección siguiente, con éste se tendrá la

seguridad de que la instalación tenga mayor eficiencia ya que se aumentará su tiempo de vida útil y reduciendo así costos por deterioro de sus componentes.

8.2.2.1. Mantenimiento preventivo a realizar por el operador

- Antes de encender la planta eléctrica revisar:
 - a) Nivel de agua en el radiador.
 - b) Nivel de aceite en el carter.
 - c) Nivel de agua en celdas de batería.
 - d) Nivel de combustible en tanque diario.
 - e) Verificar limpieza en terminales de batería.
- Colocar el interruptor principal del generador “MAIN” en OFF.
- Colocar los selectores de operación en el modo manual para arrancar la planta eléctrica.
- Se pone a funcionar de esta manera por unos 10 minutos y se revisa lo siguiente:
 - a) Frecuencia del generador (60 a 61 Hz).

- b) De ser necesario se ajusta el voltaje al valor correcto por medio del potenciómetro de ajuste.
- c) Durante todo el tiempo que tarde la planta trabajando se debe estar revisando la temperatura del agua (180 grados Fahrenheit) presión de aceite (70 PSI) y la corriente de carga del acumulador (1.5 amp.).

Si todo está correcto se acciona el interruptor en la posición de apagado “off” para que el motor se apague.

- Luego de la revisión preliminar y si todo está correcto simular falla del fluido eléctrico y revisar lo siguiente:
 - a) Corriente, voltaje y frecuencia del generador según los parámetros de operación (que pueden variar de un sistema a otro).
 - b) Si alguno de estos valores esta fuera de su rango de operación, se notificará de inmediato al Departamento de Mantenimiento de La Radio.
 - c) Si la temperatura del agua es muy alta, con mucha precaución quitar el tapón al radiador, revisar el nivel del agua y reponerla en caso de necesidad (sin parar el motor) si el nivel del agua se encuentra bien, buscar la manera de ventilar el motor por otros medios. También conviene verificar si el generador está muy cargado, ya que esa puede ser la causa, y si ese es el caso, se deberá disminuir la carga eléctrica hasta llegar a la corriente

nominal de placa del generador. En caso de obstrucción de las celdas del radiador lavarlas a vapor para retirar la suciedad.

- d) Si la presión del aceite es muy baja para el motor, esperar que se enfríe, luego revisar el nivel de aceite y reponerlo en caso de ser necesario (con el motor apagado). Después volver a encender el motor. Si la presión no se estabiliza, llamar al personal de Mantenimiento de la Radio.
 - e) Si el amperímetro que señala la carga del alternador al acumulador proporciona una señal negativa, significa que el alternador no está cargando. En este caso se debe verificar el estado del alternador, regulador de voltaje y conexiones.
 - f) Si la frecuencia del generador baja a un punto peligroso, personal autorizado debe calibrar al generador del motor a fin de compensar la caída de frecuencia. Es normal que el generador trabajando a plena carga baje un poco su frecuencia.
 - g) Si el voltaje del generador baja su valor, es posible recuperarlo girando el potenciómetro del regulador de voltaje.
- Si en el trabajo de la planta llegaran a actuar las protecciones, se debe verificar la temperatura del agua y presión del aceite. Si actúa la protección por alta temperatura de agua dejar que el motor se enfríe y después reponer el faltante.
 - Para detener el motor, se desconecta la carga manualmente y se deja trabajar el motor durante tres minutos al vacío.

- Conviene arrancar el motor por lo menos una vez a la semana por un lapso de 30 minutos, para mantener bien cargado el acumulador, cuando no existe cargador de baterías conectado a la planta; y para mantener el magnetismo remanente del generador en buen rango. También para corregir posibles fallas.
- Cualquier duda o anomalía observada se debería reportar al personal de mantenimiento de La Radio.

8.2.2.2. Puntos importantes de mantenimiento para el operador

- Verificar diariamente:
 - a) Nivel del agua en el radiador.
 - b) Nivel de aceite en el carter.
 - c) Nivel de combustible en el tanque.
 - d) Válvulas de combustible abiertas.
 - e) Nivel de agua destilada en las baterías y limpieza de los bornes.
 - f) Limpieza y buen estado del filtro de aire.
 - g) Que no haya fugas de agua, aceite y/o combustible.

h) Observar si hay tornillos flojos, elementos caídos, sucios o faltantes en el motor y tableros.

- Semanalmente, además de lo anterior:

a) Operar la planta en vacío (ver tabla XLIX) y se puede con carga para comprobar que todos sus elementos operan satisfactoriamente, durante unos treinta minutos por lo menos.

b) Limpiar el polvo que se haya acumulado sobre la planta o en los pasos de aire de enfriamiento, asimismo los tableros.

Tabla XLIX. Pruebas semanales de operación de la planta eléctrica

PRUEBA	PLANTA MARCA ARMSTRONG 37 kVA
Ubicación del control Maestro	En el panel de transferencia.
Ubicación correcta de Selectores	Selectores de control maestro en posición; uno en automático y otro en ON.
Prueba de falla de energía Normal	La falla se simula colocando el interruptor (switch) selector del panel de transferencia en posición TEST, el sistema debe de hacer la transferencia de la carga a Emergencia después de aproximadamente 8 segundos.
Prueba de retorno de energía normal	Se retorna el switch de prueba del panel de transferencia a la posición normal y después de 25 segundos este debe hacer la transferencia de la carga a la posición normal y luego pasado 5 minutos enfriándose la planta debe de apagarse automáticamente.
Prueba de planta en vacío "manual"	Colocar el main de emergencia (en el panel) en Posición de apagado y colocar el control maestro en posición uno en prueba y el otro en ON.

- Mensualmente, comprobar todos los puntos anteriores, además:
 - a) Comprobar la tensión correcta y el buen estado de las fajas del ventilador, alternador, etc.
 - b) Limpiar los tableros y contactos de relevadores si es necesario.
 - c) Observar cuidadosamente todos los elementos de la planta y tableros para corregir posibles fallas.
- Cada 150 horas de trabajo, además de lo anterior:
 - a) Cambiar filtro de aceite.
 - b) Si el motor esta equipado con filtro de aire o tipo húmedo cambiarle el aceite.
- Cada 300 horas de trabajo, además de lo anterior:
 - a) Cambiar el elemento anticorrosivo del agua.
 - b) Cambiar los filtros de combustible.
- Cada año:
 - a) Si el filtro de aire es tipo seco, cambiarlo.
- Para tiempos mayores, consultar el manual de operación y mantenimiento del motor en particular.

Nota: Los cambios regulares de aceite se deben hacer a las 150 horas de trabajo o a los 6 meses, lo que ocurra primero.

8.2.2.3. Recomendaciones generales para los operadores de plantas eléctricas

Diez reglas que deben observarse:

- Procurar que no entre tierra y polvo al motor, al generador y al interior de los tableros de control y transferencia.
- Cerciorarse de que este bien dosificado el combustible para el motor impurezas y obstrucciones.
- Comprobar que al operar la planta se conservan dentro de los valores normales las temperaturas del agua del radiador, de los embobinados del generador, de los tableros, del motor del interruptor de transferencia, etc.
- Los motores nuevos traen un aditivo que los protege de la corrosión interna. Al igual que en los motores usados, después de algún tiempo necesitan protegerse con aditivos, los cuales duran periodos determinados. Después hay que suministrarle otro que los proteja. Además hay que evitar fugas y goteras sobre partes metálicas; en general hay que evitar la corrosión a todos costos.
- Se debe procurar que se tengan siempre los medios de suministro de aire, por ejemplo:
 - Aire limpio para la operación del motor.

- Aire fresco para el enfriamiento del motor y generador.

- Medios para desalojar el aire caliente.

- Comprobar siempre que la planta gira a la velocidad correcta por medio de su frecuencímetro y tacómetro.
- Conocer siempre el buen estado de la planta en general.
- Reportar al personal de mantenimiento las fallas en cuanto aparezcan, por muy sencillas que se vean.
- Cuando el motor del interruptor de transferencia derrame lubricante, éste deberá sustituirse por grasa nueva.
- Recurrir al personal de Mantenimiento para implementar un programa de mantenimiento. Abrir un expediente para anotar todos los datos en la ficha de vida de la planta y por medio de ella comprobar la correcta aplicación del mantenimiento.

En el anexo C de este documento se muestra un programa de capacitación para el operario, con la finalidad de instruir al operador para que realice de manera correcta la rutina de mantenimiento preventivo.

8.3. Potencia de operación del equipo

La potencia de operación del equipo, se resume en la siguiente tabla:

Tabla L. Potencia de operación del equipo

DESCRIPCION DEL EQUIPO	POTENCIA DE OPERACIÓN
Televisión	
Amplificador de poder de estado sólido, marca ABE	2000VA
Modulador de FI	100VA
Receptor, modulo RXRL-NV	100VA
Radio	
Amplificador marca RVR modelo VJ5000-TR para FM	10KW
Excitador de FM (87,5-108MHz) modelo TEX 20-NV, marca RVR	100VA
Amplificador de poder RVR modelo PJ 501M	850W
Equipo de radiocomunicación	100VA
Transmisor de FM (87,5-108MHz) modelo VJ 1000, marca RVR	1000VA
Excitador de FM (87,5-108MHz) marca RVR	100VA
Cargas	
luminarias	2237VA
tomacorrientes	3960VA

La mayoría de la potencia instalada es trifásica, con lo que el riesgo de desbalances de carga se reduce en gran medida ya que circulará aproximadamente la misma cantidad de corriente por cada alimentador.

8.4. Análisis

Se procede a calcular los circuitos derivados de los distintos subtableros previamente definidos. Se toma en cuenta que se utilizan luminarias del tipo fluorescente y su forma de cálculo debe prever la carga del balastro y su respectivo factor de potencia. La carga de la luminaria fluorescente se calcula multiplicando la cantidad de tubos que ésta tenga, por la potencia de los mismos, y luego agregándole un 15% de carga del balastro. El factor de potencia normal de estas luminarias es de 0.9.

En la instalación se encuentra diferente tipo de carga, además del equipo instalado, por ello se va a calcular por separado las protecciones y distribución de circuitos para tomacorrientes y luminarias, para que posteriormente se encuentre lo anterior para lo que es exclusivamente el equipo tanto de radio como de televisión.

Tabla LI. Carga instalada en el edificio ubicado en el Cerro Alux

UBICACIÓN	TIPO DE CARGA	No. DE COMPONENTES	CARGA POR UNIDAD (VA)	CARGA TOTAL (VA)
Guardianía	Luminaria fluorescente	2	204,44	409
	Luminaria incandescente	4	100	400
	tomacorrientes	4	180	720
Edificio de Radio y TV.	luminaria fluorescente	5	204,44	1022
	Luminaria incandescente	4	100	400
	tomacorrientes	20	180	3600

A partir las capacidades, se pueden distribuir los circuitos en el tablero como lo muestra la tabla siguiente.

Tabla LII. Distribución de los diferentes circuitos en la instalación

LUGAR	TIPO DE CARGA	No. DE CIRCUITOS	CALIBRE	INTERRUPTOR
Guardianía	Luminarias (incandescentes y fluorescentes)	1	12 TW	1x20A
	tomacorrientes	1	12 TW	1x20A
Edificio (radio y televisión)	Luminarias (incandescentes y fluorescentes)	2	12 TW	1x20A
	tomacorrientes	2	12 TW	1x20A
Edificio (parte de la radio)	Excitador, equipo de radiocomunicación	1	12 TW	1x20A
Edificio (parte de televisión)	Modulador y receptor	1	12 TW	1x20A

Ahora se procede al cálculo de las corrientes nominales del equipo de radio como de televisión, para posteriormente encontrar el calibre del conductor como la capacidad del interruptor:

Tabla LIII. Conductor y protección para los equipos electrónicos

TIPO DE EQUIPO	CAPACIDAD (VA)	I NOMINAL (A)	CAPACIDAD DEL INTERRUPTOR	CALIBRE CONDUCTOR
Amplificador de TV	2000	8,33	2x20A	12 TW
Amplificador de radio	1000	24,06	3x60A	8 TW
Amplificador de FI	850	3,54	2x15A	12 TW
Amplificador VJ	1000	4,17	2x15A	12 TW

Se procede ahora a calcular los alimentadores y las protecciones para los subtableros de radio, televisión y guardianía. En el caso del tablero monofásico a utilizar para los circuitos de guardianía como para los circuitos de alumbrado y tomacorrientes de la instalación, se usarán factores de demanda de 0.8 para los tomacorrientes y unitario para las luminarias.

$$I = \frac{809VA + 720VA + 1422VA + 3600VA}{240V} = 27.3A$$

A partir de este resultado, y tomando en cuenta futuras ampliaciones en la instalación, se selecciona un conductor No.6 THW y un interruptor principal para el subtablero monofásico de 2x60 Amperios. Se utilizará un tablero tipo liviano con barras para 150 amperios, monofásico, sin espacio para interruptor principal, neutral aislado, alimentación inferior, interruptores tipo NA, con 12 polos. Se selecciona neutral aislado, ya que en la instalación se encuentra instalado equipo electrónico, que necesitan una tierra física independiente del neutral del sistema.

Ahora se calcula el tablero secundario para la radio, tomando en cuenta que el equipo funciona todo el tiempo se utiliza un factor de demanda unitario:

$$I = \frac{10000VA + 850VA + 1000VA}{\sqrt{3} * 240V} = 28.51A$$

Se utilizará un conductor No.8 THW, y para la protección de ese subtablero, un interruptor trifásico de 3x60A.

Cálculo para el subtablero del equipo de televisión, al igual que en el caso anterior, se utiliza un factor de demanda unitaria para el equipo:

$$I = \frac{2000VA + 200VA + 1000VA}{240V} = 13.33A$$

Se selecciona un conductor No.8 THW y un interruptor principal para el subtablero de televisión de 2x60A. Las características del tablero son tipo liviano con barras para 150A, monofásico, sin espacio para interruptor principal, neutral aislado, alimentación inferior, interruptores tipo NA, con 12 polos.

Finalmente, se calcula la acometida, el interruptor principal de la misma y la capacidad del banco de transformadores, aplicando a los distintos bloques de carga los respectivos factores de demanda.

Tabla LIV. Sumatoria de toda la carga instalada aplicando su respectivo factor de demanda

TIPO DE CARGA	CARGA INSTALADA (VA)	F. D. (%)	DME (VA)
Iluminación fluorescente	1431	1	1431
Iluminación incandescente	800	1	800
Tomacorrientes	3960	0,6	2376
Amplificador de TV	1000	1	1000
Modulador	100	1	100
Receptor	100	1	100
Amplificador de radio	2000	1	2000
Excitador	100	1	100
Amplificador de FI	850	1	850
Amplificador de radio	10000	1	10000
Equipo de radiocomunicación	100	0,3	30
Sumatoria de carga instalada			18787

Tomando en consideración, que el banco de transformadores actualmente cuenta que para la instalación se tienen un banco de tres transformadores cada

uno de estos de 25kVA y son del tipo convencional, tienen un voltaje primario de 7.6 kV, con 5 taps, para trabajar a 5000pies sobre el nivel del mar.

Teniendo la capacidad del banco de transformadores, se calcula el calibre del conductor:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * 240V} \quad \text{Ec. 8.1}$$

$$I = \frac{75kVA}{\sqrt{3} * 240V} = 180.63A$$

Esta corriente es la máxima corriente que puede proporcionar el banco de transformadores, pero hay que tomar en cuenta que en el lugar el banco de transformadores esta compartido, por ello no se puede disponer de toda esa cantidad de corriente y por lo mismo se va a encontrar el tipo de conductor para la acometida y el interruptor principal en base a la carga instalada en las instalaciones de la radio y agregándole un incremento de un 20% para futuras ampliaciones en la carga, se tiene de carga 22,544VA, entonces se puede utilizar en la instalación cuatro conductores AWG No 1/0 como alimentadores, y para el interruptor principal uno de 3x100A.

8.5. Conclusiones

Debido a que actualmente la ubicación de los tableros de los circuitos no se encuentra ubicada en los lugares idóneos ya que no se encuentran accesibles para el personal de la Radio, se tiene que cambiar la ubicación física de los mismos, con la finalidad de que éstos sean mas eficientes en todo aspecto, tanto técnico como estético. Referente a la capacidad a disposición

con la carga instalada, se tiene que el banco de transformadores esta en capacidad de soportar la carga instalada, sin que el banco sufra sobrecarga o se dispare por ello. En la instalación eléctrica también se tiene un desorden por la ubicación y distribución de circuitos tanto para la radio como para la televisión, y debido a ello es que se readecuaron los circuitos en los distintos tableros. La reubicación de los tableros de distribución se muestra en el plano de los anexos.

La ausencia de una planta eléctrica de emergencia, tiene como una de sus consecuencias la discontinuidad en la transmisión de la radio, por ello tomando en consideración la carga instalada en el lugar (equipos de transmisión), se utilizará una planta que tenga como capacidad al menos 37 kVA, con la finalidad de que ésta soporte toda la carga. El combustible de la planta tiene que ser diesel, ya que éste es mucho más económico que la gasolina y con ello reducir costos de operación de la misma.

Para la instalación de una planta de emergencia, se tiene que tomar en consideración que la misma debe operar automáticamente en el momento de faltar el suministro de la empresa que proporciona el servicio eléctrico. Esta operación es realizada por una “transferencia automática”, que es un equipo electrónico que tiene como función realizar la transferencia de carga, de lo que es el servicio de energía eléctrica a lo que es la planta de emergencia y viceversa, la transferencia cuenta con un sistema programable el cual se encuentra detallado en el siguiente capítulo. Además en lo concerniente al grupo electrógeno se debe incorporar un sistema digital, en el cual se pueda visualizar las distintas funciones de la planta, como por ejemplo, la presión de aceite, temperatura, voltaje, etc. Esta tarjeta y sus funciones se muestran también en el siguiente capítulo de éste documento.

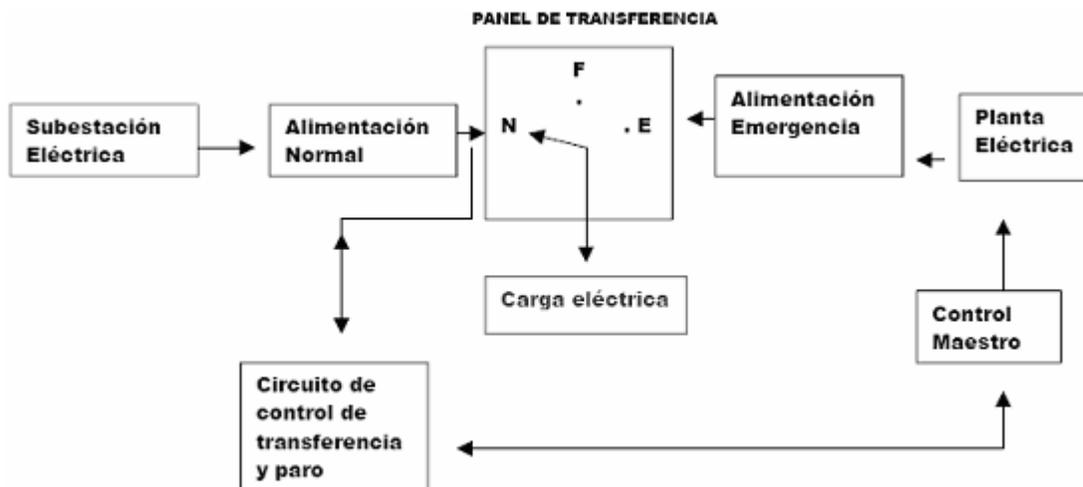
Un parámetro que es de suma importancia por la necesidad que se tiene del mismo, es el pararrayos. Actualmente en la estructura de la antena no se encuentra protección alguna contra descargas electroatmosféricas, por ello se tiene que implementar el uso de un pararrayos que vaya instalado en la punta de la estructura de la torre y conectado a un cable que baje por la estructura por medio de aisladores hasta llegar a una varilla de cobre enterrada en el suelo e interconectada con la malla de tierras para el pararrayo.

Por último, en las instalaciones actualmente no se tiene un sistema para mantener al equipo a una temperatura constante de operación, por ello o para ese propósito se deben utilizar sistemas de aire acondicionado, de las mediciones realizadas tanto para capacidad de la instalación eléctrica así como por tamaño del edificio, se tiene que se necesitan dos unidades del tipo mini-split, y con ello cubrir con los requerimientos en lo concerniente a mantener la temperatura de los componentes electrónicos dentro de los límites de temperatura de los mismos.

9. AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CARGA

Para poder automatizar el sistema de transferencia de carga, se necesitan de componentes que realicen esa tarea. Por ello es que en este capítulo se muestra las diferentes consideraciones para poder realizar el proceso de transferencia automática.

Figura 42. Diagrama de bloques del sistema eléctrico con dos fuentes de alimentación



9.1. Consideraciones del ATI FG WILSON 606 en el proceso de transferencia automática

El ATI 606, es el encargado del control de toda la secuencia y administración de las fuentes de energía de todo el sistema y por lo tanto del encendido y apagado del grupo electrógeno y transferencia de carga eléctrica.

Para que la operación del sistema sea automatizado se debería primero establecerse los requerimientos del sistema automatizado para controlar todas aquellas variables que influyan en la continuidad del servicio de los equipos necesarios para la transmisión de La Radio.

Es necesario establecer los parámetros que fijan la secuencia que ha de tener el programa escrito en el modo de programación del ATI, para su posterior ejecución.

Seguidamente, se establecen los parámetros y consideraciones en forma secuencial lógica, los cuales han de tomarse y definirse para proceder a establecer la secuencia de programa en el ATI:

- Puesto que la fuente primaria o suministro de la Empresa Distribuidora de Energía, esta sujeto en ocasiones a la falta de continuidad, esto influye directamente en el proceso de Automatización. Sin embargo, cuando no existe el suministro de la fuente primaria, la fuente secundaria de energía alimenta a los equipos. Esta fuente la constituye el grupo electrógeno.
- El voltaje en el grupo electrógeno es supervisado por el equipo de transferencia automática, como se describirá posteriormente. El equipo de transferencia establece una señal de inicio, dando comienzo al proceso que ha de realizar el módulo de arranque.
- Tanto el equipo de transferencia como el módulo de arranque siempre se mantienen en funcionamiento esperando el momento en que ocurra un evento. Cuando esto sucede La transferencia automática FG Wilson (ATI), manda una señal de arranque al módulo de arranque (panel de

control) del grupo electrógeno, para proceder a alimentar los equipos. Puesto que se envía una orden de arranque al grupo electrógeno, puede esperarse en algunos casos que por alguna falla interna del grupo electrógeno, no logre arrancar correctamente. Estas fallas y alarmas pueden darse debido a: falta de combustible, alto o bajo voltaje generado, sobre o baja velocidad, aumento de temperatura, etc.

- Como se mostrará mas adelante, el grupo electrógeno consta de un panel de control encargado de supervisar todos sus parámetros de funcionamiento (voltaje, velocidad, frecuencia, etc.), por medio de una tarjeta electrónica (módulo de arranque automático). En el caso de que el grupo electrógeno no logre arrancar correctamente, el panel de control ejecuta dos intentos más de arranque periódicos al grupo electrógeno. Si después de estos dos intentos este grupo no ha logrado estabilizarse, queda alarmado necesitando así una reparación posterior por parte del personal técnico.
- El ATI debe conocer si el grupo electrógeno ha logrado arrancar y generar señal alterna 120/240V CA, 60 Hz para tal efecto el dispositivo consta de un sensor de voltaje CA y frecuencia para el grupo, que indica si el grupo electrógeno ha logrado arrancar y generar a los valores correctos de voltaje y frecuencia. Sin embargo, en algunos casos el grupo no logra arrancar y generar. Por lo tanto la transferencia debe tener cierto criterio de operación para estos casos. Este criterio se establece a continuación.

Si el grupo electrógeno no logra arrancar y generar bien, en este caso crítico el ATI debe suprimir las señales de arranque para el grupo y dar término a su programa. Este comportamiento radica en el hecho de que

en tal momento el grupo electrógeno es la única fuente de energía disponible y adecuada para mantener funcionando La Radio. Si el grupo no logra arrancar y generar, simplemente el ATI debe dejar de ejecutar el programa, quedando en espera de la reparación técnica del equipo. El resultado final de esto es que la radio dejará de funcionar. Para evitar este caso debe tenerse en cuenta el mantenimiento preventivo y correctivo periódico para dicho grupo por parte del personal técnico de la institución. Con la finalidad de evitar en todo lo posible este tipo de caso crítico, en los anexos de este documento se muestra el manual de mantenimiento.

- Cuando el grupo electrógeno ha podido arrancar y generar, el ATI debe encargarse de hacer la transferencia de la carga del equipo de transmisión de La Radio por el grupo electrógeno. Esto se realiza a manera de “switch” de transferencia de carga de una fuente de energía a otra. Para ello el ATI envía una señal a un relé que controla la bobina de un contactor encargado de hacer la transferencia de la carga. Con esto se logra alimentar adecuadamente al equipo de La Radio.
- Transcurrido el tiempo, y cuando vuelve la fuente principal, nuevamente por la acción del switch de transferencia de carga, la carga regresa a la fuente de energía principal.
- Luego de hacer la transferencia, el ATI debe mantener el grupo electrógeno funcionando durante 5 minutos o más, tiempo utilizado para enfriamiento del motor del grupo, posteriormente a dicho tiempo el ATI debe suprimir la orden de arranque que da finalización al proceso de automatización cuando la fuente de energía primaria (Suministro de la

empresa distribuidora de energía) falla. Es decir cuando el suministro de energía de la empresa distribuidora a regresado o retornado.

En las descripciones anteriores se definieron algunas variables críticas que afectan la continuidad de servicio eléctrico dentro de la instalación de transmisión, para lo cual el ATI en conjunto con el módulo de arranque debe actuar acorde a los requerimientos anteriores.

Sin embargo, dichos requerimientos no contienen todo el proceso de automatización del sistema de energía de una transmisora de radio que sufra discontinuidad en el servicio eléctrico, puesto que estos procedimientos forman parte importante en la seguridad de la continuidad de servicio. A continuación se prosigue a listarlos.

El ATI debe ejecutar una secuencia igual a la anteriormente listada para ejercitar el grupo electrógeno. Sin embargo, esta secuencia debe realizarse como un ejercicio cíclico. Este ejercitador tiene los requerimientos siguientes:

- El ATI ejecuta todo su proceso normal de arranque de grupo electrógeno y transferencia de carga.
- El ATI mantiene operando al grupo electrógeno a la carga de La Radio. Posteriormente a dicho período desconecta la carga y apaga el grupo electrógeno, previamente 5 minutos de enfriamiento.
- El módulo de arranque automático proporciona 30 segundos de precalentamiento, previo a arrancar el grupo electrógeno.

- El ATI acepta una activación manual de prueba “test” para activación de todo el sistema no procedente del módulo de arranque. Esto simula la señal de inicio al proceso de transferencia de carga. El proceso dura el tiempo que el operador desee. Posteriormente desconectada la señal manual, mantiene 2 horas más de utilización y seguidamente se apaga todo el equipo (previamente el período de enfriamiento). Este procedimiento se realiza para que el personal técnico de la institución, realice pruebas para el mantenimiento preventivo o correctivo del sistema de energía.

Con esto se ha establecido una vista global de todos los requerimientos que necesita el programa interno del ATI para su correcta aplicación en el sistema. Para una mayor comprensión del funcionamiento del ATI y del módulo de arranque automático se procede a mostrar el funcionamiento, componentes y modo de programación de los mismos.

Para poder realizar la automatización de la planta de emergencia, se necesita de dos dispositivos que realicen las tareas específicas en el sistema. Los dispositivos necesarios son: El de transferencia automática y una tarjeta electrónica para proporcionar el arranque automático.

Para el arranque automático se utilizará uno de marca DEEP SEA ELECTRONICS PLC modelo 703. Y para la función de transferencia de carga se utilizará una transferencia automática marca FG WILSON tipo lógica de 125A.

Primeramente se explicará en que consiste el módulo de arranque automático con sus funciones para poder establecer los criterios de automatización.

9.1.1. Descripción de operación del módulo de arranque automático

El módulo 703, es el encargado del control de arranque y paro de la planta de emergencia o grupo electrógeno. Para ello, primero se establecerán los requerimientos del sistema automatizado para controlar todas aquellas variables que influyen en la continuidad del servicio de los equipos de transmisión de La Radio. Es necesario establecer los parámetros que fijan la operación del módulo para que de esa manera se pueda implementar de la mejor manera.

Descripción de operación:

- Tanto para operación en modo automático se tiene presionando el botón con la tecla “AUTO” O “MANUAL”. Un led indicador al lado del botón confirma la acción. La secuencia de arranque se inicializa cuando la entrada de arranque remoto se activa. Para permitir falsas señales de arranque se inicializa el temporizador de retardo de arranque. Después de este retardo, si la opción de precalentamiento es seleccionada, el tiempo de precalentamiento se inicializa y la correspondiente salida auxiliar se energizará.
- Después del retardo el solenoide de combustible se energiza y un segundo después el motor de arranque es embragado. El motor dará marcha por un período de 10 segundos. Si el motor no arranca durante este intento de marcha, el motor de arranque se desembraga por un período de 10 segundos. Esta secuencia continuará hasta 2 intentos más de arranque, la secuencia de arranque se terminará y la señal de falla de arranque se iluminará. Al momento de que se presente una falla

el motor de arranque es desembragado y bloqueará con una medición de 20 Hz en la salida del generador. El incremento en la presión de aceite también puede usarse para desconectar el motor de arranque. De cualquier manera no puede usarse para detección de baja velocidad o alta velocidad.

- Después de que el motor de arranque se ha desembragado, el tiempo de activación de protecciones se activa (que esta fijo a 12 segundos), permitiendo que la presión de aceite, temperatura de agua, baja velocidad, falla del alternador y cualesquiera de las entradas auxiliares retardadas se estabilicen antes de disparar la falla. Una vez que el motor se encuentra trabajando, la salida de generador trabajando sea activa si esta ha sido configurada. Si se quita la señal de arranque remoto, el temporizador de retardo de paro se inicializa. Una vez que transcurre, el solenoide de combustible es des-energizado, permitiendo al generador detenerse.
- Las advertencias en el módulo se usan para prevenir al operador de una posible falla, por ejemplo si el módulo no detecta voltaje desde la Terminal de la luz de alarma en el alternador auxiliar de carga, se iluminará el icono de batería.

Los paros son retenidos y detienen al generador. La alarma deberá de ser borrada y la falla removida para reestablecer el módulo. En el evento de un paro, el respectivo icono se iluminará.

El dispositivo muestra los diferentes tipos de fallos que se pueden dar:

- Falta de arranque: si el motor no arranca después de los tres intentos de arranque preestablecidos, el paro se inicializa. Se iluminará su respectivo icono.
- Baja presión de aceite: si el módulo detecta que la presión de aceite del motor ha caído por abajo del ajuste del interruptor de presión de aceite, después de que el tiempo de activación de protecciones ha terminado, el paro ocurrirá. Su respectivo icono se iluminará.
- Alta temperatura de agua: si el módulo detecta que la temperatura de enfriamiento del motor ha excedido el ajuste del interruptor de alta temperatura, después de que el tiempo de activación de protecciones ha terminado, el paro ocurrirá. Su respectivo icono se iluminará.
- Sobre-velocidad: si el motor excede el corte pre-ajustado (14% arriba del valor nominal de la frecuencia) el paro se inicia. La sobre-velocidad no es retardada, es un paro inmediato. Su respectivo icono se iluminará.
- Baja-velocidad: si la velocidad del motor cae por debajo del corte pre-ajustado (20% de la frecuencia nominal) después de que el tiempo de activación de protecciones ha terminado, el paro se presenta. Su respectivo icono se iluminará.
- Entradas 1 y 2: pueden ser configuradas como advertencias o paros. El icono dedicado se iluminará cuando la entrada se active.

Para poder configurar la tarjeta, dependiendo las necesidades o aplicaciones que se vayan a tener se realiza de la siguiente manera:

- Con la unidad en el modo paro, el modo de configuración se selecciona operando un pequeño interruptor en la parte trasera a mano izquierda de la tablilla. Este se encuentra parcialmente escondido para prevenir una operación accidental.
- Una vez que el modo de configuración es seleccionado, el led “auto” comenzará a parpadear rápidamente y toda operación normal se suspende.
- El botón paro se usa para seleccionar el led de código que corresponde a la función requerida. Los 5 leds del lado izquierdo formarán este código. Ver la tabla de configuración.
- El botón manual permitirá al usuario el cambio del valor asociado. Los 3 leds del lado derecho le informan al usuario del actual ajuste de la función seleccionada. Ver tabla de configuración.
- Cuando los parámetros requeridos son mostrados, presionando el botón auto salvará el nuevo ajuste y el proceso se repetirá para cada cambio de función.
- Cuando la configuración se complete, el selector del modo de configuración deberá regresarse a la posición de “normal”.

La tabla de configuración, muestra los distintos valores con los que se puede configurar la tarjeta. La tabla se muestra en la siguiente tabla.

Tabla LV. Modo de programación del módulo de arranque automático

TABLA DE FUNCIONES Y CONFIGURACION									
Función							! 1	! 2	Valor (fabrica negritas)
Retardo de paro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0 segundos
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	5 segundos					
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	10 segundos					
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	15 segundos				
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	20 segundos
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	30 segundos
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	60 segundos
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	180 segundos
Usado para dar un retardo entre la desactivación de la señal de arranque remoto y el paro de motor.									
Energiza p/paro Tiempo retención	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0 segundos
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	5 segundos					
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	10 segundos					
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	15 segundos				
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	20 segundos
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	30 segundos
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	60 segundos
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	180 segundos
Usado para el control del solenoide de paro del motor.									
Retardo de paro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0 segundos
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	5 segundos					
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	10 segundos					
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	15 segundos				
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	20 segundos
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	30 segundos
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	60 segundos
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	180 segundos
Usado para dar un retardo entre la desactivación de la señal de arranque remoto y el paro de motor.									
Energiza p/paro Tiempo retención	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0 segundos
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	5 segundos					
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	10 segundos					
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	15 segundos				
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	20 segundos
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	30 segundos
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	60 segundos
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	180 segundos
Usado para el control del solenoide de paro del motor.									

Continúa

Frecuencia nominal	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	50 Hz (s/v + 14% sobretiro + 24%)					
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	60 Hz (s/v + 14% sobretiro + 24%)

Frecuencia nominal del sistema. Entre 50 ó 60 Hz.

Voltaje nominal cd	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	12 vcd (falta alternador 8 vcd)
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	24 vcd (falta alternador 16 vcd)

Voltaje de batería del generador. Entre 12 y 24 vcd. Se usa para el nivel de falla del alternador de carga de batería

baja presión de aceite	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Cerrar para falla
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Abrir para falla

Configuración del interruptor de presión de aceite. Entre cerrar a negativo de batería para falla o abrir para falla

Temperatura de agua	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Cerrar para falla
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Abrir para falla

Configuración del interruptor de temperatura de agua. Entre cerrar a negativo de batería para falla o abrir.

Desconexión de marcha por P.A.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Deshabilitado				
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Habilitado (retardo 2seg)

Si está habilitado, el motor de arranque se desconectará 2 segundos después de que el interruptor de presión de aceite ha detectado presión.

Detección de baja velocidad	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Deshabilitado
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Habilitado (-20%)

Si está habilitado, la unidad parará al generador si la frecuencia cae por debajo de 20% de la frecuencia nominal

Entrada auxiliar 1	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Advertencia inmediata Cerrar para falla
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Advertencia inmediata Abrir para falla
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Paro inmediato Cerrar para falla
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Paro inmediato Abrir para falla				
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Advertencia retardada Cerrar para falla
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Advertencia retardada Abrir para falla				
	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Paro retardado Cerrar para falla
	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Paro retardado Abrir para paro				

Entradas programables, pueden configurarse de acuerdo a lo siguiente:

- Advertencia inmediata, cerrar para falla: si la entrada se activa en cualquier momento, la unidad se alarmará y energizará la advertencia común y la salida de alarma común.
- Advertencia inmediata, abrir para falla: si la entrada es desactivada en cualquier momento, la unidad se alarmará y energizará la advertencia común y la salida de alarma común.
- Paro inmediato, cerrar para falla: si la entrada es activada en cualquier momento, el generador se detendrá y energizará la advertencia común y la salida de paro común. El generador no podrá arrancarse.
- Paro inmediato, abrir para falla: si la entrada es desactivada en cualquier momento, el generador se detendrá y energizará la advertencia común y la salida de paro común. El generador no podrá arrancarse.
- Advertencia retardada, cerrar para falla: si la entrada es activada y el tiempo de activación de protecciones ha transcurrido, la unidad se alarmará y se energizará la advertencia común y la salida de alarma común.
- Advertencia retardada, abrir para falla: si la entrada es desactivada y el tiempo de activación de protecciones ha transcurrido, el generador se detendrá y se energizará la advertencia común y la salida de paro común.
- Paro retardado, cerrar para falla: si la entrada es desactivada y el tiempo de activación de protecciones ha transcurrido, el generador se detendrá y se energizará la advertencia común y la salida de paro común.

Continúa

Salida auxiliar 1	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	No se usa
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Pre calentamiento				
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Motor trabajando
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Advertencia común
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Paro común
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Sistema en auto
	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Alarma común
	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Energizar para parar
<p>Salidas programables, pueden configurarse de acuerdo a lo siguiente.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pre calentamiento: la salida se energiza por el periodo del temporizador de pre calentamiento, antes de la marcha y entre los intentos de marcha. - Motor trabajando: la salida se activa después de que el tiempo de activación de protecciones ha transcurrido. - Advertencia común: la salida se activa cuando cualquiera de las alarmas de advertencia se activa. - Paro común: la salida se activa cuando cualquiera de las alarmas de paro se activa. - Sistema en auto: la salida se activa cuando el sistema se encuentra en el modo automático. - Alarma común: la salida se activa cuando existe cualquier condición de alarma. - Energizar para parar: la salida es energizada cuando el motor es requerido para parar (normal o en condición de falla), y permanecerá energizado por el periodo del temporizador de energizar para parar, para asegurarse que el motor se ha detenido completamente. 								
Salida auxiliar 2	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	No se usa
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Pre calentamiento				
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Motor trabajando
	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Advertencia común
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Paro común
	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Sistema en auto
	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Alarma común
	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Energizar para parar
<p>Salidas programables, pueden configurarse de acuerdo a lo siguiente.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pre calentamiento: la salida se energiza por el periodo del temporizador de pre calentamiento, antes de la marcha y entre los intentos de marcha. - Motor trabajando: la salida se activa después de que el tiempo de activación de protecciones ha transcurrido. - Advertencia común: la salida se activa cuando cualquiera de las alarmas de advertencia se activa. - Paro común: la salida se activa cuando cualquiera de las alarmas de paro se activa. - Sistema en auto: la salida se activa cuando el sistema se encuentra en el modo automático. - Alarma común: la salida se activa cuando existe cualquier condición de alarma. - Energizar para parar: la salida es energizada cuando el motor es requerido para parar (normal o en condición de falla), y permanecerá energizado por el periodo del temporizador de energizar para parar, para asegurarse que el motor se ha detenido completamente. 								

Fuente: Manual módulo de arranque automático, **DSE**. Pág. 8.

En la unidad 9.3 de este documento, se muestra la forma de conexión de la tarjeta con la descripción de sus terminales así como con todas sus especificaciones técnicas.

9.1.2. Descripción de operación del módulo de Transferencia Automática (ATI) 606

Ahora se procede a mostrar el funcionamiento como componentes de la Transferencia Automática. La transferencia automática, tiene la capacidad de transferir la carga del suministro de energía eléctrica a la planta de emergencia y viceversa. Al igual que el auto-arranque, la transferencia contiene diferentes medios de protección para la protección del grupo electrógeno. Tiene una capacidad máxima de 125A, y puede ser configurada en las siguientes conexiones: delta-estrella, estrella-delta, estrella-estrella y delta-delta. Una de las características de este sistema de transferencia es que la misma puede ser operada en modo manual o automático. Esto lo hace por medio de un sistema que contiene un interruptor motorizado, el interruptor incluye o encierra tres diferentes partes:

- Un interruptor mecánico.
- Un block motorizado para operar el interruptor eléctricamente.
- Un modulo electrónico en la parte de arriba del block motorizado, manejando las pérdidas de fuente o suministro y la secuencia de retorno.

Además el módulo de transferencia automática (ATI) contiene las siguientes funciones.

- Fuentes de monitoreo incluidas.
- Transferencia en modo Manual/Automático.

- Test de monitoreo de operación.
- Medidor de voltaje y frecuencia.
- Información si hay error de operación.

La programación del ATI, es posible en modo automático “posición 1”, cuando la fuente principal es incluida, ó cuando se encuentra en modo manual. La programación no es posible cuando se realiza un “test” o la secuencia en modo automática esta activada.

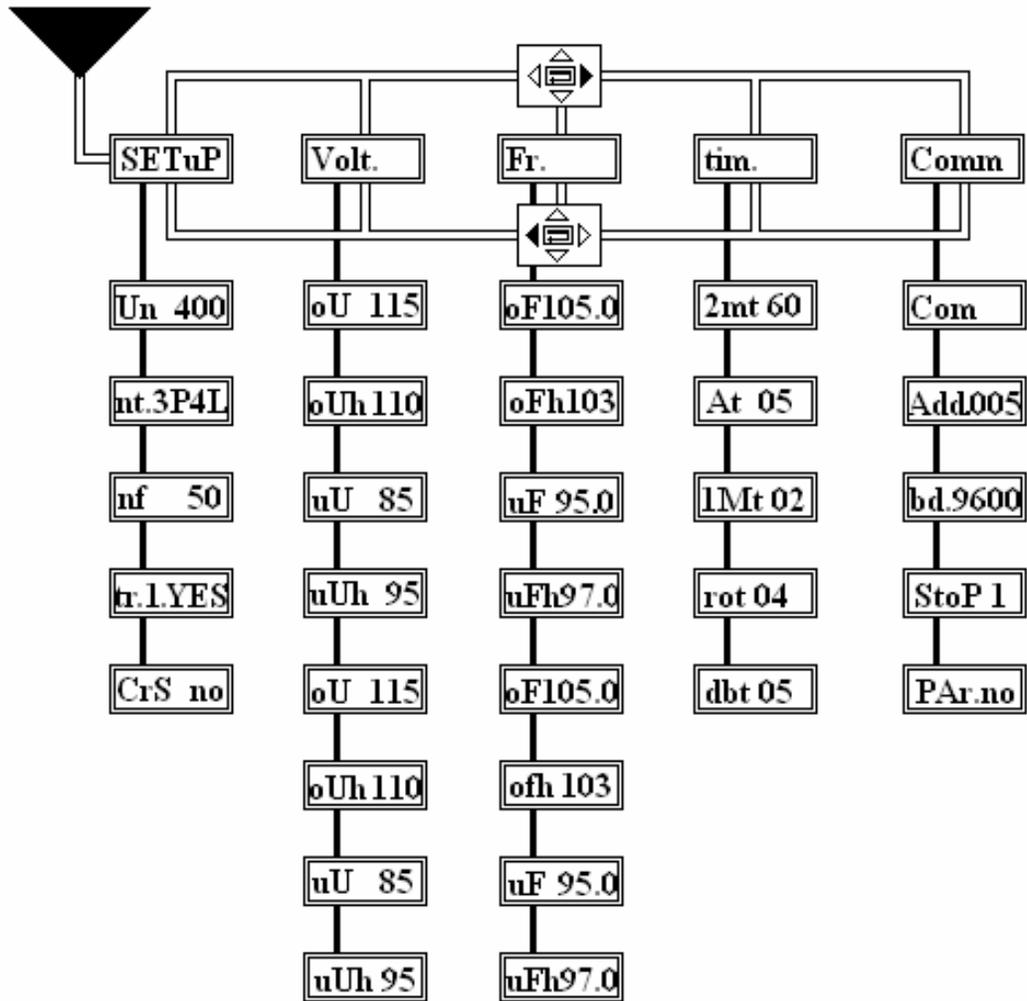
Para acceder al modo de programación, se tiene que dejar presionado por 5 segundos el botón de enter, y entonces ingresar el código 1000, para salir de la programación y regresar al modo de visualización, se presiona nuevamente la tecla enter por 5 segundos. El modo de programación integra 5 menús.

- Setup: Parámetros de red.
- Volt: Detección de niveles de voltaje.
- fr: Detección de niveles de frecuencia.
- tim: Ajustes de temporizadores automáticos.
- Comm: Parámetros de comunicación, módulo de comunicación.

El diagrama siguiente muestra la arquitectura y navegación de los menús de programación. Estos parámetros deben ser verificados siempre y

modificarlos acorde a la aplicación de los mismos. Para mayor ilustración de cada uno de los 5 menús.

Figura 43. Diagrama de menús de programación del módulo



Fuente: Manual de operación de modulo de transferencia automática, **FG WILSON**. Pág. 35.

Para poder acceder a la operación en modo manual del ATI, se gira el switch-llave llevándolo a la posición manual. Cada vez que el ATI se encuentra en modo manual se pueden realizar las siguientes operaciones:

- Acceder a programar y la visualización de menús.
- A operar el switch manualmente.
- Arrancar el generador usando el botón de “test sin carga”.

La operación en modo automático del ATI, se lleva a cabo girando la switch-llave a la posición automática. Las posibles acciones que se pueden realizar en este modo son las siguientes:

- Acceder a programación y visualización de menús.
- Arrancar sin carga ó con carga para pruebas.
- Arrancar la secuencia de pérdida de fuente principal.
- Arrancar la secuencia de retorno de fuente principal.

El módulo incluye un switch de posición, los cuales indican la nueva posición que éste tendrá dependiendo de lo que ocurra en ese momento, lo anterior sucede de la siguiente manera.

- Si la posición del switch se encuentra en fuente principal y ocurre que se incluye el generador ó no lo incluye, la nueva posición del switch será el de fuente principal (posición 1).

- Si la posición del switch se encuentra en fuente principal (posición 1) y ocurre que no se incluye fuente principal por un período de tiempo mayor al del temporizador para mandarle señal al módulo de arranque, y el generador se encuentra incluido ó no. Entonces el switch cambia a generador ó fuente secundaria (posición 2), si el generador ha arrancado y está esperando por el período dado por el temporizador antes de arrancar.
- Si la posición esta en generador (posición 2) y ocurre que el generador está funcionando con carga y la fuente principal no se encuentra incluida o funcionando. Entonces la nueva posición será la de generador.
- Si se encuentra en posición 2, y ocurre que el generador funciona con carga, la fuente principal retorna ó está incluida por un período de tiempo 1MT (tiempo del temporizador para retorno). Entonces la nueva posición es fuente principal o posición 1.
- Si se encuentra en posición cero, incluye fuente principal y no incluye generador. Entonces la nueva posición es de transferencia a fuente principal ó de posición 1, no sin antes esperar el conteo descendente del temporizador de retorno a fuente principal.
- El switch se encuentra en posición cero, y ocurre que incluye fuente principal e incluye fuente secundaria (generador). Entonces la nueva posición del interruptor será la de fuente principal (posición 1).

- Se encuentra en posición cero, y ocurre que incluye fuente secundaria y no incluye fuente principal. Entonces la nueva posición del switch es de fuente secundaria (posición 2).
- Se encuentra en posición cero, y ocurre que no incluye fuente principal ni fuente secundaria. Entonces no se realiza ninguna acción, porque no hay energía, cuando la energía regresa entonces cambia a la posición 1 ó a la posición 2, dependiendo cual sea la que retorne primero.

La secuencia automática de pérdida de fuente principal, se produce si se cumple antes con los siguientes requerimientos:

- El interruptor tiene que estar en la posición 1.
- La fuente es incluida.
- El generador esta arrancado o apagado.

La secuencia automática de retorno de fuente se lleva a cabo, siempre y cuando se cumpla con lo siguiente:

- La fuente principal no esta incluida.
- El switch está en posición 2.
- El generador se encuentra apagado.

Cada vez que la fuente principal retorna, puede ser preferible no transferir inmediatamente la carga del generador a la fuente, porque la fuente principal

puede perderse nuevamente. Tanto la secuencia de retorno de la fuente principal, como la de pérdida de fuente principal se muestran a través de los algoritmos de proceso, de la siguiente sección.

Cuando el personal técnico necesite realizar pruebas al sistema se debe usar el modo de prueba o test. Para acceder al modo de prueba (test), se presiona la tecla superior izquierda de la tecla de enter, por un periodo de 5 segundos y se ingresa el código 4000 posteriormente se presiona la tecla enter. Para salir del mismo se presiona nuevamente la tecla que se utilizo para acceder nuevamente por 5 segundos. La prueba (test), se realiza sin carga esta prueba es posible en modo automático y teniendo al switch en posición 1, cuando la fuente principal esta incluida ó en modo manual. Esto puede ser considerado como un generador arrancado en modo manual. La descripción es la siguiente:

- Este modo permite pruebas a generador sin carga, transferir de fuente principal al generador.
- El generador es arrancado y detenido normalmente.
- Esta prueba es posible en modo automático ó manual.
- Esta prueba no es posible cuando una secuencia automática esta corriendo.

La prueba (test) con carga, se puede realizar en modo automático en la posición 1 y la fuente principal incluida. La descripción es la siguiente:

- Esta prueba simula una condición de pérdida de fuente, la secuencia de pérdida de fuente es arrancada y la fuente retorna, la secuencia automática es activada tan pronto como el generador es incluido.
- Todos los temporizadores corren siguiendo sus ajustes.
- La retransferencia inhabilita la característica de que se encuentren siempre activado durante la prueba con carga (la llave-switch).

9.2. Diagrama de algoritmo del proceso

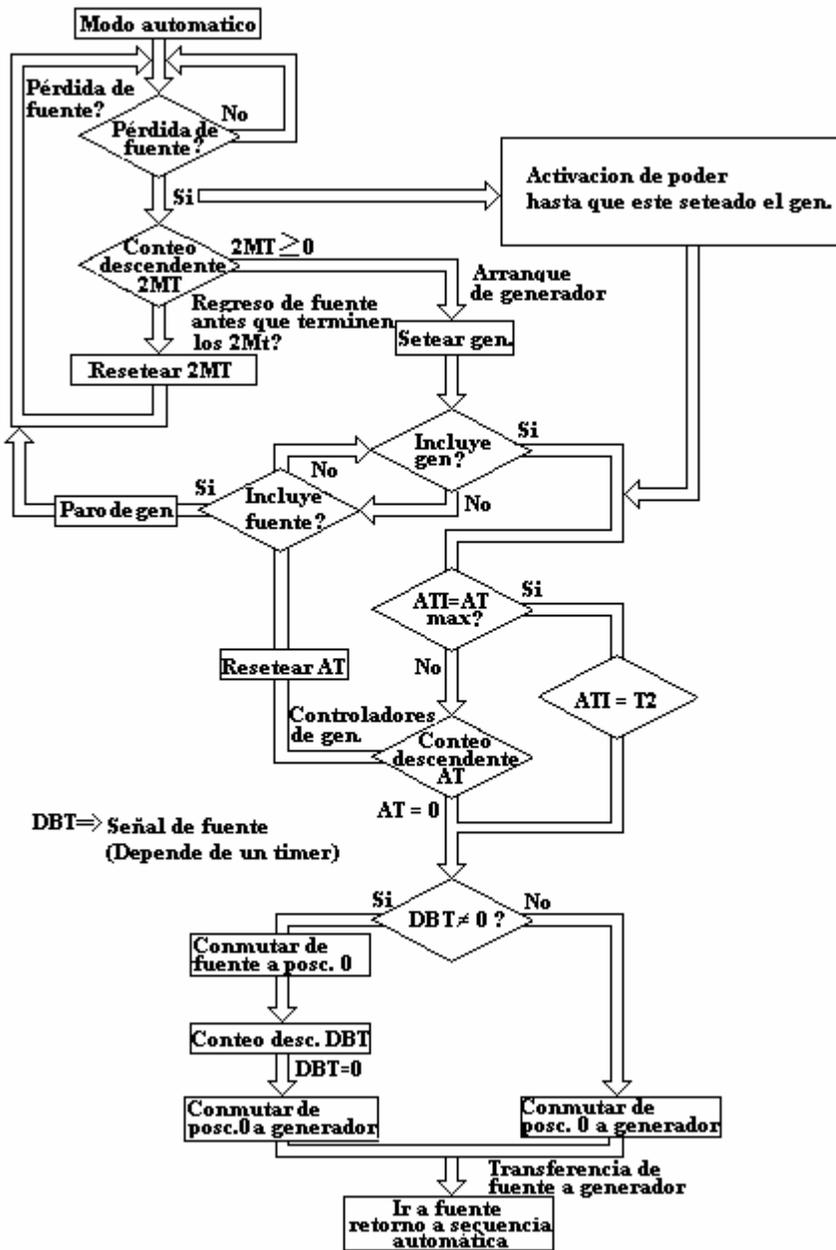
Ahora que se entiende el proceso de automatización que ha de realizar el ATI, en conjunto con el módulo de arranque automático, se puede definir un algoritmo del proceso, que describa prontamente la lógica de operación.

Este diagrama toma como base la descripción previamente listada a esta sección. El ATI establece un criterio de prioridad de inicio y término a los procesos de funcionamiento.

Durante la ejecución del proceso normal después de dada la señal de inicio, puede darse si fuera el caso, que alguno de los controles de origen a otra señal de inicio y la mantenga, pero sin embargo el ATI, debe obviar dicha señal, siguiendo su proceso normal.

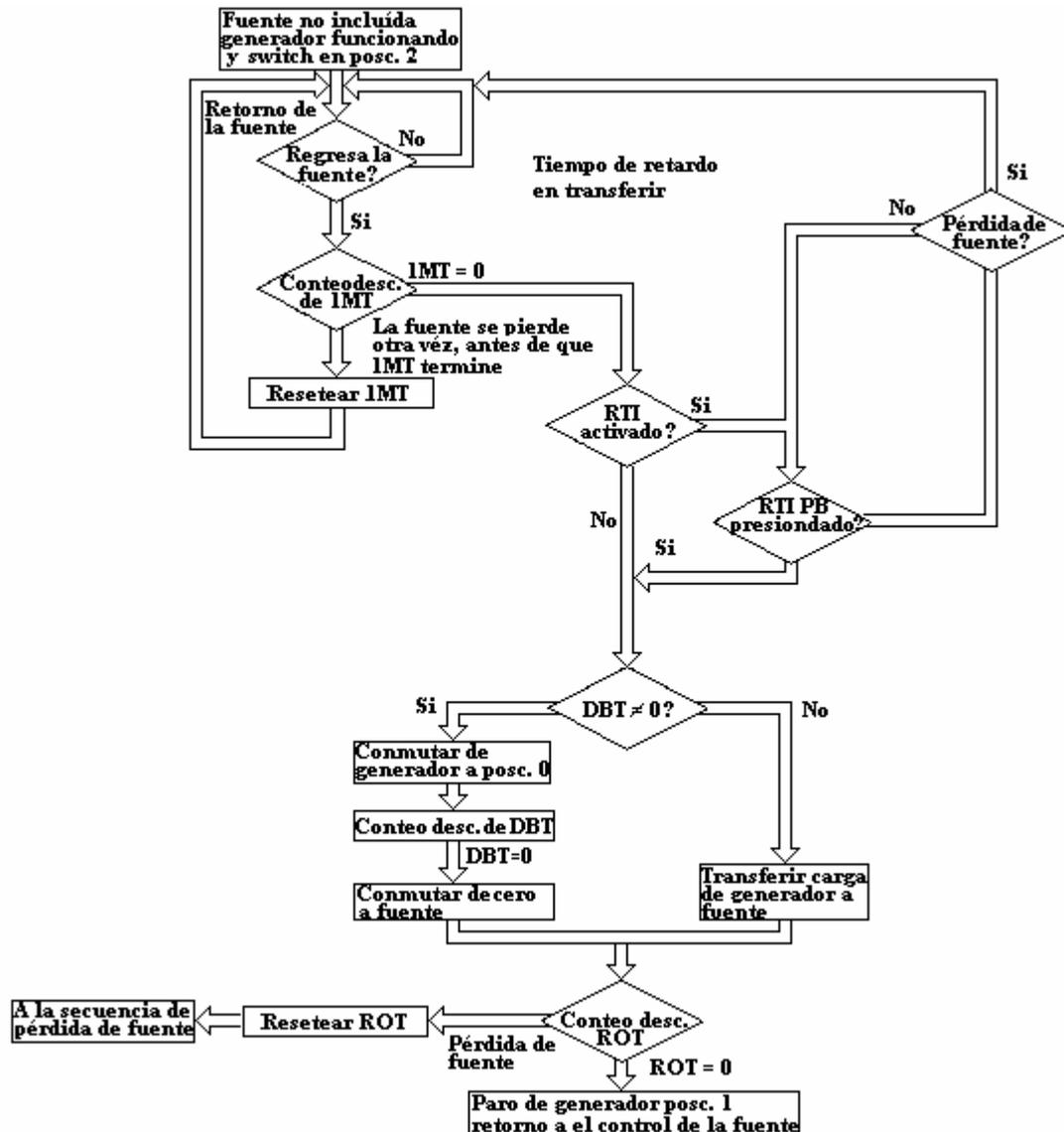
En el caso de dar término al proceso, el ATI da prioridad a la última señal de inicio que desaparece, determinando así el comienzo de la parte final del proceso y apagando el equipo.

Figura 44. (a) Diagrama del proceso de pérdida de fuente del programa del ATI 606



Fuente: Manual de operación de modulo de transferencia automática, FG WILSON. Pág. 46.

(b) Diagrama del proceso de retorno de fuente principal del programa del ATI 606



Fuente: Manual de operación de modulo de transferencia automática, **FG WILSON**. Pág. 48.

9.3. Consideraciones eléctricas

En esta sección, se muestra la manera eléctrica en la cual se conecta el grupo electrógeno, módulo de arranque automático, interruptor de transferencia.

Para que de esa manera el sistema automatizado completo garantice la continuidad del funcionamiento de los equipos en la transmisora de la Radio.

El equipo de transmisión, cuenta con amplificadores de potencia, osciladores, etc. Además de este equipo la estación, cuenta con un regulador de voltaje, así como un convertidor delta-estrella.

Esto sucede, debido a que el equipo trabaja en configuración estrella. Y el servicio solo se ofrece en configuración delta, con el propósito de servir como una trampa de armónicos.

En la instalación se debe ubicar un tablero general, en el cual se conectan los interruptores principales para los subtableros del equipo de televisión, radio y para el de iluminación y tomacorrientes generales. Los alimentadores para ese tablero son cuatro conductores de calibre número 2 y uno número 4 que se encontrarán en un ducto PVC eléctrico de 1 ¼" de diámetro.

La distribución hacia el subtablero de la radio se realiza primeramente realizando la conversión a estrella y posteriormente se regula la tensión por medio del regulador de voltaje para finalizar en el tablero del equipo de radio, para este propósito se utiliza tubería de 1 ¼" y cuatro conductores No.2 y uno de 1.

Los conductores que provienen de la planta de emergencia son cuatro conductores No.2 por medio de un ducto PVC eléctrico de 2" de diámetro.

Como el interruptor de transferencia automático (ATI) es el encargado de realizar la transferencia, para ese propósito el mismo cuenta con barras en las cuales se conecta tanto los conductores provenientes de la fuente principal

como los precedentes del grupo electrógeno (planta de emergencia). La forma de conexión del equipo es la siguiente: Utiliza 3 fases, cuatro cables, configuración V606 240/120 Vac 60 Hz en conexión delta.

En el ATI, abajo del switch se encuentran 5 terminales identificadas de la letra f a la j, las mismas son salidas las cuales son identificadas de la siguiente manera: Contacto f, g y h son cerrados cuando el interruptor se encuentra en posición 1, 2 ó 0. El contacto i (normalmente abierto), es cerrado cuando el interruptor esta en modo automático. El contacto j, es cerrado cuando el interruptor esta en modo automático. El contacto j (normalmente abierto), el contacto es cerrado cuando el switch es cerrado con llave.

Las salidas que mandan señal al módulo de arranque son 9-10 y 11-12 identificadas como a y b respectivamente. La “a” manda información si la fuente está incluida. La salida “b” manda información si el generador se encuentra incluido. Ambas son contactos normalmente abiertos.

La terminal 7 es el terminal común. Las terminales 7-8 son entradas y sirven para que cuando el AT temporizador (timer) está inactivo, entonces se mantienen cerrados los contactos (contactos normalmente cerrados). Las terminales 7-9 son entradas y sirven para que cuando se realice un test remoto con carga en modo automático, esos contactos se cierren. La terminal 10 sirve para que el equipo no se pierda la configuración, cuando no existe energía. La terminal 11-12, son una salida que manda señal de arranque para el generador.

Las demás características fueron mostradas en la unidad anterior en los anexos de este documento, se muestran los planos de la distribución de los tableros. Para mayor ilustración de las conexiones.

La conexión del módulo de arranque automático, la constituye la conexión de los 21 pines del módulo, La descripción de cada una de las terminales, así como las especificaciones técnicas del mismo, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla LVI. Especificaciones técnicas del módulo de arranque automático

PIN No.	DESCRIPCION	TAMAÑO CABLE	NOTAS
1	Entrada de suministro de CD de planta (-ve)	1,0 mm	Conectado a negativo de batería
2	Entrada de suministro de CD de planta (+ve)	1,0 mm	Conectado a positivo de batería (se recomienda fusible de 2A)
3	Salida de relevador de combustible	1,0 mm	Se usa para operar el relevador de Combustible
4	Salida de relevador de marcha	1,0 mm	Se usa para operar el relevador de Marcha
5	Salida auxiliar 1	1,0 mm	Salida configurable
6	Salida auxiliar 2	1,0 mm	Salida configurable
7	Entrada de falta de alternador/salida de excitación	1,0 mm	No deberá de conectarse al negativo de la planta si no se usa
8	Entrada de presión de aceite	0,5 mm	Conecta a negativo
9	Entrada de temperatura de agua	0,5 mm	Conecta a negativo
10	Entrada auxiliar 1	0,5 mm	Conecta a negativo
11	Entrada auxiliar 2	0,5 mm	Conecta a negativo
12	Entrada de arranque remoto	0,5 mm	Conecta a negativo
13	No se usa		
14	No se usa		
15	Tierra funcional	1,0 mm	Conectar a una buena tierra funcional
16	No se usa		
17	No se usa		
18	No se usa		
19	No se usa		
20	L1 de emergencia	1,0 mm	No se conecta si no se usa (Fusible 2A)
21	Neutro del generador	1,0 mm	No se conecta si no se usa (Fusible 2A)

Fuente: Modulo de arranque automático, **DSE**. Pág. 12.

10. COSTO DE RESTAURACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA RADIO UNIVERSIDAD, ASÍ COMO EL COSTO DE LA INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA EN EL CERRO ALUX

10.1. Costo de restauración del sistema eléctrico de La Radio Universidad

Para determinar el costo que tendría llevar a cabo la restauración del sistema eléctrico en las instalaciones de la Radio Universidad, ubicadas en el CCU (Centro Cultural Universitario), se tomo en cuenta los precios que tiene el material así como componentes en el mercado.

Todos los costos son exclusivamente en lo concerniente a material y equipo, no así en lo concerniente a mano de obra. Por lo anterior es que se tiene que al momento de que se realizará la restauración hay que tomar por aparte los costos en el rubro citado anteriormente.

Se tiene el que el costo de estos componentes son un valor promedio, ya que los costos oscilan en el medio, y por lo mismo se considero lo anterior para establecer el costo que tendría tal restauración.

En la tabla LVII, se puede visualizar los costos en forma desglosada de cada uno de los componentes y el costo total de los mismos, para la restauración de la instalación eléctrica de las instalaciones de Radio Universidad ubicadas en el CCU.

Tabla LVII. Costo de materiales para la restauración de las instalaciones eléctricas de Radio Universidad ubicadas en el CCU

Descripción de componentes	Cantidad	Costo por unidad (Q)	Costo total (Q)
Tomacorrientes			
Polarizados	83	3.00	249.00
Cables			
No.12	2543.02m	2.34/m	5,950.67
No.14	817,24m	1,74/m	1,422.00
No.2	250m	24,75/m	6,187.50
No.2/0	51m	15,60/m	800.00
No.8	30m	10,11/m	303.30
Cajas			
Rectangulares	103	6,00	618.00
Octogonales		1,59	
Interruptores			
De 16A, unipolar 127V/220V, frecuencia 60Hz simple (placa incluida), marca bticino.	25	16.00	400.00
Luminarias			
Lampara 2x40 RS comercial "PROELCA"	84	258.72	21,732.48
Tubo fluorescente 40 W DL "SILVANIA"	168	6.88	1,156.21
Luminarias incandescentes tipo neoclásico	6	80.00	480.00
Tableros			
Tablero monofásico de 16 polos, neutro aislado 125A, marca General electric	2	400.00	800.00
Interruptores Termomagneticos			
Interruptores termomagneticos marca general electric	32	20.00	640.00
Varillas de cobre			
Varillas de cobre de 3/8"x8pies	8	64.82	518.84
Ductos			
Canaleta plástica (20*12,5mm) "	354.68m	14.50/2m	4,030.00
Canaleta plástica	166.43m	8.00/2m	665.44
tubo PVC gris TUBOVINIL plástico, marca AMANCO			
1/2"	192m	6.88/3m	660.44
1"	142m	13.92/3m	658.88
1 1/4"	75m	19.54/3m	500.00
Ducto de aluminio de 1 1/4"	100m	79.56/3m	2.652.00
Pararrayo			
INGESCO PDC para radio de 30m	1	30,400.00	30,400.00
Regulador de voltaje			
Marca STACO ENERGY PRODUCTS CO., 2.5kVA., 120/240V.	1	8,865.00	8,865.00
Accesorios			
Placa metálica para tomacorriente	83	3.50	290.50
Tornillos para suspensión de luminarias			400.00
Abrazaderas para ducto (con sus accesorios)			400.00
			90,379.76

10.2. Costo de la instalación y mantenimiento de la planta eléctrica de emergencia en el Cerro Alux

El costo de la implementación de una planta de emergencia en las instalaciones de Radio Universidad ubicadas en el Cerro Alux, se considera el equipo y materiales necesarios para llevar esto a cabo.

Los costos se resumen en la tabla LVIII, donde se observa el costo de cada componente así como el costo de equipo y materiales, todo lo anterior considera que el equipo y material son los más adecuados lo que significa que van a ser optimizados los mismos para que su desempeño sea el mas eficiente posible.

El mantenimiento para la planta de emergencia considera: una revisión periódica de componentes, verificación de que todos los parámetros que en ella se consideran sean los adecuados, como voltaje, frecuencia, corriente, etc. La forma o proceso de mantenimiento para la planta, se muestro detalladamente en el capítulo anterior.

Estos costos también incluyen a los costos de accesorios, como lo pueden ser: tornillos, cinchos, pintura, abrazaderas, etc. Ya que en el grupo de accesorios se tomaron en cuenta la inclusión de todos ellos tomando al igual que en los demás materiales y equipos un valor promedio de la sumatoria de todos esos accesorios.

Es importante recalcar que los costos enlistados en la siguiente tabla son un valor promedio de los costos de esos productos y materiales en el medio, ya que pueden diferir de un lugar a otro.

Tomando en cuenta lo anterior se tiene la siguiente tabla de los costos de materiales y equipos en las instalaciones ubicadas en el Cerro Alux.

Tabla LVIII. Costo de materiales para la restauración de las instalaciones eléctricas de Radio Universidad ubicadas en el Cerro Alux

Descripción de componentes	Cantidad	Costo por unidad (Q)	Costo total (Q)
Cables			
No.12	120m	2.34/m	280.80
No.2	205m	24.75/m	5,073.75
No. 2 triplex	15m	16.29/m	244.35
No. 6 triplex	30m	7.16/m	214.80
No.4 triplex	45m	9.69/m	436.05
No. 1/0 triplex	15m	23.60/m	354.00
Tableros			
Tablero trifásico de tres polos G&E	1	560,00	560.00
Interruptores Termomagneticos			
interruptor termomagnético (trifásico)	1	540.00	540.00
Varillas de cobre			
Varillas de cobre de 3/8"	12	64.82	777.84
Ductos			
Tubo PVC plástico de 1"	10m	13.92/3m	46.40
Tubo PVC plástico de 2"	10m	38.00/m	380.00
Ducto BX de 2"	27 pies	19.67/pie	531.09
Ducto BX de 1 1/4"	27pies	7.38/pie	199.26
Transferencia automática			
Transferencia automática FG WILSON tipo lógica de 100A, uso generador eléctrico.	1	16,000.00	16,000.00
AutoStart			
Auto Transfer Switch Control, UL508 marca DSE	1	3,600.00	3,600.00
Acumulador			
Acumulador de batería de 12 V.	1	650.00	650.00
Accesorios			
Tornillos, abrazaderas, pintura, etc.			2,500.00
Accesorios para planta de emergencia			
Lubricantes, combustible y chimenea		1,000.00	1,000.00
Pararrayo			
Punta de franklin	1	12,000.00	12,000.00
Unidades de aire acondicionado			
tipo mini-split	2	5,500.00	11,000.00
TOTAL			56,387.54

Tomando en consideración los costos tanto de la restauración del sistema eléctrico en las instalaciones de Radio Universidad ubicadas en el CCU, como las ubicadas en el Cerro Alux, el costo total asciende a la cantidad de Q146,767.30. Esta cantidad representa los costos hasta la fecha de Abril de 2006, así que al momento de llevarla a cabo hay que tomar en consideración las variaciones de precios en los productos y servicios a la fecha de ejecución.

Para determinar el costo de la mano de obra, se calculará dicho rubro como el 40% del costo total de los materiales. De esa manera se tendrá que el costo total de la mano de obra asciende a la cantidad de Q 58, 706.92.

Sumándole todo lo anterior al costo de el equipo y materiales, la suma total del costo de la implementaron de las modificaciones asciende a la cantidad de Q 205,474.22.

Por último, se hace énfasis en la importancia de realizar esas modificaciones, para que de esa manera se tenga un sistema eléctrico que cumpla con los requerimientos de seguridad, eficiencia y durabilidad. Para obtener como resultado el beneficio para un medio de comunicación tan importante como lo es Radio Universidad.

CONCLUSIONES

1. La falta de un estudio previo para utilizar y adaptar las instalaciones eléctricas a las necesidades actuales, ha provocado una serie de problemas que conllevan una ineficacia en la operación del sistema eléctrico.
2. La implementación del rediseño de las instalaciones eléctricas, incluye en su mayoría modificaciones totales al actual sistema eléctrico del edificio, obteniendo, así, un mayor rendimiento y mejora en la calidad de la misma; tanto en lo concerniente a el sistema eléctrico como la mejora en la calidad lumínica de los diferentes ambientes del edificio, para la comodidad visual del usuario.
3. Actualmente, la instalación no consta en su acometida con la capacidad necesaria para agregar todas las nuevas cargas dispuestas en las modificaciones.
4. La utilización del sistema de transferencia de carga, provee un sistema de operación eficiente, ya que, con esto un sistema remoto puede operar sin la intervención del ser humano o de alguna persona que se encuentre físicamente en el lugar.
5. La implementación correcta de la rutina de mantenimiento preventivo propuesta, provee una reducción en los costos de reparación del equipo asi como de materiales para la institución.

6. La distorsión armónica en las instalaciones de Radio Universidad, se encuentra dentro del límite de tolerancia establecido por las NTSD, por lo que no se afecta la calidad de energía en ese aspecto.

RECOMENDACIONES

1. Implementar la restauración propuesta, sobretodo al sistema de tierra y de pararrayos, ya que, los anteriores pueden provocar graves daños, tanto a personas como a equipo.
2. El diseño del sistema de iluminación, se debe tomar en cuenta como prioridad, debido a que el sistema actual está muy lejos de los niveles recomendados por comisiones internacionales y con ello conseguir que las personas que se encuentren en el interior del edificio se sientan en un ambiente cómodo y agradable.
3. Para tener la seguridad de que al momento de surgir descargas electroatmosféricas, las mismas no produzcan trasciendes en el sistema eléctrico; se debe implementar el uso de supresores de trasciendes para evitar el problema anterior.
4. Impartir un pequeño curso acerca de la rutina de mantenimiento preventivo para la planta eléctrica, con el propósito de que el personal técnico de La Radio lo realice, periódicamente, y, de esa manera, aumente el tiempo de vida útil de la planta.
5. Se debe verificar la resistencia a tierra de las instalaciones por lo menos dos veces por año, una en época de verano y la otra en época de invierno, con la finalidad de que los equipos de protección operen adecuadamente.

6. En caso de que, por alguna razón, se aumente la cantidad de equipo electrónico, esto puede aumentar el efecto de armónicas, Por lo mismo, se debe utilizar un filtro de armónicos, teniendo la debida precaución de seleccionar el correcto, porque de no ser así no se anularán las armónicas que se deseen minimizar.

7. Solicitar una acometida para uso exclusivo de la radio a la empresa eléctrica, la acometida debe de ser una subterránea residencial, la instalación del contador tiene que ser del tipo "1" monofásica de hasta 200 amperios (40.8 Kw.) 120/240 V, tres alambres, corriente alterna, 60 hertz.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bratu Serbán, Neagu y Eduardo Campero Littlewood. **Instalaciones eléctricas. Conceptos básicos y diseño.** 2ª ed. México: Alfaomega, 1994. 240 pp.
2. FG WILSON. **Interruptor de Transferencia Automatico 606, manual de instrucciones.** E.U.A. s.e. 1999.
3. Koeningsberger, Rodolfo. **Instalaciones Eléctricas,** 1ª ed. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1982. 156 pp.
4. **Manual del alumbrado.** Westinghouse. 3ª ed. México: Dossat. S. A., 1985.
5. DEEP SEA ELECTRONICS PLC. **Módulo de Arranque automatico 703, manual de instrucciones.** Atlanta E.U.A. s.e. 1998.
6. Méndez Celiz, Luis Alfonso. **Guía para el diseño de instalaciones eléctricas.** Tesis Ing. Mecánico Electricista. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1992. 92 pp.
7. **Normas para acometidas de servicio eléctrico.** 11ª ed. Guatemala: Empresa Eléctrica de Guatemala S. A., 1994. 122 pp.

Tabla A-1. Corriente que circula en cada una de las líneas del edificio

Hora de Medición	Corriente (amperios)			Hora de Medición	Corriente (amperios)		
	Línea 1	Línea 2	Neutral		Línea 1	Línea 2	Neutral
11:00:00	1,03	10,77	9,74	21:45:00	27,00	30,35	3,34
11:15:00	17,80	11,07	6,71	22:00:00	29,07	29,90	0,82
11:30:00	17,13	13,66	3,47	22:15:00	22,03	35,80	13,77
11:45:00	16,02	13,50	2,51	22:30:00	21,55	28,13	6,57
12:00:00	31,90	27,91	3,99	22:45:00	20,52	27,41	6,89
12:15:00	31,52	37,36	5,84	23:00:00	21,63	23,05	1,41
12:30:00	33,38	28,52	4,86	23:15:00	21,69	22,35	0,65
12:45:00	30,83	28,28	2,54	23:30:00	21,44	22,03	0,59
13:00:00	32,87	31,57	1,29	23:45:00	20,72	20,91	0,18
13:15:00	32,87	32,90	0,03	0:00:00	20,62	21,27	0,65
13:30:00	17,92	17,43	0,49	0:15:00	20,46	21,21	0,75
13:45:00	19,89	18,93	0,95	0:30:00	21,30	20,79	0,50
14:00:00	19,04	18,74	0,30	0:45:00	20,95	20,76	0,19
14:15:00	15,31	15,60	0,28	1:00:00	19,96	20,65	0,68
14:30:00	15,95	15,91	0,03	1:15:00	20,00	20,70	0,70
14:45:00	16,05	16,43	0,38	1:30:00	21,37	20,72	0,65
15:00:00	14,74	14,24	0,50	1:45:00	21,01	20,52	0,48
15:15:00	14,83	14,15	0,67	2:00:00	19,87	20,39	0,51
15:30:00	17,54	15,02	2,52	2:15:00	19,91	20,54	0,62
15:45:00	15,23	13,77	1,46	2:30:00	19,57	20,45	0,87
16:00:00	9,61	10,44	0,83	2:45:00	20,82	20,24	0,58
16:15:00	8,88	8,93	0,05	3:00:00	20,43	19,93	0,50
16:30:00	12,71	7,05	5,65	3:15:00	19,09	19,70	0,60
16:45:00	11,67	6,15	5,52	3:30:00	19,97	19,35	0,61
17:00:00	11,56	6,36	5,20	3:45:00	19,57	18,94	0,62
17:15:00	11,59	6,46	5,13	4:00:00	17,61	18,17	0,56
17:30:00	12,67	6,58	6,08	4:15:00	17,06	17,73	0,66
17:45:00	11,55	6,53	5,01	4:30:00	17,13	17,74	0,61
18:00:00	11,50	7,09	4,41	4:45:00	16,94	17,56	0,62
18:15:00	11,56	9,65	1,90	5:00:00	18,09	17,37	0,72
18:30:00	14,42	10,92	3,50	5:15:00	19,10	17,19	1,90
18:45:00	14,82	15,83	1,01	5:30:00	18,41	18,98	0,56
19:00:00	14,03	15,93	1,90	5:45:00	20,18	20,37	0,18
19:15:00	14,59	10,58	4,00	6:00:00	19,43	20,06	0,63
19:30:00	15,61	10,31	5,30	6:15:00	13,09	8,14	4,95
19:45:00	14,62	15,85	1,22	6:30:00	10,80	12,88	2,08
20:00:00	16,58	15,76	0,82	6:45:00	10,54	12,24	1,69
20:15:00	10,28	15,15	4,87	7:00:00	10,42	9,52	0,89
20:30:00	11,73	22,36	10,63	7:15:00	11,39	9,57	1,81
20:45:00	26,34	29,91	3,56	7:30:00	11,74	9,19	2,55
21:00:00	26,13	29,79	3,66	7:45:00	10,34	9,53	0,81
21:15:00	28,36	29,51	1,15	8:00:00	9,87	21,66	11,78
21:30:00	27,10	38,12	11,01	8:15:00	9,61	14,16	4,55
21:45:00	27,00	30,35	3,34	8:30:00	11,22	8,75	2,47
22:00:00	29,07	29,90	0,82	8:45:00	9,85	8,49	1,36
22:15:00	22,03	35,80	13,77	9:00:00	10,00	8,50	1,49
22:30:00	21,55	28,13	6,57	9:15:00	9,72	8,70	1,02
22:45:00	20,52	27,41	6,89	9:30:00	9,33	8,51	0,81
21:30:00	27,10	38,12	11,01				

Tabla A-2. Voltaje línea a línea y línea a neutro

Hora de Medición	Voltaje (volts)			Hora de Medición	voltaje (volts)		
	Línea 1	Línea 2	L1-L2		Línea 1	Línea 2	L1-L2
11:00:00	114	119	233	22:30:00	119	122	241
11:15:00	115	118	233	22:45:00	121	123	244
11:30:00	115	118	233	23:00:00	119	121	240
11:45:00	114	118	232	23:15:00	121	121	242
12:00:00	115	116	231	23:30:00	121	121	242
12:15:00	113	117	230	23:45:00	122	122	244
12:30:00	114	116	230	0:00:00	123	123	246
12:45:00	114	118	232	0:15:00	122	122	244
13:00:00	114	118	232	0:30:00	121	120	241
13:15:00	114	118	232	0:45:00	122	122	244
13:30:00	115	118	233	1:00:00	120	120	240
13:45:00	115	120	235	1:15:00	120	120	240
14:00:00	115	119	234	1:30:00	121	121	242
14:15:00	115	119	234	1:45:00	121	121	242
14:30:00	115	119	234	2:00:00	121	121	242
14:45:00	113	119	232	2:15:00	121	121	242
15:00:00	115	119	234	2:30:00	122	121	243
15:15:00	112	118	230	2:45:00	121	121	242
15:30:00	114	119	233	3:00:00	121	121	242
15:45:00	114	120	234	3:15:00	121	122	243
16:00:00	116	121	237	3:30:00	122	122	244
16:15:00	117	121	238	3:45:00	121	121	242
16:30:00	117	121	238	4:00:00	122	122	244
16:45:00	117	120	237	4:15:00	122	122	244
17:00:00	119	122	241	4:30:00	122	121	243
17:15:00	119	121	240	4:45:00	121	121	242
17:30:00	120	122	242	5:00:00	121	121	242
17:45:00	120	122	242	5:15:00	121	121	242
18:00:00	121	122	243	5:30:00	121	121	242
18:15:00	120	123	243	5:45:00	120	121	241
18:30:00	121	123	244	6:00:00	120	120	240
18:45:00	120	123	243	6:15:00	120	120	240
19:00:00	121	123	244	6:30:00	120	121	241
19:15:00	121	122	243	6:45:00	122	122	244
19:30:00	120	121	241	7:00:00	122	122	244
19:45:00	120	121	241	7:15:00	121	121	242
20:00:00	120	121	241	7:30:00	120	120	240
20:15:00	120	121	241	7:45:00	121	121	242
20:30:00	119	122	241	8:00:00	119	121	240
20:45:00	119	121	240	8:15:00	119	120	239
21:00:00	120	122	242	8:30:00	119	119	238
21:15:00	119	120	239	8:45:00	118	119	237
21:30:00	119	121	240	9:00:00	118	118	236
21:45:00	118	120	238	9:15:00	119	118	237
22:00:00	119	120	239	9:30:00	118	118	236
22:15:00	118	122	240				

Tabla A-3. Índices de regulación de tensión y desbalance de voltaje

Hora de Medición	Voltaje (volts)			Desbal. (%)	Hora de Medición	voltaje (volts)			Desbal. (%)
	Línea 1	Línea 2	L1-L2			Línea 1	Línea 2	L1-L2	
11:00:00	5,00	0,83	2,92	6,44	22:30:00	0,83	1,67	0,42	3,73
11:15:00	4,17	1,67	2,92	3,86	22:45:00	0,83	2,50	1,67	2,46
11:30:00	4,17	1,67	2,92	3,86	23:00:00	0,83	0,83	0,00	2,50
11:45:00	5,00	1,67	3,33	5,17	23:15:00	0,83	0,83	0,83	0,00
12:00:00	4,17	3,33	3,75	1,30	23:30:00	0,83	0,83	0,83	0,00
12:15:00	5,83	2,50	4,17	5,22	23:45:00	1,67	1,67	1,67	0,00
12:30:00	5,00	3,33	4,17	2,61	0:00:00	2,50	2,50	2,5	0,00
12:45:00	5,00	1,67	3,33	5,17	0:15:00	1,67	1,67	1,67	0,00
13:00:00	5,00	1,67	3,33	5,17	0:30:00	0,83	0,00	0,42	1,24
13:15:00	5,00	1,67	3,33	5,17	0:45:00	1,67	1,67	1,67	0,00
13:30:00	4,17	1,67	2,92	3,86	1:00:00	0,00	0,00	0,00	0,00
13:45:00	4,17	0,00	2,08	6,38	1:15:00	0,00	0,00	0,00	0,00
14:00:00	4,17	0,83	2,50	5,13	1:30:00	0,83	0,83	0,83	0,00
14:15:00	4,17	0,83	2,50	5,13	1:45:00	0,83	0,83	0,83	0,00
14:30:00	4,17	0,83	2,50	5,13	2:00:00	0,83	0,83	0,83	0,00
14:45:00	5,83	0,83	3,33	7,76	2:15:00	0,83	0,83	0,83	0,00
15:00:00	4,17	0,83	2,50	5,13	2:30:00	1,67	0,83	1,25	1,23
15:15:00	6,67	1,67	4,17	7,83	2:45:00	0,83	0,83	0,83	0,00
15:30:00	5,00	0,83	2,92	6,44	3:00:00	0,83	0,83	0,83	0,00
15:45:00	5,00	0,00	2,50	7,69	3:15:00	0,83	1,67	1,25	1,23
16:00:00	3,33	0,83	1,25	6,33	3:30:00	1,67	1,67	1,67	0,00
16:15:00	2,50	0,83	0,83	5,04	3:45:00	0,83	0,83	0,83	0,00
16:30:00	2,50	0,83	0,83	5,04	4:00:00	1,67	1,67	1,67	0,00
16:45:00	2,50	0,00	1,25	3,80	4:15:00	1,67	1,67	1,67	0,00
17:00:00	0,83	1,67	0,42	3,73	4:30:00	1,67	0,83	1,25	1,23
17:15:00	0,83	0,83	0,00	2,50	4:45:00	0,83	0,83	0,83	0,00
17:30:00	0,00	1,67	0,83	2,48	5:00:00	0,83	0,83	0,83	0,00
17:45:00	0,00	1,67	0,83	2,48	5:15:00	0,83	0,83	0,83	0,00
18:00:00	0,83	1,67	1,25	1,23	5:30:00	0,83	0,83	0,83	0,00
18:15:00	0,00	2,50	1,25	3,70	5:45:00	0,00	0,83	0,42	1,24
18:30:00	0,83	2,50	1,67	2,46	6:00:00	0,00	0,00	0,00	0,00
18:45:00	0,00	2,50	1,25	3,70	6:15:00	0,00	0,00	0,00	0,00
19:00:00	0,83	2,50	1,67	2,46	6:30:00	0,00	0,83	0,42	1,24
19:15:00	0,83	1,67	1,25	1,23	6:45:00	1,67	1,67	1,67	0,00
19:30:00	0,00	0,83	0,42	1,24	7:00:00	1,67	1,67	1,67	0,00
19:45:00	0,00	0,83	0,42	1,24	7:15:00	0,83	0,83	0,83	0,00
20:00:00	0,00	0,83	0,42	1,24	7:30:00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:15:00	0,00	0,83	0,42	1,24	7:45:00	0,83	0,83	0,83	0,00
20:30:00	0,83	1,67	0,42	3,73	8:00:00	0,83	0,83	0,00	2,50
20:45:00	0,83	0,83	0,00	2,50	8:15:00	0,83	0,00	0,42	1,26
21:00:00	0,00	1,67	0,83	2,48	8:30:00	0,83	0,83	0,83	0,00
21:15:00	0,83	0,00	0,42	1,26	8:45:00	1,67	0,83	1,25	1,27
21:30:00	0,83	0,83	0,00	2,50	9:00:00	1,67	1,67	1,67	0,00
21:45:00	1,67	0,00	0,83	2,52	9:15:00	0,83	1,67	1,25	1,27
22:00:00	0,83	0,00	0,42	1,26	9:30:00	1,67	1,67	1,67	0,00
22:15:00	1,67	1,67	0,00	5,00					

Tabla A-4. Factor de potencia para cada una de las fases

Hora	Fp L1	Fp L2	Hora	Fp L1	Fp L2
11:00:00	0,93	0,88	22:30:00	0,87	0,88
11:15:00	0,94	0,9	22:45:00	0,88	0,89
11:30:00	0,93	0,89	23:00:00	0,87	0,9
11:45:00	0,95	0,92	23:15:00	0,87	0,93
12:00:00	0,96	0,95	23:30:00	0,86	0,89
12:15:00	0,96	0,94	23:45:00	0,86	0,87
12:30:00	0,95	0,94	0:00:00	0,87	0,88
12:45:00	0,95	0,93	0:15:00	0,85	0,87
13:00:00	0,95	0,93	0:30:00	0,86	0,88
13:15:00	0,95	0,92	0:45:00	0,87	0,87
13:30:00	0,94	0,9	1:00:00	0,87	0,88
13:45:00	0,93	0,91	1:15:00	0,87	0,88
14:00:00	0,93	0,89	1:30:00	0,85	0,87
14:15:00	0,92	0,88	1:45:00	0,86	0,88
14:30:00	0,93	0,89	2:00:00	0,87	0,87
14:45:00	0,93	0,9	2:15:00	0,85	0,87
15:00:00	0,93	0,9	2:30:00	0,85	0,87
15:15:00	0,93	0,89	2:45:00	0,86	0,86
15:30:00	0,94	0,9	3:00:00	0,84	0,86
15:45:00	0,93	0,9	3:15:00	0,84	0,86
16:00:00	0,9	0,87	3:30:00	0,84	0,85
16:15:00	0,91	0,85	3:45:00	0,81	0,84
16:30:00	0,91	0,8	4:00:00	0,8	0,82
16:45:00	0,91	0,77	4:15:00	0,81	0,82
17:00:00	0,9	0,77	4:30:00	0,8	0,82
17:15:00	0,91	0,77	4:45:00	0,79	0,82
17:30:00	0,89	0,77	5:00:00	0,81	0,82
17:45:00	0,9	0,76	5:15:00	0,8	0,83
18:00:00	0,91	0,81	5:30:00	0,8	0,84
18:15:00	0,9	0,81	5:45:00	0,81	0,84
18:30:00	0,9	0,92	6:00:00	0,85	0,85
18:45:00	0,9	0,94	6:15:00	0,91	0,91
19:00:00	0,92	0,92	6:30:00	0,92	0,93
19:15:00	0,92	0,95	6:45:00	0,9	0,84
19:30:00	0,91	0,87	7:00:00	0,9	0,86
19:45:00	0,92	0,86	7:15:00	0,91	0,86
20:00:00	0,92	0,87	7:30:00	0,91	0,86
20:15:00	0,91	0,86	7:45:00	0,93	0,97
20:30:00	0,91	0,91	8:00:00	0,93	0,98
20:45:00	0,92	0,87	8:15:00	0,92	0,93
21:00:00	0,92	0,88	8:30:00	0,93	0,9
21:15:00	0,92	0,89	8:45:00	0,93	0,89
21:30:00	0,91	0,92	9:00:00	0,93	0,9
21:45:00	0,92	0,88	9:15:00	0,93	0,9
22:00:00	0,9	0,9	9:30:00	0,93	0,91
22:15:00	0,88	0,92			

Tabla A-5. Potencia activa por fase y total

Hora	P-L1 (W)	P-L2 (W)	Ptotal (W)	Hora	P-L1 (W)	P-L2 (W)	Ptotal (W)
11:00:00	1711	1127	2838	22:30:00	2305	3006	5311
11:15:00	1927	1288	3215	22:45:00	2143	2791	4934
11:30:00	1747	1413	3160	23:00:00	2161	2540	4701
11:45:00	2503	2039	4542	23:15:00	2251	2988	5239
12:00:00	3530	3220	6750	23:30:00	2215	2326	4541
12:15:00	3458	3149	6607	23:45:00	2143	2236	4379
12:30:00	3422	3131	6553	0:00:00	2215	2236	4451
12:45:00	3638	3435	7073	0:15:00	2179	2236	4415
13:00:00	3602	3471	7073	0:30:00	2215	2218	4433
13:15:00	3422	3381	6803	0:45:00	2197	2218	4415
13:30:00	2053	2039	4092	1:00:00	2107	2200	4307
13:45:00	2035	2415	4450	1:15:00	2197	2183	4380
14:00:00	1657	1682	3339	1:30:00	2215	2183	4398
14:15:00	1657	1699	3356	1:45:00	2089	2183	4272
14:30:00	1765	1771	3536	2:00:00	2143	2165	4308
14:45:00	1603	1717	3320	2:15:00	2071	2147	4218
15:00:00	1513	1467	2980	2:30:00	2125	2129	4254
15:15:00	1567	1520	3087	2:45:00	2107	2093	4200
15:30:00	1765	1592	3357	3:00:00	1981	2075	4056
15:45:00	1423	1485	2908	3:15:00	1963	2039	4002
16:00:00	1008	1037	2045	3:30:00	1999	1986	3985
16:15:00	1188	894	2082	3:45:00	1891	1878	3769
16:30:00	1333	644	1977	4:00:00	1675	1771	3446
16:45:00	1242	554	1796	4:15:00	1747	1753	3500
17:00:00	1260	590	1850	4:30:00	1657	1735	3392
17:15:00	1387	590	1977	4:45:00	1711	1735	3446
17:30:00	1351	590	1941	5:00:00	1747	1717	3464
17:45:00	1278	608	1886	5:15:00	1621	1789	3410
18:00:00	1351	841	2192	5:30:00	1639	2022	3661
18:15:00	1278	930	2208	5:45:00	1765	2039	3804
18:30:00	1675	1646	3321	6:00:00	2107	1878	3985
18:45:00	1567	1825	3392	6:15:00	1152	1181	2333
19:00:00	1675	1610	3285	6:30:00	1242	1324	2566
19:15:00	1657	2075	3732	6:45:00	1170	984	2154
19:30:00	1675	1592	3267	7:00:00	1206	1019	2225
19:45:00	1513	1485	2998	7:15:00	1278	984	2262
20:00:00	1387	1646	3033	7:30:00	1134	1002	2136
20:15:00	1188	1628	2816	7:45:00	1080	2039	3119
20:30:00	2990	3847	6837	8:00:00	1170	2326	3496
20:45:00	2900	3149	6049	8:15:00	1152	1163	2315
21:00:00	2882	3131	6013	8:30:00	1134	930	2064
21:15:00	2972	3417	6389	8:45:00	1170	912	2082
21:30:00	2918	4151	7069	9:00:00	1116	984	2100
21:45:00	2828	3167	5995	9:15:00	1080	912	1992
22:00:00	2467	3525	5992	9:30:00	1170	876	2046
22:15:00	2215	3704	5919				

Tabla A-6. Potencia reactiva por fase y total

Hora	Q-L1 (VAR)	Q-L2 (VAR)	Qttotal (VAR)	Hora	Q-L1 (VAR)	Q-L2 (VAR)	Qttotal (VAR)
11:00:00	252	268	520	22:30:00	1297	1610	2907
11:15:00	342	339	681	22:45:00	1170	1413	2583
11:30:00	234	411	645	23:00:00	1206	1234	2440
11:45:00	468	626	1094	23:15:00	1260	1198	2458
12:00:00	900	1002	1902	23:30:00	1333	1216	2549
12:15:00	864	1002	1866	23:45:00	1297	1252	2549
12:30:00	936	1019	1955	0:00:00	1260	1216	2476
12:45:00	1026	1270	2296	0:15:00	1315	1234	2549
13:00:00	1062	1288	2350	0:30:00	1333	1198	2531
13:15:00	990	1306	2296	0:45:00	1242	1216	2458
13:30:00	468	715	1183	1:00:00	1188	1163	2351
13:45:00	522	787	1309	1:15:00	1224	1163	2387
14:00:00	234	483	717	1:30:00	1351	1198	2549
14:15:00	324	608	932	1:45:00	1242	1198	2440
14:30:00	378	608	986	2:00:00	1242	1198	2440
14:45:00	414	572	986	2:15:00	1260	1216	2476
15:00:00	324	501	825	2:30:00	1333	1216	2549
15:15:00	360	536	896	2:45:00	1278	1198	2476
15:30:00	450	572	1022	3:00:00	1242	1216	2458
15:45:00	360	536	896	3:15:00	1278	1216	2494
16:00:00	432	518	950	3:30:00	1278	1216	2494
16:15:00	486	518	1004	3:45:00	1351	1216	2567
16:30:00	540	465	1005	4:00:00	1260	1234	2494
16:45:00	450	447	897	4:15:00	1278	1216	2494
17:00:00	504	483	987	4:30:00	1260	1216	2476
17:15:00	522	483	1005	4:45:00	1315	1198	2513
17:30:00	594	483	1077	5:00:00	1278	1181	2459
17:45:00	504	501	1005	5:15:00	1206	1181	2387
18:00:00	486	572	1058	5:30:00	1242	1306	2548
18:15:00	504	608	1112	5:45:00	1242	1288	2530
18:30:00	576	644	1220	6:00:00	1260	1163	2423
18:45:00	468	608	1076	6:15:00	432	465	897
19:00:00	450	590	1040	6:30:00	468	465	933
19:15:00	486	590	1076	6:45:00	486	554	1040
19:30:00	522	841	1363	7:00:00	504	536	1040
19:45:00	450	823	1273	7:15:00	504	518	1022
20:00:00	468	912	1380	7:30:00	432	518	950
20:15:00	486	912	1398	7:45:00	360	411	771
20:30:00	1315	1699	3014	8:00:00	324	375	699
20:45:00	1260	1753	3013	8:15:00	414	375	789
21:00:00	1242	1717	2959	8:30:00	342	357	699
21:15:00	1297	1735	3032	8:45:00	306	357	663
21:30:00	1315	1735	3050	9:00:00	324	357	681
21:45:00	1224	1717	2941	9:15:00	324	357	681
22:00:00	1206	1664	2870	9:30:00	360	304	664
22:15:00	1206	1556	2762				

Tabla A-7. Potencia aparente por fase y total

Hora	S-L1 VA	S-L2 VA	Stotal VA	Hora	S-L1 VA	S-L2 VA	Stotal VA
11:00:00	1729,46	1158,43	2887,88	22:30:00	2644,85	3410,01	6054,86
11:15:00	1957,11	1331,87	3288,98	22:45:00	2441,59	3128,30	5569,89
11:30:00	1762,60	1471,56	3234,16	23:00:00	2474,74	2823,89	5298,63
11:45:00	2546,38	2132,93	4679,31	23:15:00	2579,65	3219,22	5798,87
12:00:00	3642,92	3372,30	7015,22	23:30:00	2585,17	2624,68	5209,85
12:15:00	3564,30	3304,57	6868,88	23:45:00	2504,93	2562,65	5067,58
12:30:00	3547,70	3292,65	6840,35	0:00:00	2548,30	2545,26	5093,56
12:45:00	3779,91	3662,26	7442,17	0:15:00	2545,05	2553,91	5098,96
13:00:00	3755,30	3702,27	7457,56	0:30:00	2585,17	2520,86	5106,03
13:15:00	3562,33	3624,47	7186,80	0:45:00	2523,76	2529,46	5053,22
13:30:00	2105,67	2160,73	4266,39	1:00:00	2418,84	2488,49	4907,33
13:45:00	2100,88	2540,00	4640,88	1:15:00	2514,95	2473,47	4988,42
14:00:00	1673,44	1749,98	3423,42	1:30:00	2594,50	2490,12	5084,62
14:15:00	1688,38	1804,51	3492,89	1:45:00	2430,33	2490,12	4920,45
14:30:00	1805,02	1872,46	3677,48	2:00:00	2476,90	2474,35	4951,25
14:45:00	1655,60	1809,77	3465,37	2:15:00	2424,18	2467,44	4891,62
15:00:00	1547,30	1550,19	3097,49	2:30:00	2508,49	2451,79	4960,28
15:15:00	1607,82	1611,74	3219,56	2:45:00	2464,29	2411,61	4875,90
15:30:00	1821,46	1691,64	3513,10	3:00:00	2338,15	2405,05	4743,20
15:45:00	1467,83	1578,77	3046,60	3:15:00	2342,36	2374,06	4716,42
16:00:00	1096,67	1159,18	2255,85	3:30:00	2372,61	2328,70	4701,31
16:15:00	1283,57	1033,23	2316,79	3:45:00	2324,02	2237,31	4561,33
16:30:00	1438,22	794,33	2232,55	4:00:00	2096,00	2158,52	4254,52
16:45:00	1321,01	711,85	2032,85	4:15:00	2164,55	2133,46	4298,02
17:00:00	1357,06	762,49	2119,55	4:30:00	2081,65	2118,70	4200,34
17:15:00	1481,98	762,49	2244,46	4:45:00	2157,95	2108,42	4266,37
17:30:00	1475,82	762,49	2238,31	5:00:00	2164,55	2083,95	4248,50
17:45:00	1373,79	787,82	2161,61	5:15:00	2020,42	2143,66	4164,08
18:00:00	1435,76	1017,09	2452,84	5:30:00	2056,43	2407,10	4463,52
18:15:00	1373,79	1111,11	2484,90	5:45:00	2158,19	2411,73	4569,93
18:30:00	1771,27	1767,50	3538,77	6:00:00	2455,00	2208,95	4663,95
18:45:00	1635,39	1923,61	3559,01	6:15:00	1230,34	1269,25	2499,58
19:00:00	1734,39	1714,70	3449,10	6:30:00	1327,25	1403,28	2730,53
19:15:00	1726,80	2157,25	3884,05	6:45:00	1266,92	1129,24	2396,16
19:30:00	1754,45	1800,48	3554,94	7:00:00	1307,08	1151,37	2458,45
19:45:00	1578,50	1697,81	3276,31	7:15:00	1373,79	1112,02	2485,81
20:00:00	1463,83	1881,77	3345,60	7:30:00	1213,50	1127,98	2341,47
20:15:00	1283,57	1866,05	3149,61	7:45:00	1138,42	2080,01	3218,43
20:30:00	3266,39	4205,47	7471,87	8:00:00	1214,03	2356,04	3570,07
20:45:00	3161,90	3604,05	6765,95	8:15:00	1224,13	1221,96	2446,10
21:00:00	3138,23	3570,89	6709,12	8:30:00	1184,45	996,17	2180,62
21:15:00	3242,68	3832,25	7074,93	8:45:00	1209,35	979,38	2188,74
21:30:00	3200,62	4499,00	7699,62	9:00:00	1162,08	1046,76	2208,84
21:45:00	3081,52	3602,50	6684,02	9:15:00	1127,55	979,38	2106,94
22:00:00	2746,00	3898,02	6644,02	9:30:00	1224,13	927,25	2151,38
22:15:00	2522,04	4017,56	6539,59				

Tabla A-8. Distorsión armónica total de voltaje Vthd en porcentaje

Hora	Vthd L1	Vthd L2	Hora	Vthd L1	Vthd L2
11:00:00	5,7	6,4	22:30:00	3,4	3,5
11:15:00	6,2	6,6	22:45:00	3,2	3,4
11:30:00	6,2	6,6	23:00:00	3,2	3,2
11:45:00	6,3	6,5	23:15:00	2,8	3
12:00:00	6,2	6,3	23:30:00	2,6	3,2
12:15:00	6,4	6,4	23:45:00	2,7	3
12:30:00	6,2	6,6	0:00:00	2,4	2,7
12:45:00	6,5	5,3	0:15:00	2,2	2,6
13:00:00	6,2	5,6	0:30:00	2,2	2,5
13:15:00	6,4	5,3	0:45:00	2,3	2,7
13:30:00	6,3	6	1:00:00	2,2	2,4
13:45:00	6,6	5,5	1:15:00	2,2	2,4
14:00:00	6,6	5,7	1:30:00	2,1	2,4
14:15:00	6,9	5,5	1:45:00	2,1	2,3
14:30:00	7	5,5	2:00:00	2,2	2,3
14:45:00	6,9	5,5	2:15:00	2	2,3
15:00:00	6,9	5,5	2:30:00	2	2,4
15:15:00	6,9	5,2	2:45:00	2,1	2,4
15:30:00	7	5,4	3:00:00	2,2	2,3
15:45:00	6,9	5,1	3:15:00	2,2	2,4
16:00:00	6,2	4,9	3:30:00	2	2,3
16:15:00	6,2	4,8	3:45:00	1,9	2,2
16:30:00	5,6	4,8	4:00:00	2,1	2,5
16:45:00	5,5	4,9	4:15:00	2,1	2,4
17:00:00	5,2	5,1	4:30:00	1,9	2,3
17:15:00	5	5	4:45:00	1,9	2,2
17:30:00	4,9	4,7	5:00:00	2,1	2,2
17:45:00	4,6	4,6	5:15:00	2,1	2,2
18:00:00	4,6	4,6	5:30:00	2,2	2,3
18:15:00	4,4	4,2	5:45:00	2,2	2,2
18:30:00	4,4	3,9	6:00:00	2	2,3
18:45:00	4,5	4,1	6:15:00	2,3	2,6
19:00:00	4,3	4	6:30:00	2,3	2,5
19:15:00	3,8	4,1	6:45:00	2,4	2,7
19:30:00	3,7	4	7:00:00	2,6	2,7
19:45:00	3,8	4,3	7:15:00	2,6	2,8
20:00:00	3,9	4,2	7:30:00	2,7	2,8
20:15:00	3,8	3,8	7:45:00	2,8	3,1
20:30:00	3,8	3,9	8:00:00	3,2	3,3
20:45:00	3,6	3,7	8:15:00	3,4	3,3
21:00:00	3,6	3,8	8:30:00	3,4	3,5
21:15:00	3,7	3,8	8:45:00	3,4	3,7
21:30:00	3,8	3,8	9:00:00	3,7	3,9
21:45:00	3,7	3,8	9:15:00	4	4,1
22:00:00	3,4	3,7	9:30:00	3,8	4,1
22:15:00	3,5	3,6			

ANEXO B

Tabla B-1. Tolerancia Admisible respecto del valor nominal de tensión en porcentaje

Tensión	Etapa					
	Transición		Régimen A partir del mes 1 hasta el mes 12		Régimen A partir del mes 13	
	Servicio urbano	Servicio Rural	Servicio urbano	Servicio rural	Servicio urbano	Servicio rural
Baja	12	15	10	12	8	10
Media	10	13	8	10	6	7
Alta	7		6		5	

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica, NTSD.

Tabla B-2. Tolerancia para la distorsión armónica de tensión

Orden de la armónica (n)	Distorsión armónica individual de tensión, DAIT (%)	
	Baja y media tensión V<=60kV	Alta tensión 60kV<V<=230kV
Impares no múltiplos de 3		
5	6,0	2,0
7	5,0	2,0
11	3,5	1,5
13	3,0	1,5
17	2,0	1,0
19	1,5	1,0
23	1,5	0,7
25	1,5	0,7
>25	0,2+1,3*25/n	0,0+0,6*25/n
Impares múltiplos de 3		
3	8,0	2,0
9	1,5	1,0
15	0,3	0,3
21	0,2	0,2
>21	0,2	0,2
Pares		
2	2,0	2,0
4	1,0	1,0
6	0,5	0,5
8	0,5	0,4
10	0,5	0,4
12	0,2	0,2
>12	0,2	0,2
DATT (%)	8,0	3,0

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica, NTSD.

Tabla B-3. Desbalance de tensión en porcentaje

Tensión	Desbalance de tensión, ΔDTD, en %
	Etapa de régimen, a partir del mes 13
Baja y media	3
Alta	1

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica, NTSD.

PROGRAMA DE CAPACITACION

ANEXO C

MODALIDAD DEL EVENTO DE CAPACITACIÓN	Adiestramiento	
DESCRIPCIÓN DE LA CAPACITACION	Cuidados básicos de operación y mantenimiento preventivo de plantas de emergencia	
OBJETIVO	Capacitar al personal encargado sobre el uso, operación y mantenimiento de la planta eléctrica	
DIRIGIDO A	Operadores de plantas eléctricas de emergencia	
DURACIÓN (horas)	8 horas	
CONTENIDO		
No.	Temas y Sub-temas	Tiempo (hr.)
1	Introducción, objetivos	¼ h
2	Generalidades	½ h
3	Forma de operación de las plantas eléctricas. 3.1 Modalidad automática 3.2 Modalidad manual	1 h ½ h
4	Explicación de cuadro No. 1 (forma de operación de las plantas Dale 170 Kw Detroit 135 Kw y 275 Kw).	½ h
5	Importancia de la rutina de mantenimiento preventivo.	½ h
6	Puntos importantes de mantenimiento para el operador.	½ h
7	Recomendaciones generales para los operadores de plantas eléctricas.	½ h

PRACTICAS A DESARROLLAR

No	Descripción de práctica	Equipos herramientas repuestos u otras necesidades	Duración (hrs.)
1	Rutina de mantto diaria	Llave cangreja de 6" navaja p/ electricista, desatornillador plano, agua destilada aceite SAE 40, bicarbonato	¼ h
2	Rutina de mantto mensual	Juego de cubos, destornilladores planos, Destornilladores phillips, cronómetro, multímetro, hidrómetro, fajas, mangueras de agua, fusible de 5A brocha de 4 "	1 h
3	Rutina de mantenimiento trimestral	Juego de llaves allen Compresor de aire con manómetro Densímetro	1 ½ h

INTERESADO: Carlos Monterroso Aguilar

TELEFONO: 24774215

PROYECTO: Trabajo de graduación E.P.S.

DIRECCION: 8 calle 2-09 Ciudad Real zona 12.

MUESTRA/EQUIPO: Medición de resistividad de terreno Centro Cultural Universitario y Cerro Alux

FECHA: 02 de mayo de 2006

HORA: 08:30 hrs.

Lectura obtenida por el equipo de medición en el Centro Cultural Universitario

	MEDIDA 1	MEDIDA 2
Distancia entre electrodos	= 5 metros	= 8 metros
Resistencia del terreno	= 2.16 ohms	= 2.8 ohms
Resistividad del terreno	= 67.86 ohms x metro	= 140.74 ohms x metro

HORA: 09:00 hrs.

Lectura obtenida por el equipo de medición en el Cerro Alux

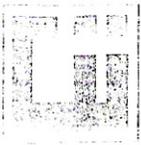
	MEDIDA 1	MEDIDA 2
Distancia entre electrodos	= 5 metros	= 8 metros
Resistencia del terreno	= 10 ohms	= 9.43 ohms
Resistividad del terreno	= 314.16 ohms x metro	= 474 ohms x metro

FECHA: 16 de junio de 2006

HORA: 08:15 hrs.

**PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DE CONDUCTORES
ELECTRICOS EN LOS CIRCUITOS DEL CENTRO CULTURAL
UNIVERSITARIO**

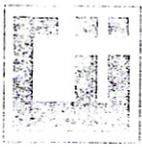
CIRCUITO	MEDIDA 1	MEDIDA 2
1	22	22
2	17	17
3	18	18
4	21	21
5	19	19
6	22	22
7	18	18
8	14	14
9	15	15
10	18	18
11	19	19
12	17	17
13	19	19
14	13	13
15	21	21
16	18	18
17	19	19
18	14	14
19	16	16
20	21	21
21	22	22
22	21	21
23	14	14
24	18	18



FECHA: 16 de mayo de 2006.
HORA: 10:30 hrs.

MEDICION DE PRESION SONORO EN EL CERRO ALUX

PUNTOS DE MEDICION	ESCALA	LECTURA EN dB
1	A	72.3
2	A	73.9
3	A	72.1
4	A	72.2
5	A	73.5
6	A	72.1
1	C	70.6
2	C	70.2
3	C	70.4
4	C	71.3
5	C	70.8
6	C	70.6



FECHA: 16 de junio de 2006
HORA: 10:30 hrs.

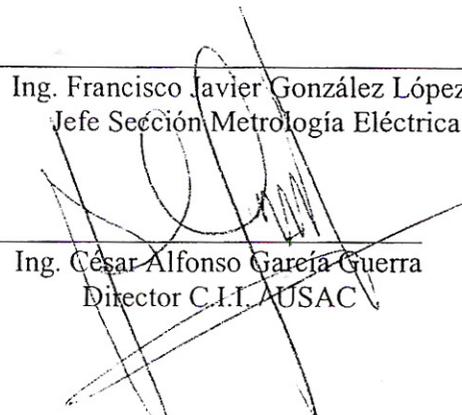
**MEDICION DE NIVELES DE ILUMINACION EN EL EDIFICIO DE RADIO
UNIVERSIDAD UBICADO EN EL CCU**

PUNTOS DE MEDICION	UBICACION DEL PUNTO DE MEDICION	NIVEL DE ILUMINACION (LUXES)
1	Edición	96.57
2	Cuarto de transmisión	175
3	Salón del fondo	100
4	Estudio	203
5	Redacción	322
6	Camino de locución	275
7	Estudio de grabación	256
8	Secretaría	340
9	Reportero	333
10	Espera	350
11	Tesorería	380
12	Contabilidad	374

Atte,


Br. César Augusto de Paz Sandoval

Vo.Bo.


Ing. Francisco Javier González López
Jefe Sección Metrología Eléctrica

Ing. César Alfonso García Guerra
Director C.I. USAC

ANEXO D

Tabla D-1. Determinación del coeficiente ambiental C1

Localización relativa de estructuras	C1
Estructura localizada en un espacio donde hay otras estructuras o árboles de la misma altura o de mayor altura	0.25
Estructura rodeadas por estructuras bajas	0.5
Estructuras aisladas: no hay otras estructuras en una distancia menor de 3H	1
Estructura aislada en la cumbre de la colina o promontorio	2

Tabla D-2. Determinación del coeficiente estructural C2

Techo	Metal	Común	Inflamable
Estructura			
Metal	0.5	1	2
Común	1	1	2.5
Inflamable	2	2.5	3

Tabla D-3. Determinación del coeficiente de contenido de estructura C3

Sin valor y no inflamable	0.5
Valor común o normalmente inflamable	1
Alto valor o particularmente inflamable	2
Valor excepcional, irremplazable o altamente inflamable, explosivo	3

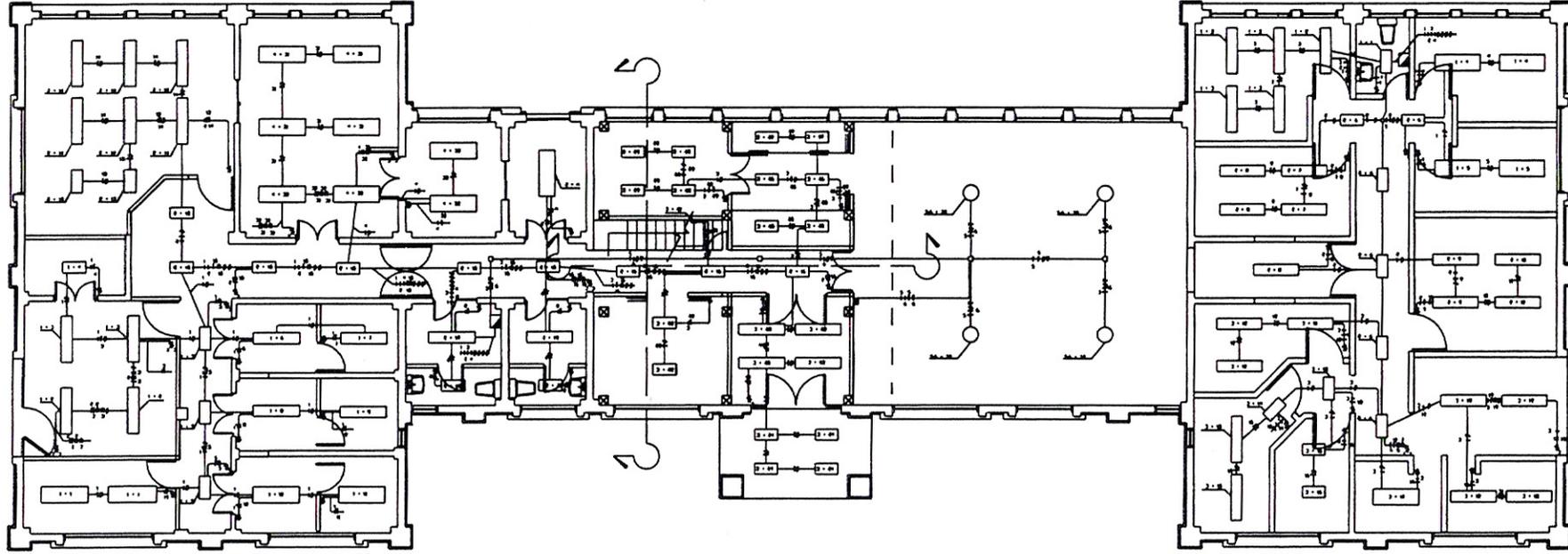
Tabla D-4. Determinación del coeficiente de ocupación de estructura C4

Desocupado	0.5
Normalmente ocupado	1
Evacuación dificultosa o riesgo de pánico	3

Tabla D-5. Determinación del coeficiente de consecuencia de la caída de un rayo C5

Continuidad de servicio no requerido y ninguna consecuencia en el ambiente	1
Continuidad de servicio requerido y ninguna consecuencia en el ambiente	5
Consecuencia en el ambiente	10

Figura E-1. Diagrama de iluminación de Radio Universidad



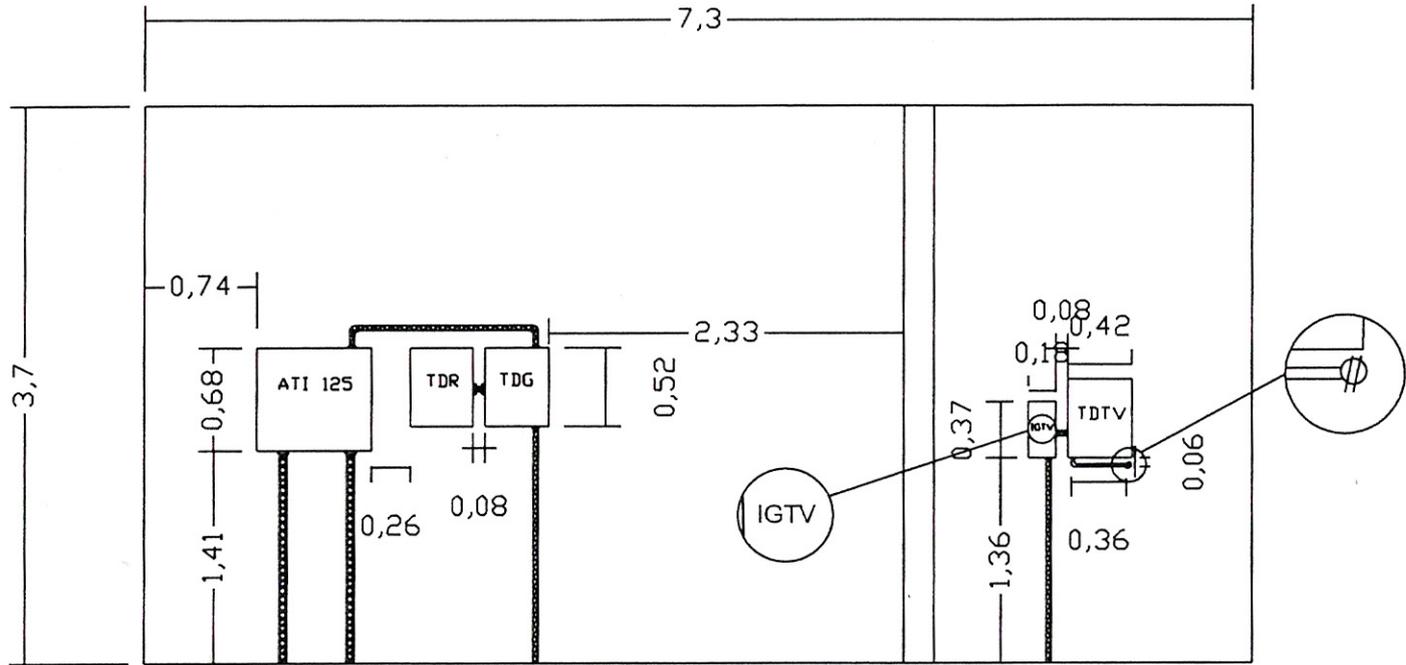
NOMENCLATURA CUADRO 1

SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
⌘	INTERRUPTOR SIMPLE 15 A, 120V.
⌘	INTERRUPTOR DOBLE 15 A, 120 V
⌘	INTERRUPTOR SIMPLE DE 3 VIAS, 15 A, 120 V
⌘	INTERRUPTOR DOBLE, 1 SIMPLE + 1 3 VIAS, 15 A, 120 V.
⌘	INTERRUPTOR DOBLE DE 3 VIAS, 15 A, 120 V.
⌘	INTERRUPTOR SIMPLE 20 A, 208-240.V.
⌘	INTERRUPTOR TRIPLE 15 A, 120V.
⌘	LAMPARA INCANDESCENTE 100 W, 120 V
⌘	LAMPARA FLOURESCENTE DE 2 X 20 W, 120 V.
⌘	LAMPARA FLOURESCENTE DE 2 X 4 W, 120 V.
⌘	LAMPARA FLOURESCENTE DE 4 X 40 W, 120 V.
⊙	LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION 400 W, MULTIVOLTAJE.

NOMENCLATURA CUADRO 2

SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
⌘	TABLERO DE 24 CIRCUITOS, 3 FASES, 150 AMPERIOS, 1 N + 1 T.
⊙	CAJA DE REGISTRO OCTOGONAL
⊠	CAJA DE REGISTRO CUADRADA 5 PULG X 5 PULG
—	TUBERIA EN LOSA DE DIAMETRO 3/4 PULG.
	L 1, CONDUCTOR THHN, CALIBRE No. 12.
⌘	L N, CONDUCTOR THHN CALIBRE No. 12
↑	PUENTES, CONDUCTOR THHN CALIBRE No. 12
↓	RETORNO, CONDUCTOR THHN, CALIBRE No. 12.
T	TIERRA FISICA, CONDUCTOR THHN CALIBRE No. 14

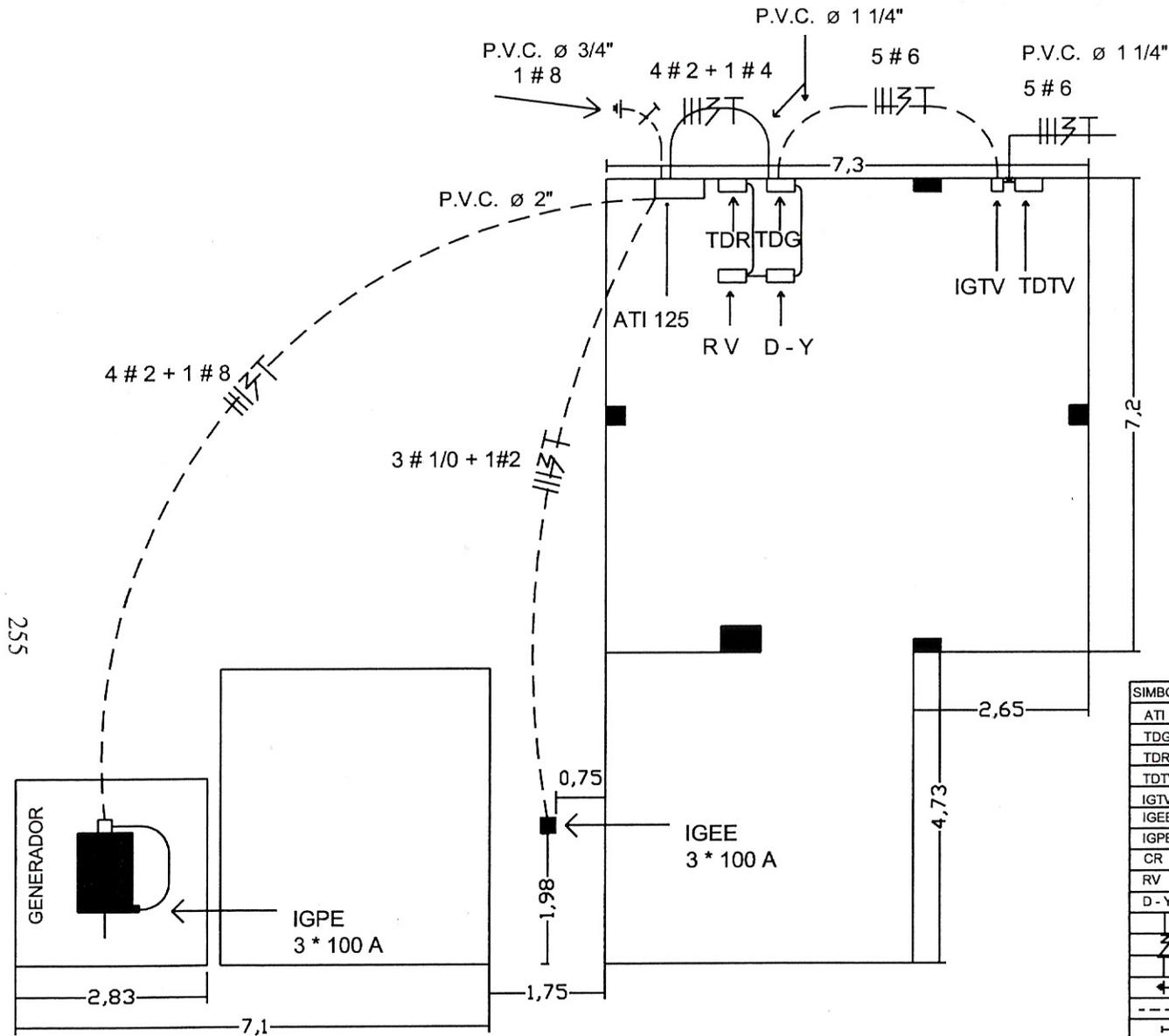
Figura E-2. Elevación de tableros eléctricos en cuarto de transmisiones en Radio Universidad



NOMENCLATURA

SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
ATI 125	INTERR. DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA TRIFASICO 125 A. 120/240 V.
TDG	TABLERO DE DISTRIBUCION GRAL. TRIFASICO 120/240 V. DE RADIO Y T.V.
TDR	TABLERO DE DISTRIBUCION TRIFASICO 120/208 V. DE LA RADIO
TDTV	TABLERO DE DISTRIBUCION TRIFASICO 120/240 V. DE T.V.
IGTV	INTERRUPTOR GENERAL TRIFASICO DE T.V.
	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO DE 120 V.
	TUBERIA H.G. \varnothing 2".
	TUBERIA H.G. \varnothing 1 1/4".
	TUBERIA P.V.C. \varnothing 1 1/4".
	TUBERIA P.V.C. \varnothing 3/4".

Figura E-3. Distribución eléctrica



NOMENCLATURA

SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
ATI 125	INTERR. DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA TRIFASICO 125 A. 120/240 V.
TDG	TABLERO DE DISTRIBUCION GRAL. TRIFASICO 120/240 V. DE RADIO Y T.V.
TDR	TABLERO DE DISTRIBUCION TRIFASICO 120/208 V. DE LA RADIO
TDTV	TABLERO DE DISTRIBUCION TRIFASICO 120/240 V. DE T.V.
IGTV	INTERR. GENERAL TRIFASICO DE T.V.
IGEE	INTERR. GENERAL TRIFASICO DE ENERGIA DE EEGSA 120 / 240 V.
IGPE	INTERR. GENERAL DEL GENERADOR 120 / 240 V.
CR	CAJA DE REGISTRO.
RV	REGULADOR DE VOLTAJE.
D - Y	CONVERTIDOR DE VOLTAJE DELTA - ESTRELLA.
—	LINEA VIVA.
—	LINEA NEUTRO.
—	LINEA DE TIERRA FISICA.
—	TIERRA FISICA.
-----	TUBERIA SUBTERRANEA.
■	GENERADOR.

Figura E-4. Ubicación de las distintas áreas en el CCU

