



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

**ANÁLISIS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA  
DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA, PARA LA  
AUTOMATIZACIÓN DE 800 TONELADAS DE AIRE  
ACONDICIONADO, CENTRO COMERCIAL LA PRADERA  
PUERTO BARRIOS IZABAL**

**Jorge Gilberto González Padilla**  
**Asesorado por el Ing. Filiberto Poujol**

**Guatemala, noviembre de 2007**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ANÁLISIS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA  
DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA, PARA LA  
AUTOMATIZACIÓN DE 800 TONELADAS DE AIRE  
ACONDICIONADO, CENTRO COMERCIAL LA PRADERA  
PUERTO BARRIOS IZABAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**JORGE GILBERTO GONZÁLEZ PADILLA**

ASESORADO POR EL INGENIERO FILIBERTO POUJOL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2007



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE LA 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  
SECRETARIA: Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO: Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
EXAMINADOR: Ing. José Guillermo Bedoya  
EXAMINADOR: Ing. Saúl Cabezas Durán  
EXAMINADOR: Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz  
SECRETARIA: Inga. Marcia Ivónne 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:

### ANÁLISIS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA, PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE 800 TONELADAS DE AIRE ACONDICIONADO, CENTRO COMERCIAL LA PRADERA PUERTO BARRIOS IZABAL,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 2 de noviembre de 2006.

  
Jorge Gilberto González Padilla





Guatemala, junio 05 de 2007

Ingeniero  
Kenneth Issur Estrada Ruiz  
Coordinador Área Ciencia y Tecnología  
Unidad EPS  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ing. Estrada:

Por este medio le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado EPS titulado **“Análisis, diseño y construcción del sistema de alimentación eléctrica para la automatización de 800 toneladas de aire acondicionado, Centro Comercial La Pradera Puerto Barrios, Izabal”** desarrollado por el estudiante **JORGE GILBERTO GONZALEZ PADILLA**, asesorado debidamente por mi persona.

Por lo que habiendo cumplido con el objetivo y requisitos de ley del referido trabajo, en mi calidad de asesor apoyo su contenido, solicitándole el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

Ing. Filiberto Poujol  
Colegiado No. 1185  
Filiberto A. Poujol B.  
Ing. Mecánico Electricista  
Col. 1185



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 26 de octubre 2007.

Señor Director  
Ing. Mario Renato Escobedo Martinez  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
**ANÁLISIS, DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE  
ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA, PARA LA AUTOMATIZACIÓN  
DE 800 TONELADAS DE AIRE ACONDICIONADO, CENTRO  
COMERCIAL LA PRADERA PUERTO BARRIOS IZABAL,** del  
estudiante; Jorge Gilberto González Padilla, por considerar que cumple  
con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

**Ing. Francisco Javier González López**  
Coordinador Área de Electrotécnica



FJGL/sro



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 11 de julio de 2007  
Ref. EPS. C. 441.07.07

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña  
Directora, a.i. Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, **JORGE GILBERTO GÓNZÁLEZ PADILLA**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, titulado **“ANÁLISIS , DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA, PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE 800 TONELADAS DE AIRE ACONDICIONADO, CENTRO COMERCIAL LA PRADERA PUERTO BARRIOS IZABAL”**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Sa y Enseñad a Todos”

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz  
Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica – Eléctrica



KIER/jm



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Ing. Renato Escobedo  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Guatemala, 19 de julio de 2007  
Ref. EPS. C. 441.07.07

Estimado Ingeniero Escobedo.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“ANÁLISIS , DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA, PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE 800 TONELADAS DE AIRE ACONDICIONADO, CENTRO COMERCIAL LA PRADERA PUERTO BARRIOS IZABAL”.**

Este trabajo lo desarrolló el estudiante universitario, **JORGE GILBERTO GONZÁLEZ PADILLA**, quien fue asesorado por el Ing. Filiberto Poujol y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del asesor y supervisor, en mi calidad de Director apruebo su contenido; solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“*Se y Enseñad a Todos*”

Ing. Angel Roberto Sic García  
Director Unidad de EPS



ARSG/jm

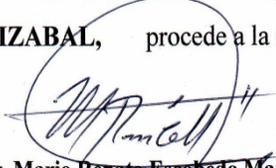


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Jorge Gilberto González Padilla, titulado: **ANÁLISIS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ELÈCTRICA, PARA LA AUTOMATIZACIÒN DE 800 TONELADAS DE AIRE ACONDICIONADO, CENTRO COMERCIAL LA PRADERA PUERTO BARRIOS IZABAL,** procede a la autorización del mismo.

  
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez  
DIRECTOR



GUATEMALA, 31 DE OCTUBRE 2,007.



Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG. 443.2007

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA, PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE 800 TONELADAS DE AIRE ACONDICIONADO, CENTRO COMERCIAL LA PRADERA PUERTO BARRIOS IZABAL**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Gilberto González Padilla**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, noviembre de 2007



/gdech



## **AGRADECIMIENTO A:**

- DIOS** A Jesús, a la Virgen María y al Espíritu Santo, por orientarme en todo el proceso de la carrera y gracias a su bendición poder llegar a culminar la misma.
- MIS PADRES** Y mis hermanos por el apoyo incondicional.
- USAC** Que me proporcione los conocimientos necesarios para formarme como profesional.
- TU VISIÓN** Por permitir empezar a realizarme como profesional
- COLEGIO  
ALEMÁN** Por permitir realizar mi práctica supervisada.
- CORPORACIÓN  
ECA** Por permitir realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).
- MI ASESOR** Ing. Filiberto Poujol, por su colaboración y asesoría para este trabajo de graduación



## **DEDICATORIA A:**

### **DIOS**

Por haberme permitido culminar mi carrera.

### **MIS PADRES**

Jorge Luís González y Olga Isabel Padilla, por su incondicionable apoyo, ya que gracias a sus consejos, esfuerzo y ayuda, se ha logrado la meta que ellos esperaban.

### **A MIS HERMANOS**

Silvia Aracely, Olga Hileana y Luís Baudilio, por que siempre estuvieron apoyándome y motivándome a seguir adelante.

### **MI FAMILIA**

En especial a mi tío Edgar López, por brindarme su apoyo incondicionalmente.

### **MIS AMIGOS**

Que siempre estuvieron apoyándome y motivándome.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XIII
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI

## 1. ETAPAS DEL PROYECTO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA EL AIRE ACONDICIONADO

1.1	Diseño del sistema eléctrico para la automatización del aire acondicionado.....	4
1.1.1	Fuerza y protección del cuarto eléctrico para el aire acondicionado.....	4
1.1.1.1	Cálculo de fuerza, conductores, tubería, protección, del cuarto eléctrico para el circuito uno, de sus circuitos derivados.....	8
1.1.1.1.1	Acometida eléctrica para el tablero de distribución principal del circuito eléctrico uno...	12
1.1.1.1.2	Capacidad del transformador del circuito eléctrico uno en KVA.....	12
1.1.1.2	Cálculo de fuerza, conductores, tubería, protección, del cuarto eléctrico para el circuito dos, de sus circuitos derivados.....	13

1.1.1.2.1	Acometida eléctrica para el tablero de distribución principal del circuito dos.....	18
1.1.1.2.2	Capacidad del transformador del circuito eléctrico dos en KVA.....	18
1.2	Diseño del sistema de puesta a tierra.....	19
1.3	Diagramas unifilares.....	25
1.4	Capacidad de los equipos de aire acondicionado en interiores del centro comercial.....	29
1.5	Tableros.....	32
1.5.1	Tableros de distribución principales.....	32
1.5.2	Centro de control de motores.....	35

## **2. ANÁLISIS ECONÓMICO**

2.1	Presupuesto del sistema eléctrico para el aire acondicionado....	45
2.1.1	Costo de equipos.....	45
2.1.2	Costo de materiales.....	47
2.1.3	Mano de obra y prestaciones laborales.....	54
2.1.3.1	Gastos fijos.....	55
2.1.3.2	Gastos administrativos.....	57

## **3. ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGIA ELÉCTRICA DE UN CUARTO ELÉCTRICO DEL CENTRO COMERCIAL LA PRADERA PUERTO BARRIOS IZABAL**

3.1	Análisis de calidad de energía eléctrica del circuito eléctrico uno.....	59
-----	--	----

3.1.1	Potencia activa.....	59
3.1.2	Potencia reactiva.....	61
3.1.2.1	Potencia inductiva.....	61
3.1.2.2	Potencia capacitiva.....	63
3.1.3	Factor de potencia.....	64
3.1.4	Corriente.....	66
3.1.5	Voltaje.....	68
3.1.6	Desbalance.....	69
3.1.7	Variación de voltaje flicker.....	70
3.1.8	Armónicos.....	71
3.1.8.1	Forma de onda de voltaje y corriente del circuito uno.....	71
3.1.8.2	Representación de la distorsión armónica de voltaje y corriente en porcentaje de barras.....	72
3.2	Análisis de calidad de energía eléctrica del circuito eléctrico dos.....	74
3.2.1	Potencia activa.....	74
3.2.2	Potencia reactiva.....	75
3.2.2.1	Potencia inductiva.....	75
3.2.2.2	Potencia capacitiva.....	77
3.2.3	Factor de potencia.....	78
3.2.4	Corriente.....	79
3.2.5	Voltaje.....	80
3.2.6	Desbalance.....	81
3.2.7	Variación de voltaje flicker.....	81
3.2.8	Armónicos.....	82
3.2.8.1	Forma de onda de voltaje y corriente del circuito eléctrico dos.....	82
3.2.8.2	Representación en barras de la onda distorsionada de voltaje y corriente en porcentaje.....	83

## **4. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL CENTRO COMERCIAL**

4.1	Luz y fuerza.....	87
4.1.1	Contadores, protección y tubería.....	94
4.2	Diseño de iluminación.....	98
4.2.1	Diseño de iluminación interior.....	98
4.2.2	Diseño de iluminación exterior.....	109
4.3	Diseño de pararrayo.....	111
4.3.1	Instalación del pararrayo.....	114
4.3.2	Mantenimiento de pararrayos.....	116
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>119</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>121</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>123</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>127</b>

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Diagrama unifilar de cuatro ventiladores para cada torre.....	10
2.	Diagrama unifilar de tres bombas centrífugas para torres de ventiladores.....	11
3.	Diagrama unifilar de dos bombas centrífugas secundarias.....	15
4.	Diagrama unifilar de tres bombas centrífugas de agua primaria.....	16
5.	Diagrama unifilar de tres bombas centrífugas de condensación.....	17
6.	Medidor de tierra física.....	20
7.	Conexión de prueba del medidor extech.....	21
8.	Zanja de conexión para cables del sistema de puesta a tierra.....	23
9.	Conexión de cable para el sistema de puesta a tierra al transformador pad mounted.....	24
10.	Diagrama unifilar del sistema de puesta a tierra.....	24
11.	Diagrama unifilar del circuito eléctrico uno.....	25
12.	Diagrama unifilar del circuito eléctrico dos.....	26
13.	Diagrama unifilar completo del sistema de alimentación eléctrica para el aire acondicionado.....	28
14.	Tablero de distribución principal, vista exterior.....	32
14.	Tablero de distribución principal del circuito eléctrico uno.....	33
16.	Tablero de distribución principal del circuito eléctrico dos.....	34
17.	Centro de control de motores para bombas centrífugas de agua primaria, vista perfil.....	35
18.	Vista interior del centro de control de motores para bombas centrífugas de agua primaria.....	36

19. Vista interior del centro de control de motores para bombas centrífugas de torres.....	37
20. Vista interior del centro de control de motores para las bombas centrífugas de condensación.....	38
21. Centro de control de motores para ventiladores de torres.....	39
22. Centro de control de motores de ventiladores vista interior.....	40
23. Centro de control de motores para bombas centrífugas secundarias..	41
24. Vista interior del centro de control de motores para bombas centrífugas secundarias.....	42
25. Tablero banco de capacitores.....	43
26. Interior de tablero banco de capacitores.....	44
27. Potencia activa en cada fase del circuito eléctrico uno.....	60
28. Potencia activa promedio del circuito eléctrico uno.....	60
29. Potencia inductiva en cada fase del circuito eléctrico uno.....	62
30. Potencia inductiva promedio del circuito eléctrico uno.....	62
31. Potencia capacitiva en cada fase del circuito eléctrico uno.....	63
32. Potencia capacitiva promedio del circuito eléctrico uno.....	64
33. Factor de potencia en cada fase del circuito eléctrico uno.....	65
34. Factor de potencia promedio del circuito eléctrico uno.....	65
35. Corriente de cada fase del circuito eléctrico uno.....	67
36. Corriente promedio del circuito eléctrico uno.....	67
37. Fases de voltaje del circuito uno.....	68
38. Variación de voltaje del circuito uno.....	70
39. Forma de onda de voltaje y corriente en thd del circuito uno.....	71
40. Armónicos en barras del circuito uno.....	72
41. Tasa de distorsión armónica del circuito uno.....	73
42. Potencia activa del circuito eléctrico dos.....	74
43. Potencia activa promedio del circuito eléctrico dos.....	75
44. Potencia inductiva de cada fase del circuito dos.....	76
45. Promedio de la potencia inductiva del circuito eléctrico dos.....	76
46. Potencia capacitiva para cada fase del circuito eléctrico dos.....	77

47.	Factor de potencia de cada fase del circuito eléctrico dos.....	78
48.	Corriente de cada fase del circuito eléctrico dos.....	79
49.	Voltaje de fase a neutro del circuito eléctrico dos.....	80
50.	Forma de onda de voltaje y corriente en thd del circuito dos.....	82
51.	Armónicos en barras del circuito eléctrico dos.....	83
52.	Tasa de distorsión armónica del circuito eléctrico dos.....	84
53.	Diagrama unifilar del circuito eléctrico TMC1.....	89
54.	Diagrama unifilar del circuito eléctrico TMC2.....	91
55.	Diagrama unifilar del circuito eléctrico TMC3.....	92
56.	Contadores de medición de energía eléctrica TMC1.....	94
57.	Contadores de medición de energía eléctrica TMC2.....	95
58.	Contadores de medición de energía eléctrica TMC3.....	97
59.	Lámpara PA25 luz neutra o luz blanca.....	100
60.	Dimensiones del local.....	100
61.	Distribución de lámparas área uno.....	103
62.	Curvas isolux área uno.....	104
63.	Representación de la iluminación área uno.....	104
64.	Distribución de luminarias área dos.....	105
65.	Curvas isolux área dos.....	106
66.	Representación de la iluminación área dos.....	106
67.	Distribución de luminarias área tres.....	107
68.	Curvas isolux área tres.....	108
69.	Representación de la iluminación área tres.....	108
70.	Lámpara de vapor de sodio para iluminación áreas abiertas.....	109
71.	Distribución de lámparas en el área de estacionamiento.....	110
72.	Curvas isolux área de estacionamiento.....	110
73.	Radio de protección del pararrayo pulsar.....	112
74.	Pararrayos pulsar.....	113
75.	Partes del pararrayos pulsar.....	115
76.	Distribución de pararrayos en el centro comercial.....	116

77.	Condulet para tubo conduit tipo Lb.....	143
78.	Condulet deslizable a 90 grados.....	143
79.	Conectores para cajas de conexión.....	143
80.	Dispersión de la corriente a través del electrodo y curvas equipotenciales.....	164
81.	Interacción de las curvas equipotenciales de dos electrodos conectados en paralelo.....	165
82.	Cuarto eléctrico con chillers y tableros de distribución.....	167
83.	Cuarto eléctrico y localización de sus componentes.....	168
84.	Cuarto eléctrico con tubería.....	169
85.	Cuarto eléctrico con tubería vista uno.....	170
86.	Cuarto eléctrico con tubería vista dos.....	170
87.	Centro comercial la pradera puerto barrios izabal.....	171

## TABLAS

I.	Cronograma de planificación del proyecto del aire acondicionado.....	3
II.	Capacidad de carga por calibre según el tipo de cable.....	5
III.	Área del conductor tierra para la alimentación de los equipos.....	6
IV.	Área del conductor tierra del tablero de distribución principal al sistema de tierra física.....	6
V.	Número máximo de conductores en tubería.....	7
VI.	Ecuaciones de diseño eléctrico de fuerza.....	7
VII.	Descripción del circuito eléctrico uno.....	8
VIII.	Resultado de cálculos de chillers.....	8
IX.	Resultado de cálculos de los ventiladores.....	9

X.	Resultado de cálculo de la alimentación de energía eléctrica, del TDP1 hacia el CCM para las dos torres de ventiladores.....	9
XI.	Resultado de cálculos para bombas centrífugas de torres..	10
XII.	Resultado de cálculos del TDP1 al CCM para bombas centrífugas de torres.....	11
XIII.	Datos generales de corriente y potencia del circuito eléctrico uno.....	13
XIV.	Descripción del circuito eléctrico dos.....	14
XV.	Resultados de cálculos para cada bomba de agua secundaria.....	14
XVI.	Resultados del TDP2 al CCM de bombas centrífugas secundarias.....	14
XVII.	Resultado de cálculos de tres bombas centrífugas primarias.....	15
XVIII.	Resultados del TDP2 al CCM de bombas centrífugas primarias.....	15
XIX.	Resultados del CCM a las bombas de agua de condensación.....	16
XX.	Resultados del TDP2 al CCM de bombas centrífugas de condensación.....	17
XXI.	Datos generales de corriente y potencia del circuito eléctrico dos.....	19
XXII.	Detalle de cableado y tubos conduit del circuito eléctrico uno.....	26
XXIII.	Detalle de cableado y tubos conduit del circuito eléctrico dos.....	27
XXIV.	Capacidad de los equipos eléctricos del centro comercial..	30
XXV.	Continuación, datos de capacidad de equipos centro comercial.....	31
XXVI.	Costo de tableros de distribución principales.....	46

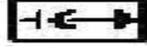
XXVII.	Costo de tableros, centro de control de motores.....	46
XXVIII.	Costo de interruptores de seguridad.....	47
XXIX.	Costo total de equipos.....	47
XXX.	Costo de materiales acometidas eléctricas principales.....	48
XXXI.	Costo de material para bancos de capacitores.....	48
XXXII.	Costo de materiales para acometida eléctrica de chillers...	48
XXXIII.	Costo de material para dos bombas centrífugas secundarias .....	49
XXXIV.	Costo de material para tres bombas centrífugas de agua primaria.....	49
XXXV.	Costo de material para tres bombas centrífugas de condensación.....	50
XXXVI.	Costo de material para tres bombas centrífugas para torres.....	50
XXXVII.	Costo de material para torres de ventiladores.....	51
XXXVIII.	Total de costos de materiales cuarto eléctrico.....	51
XXXIX.	Costo de materiales para acometidas eléctricas de manejadoras de aire acondicionado, en interior de locales del centro comercial.....	52
XXXX.	Costo de materiales para acometidas eléctricas de manejadoras en servicios generales con cable No. 12.....	52
XXXXI:	Costos de materiales para acometidas eléctricas de manejadoras en servicios generales con cable No. 10.....	53
XXXXII.	Costos de materiales para acometidas eléctricas de manejadoras en servicios generales con cable No. 8.....	53
XXXXIII.	Costo total de materiales de manejadoras en interior del centro comercial.....	54
XXXXIV.	Presupuesto de mano de obra del cuarto eléctrico y aparatos en el interior del centro comercial.....	55
XXXXV.	Viáticos para trabajadores.....	55
XXXXVI.	Viáticos para supervisor de obra.....	56

XXXXVII.	Viáticos jefe de área.....	56
XXXXVIII.	Salario ordinario de trabajadores.....	56
XXXXIX.	Salario extraordinario.....	56
L.	Gastos administrativos.....	57
LI.	Consumo de corriente por fase en tablero múltiple de contadores uno TMC1.....	88
LII.	Consumo de corriente por fase en tablero múltiple de contadores dos TMC2.....	88
LIII.	Consumo de corriente por fase en tablero múltiple de contadores tres TMC3.....	89
LIV	Datos de voltaje y cable para el TMC1.....	90
LV.	Datos de voltaje y cable para el TMC2.....	91
LVI.	Datos de voltaje y cable para el TMC3.....	93
LVII.	Protección y tubería para el TMC1.....	95
LVIII.	Protección y tubería para el TMC2.....	96
LIX.	Protección y tubería para el TMC3.....	97
LX.	Nivel de flujo luminoso en luxes.....	99
LXI.	Relación de cavidad local.....	101
LXII.	Coeficiente de reflexión.....	101
LXIII.	Coeficiente de mantenimiento.....	101
LXIV.	Ecuaciones matemáticas para cálculos de iluminación....	102
LXV.	Cálculo del índice de local de luz semi directa.....	102
LXVI.	Radio de protección pararrayo pulsar.....	113
LXVII.	Factor de relleno en tubos conduit.....	140



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
<b>A</b>	Amperio
<b>V</b>	Voltaje
<b>KVA</b>	Kilovoltio amperio
<b>VAR</b>	Voltio amperio reactivo
<b>KW</b>	Kilowatts
<b>FP</b>	Factor de potencia
$\eta$	Eficiencia
<b>P</b>	Potencia
<b>S</b>	Potencia aparente
<b>In</b>	Corriente nominal
<b>Ir</b>	Corriente real
<b>Iar</b>	Corriente de arranque
<b>Id</b>	Corriente de diseño
<b>FU</b>	Factor de utilidad
<b>Fa</b>	Factor de arranque
<b>D</b>	Diámetro
<b>Ia</b>	Corriente del alimentador
<b>Ipm</b>	Corriente de protección del motor
<b>ID</b>	Corriente del desconectador
<b>Ipa</b>	Protección del alimentador
$\xi$	Sumatoria
<b>B</b>	Protección del circuito derivado
<b>E</b>	Protección del motor
<b>F</b>	Desconectador

Símbolo	Significado
<b>TDP</b>	Tablero de distribución principal
<b>CCM</b>	Centro de control de motores
<b>VF</b>	Variador de frecuencia
<b>TMC</b>	Tablero múltiple de contadores
	Motor trifásico
	Relé térmico de sobrecarga
	Contacto normalmente abierto
	Indicador luminoso
	Tablero de distribución eléctrica
	Transformador tipo pad mounted
	Sistema de pararrayos
	Puesta a tierra
	Cortacircuitos de distribución
	Protección termo magnética
	Banco de capacitores
	Conductor
	Corriente alterna
	Polaridad positiva
	Polaridad neutra
	Conexión Delta
	Conexión estrella aterrizada

## GLOSARIO

<b>Aire acondicionado</b>	Es el proceso más completo de tratamiento del aire ambiente de los locales habitados y consiste en regular las condiciones de temperatura.
<b>Bentonita</b>	Arcilla natural que contiene una porción elevada de montmorillonita, silicato de aluminio hidratado de origen natural, en el que algunos átomos de aluminio y silicio pueden ser sustituidos por otros átomos, como el magnesio, el calcio y el hierro.
<b>Bomba</b>	Es una máquina que absorbe energía mecánica que puede provenir de un motor eléctrico, y la transforma en energía que la transfiere a un fluido que puede ser transportado.
<b>Bomba centrífuga</b>	Son aquellas en que el fluido ingresa a esta por el eje y sale siguiendo una trayectoria.
<b>Chiller</b>	Equipo refrigerante utilizado para disminuir o mantener la temperatura del agua.
<b>Cabezal captador</b>	Dispositivo encargado de atraer la descarga eléctrica y capturar el impacto del rayo, para conducir su potencial de alta tensión a la toma de tierra.

<b>Condensación</b>	Es el proceso que consiste en el paso de una sustancia en forma gaseosa a forma líquida.
<b>Diagrama unifilar</b>	Dibujo que se representa en forma simbólica
<b>Interruptor diferencial</b>	Es un interruptor que detecta la diferencia entre la corriente de entrada y salida, cuando esta diferencia supera el valor determinado en que está calibrado el dispositivo abre el circuito, interrumpiendo el paso de corriente del circuito que está protegiendo.
<b>IEC</b>	Comisión electromecánica internacional.
<b>Mástil</b>	Es el elemento extensible para dar la altura necesaria al cabezal captador.
<b>Nema</b>	Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos.
<b>Soldadura exotérmica</b>	Reacción química entre el óxido de cobre y aluminio, en esta reacción el aluminio actúa como reductor del óxido de cobre, resultando como elemento la soldadura del cobre, el polvo de ignición es el que empieza la reacción exotérmica.

## RESUMEN

Las instalaciones eléctricas tendrán circuitos derivados para la alimentación de cada bomba centrífuga, cada chiller y cada torre de ventiladores. Se tendrá dos circuitos eléctricos diseñados para la alimentación del sistema eléctrico del cuarto eléctrico.

Estos circuitos eléctricos tendrán una acometida principal, con su respectivo transformador, capacitado a la potencia requerida.

El cuarto eléctrico estará conformado por tableros de distribución principal, centro de control de motores, variadores de frecuencia, torres de ventiladores, bombas centrífugas y chillers.

Se diseñará un sistema de puesta a tierra, debido a que la configuración de los transformadores en el lado secundario es estrella aterrizada.

El análisis del estudio económico presentará una serie de pasos para llegar a un costo final para la realización del proyecto.

Se verificará el funcionamiento del sistema eléctrico por medio de un análisis de calidad de energía eléctrica, para el cuarto eléctrico.

El diseño de luz y fuerza requiere de análisis y criterio para obtener la aproximación de carga a instalar en cada local, donde se presentan tablas de consumo de energía eléctrica.

El diseño de iluminación interior y exterior se realizará utilizando criterios adecuados, de acorde a métodos teóricos y programas de diseño de iluminación,

El diseño del sistema de pararrayos se realiza, según norma Francesa NFC y norma Española UNE, adecuadas para la selección del pararrayos.

# OBJETIVOS

## General

Diseñar el sistema de alimentación eléctrica de un cuarto eléctrico, para la automatización del aire acondicionado.

## Específicos

1. Especificar calibre de cable, tubería y protección adecuada del sistema eléctrico para el aire acondicionado.
2. Calcular la capacidad de los transformadores a utilizar.
3. Realización del diseño del sistema de puesta a tierra.
4. Realización de cálculos para acometidas eléctricas en las unidades de aire acondicionado.
5. Analizar la calidad de energía eléctrica, del sistema de alimentación eléctrica para un cuarto eléctrico del aire acondicionado.
6. Estudio económico para la realización del diseño del sistema eléctrico en un cuarto eléctrico y la realización de la instalación de acometidas eléctricas para cada unidad de aire acondicionado en el interior del inmueble.
7. Realizar el diseño eléctrico de luz y fuerza del centro comercial.
8. Realización del diseño de iluminación interior de servicios generales.
9. Realización del diseño de iluminación en el exterior para área de estacionamiento de automóviles.
10. Realización del diseño de pararrayos.



# INTRODUCCIÓN

Los criterios fundamentales para la realización de proyectos de una instalación eléctrica, es prestar un servicio de una forma técnica adecuada para el funcionamiento correcto de los equipos, que sea segura y económica.

El capítulo uno describirá el proceso de realización del diseño eléctrico, de un cuarto eléctrico, para el funcionamiento correcto de los aparatos que conforman el sistema de aire acondicionado, antes de comenzar a realizar el diseño eléctrico es importante tener la carga en KVA a instalar en cada circuito eléctrico y el diseño del sistema de puesta a tierra.

El capítulo dos describirá un análisis económico para la realización del diseño eléctrico del sistema de alimentación eléctrica de un cuarto eléctrico.

El capítulo tres se enfocará al análisis de la calidad de energía eléctrica, de los circuitos eléctricos que conforman un cuarto eléctrico, para el suministro de energía eléctrica de los aparatos o máquinas que realizaran el proceso de enfriamiento de agua para el aire acondicionado.

El capítulo cuatro se enfocara al diseño de luz y fuerza, diseño de iluminación de interiores en pasillo, diseño iluminación exterior para estacionamiento de automóviles y diseño de pararrayos en el centro comercial.

# **1. ETAPAS DEL PROYECTO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA EL AIRE ACONDICIONADO**

Para elaborar el proyecto del sistema eléctrico se consideran varias etapas fundamentales.

La etapa de preinversión o fase de planificación incluye todos los estudios del proyecto, desde la identificación de la idea o necesidad, la preparación, hasta antes de la ejecución de las actividades planificadas.

La idea nace por la problemática de no tener un ambiente climático agradable a los visitantes y propietarios del centro comercial, ya que las condiciones geográficas del lugar indican temperaturas altas.

El contenido de la idea es el nombre que se le da al proyecto, que es análisis, diseño y construcción del sistema de alimentación eléctrica, para la automatización de 800 toneladas de aire acondicionado, Centro Comercial la Pradera Puerto Barrios Izabal.

Los antecedentes son los que indican el origen del problema, y es debido por la situación geográfica en que se encuentran las instalaciones, ya que el clima que predomina en el lugar es caluroso.

La justificación es la parte donde se vende la idea por ser un proyecto económico privado, es por tal motivo que es necesario la implementación de un proyecto que cubra la necesidad de tener un ambiente confortable en el interior del inmueble y cubrir adecuadamente la demanda de climatización adecuada para cada local.

El objetivo es disminuir la temperatura ambiente a una temperatura agradable para las personas que visitaran las instalaciones y las que ahí se encuentran.

En la descripción del proyecto se destaca la forma general de la idea del proyecto, qué se hará, cómo se hará, en cuánto tiempo se realizará y quiénes serán los beneficiados.

El proyecto consiste en el diseño de la construcción de un cuarto eléctrico para el sistema de alimentación eléctrica de los aparatos que conforman el proceso de funcionamiento del aire acondicionado, y los aparatos que se instalaran en el interior de cada local y servicios generales, con el fin de mantener una temperatura ambiente agradable.

La etapa de inversión efectúa los gastos necesarios para poner en marcha el proyecto, considerando diseños de ingeniería y administrativos, realización de trámites y contratos, y la fase de ejecución de las actividades planificadas.

**Tabla I. Cronograma de planificación del proyecto del aire acondicionado**

Actividades	Tiempo en meses					
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Diseño eléctrico	■					
Análisis económico	■					
Inicio de actividades		■				
Acometida eléctrica de chiller 1 y chiller 2		■				
Acometida eléctrica de bombas primarias		■				
Acometida eléctrica de bombas de secundarias		■				
Acometida eléctrica de bombas de condensación		■				
Acometida eléctrica de bombas torres		■				
Acometida eléctrica de torres de ventiladores		■				
Montaje y conexión de tableros de distribución principal uno y dos			■			
Montaje y conexión de CCM			■			
Sistema de puesta a tierra			■			
Conexión de transformadores para el cuarto eléctrico			■			
Instalación eléctrica de aparatos de aire en el interior del centro comercial para servicios generales			■			
Funcionamiento del sistema eléctrico para el proceso del aire acondicionado			■			
Instalación eléctrica de aparatos de aire en el interior del centro comercial para cada local				■		
Etapa de finalización del proyecto						■

Los costos estimados se realizan con cuadros de costos de carácter general que incluye cada componente y el total de los mismos.

La etapa de post inversión, operación, administración y mantenimiento del proyecto es la que se encargara de la realización de la operación y funcionamiento del proyecto, para conseguir un beneficio en forma general, y que se cumplan los objetivos que determinaron la necesidad o idea.

## **1.1 Diseño del sistema eléctrico para la automatización del aire acondicionado**

### **1.1.1 Fuerza y protección del cuarto eléctrico para el aire acondicionado**

Se diseñará fundamentalmente las instalaciones eléctricas industriales para fuerza, en particular para motores eléctricos y sus respectivas protecciones, se utilizará cable THHN a 90 grados centígrados introducidos en tubería, ver Tabla II, se utilizará calibre de cable neutro a un cincuenta por ciento, para el calibre de cable tierra se utilizarán la Tabla III y la Tabla IV, de las normas nec, la tubería a utilizar será de tubo conduit galvanizado que es especial para instalaciones eléctricas industriales donde se utilizará la Tabla V, que indica el número de conductores que pueden ir en la tubería con un factor de relleno de 0.4, y se colocarán centros de control de motores con variadores de frecuencia.

Se diseñarán dos circuitos eléctricos, el primer circuito eléctrico comprende de dos chillers, dos torres para ventiladores con capacidad de cuatro ventiladores cada uno y tres bombas centrífugas de agua para torres.

El segundo circuito eléctrico comprende de tres bombas centrífugas de agua primarias, dos bombas centrífugas de agua secundarias y tres bombas centrífugas de agua de condensación, se especificarán los datos necesarios para hacer los cálculos matemáticos y se utilizarán las ecuaciones presentadas en la Tabla VI.

**Tabla II. Capacidad de carga por calibre según el tipo de cable**

Temperatura ambiente de 30°C						
	UN CABLE AL AIRE LIBRE			CABLES EN CONDUIT o ENTERRADOS		
	TIPOS DE CABLE			TIPOS DE CABLE		
		THW			THW	
CALIBRE	TW	THWN	THHN	TW	THWN	THHN
		XHHW*	XHHW**		XHHW*	XHHW**
AWG o MCM		TTU	TTU		TTU	TTU
	TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN			TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN		
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C
14	20	30	30	20	20	25
12	25	35	40	25	25	30
10	40	50	55	30	35	40
8	55	70	80	40	50	55
6	80	95	105	55	65	75
4	105	125	140	70	85	95
2	140	170	190	95	115	130
1	165	195	220	110	130	150
1/0	195	230	260	125	150	170
2/0	225	265	300	145	175	195
3/0	260	310	350	165	200	225
4/0	300	360	405	195	230	260
250	340	405	455	215	255	290
300	375	445	505	240	285	320
350	420	505	570	260	310	350
400	455	545	615	280	335	380
500	515	620	700	320	380	430
600	575	690	780	355	420	475
750	655	785	885	400	475	535
1000	780	935	1055	455	545	615
VALORES EN AMPERIOS		* LUGARES HÚMEDOS		** LUGARES SECOS		

Fuente: Tabla 250-6, normas nec página 213, octava edición 1999

**Tabla III. Área del conductor tierra para alimentación de los equipos en AWG / Kcmil**

Amperios en fase de voltaje	Tamaño AWG o kcmil conductor tierra
15	14
20	12
30	10
40	10
60	10
100	8
200	6
300	4
400	3
500	2
600	1
800	1/0
1000	2/0
1200	3/0
1600	4/0
2000	250
2500	350
3000	400

Fuente: Tabla 250.122, normas nec página 231, octava edición 1999

**Tabla IV. Área del conductor tierra del tablero de distribución principal al sistema de tierra física**

Conductor fase de voltaje	Conductor tierra
2 es el más pequeño	8
1 o 1/0	6
2/0 o 3/0	4
desde 3/0 a 350 MCM	2
desde 350 MCM a 600 MCM	1/0
desde 600 MCM a 1100 MCM	2/0
desde 1100 MCM	3/0

Fuente: Tabla 250.66, normas nec página 214, octava edición 1999

**Tabla V. Número máximo de conductores en tubería**

TIPO DE CABLE	CAL.	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	3-1/2"	4"
THHN, THWN	14	12	22	35	61	84	138	241	364	476	608
THWN-2	12	9	16	26	45	61	101	176	266	347	443
	10	5	10	16	28	38	63	111	167	219	279
	8	3	6	9	16	22	36	64	96	126	161
	6	2	4	7	12	16	26	46	69	91	116
	4	1	2	4	7	10	16	28	43	56	71
	3	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
	2	1	1	3	5	7	11	20	30	40	51
	1	1	1	1	4	5	8	15	22	29	37
	1/0	1	1	1	3	4	7	12	19	25	32
	2/0		1	1	2	3	6	10	16	20	26
	3/0		1	1	1	3	5	8	13	17	22
	4/0		1	1	1	2	4	7	11	14	18
	250			1	1	1	3	6	9	11	15
	300			1	1	1	3	5	7	10	13
	350			1	1	1	2	4	6	9	11
	400				1	1	1	4	6	8	10
	500				1	1	1	3	5	6	8
	600				1	1	1	2	4	5	7
	700				1	1	1	2	3	4	6
	750					1	1	1	3	4	5
	800					1	1	1	3	4	5
	900					1	1	1	3	3	4
	1000					1	1	1	2	3	4

Fuente: Tabla C.1 anexo c normas nec, octava edición 1999

**Tabla VI. Ecuaciones de diseño eléctrico de fuerza**

	Descripción	Ecuación
1	Potencia activa (W)	$P = \frac{HP \times 746W}{1HP}$
2	Potencia aparente (S)	$S = \frac{K \cdot W}{FPX\eta}$
3	Corriente nominal (In)	$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{ff}}$
4	Corriente real (Ir)	$I_r = F_U \times I_n$
5	Corriente de arranque (Iar)	$I_{ar} = F_a \times I_n$
6	Corriente de diseño (Id)	$I_d = 1,25 \times I_n$
7	Area total de los conductores incluyendo aislamiento (a)	a = No. de conductores X area del conductor
8	Seccion de la canalización (A)	$A = a / F$
9	Diametro (D)	$D = 2 \sqrt{A/\pi}$
10	Corriente del alimentador (Ia)	$I_a = 1,25 \times I_n$ motor mayor+ $\xi I_n$ otros motores
11	Corriente de protección del motor (Ipm)	$I_{pm} = 1,25 \times I_n$
12	Corriente del desconector (ID)	$I_D = 1,15 \times I_n$ ,
13	Corriente protección del alimentador (Ipa)	$I_{pa} = I_{ar} + \xi I_n$ otros motores

### 1.1.1.1 Cálculo de fuerza, conductores, tubería, protección, del cuarto eléctrico para el circuito uno, de sus circuitos derivados

Los cálculos matemáticos respectivos se realizarán con los datos específicos de cada aparato, utilizando las ecuaciones respectivas, y sus resultados se mostrarán en sus incisos de cada tabla.

**Tabla VII. Descripción del circuito eléctrico uno**

No	Descripción Circuito 1	cantidad	potencia HP	Voltaje	F.P	Eficiencia	FU
1	Chiller 1	1	312,3324 HP	480 V	0.9	0.9	0.7
2	Chiller 2	1	312,3324 HP	480 V	0.9	0.9	0.7
3	Ventilador 1 torre 1	1	7,5 HP	460 V	0.9	0.85	1
4	Ventilador 2 torre 1	1	7,5 HP	460 V	0.9	0.85	1
5	Ventilador 3 torre 1	1	7,5 HP	460 V	0.9	0.85	1
6	Ventilador 4 torre 1	1	7,5 HP	460 V	0.9	0.85	1
7	Ventilador 1 torre 2	1	7,5 HP	460 V	0.9	0.85	1
8	Ventilador 2 torre 2	1	7,5 HP	460 V	0.9	0.85	1
9	Ventilador 3 torre 2	1	7,5 HP	460 V	0.9	0.85	1
10	Ventilador 4 torre 2	1	7,5 HP	460 V	0.9	0.85	1
11	Bomba 1 de torre	1	30 HP	460 V	0.91	0.84	1
12	Bomba 2 de torre	1	30 HP	460 V	0.91	0.84	1
13	Bomba 3 de torre	1	30 HP	460 V	0.91	0.84	1

Nota: Datos específicos en placa

#### a) Chillers

**Tabla VIII. Resultado de cálculos de chillers**

Chillers	P(KW)	S (KVA)	I n(A)	I d	I pm	F	Cond. / fase	Cond. / neutro	Cond. / tierra	tubo
No. 1	233	287.654	346	432.5	432.5	3 X 450	2 No. 3 / 0	1 No. 3/0	1 No. 2	4"
No.2	233	287.654	346	432.5	432.5	3 X 450	2 No. 3 / 0	1 No. 3/0	1 No. 2	4"

La Tabla VIII indica los resultados específicos que requieren los aparatos chillers para su alimentación de voltaje.

**b) Ventiladores de torre 1 y torre 2**

**Tabla IX. Resultado de cálculos de los ventiladores**

Ventilador	P(KW)	S (KVA)	I n(A)	I d	E	F	Cond. / fase	Cond. / tierra	tubo
1	5.595	7.313	9.179	11.473	3X20	3X20	1 No. 12	1 No. 12	3/4"
2	5.595	7.313	9.179	11.473	3X20	3X20	1 No. 12	1 No. 12	3/4"
3	5.595	7.313	9.179	11.473	3X20	3X20	1 No. 12	1 No. 12	3/4"
4	5.595	7.313	9.179	11.473	3X20	3X20	1 No. 12	1 No. 12	3/4"
5	5.595	7.313	9.179	11.473	3X20	3X20	1 No. 12	1 No. 12	3/4"
6	5.595	7.313	9.179	11.473	3X20	3X20	1 No. 12	1 No. 12	3/4"
7	5.595	7.313	9.179	11.473	3X20	3X20	1 No. 12	1 No. 12	3/4"
8	5.595	7.313	9.179	11.473	3X20	3X20	1 No. 12	1 No. 12	3/4"

La Tabla IX indica los resultados obtenidos para la alimentación de energía eléctrica, que va desde el centro de control de motores hacia los ventiladores de torres.

**Tabla X. Resultado de cálculo de la alimentación de energía eléctrica, del TDP1 hacia el CCM para las dos torres de ventiladores**

I a	I pa	B	Tubo
39,01	39,01	3X40	3/4 "
39,01	39,01	3X40	3/4 "

La Tabla X indica los resultados de los cálculos realizados para alimentar el centro de control de motores de las dos torres desde el tablero de distribución principal uno.

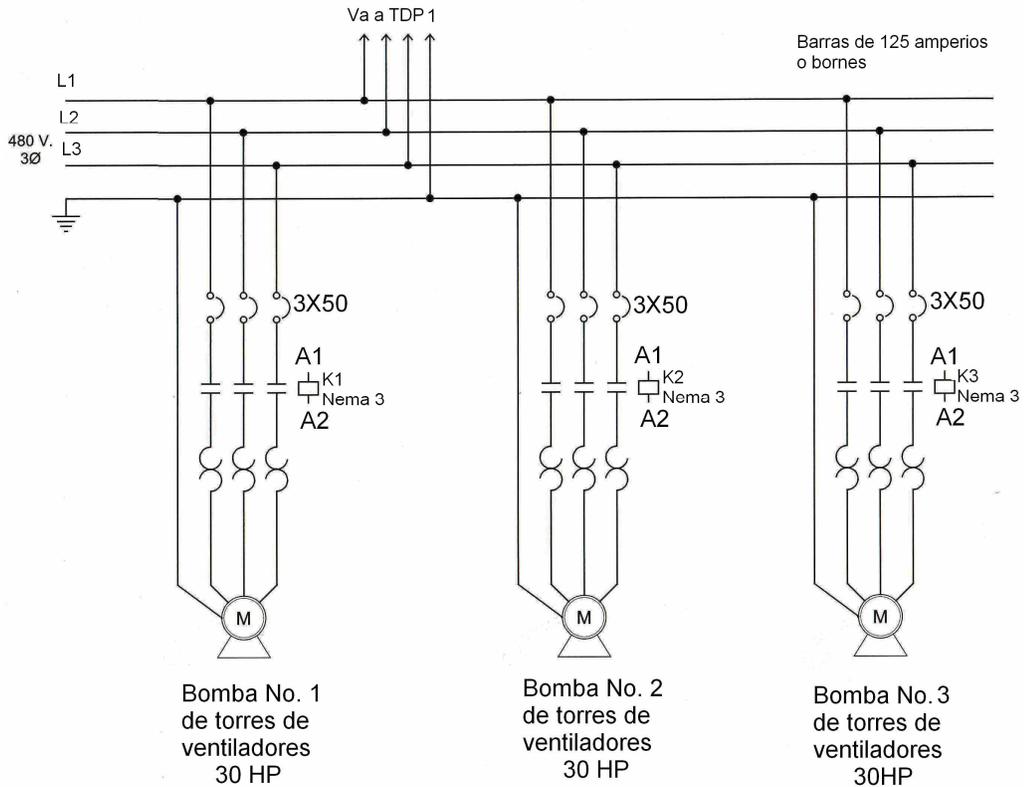


**Tabla XII. Resultados de cálculos del TDP1 al CCM para bombas centrífugas de torres**

I a	I pa	B	cond /fase	cond/neutro	cond/ tierra	Tubo
119.424	119.424	3X120	1 No. 2	1 No. 6	1 No. 8	1 1/4"

En la Tabla XII se indican los resultados obtenidos de la alimentación eléctrica que se requiere para el centro de control de motores de las bombas centrífugas de agua para las dos torres.

**Figura 2. Diagrama unifilar de tres bombas centrífugas para torres de ventiladores**



En la Figura 2, se muestra el diagrama unifilar de las tres bombas centrífugas de agua para las dos torres de ventiladores indicando la capacidad en HP y sus protecciones.

### **1.1.1.1.1 Acometida eléctrica para el tablero de distribución principal del circuito eléctrico uno**

Se calculó el calibre del conductor, canalización, y protección de la acometida eléctrica para el tablero de distribución principal del circuito eléctrico uno.

$$I_d = 1.25 \times 346 + 346 + 9.179 + 9.179 + 9.179 + 9.179 + 9.179 + 9.179 + 9.179 + 9.179 + 36.746 + 36.746 + 36.746 = 962.17 \text{ amperios}$$

El calibre de cable es 3 No. 350 MCM por fase, 3 No. 2/0 THHN neutro, 3 No. 2 THHN tierra y 3 tubos conduit galvanizado

$$I_d = 962.17 \text{ amperios}$$

El interruptor que debe tener el tablero de distribución principal del circuito eléctrico uno será de 3 X 1000 amperios.

### **1.1.1.1.2 Capacidad del transformador del circuito eléctrico uno en KVA**

Para el cálculo en KVA de la capacidad del transformador se necesita saber la potencia KVA de todos sus componentes.

**Tabla XIII. Datos generales de corriente y potencia del circuito eléctrico uno**

No	Descripción Circuito 1	I nominal	Potencia en KVA
1	Chiller 1	346	287.654
2	Chiller 2	346	287.654
3	Ventilador 1 torre 1	9.179	7.313
4	Ventilador 2 torre 1	9.179	7.313
5	Ventilador 3 torre 1	9.179	7.313
6	Ventilador 4 torre 1	9.179	7.313
7	Ventilador 1 torre 2	9.179	7.313
8	Ventilador 2 torre 2	9.179	7.313
9	Ventilador 3 torre 2	9.179	7.313
10	Ventilador 4 torre 2	9.179	7.313
11	Bomba 1 de torre	36.746	29.277
12	Bomba 2 de torre	36.746	29.277
13	Bomba 3 de torre	36.746	29.277
	Suma	875.67	721.643

La potencia en KVA total del circuito uno da 721.643 KVA con lo que respecta a todos sus aparatos que lo conforman, se colocará un transformador pad mounted con capacidad de 750 KVA, con voltaje primario de 13,200/7,600 configuración delta y voltaje secundario 277/480 voltios configuración estrella, frente muerto, perdidas estándar.

### **1.1.1.2 Cálculo de fuerza, conductores, tubería, protección, del cuarto eléctrico para el circuito dos, de sus circuitos derivados**

Para los cálculos matemáticos respectivos se utilizarán los datos específicos de los aparatos que conforman el circuito eléctrico dos.

**Tabla XIV. Descripción del circuito eléctrico dos**

No.	Descripción Circuito 2	Cantidad	HP	Voltaje	F.P	Eficiencia	FU	Fa
1	Bomba Secundaria 1	1	40 HP	460 V	0.86	0.93	1	1.15
2	Bomba Secundaria 2	1	40 HP	460 V	0.86	0.93	1	1.15
3	Bomba Primaria 1	1	20 HP	460 V	0.793	0.79	1	1.15
4	Bomba Primaria 2	1	20 HP	460 V	0.793	0.79	1	1.15
5	Bomba Primaria 3	1	20 HP	460 V	0.793	0.79	1	1.15
6	Bomba Condensación 1	1	40 HP	460 V	0.86	0.93	1	1.15
7	Bomba Condensación 2	1	40 HP	460 V	0.86	0.93	1	1.15
8	Bomba Condensación 3	1	40 HP	460 V	0.86	0.93	1	1.15

Nota: Datos específicos de los aparatos

### a) Bombas centrífugas secundarias

**Tabla XV. Resultados de cálculos para cada bomba centrífuga secundaria**

Bombas	P(KW)	S (KVA)	I n(A)	I d	E	F	Cond. / fase	Cond. / tierra	tubo
Secundarias									
1	29.84	37.31	46.83	58.54	3X60	3X60	1 No. 6	1 No. 10	3/4"
2	29.84	37.31	46.83	58.54	3X60	3X60	1 No. 6	1 No. 10	3/4"

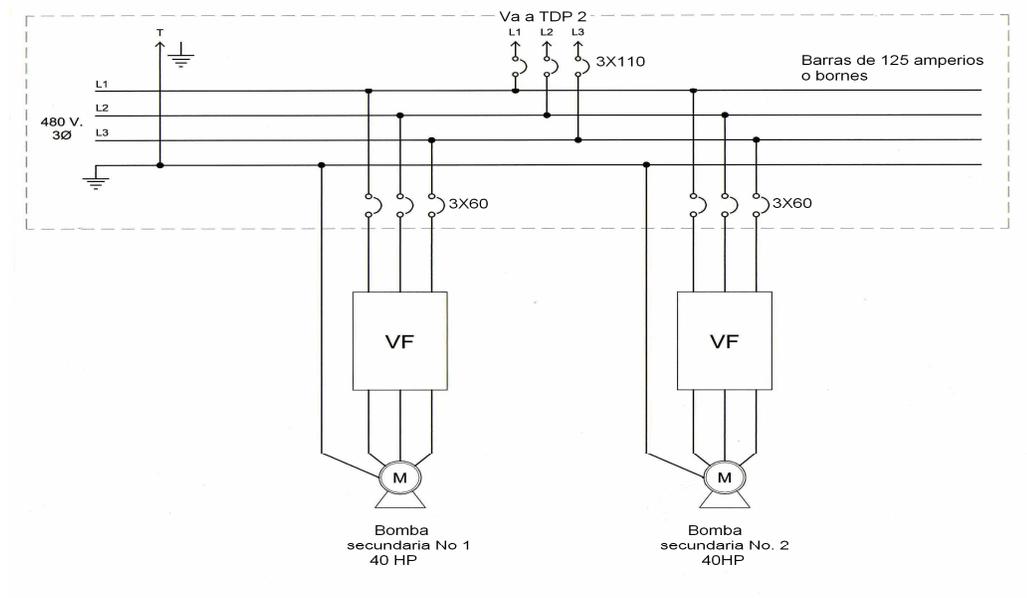
En la Tabla XV se muestran los resultados obtenidos para la alimentación eléctrica, que va del centro de control de motores a cada bomba centrífuga de agua secundaria.

**Tabla XVI. Resultados del TDP2 al CCM de bombas centrífugas secundarias**

I a	I pa	B	cond /fase	cond/neutro	cond/ tierra	Tubo
105.36	100.68	3X110	1 No. 2	1 No. 8	1 No. 10	1 1/4

Los resultados obtenidos en la Tabla XVI son los que se requieren para la alimentación eléctrica que va del tablero de distribución dos al centro de control de motores de las bombas centrífugas de agua secundaria.

**Figura 3. Diagrama unifilar de dos bombas centrífugas secundaria**



**b) Bombas centrífugas primarias**

**Tabla XVII. Resultado de cálculos de tres bombas centrífugas primarias**

Bombas Primarias	P(KW)	S (KVA)	I n(A)	I d	E	F	Cond. / fase	Cond. / tierra	tubo
1	14.92	23.815	29.89	37.36	3X40	3X40	1 No. 10	1 No. 12	1/2"
2	14.92	23.815	29.89	37.36	3X40	3X40	1 No. 10	1 No. 12	1/2"
3	14.92	23.815	29.89	37.36	3X40	3X40	1 No. 10	1 No. 12	1/2"

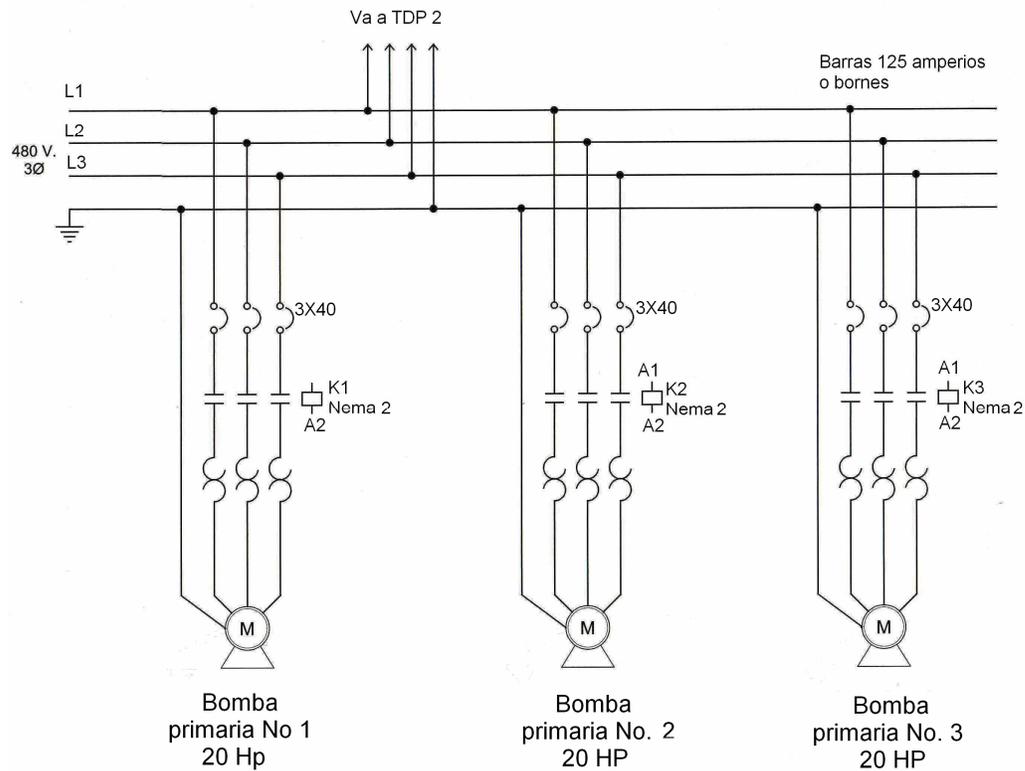
En la Tabla XVII se muestran los resultados obtenidos para cada bomba centrífuga de agua primaria que va del centro de control de motores a sus respectivos aparatos.

**Tabla XVIII. Resultados del TDP2 al CCM de bombas centrífugas primarias**

I a	I pa	B	cond /fase	cond/neutro	cond/ tierra	Tubo
97.14	94.15	3X100	1 No. 2	1No. 6	1 No. 8	1 1/4

En la Tabla XVIII se muestran los resultados para la alimentación eléctrica que va del tablero de distribución principal dos al centro de control de motores de las bombas centrífugas de agua primaria.

**Figura 4. Diagrama unifilar de tres bombas centrífugas de agua primaria**



**c) Bombas centrífugas de condensación**

**Tabla XIX. Resultados del CCM a las bombas de agua de condensación**

Bombas de Condensación	P(KW)	S (KVA)	I n(A)	I d	E	F	Cond. / fase	Cond. / tierra	tubo
1	29.84	37.31	46.83	58.54	3X60	3X60	1 No. 6	1 No. 10	3/4"
2	29.84	37.31	46.83	58.54	3X60	3X60	1 No. 6	1 No. 10	3/4"
3	29.84	37.31	46.83	58.54	3X60	3X60	1 No. 6	1 No. 10	3/4"

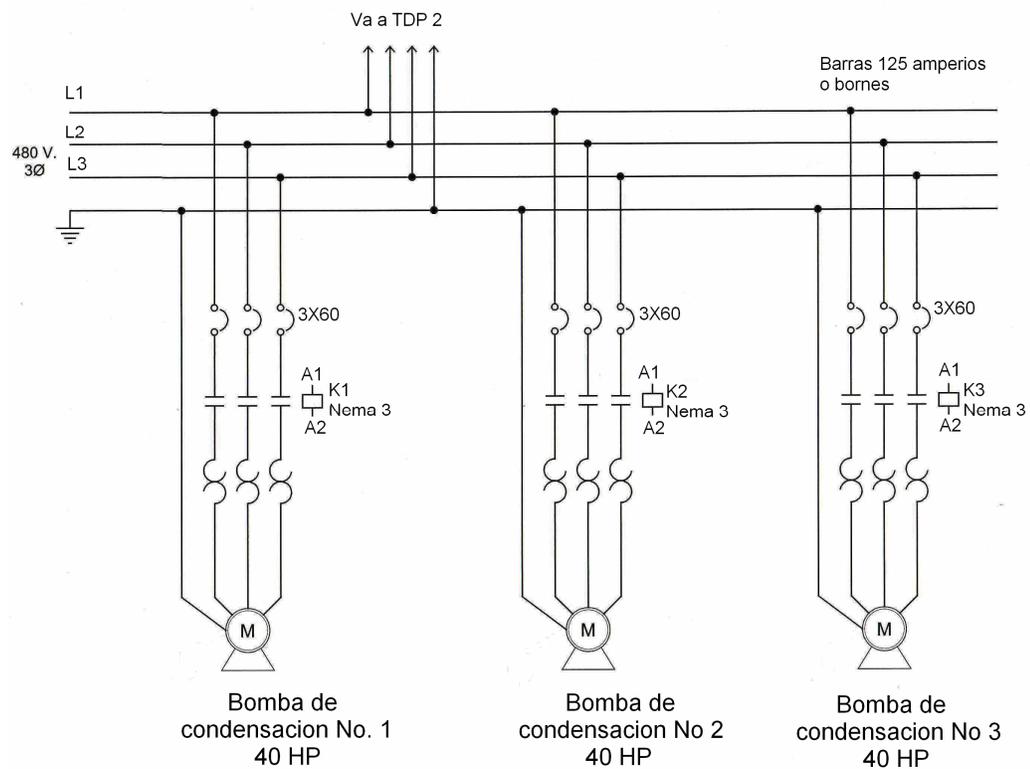
Los resultados de la Tabla XIX especifican los cálculos que se requieren para la alimentación eléctrica que va del centro de control de motores hacia las bombas centrífugas de agua de condensación.

**Tabla XX. Resultados del TDP2 al CCM de bombas centrífugas de condensación**

I a	I pa	B	cond /fase	cond/neutro	cond/ tierra	Tubo
152.2	147.51	3X160	1 No. 1/0	1 No. 4	1 No. 6	1 3/4

Los resultados obtenidos en la Tabla XX van desde el tablero de distribución principal dos al centro de control de motores de sus respectivas bombas de agua.

**Figura 5. Diagrama unifilar de tres bombas centrífugas de condensación**



### **1.1.1.2.1 Acometida eléctrica para el tablero de distribución principal del circuito eléctrico dos**

Se calculará el calibre del conductor, canalización, y protección de la acometida principal del tablero de distribución principal del circuito eléctrico dos del cuarto eléctrico.

$$I_d = 1.25 \times 46.83 + 46.83 + 46.83 + 46.83 + 46.83 + 29.89 + 29.89 + 29.89 = 335.53 \text{ amperios}$$

Calibre de cable del conductor, 1 No. 350 MCM por fase, 1 No. 2/0 THHN conductor neutro, 1 No. 2 THHN para tierra.

Se utilizará un tubo de 4 pulgadas para hacer la acometida eléctrica

$$I_d = 335.53 \text{ amperios}$$

El interruptor principal del tablero de distribución principal dos será de 3 X 350 Amperios.

### **1.1.1.2.2 Capacidad del transformador del circuito eléctrico dos en KVA**

Para el cálculo en KVA de la capacidad del transformador se necesita saber la potencia KVA de todos sus componentes

**Tabla XXI. Datos generales de corriente y potencia del circuito eléctricos**

No	Descripción circuito eléctrico dos	I nominal	Potencia en KVA
1	Bomba Primaria 1	29.89	23.815
2	Bomba Primaria 2	29.89	23.815
3	Bomba Primaria 3	29.89	23.815
4	Bomba Secundaria 1	46.83	37.31
5	Bomba Secundaria 2	46.83	37.31
6	Bomba de Condensación 1	46.83	37.31
7	Bomba de Condensación 2	46.83	37.31
8	Bomba de Condensación 3	46.83	37.31
	suma	323.82	257.995

La potencia en KVA total del circuito dos, da 257.995 KVA con lo que respecta a todos sus aparatos que lo conforman, se colocará un transformador Pad Mounted con capacidad de 300 KVA, con voltaje primario de 13,200/7,600 configuración delta y voltaje secundario 277/480 voltios configuración estrella, frente muerto, perdidas estándar.

## **1.2 Diseño del sistema de puesta a tierra**

El probador de resistencia de tierra física extech modelo 382152 es un dispositivo que puede medir la resistencia en 3 escalas y voltaje C. A. hasta 200 voltios, prueba de corriente constante de 2 miliamperios permite pruebas de resistencia de tierra física sin disparar los corta circuitos en el circuito de bajo prueba, puede seleccionar pruebas momentáneas singulares o pruebas automáticas de 3 minutos.

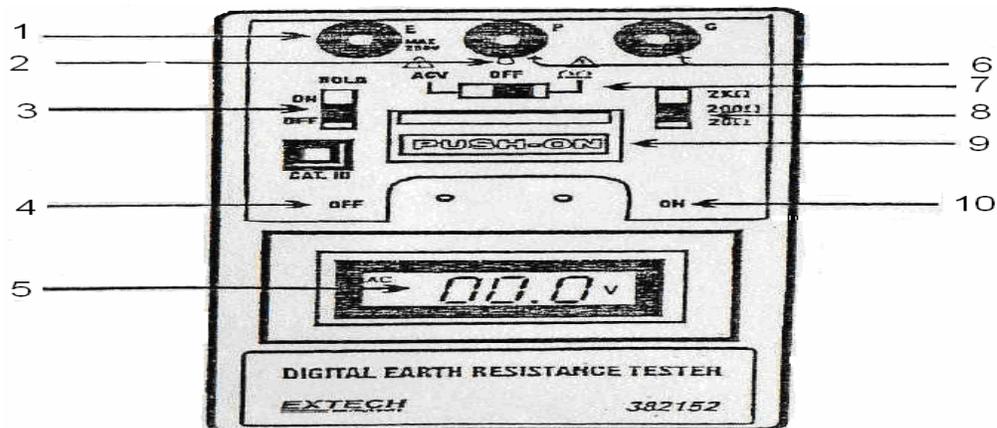
Es recomendable no usar el medidor en exteriores cuando haya probabilidades de precipitación, altitud de 2000 metros máximo, condiciones ambientales de cero a cuarenta grados centígrados para que la medición sea correcta.

Las medidas de resistencia de tierra física están en 3 escalas y voltaje C.A. a 200 voltios, pantalla 3 – ½ dígitos con led indicador de estado de prueba, congela la ultima lectura en la pantalla, prueba automática de 3 minutos con apagado automático, fuente de alimentación de 6 baterías de 1.5 voltios, indicador de batería baja, indicador de sobre escala, peso de 800 gramos con baterías, sus dimensiones de 163X100X50 mm, accesorios incluidos, cables y varillas auxiliares para tierra.

Se indica en la Figura 6 la descripción del medidor de tierra física.

- 1 Terminal del cable de prueba de tierra física
- 2 Led de estado de prueba
- 3 Retención de datos
- 4 Botón off de prueba automática de 3 minutos
- 5 Pantalla
- 6 Terminal para varillas auxiliares de prueba c1 y p1
- 7 Conmutador selector de función
- 8 Conmutador selector de escala de resistencia
- 9 Botón pulsador para prueba singular
- 10 Botón ON de prueba automática de 3 minutos

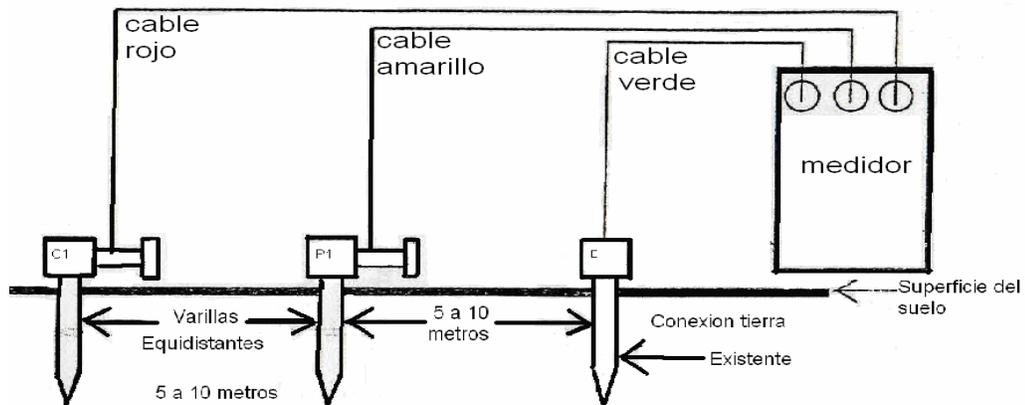
**Figura 6. Medidor de tierra física**



Fuente: Manual de usuario extech instruments

La conexión de prueba se muestra en la Figura 7, indica como tiene que ir conectados sus componentes.

**Figura 7. Conexión de prueba del medidor extech**



Fuente: Manual de usuario extech instruments

En la preparación y montaje de prueba se tiene que seguir las indicaciones de conectar el cable verde a la Terminal "E", el cable amarillo a la Terminal "P", y el cable rojo a la Terminal "C", luego insertar las varillas auxiliares de tierra C1 y P1 en la tierra, alinear las varillas equidistantes a la conexión de tierra existente y en línea recta, asegurarse que las varillas estén separadas 5 y 10 metros entre si, si las varillas auxiliares son colocadas muy cerca de la varilla de tierra, se obtendrán medidas imprecisas, conectar las abrazaderas de los cables de prueba a las varillas de tierra.

Para hacer la prueba de voltaje se fija el conmutador de funciones del medidor a la posición VCA, se presiona la tecla push - on y timer - on simultáneamente para iniciar una prueba de 3 minutos, la prueba de 3 minutos se apaga automáticamente después de 3 minutos, luego presionar la tecla timer off para terminar una prueba automática en cualquier momento.

El led de estado de prueba del panel frontal se iluminara si la prueba funciona correctamente y que la medida de voltaje sea menor a 10 voltios AC ya que de otra manera no se pueden tomar lecturas precisas de la resistencia de tierra física, si hay voltaje presente mayor a 10 voltios deberá encontrar la fuente de voltaje y corregir antes de continuar con la prueba.

Al hacer la prueba de resistencia de tierra se fija el selector de función en la posición ohmios y fijar el conmutador de escala de resistencia en la escala apropiada, luego presionar la tecla push-on y timer-on, simultáneamente para iniciar una prueba de 3 minutos, la prueba de 3 minutos se apaga automáticamente después de 3 minutos, y para terminar la prueba se presiona la tecla timer off.

La función de retención de datos congela la última lectura de medida en la pantalla, se selecciona on con el conmutador selector de retención de datos para activar la función, en la pantalla se congelara la lectura actual, la función de retención de datos no retiene la medida si se apaga el medidor y luego seleccionar off con el conmutador selector de retención de datos, presionar el selector para regresar el medidor a operación manual.

Las mediciones de la resistencia de la tierra obtenida son de un rango de 2 a 3 ohmios, es bastante satisfactorio y no necesita tratamiento de bentonita para bajar el valor de la resistencia en ohmios.

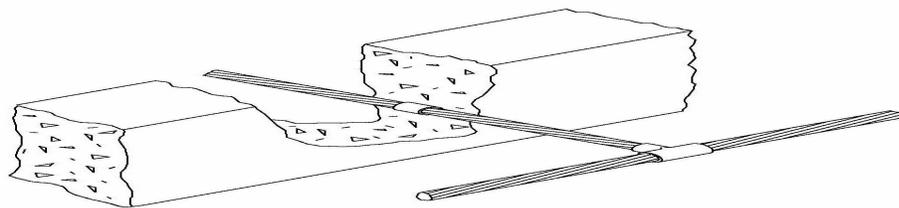
El diseño a utilizar es de una malla para una mejor dispersión de las descargas que se puedan producir.

La malla consta de una red de conductores de cable No. 2/0 sin forro según el artículo 250 de las normas nec, octava edición 1999 y varillas de cobre de 5/8"X8', enterradas a una profundidad de no menor de 2.40 metros colocadas paralelamente con un espaciamiento de 2.2 veces la profundidad de la varilla enterrada, y es aproximadamente 5.28 metros de distancia mínima entre varillas enterradas, para una mejor dispersión de voltaje en la tierra.

En cada cruce de conductores de la malla, los cables deben conectarse rígidamente con soldadura exotérmica entre si y en los puntos donde se conectan los equipos que pudieran presentar falla.

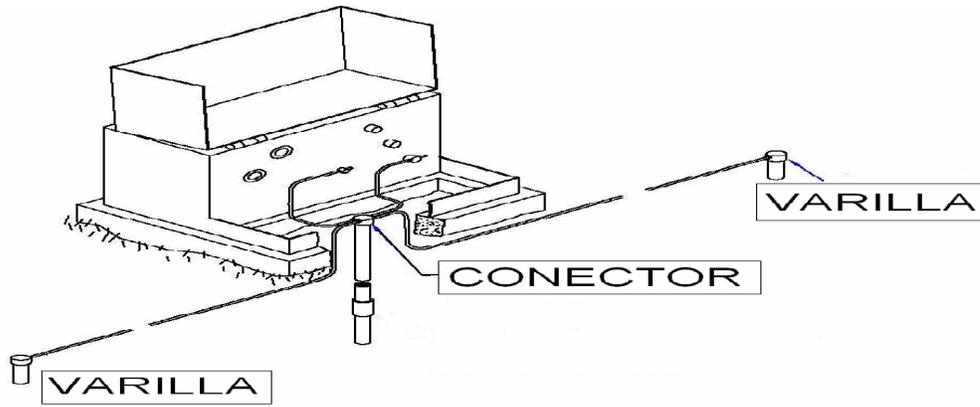
La zanja a realizar es aproximadamente de 60 centímetros de profundidad, y la profundidad de la varilla es de 2.40 metros mínimo, con distancia mínima entre varillas de 5.3 metros para una mejor dispersión de las descargas eléctricas, las uniones deben estar solidamente conectadas con conectores adecuados o con soldadura exotérmica.

**Figura 8. Zanja de conexión para cables del sistema de puesta a tierra**



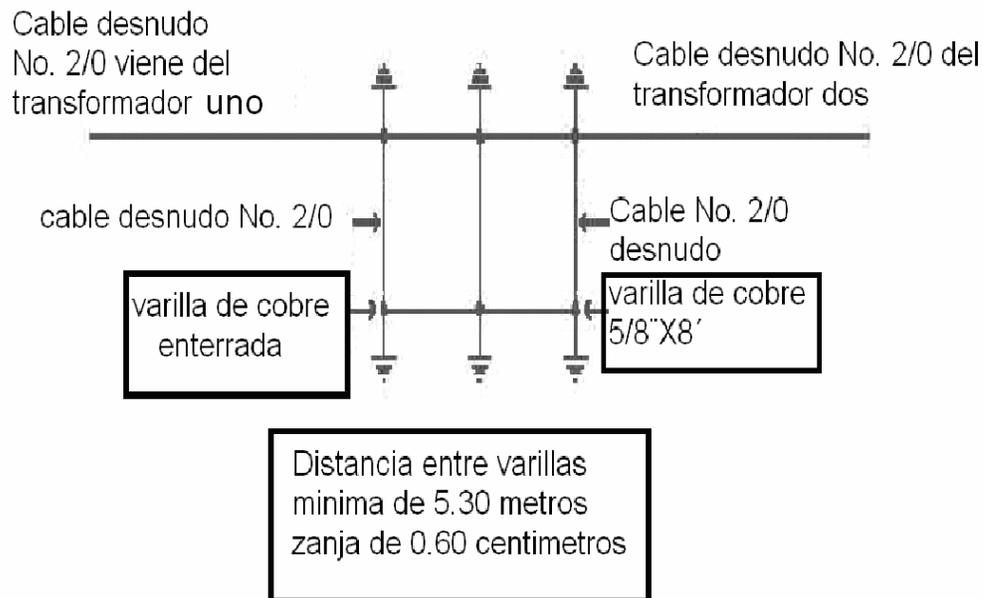
Fuente: Facility electrical protection

**Figura 9. Conexión de cable para el sistema de puesta a tierra al transformador Pad Mounted**



Fuente: Facility electrical protection

**Figura 10. Diagrama unifilar del sistema de puesta a tierra**



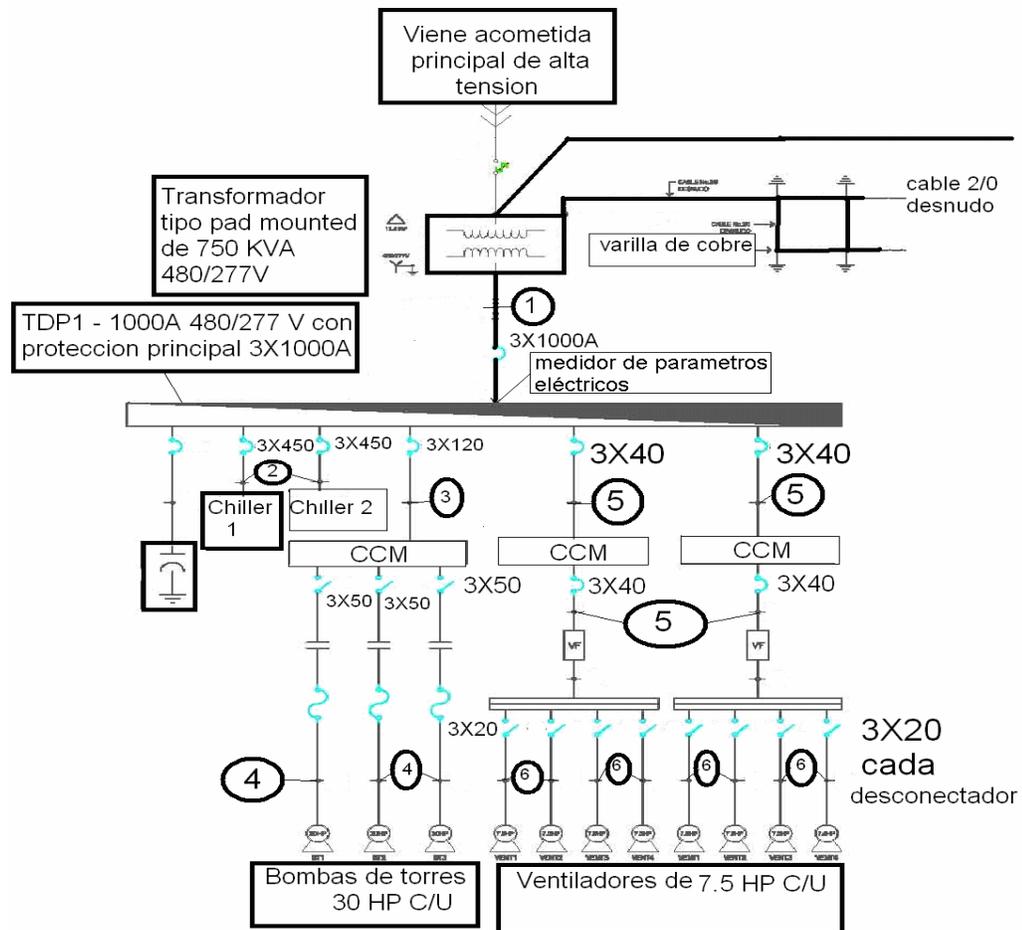
En el diagrama del sistema de puesta a tierra se aterrizarán las líneas de tierra de los dos circuitos del sistema, y la conexión estrella de lado secundario del transformador conductor neutro tiene que ir aterrizada al sistemas de puesta de tierra.

Se especifica la varilla, el grueso de cable a utilizar y el cable que viene de cada transformador.

### 1.3 Diagramas unifilares

En los diagramas del circuito uno y circuito dos se detallan las especificaciones respectivas de sus componentes.

**Figura 11. Diagrama unifilar del circuito eléctrico uno**

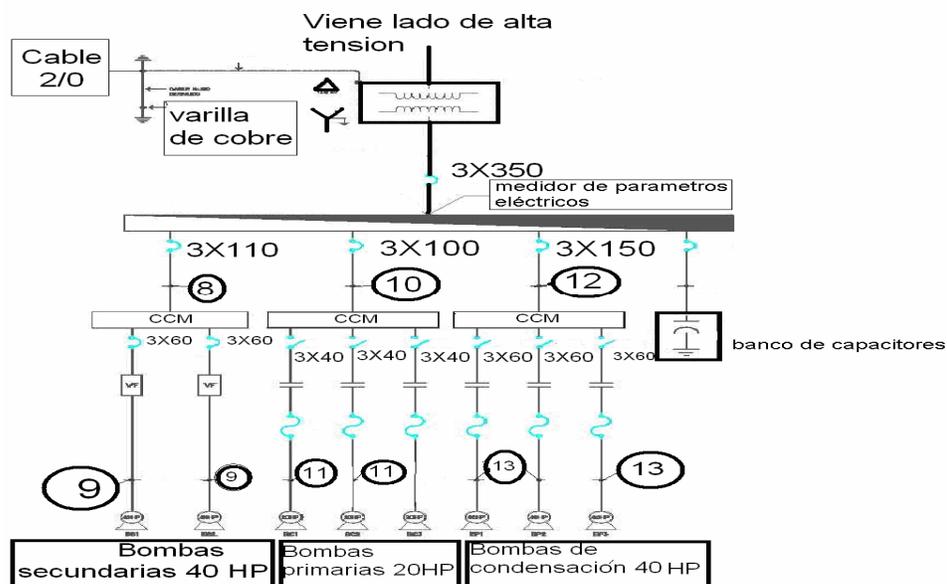


**Tabla XXII. Detalle de cableado y tubos conduit del circuito eléctrico uno**

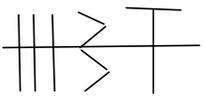
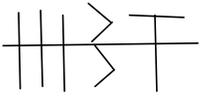
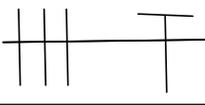
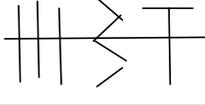
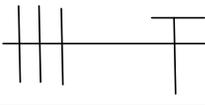
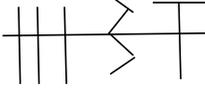
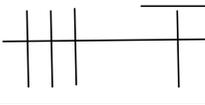
No	Detalle cable y tubo del circuito eléctrico uno	
1	Acometida principal TDP1. 3 No. 350 MCM P/F, 3 No. 2/0 THHN P/N, 3 No. 2 THHN P/T, 3 tubos de 4"	
2	Chillers. 2 No. 3/0 THHN P/F, 1 No. 3/0 THHN P/N 1 No. 2 THHN P/T, tubo conduit de 4"	
3	TDP1 a CCM de torres. 1 No.2 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T, tubo conduit de 1 1/4"	
4	CCM de torres a bombas de torres. 1 No. 8 THHN P/F, 1 No. 12 THHN P/T, tubo conduit de 3/4"	
5	TDP1 a CCM de ventiladores. 1 No. 10 THHN P/F, 1 No. 12 THHN P/N, 1 No. 12 THHN P/T, tubo conduit de 3/4"	
6	Alimentacion de ventiladores. 1 No. 12 THHN P/F, 1 No. 12 THHN P/T, tubo conduit de 3/4"	

En la Tabla XXII se detalla el cableado a utilizar y tubería de los circuitos derivados del sistema del circuito eléctrico uno y su acometida principal.

**Figura 12. Diagrama unifilar del circuito eléctrico dos**



**Tabla XXIII. Detalle de cableado y tubos conduit del circuito eléctrico dos**

No	Detalle cable y tubo del circuito eléctrico dos	
7	Acometida principal TDP2. 1 No. 350 MCM P/F, 1 No. 2/0 THHN P/N, 1 No. 2 THHN P/T, tubo de 4"	
8	TPD2 a CCM de bombas secundarias. No. 2 THHN P/F, 1 No. 8 THHN P/N, 1 No. 10 THHN P/T, tubo conduit de 1 1/4"	
9	CCM a bombas secundarias. 1 No. 6 THHN P/F, 1 No. 10 THHN P/N, tubo conduit de 3/4"	
10	TPD2 a CCM bombas primarias. 1 No. 2 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 P/T, tubo 1 1/4"	
11	CCM a bombas primarias. 1 No. 10 THHN P/F, 1 No. 12 THHN P/N, tubo de 3/4 "	
12	TDP2 a CCM bombas de condensacion. 1 No. 1/0 THHN P/F, 1 No. 4 THHN P/N, 1 No. 6 THHN P/T, tubo de 1 3/4"	
13	CCM a bombas de condensacion. 1 No. 6 THHN P/F, 1 No. 10 THHN P/N, tubo de 3/4"	

En la Tabla XXIII se especifica el cableado y la tubería a utilizar en el circuito eléctrico dos.

Nota: Los números que aparecen en los diagramas unifilares de la Figura 11 y la Figura 12 se especifican de acuerdo a los números que aparecen en la Tabla XXII y Tabla XXIII.



## **1.4 Capacidad de los equipos de aire acondicionado en interiores del centro comercial**

La capacidad de los equipos de aire acondicionado se relaciona con los metros cuadrados del área en que se necesita aire a una temperatura más baja que la temperatura ambiente, las toneladas por metro cuadrado que se requiere en cada área y los galones por minuto de agua que pasará a través de las unidades de los equipos de aire acondicionado.

De acuerdo con capacidad de los equipos de aire acondicionado así es la demanda en potencia eléctrica en watts, donde su voltaje podría ser monofásico 120 voltios, 208 voltios trifásicos.

Se especificará la corriente en que opera cada aparato eléctrico de acuerdo al local en que se localice, calibre de cable, protección, tubo conduit a utilizar, donde los aparatos del aire acondicionado que tienen una potencia 1400 watts trabajarán con un voltaje de 120, los que tienen 3600 watts estarán con 208 voltios y los que tienen 9450 watts operarán con 208 voltios trifásicos.

**Tabla XXIV. Capacidad de equipos eléctricos del centro comercial**

Nombre	local	m <sup>2</sup>	tons/m <sup>2</sup>	gpm	Watts	Amp	unid	Volt	protec	tubo
G&T	L1	150	6	15	3600	17.3	1	208	2X20	1/2"
GNC	L2	50	2	5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Fotolab	L3	50	2	5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Tic-Tac	L4	50	2	5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
TDM	L5	50	2	5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Banco industrial	L6, L7	100	4	10	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Payless	L8	250	10	27.5	9450	26.2	1	208	3X30	3/4"
Le Bolsha	L9, L10	100	4	10	3600	17.3	1	208	2X20	1/2"
Rock Club	L11	50	2	5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Jireh	L12 al L16	250	10	27.5	9450	26.2	1	208	3X30	3/4"
Bandotrabajadores	L17 al L19	150	6	15	3600	17.3	1	208	2X20	1/2"
G Jeans	L20	50	2	5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
	L21	50	2	5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Banco uno	L22	20	2	5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Levis	L23, L24	100	4	10	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Neveria	L25	50	2	5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Administración		40	1.6	4	1400	12	2	120	1X20	1/2"
Baños cines		40	1.6	4	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Vestíbulo cines		150	6	15	3600	17.3	1	208	2X20	1/2"
Pasillo cines		100	4	10	1400	12	2	120	1X20	1/2"
Cine 1		254	10.2	30	9450	26.2	1	208	3X30	3/4"
Cine 2		284	11.4	30	9450	26.2	1	208	3X30	3/4"
Bullock'S	L28	550	22	60	9450	26.2	2	208	3X30	3/4"
Anais	L29 al L32	200	8	21.5	9450	26.2	1	208	3X30	3/4"
Sarita	L33	50	2	5	1400	12	1	120	3X20	1/2"
Coban	L34	50	2	5	1400	12	1	120	3X20	1/2"
Telefónica	L35, L36	100	4	10	1400	12	1	120	3X20	1/2"
Fiji	L37	50	2	5	1400	12	1	120	3X20	1/2"
Recuerdos Glime	L38	50	2	5	1400	12	1	120	3X20	1/2"
Suma toneladas			138.8							

La Tabla XXIV proporciona los datos que se requiere para cada local del centro comercial.

**Tabla XXV. Continuación, datos de capacidad de equipos centro comercial**

Holandesa	L39	50	2	5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Elite Sport	L40 al L42	150	6	15	3600	17.3	1	208	2X20	1/2"
ST Jands	L43, L44	100	4	10	1400	12	1	120	1X20	1/2"
En red	L45	50	2	5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Yogen Fruz	L46	50	2	5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Taxi	L47, L48	100	4	10	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Cargo Express	L49	50	2	5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
	L51, L52	50	2	5	1400	12	2	120	1X20	1/2"
Roilitos	L53	50	2	5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Max Distelsa	L54	700	28	75	6450	26.2	2	208	3X30	3/4"
Muesbles Fiesta	L55	975	39	150	6450	26.2	2	208	3X30	3/4"
MD	L56 al L58	150	6	15	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Banco Republica	L59	499	20	27.5	9450	26.2	1	208	3X30	3/4"
Roy	L61	100	4	10	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Quick	L62	50	2	5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Bancor	L63	174	7	17.4	3600	17.3	1	208	2X20	1/2"
Adoc	L64	150	6	15	3600	17.3	1	208	2X20	1/2"
Saul & Mendez	L65	174	4	7.5	1400	12	2	120	2X20	1/2"
Merisa	L66, L67	100	4	10	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Monte Carlo	L68	50	2	5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Lee Shoes	L69,L70	100	4	10	3600	17.3	1	208	2X20	1/2"
Credomatic	L71	50	2	5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Los Cebollines	L72	292	11.7	35	9450	26.2	1	208	3X30	3/4"
Hogar Feliz	L73	250	10	55	9450	26.2	2	208	3X30	3/4"
Easy Buy	L74 al L76	150	6	15	3600	17.3	1	120	1X20	1/2"
Magno	L77	50	2	5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Prospen Karen	L78 al L80	150	6	15	3600	17.3	1	208	2X20	1/2"
Adm curacao	L81	50	2	5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Curacao	L82	800	32	80	9450	26.2	2	208	3X30	3/4"
Soccer Mania	L83, L84	100	4	10	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Optica	L85	50	2	5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Cicles world	L86, L87	100	4	10	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Meycos	L88	75	3	7.5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Telepizza	L89 al L91	225	10	22.5	9450	26.2	1	208	3X30	3/4"
Campero	L97	100	7	17.5	9450	26.3	1	208	3X30	3/4"
Subway	L98	75	3	7.5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
	L99	37.5	1.5	3.8	1400	12	1	120	1X20	1/2"
baños foodcourt		62	2.5	6.2	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Carrousel	L100	191	7.6	21.5	9450	26.3	1	208	3X30	3/4"
Cajun	L101	63.8	2.6	6.4	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Dominos	L102	75	3	7.5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Mc Donalds	L103	75	3	7.5	1400	12	1	120	1X20	1/2"
Area común		4490	179.6	525	9450	26.3	7	208	3X30	1"
suma toneladas			456.5							

El modelo de los equipos para voltaje de 120 voltios, es 42dea12lrcy6byyy, utilizarán calibre de cable No. 12 THHN, el modelo 42bhc30ld3r62405df voltaje de 208 voltios, calibre de cable No. 12 THHN, el modelo 40rms014 208 voltios trifásico tendrá calibre de cable No. 10 THHN, el modelo 40rms034 208 voltios trifásico para pasillos tendrá calibre de cable No. 8 THHN.

## 1.5 Tableros

El tablero es un elemento auxiliar para lograr una instalación eléctrica segura, confiable y ordenada, esta hecho por un gabinete metálico donde se colocan instrumentos, interruptores, arrancadores, dispositivos de control.

### 1.5.1 Tableros de distribución principales

Es aquel que se coloca inmediatamente después del transformador y tiene un interruptor general, la salida de voltaje del transformador se conecta a la entrada del interruptor y a la salida de este se conectan las barras que distribuyen la energía eléctrica a diferentes circuitos eléctricos a través de interruptores derivados.

En los tableros de distribución principal tendremos dos, debido a que son dos circuitos eléctricos, tendrán una vista perfil y una vista sin tapadera especificando los componentes que los conforman.

**Figura 14. Tablero de distribución principal, vista exterior**

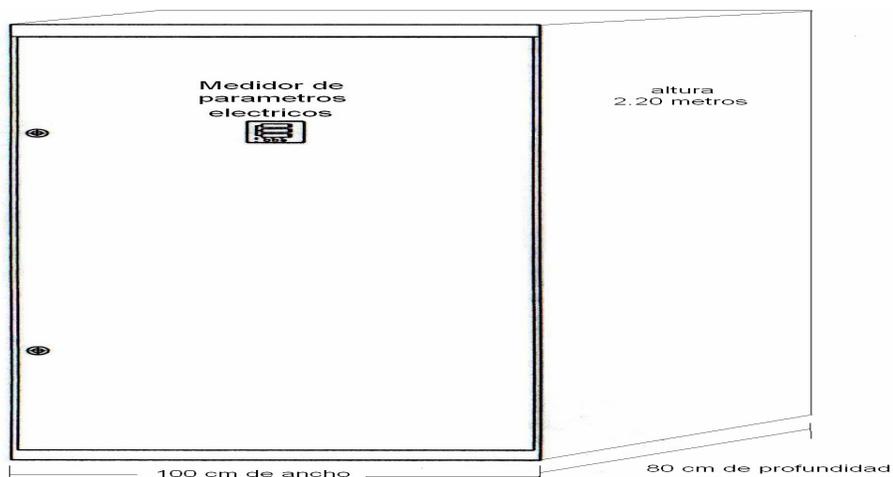
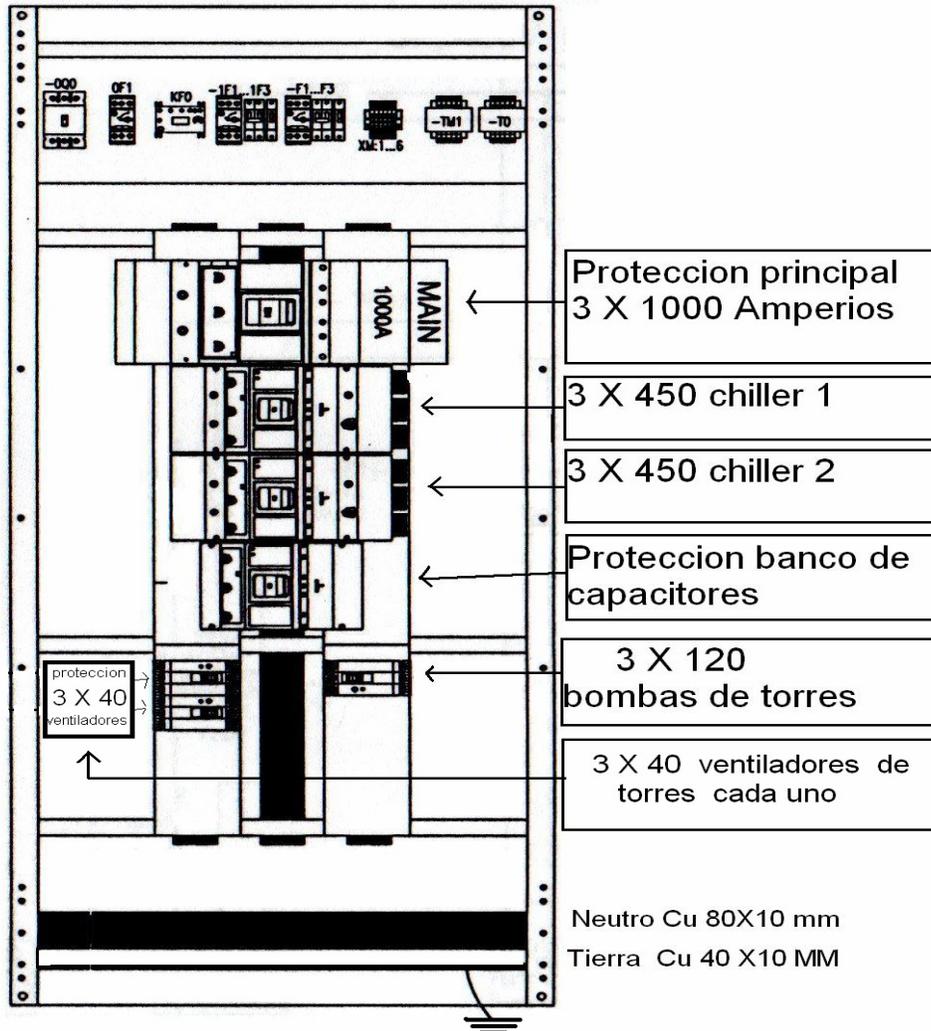


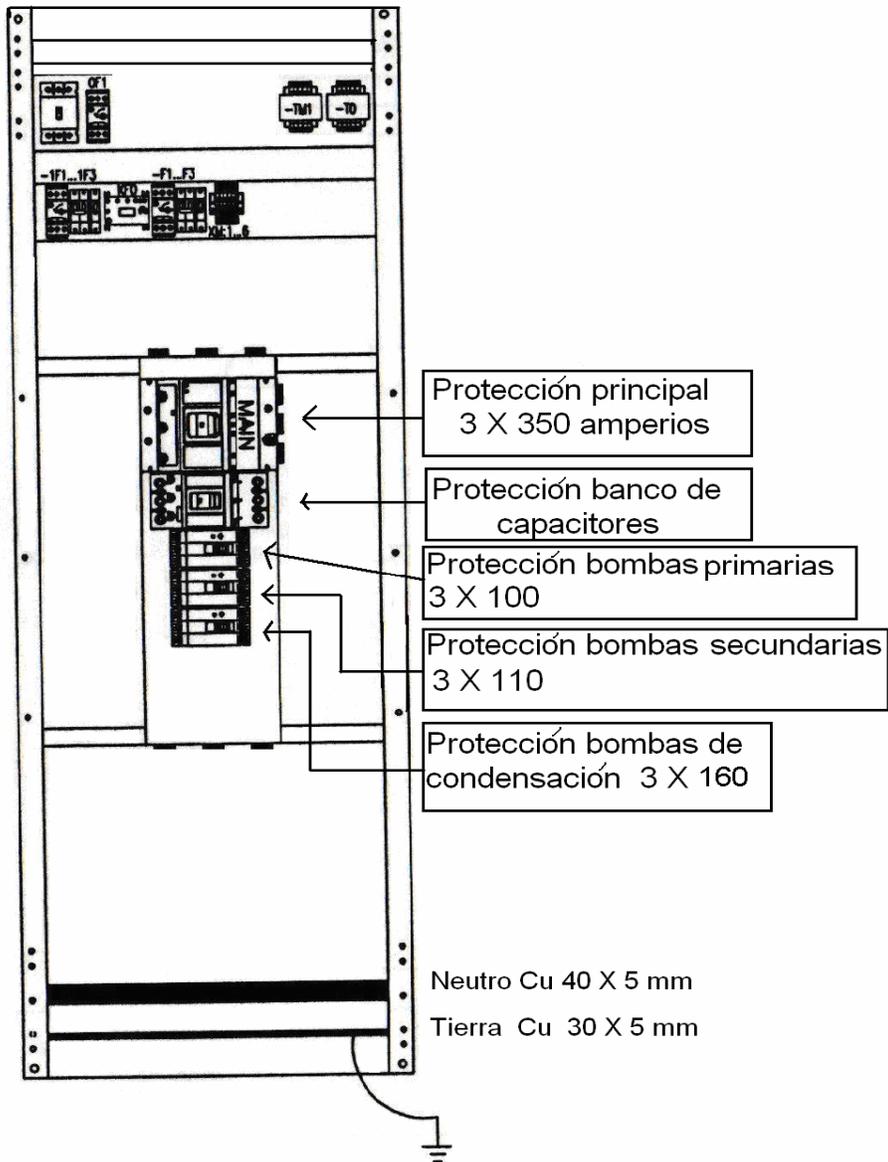
Figura 15. Tablero de distribución principal del circuito eléctrico uno



En la Figura 14 se aprecia la vista que se tiene del tablero de distribución principal uno y dos, con tapadera puesta y al frente se mira el medidor de parámetros eléctricos.

En la Figura 15 se muestra el tablero de distribución principal uno sin tapadera, donde se especifican las protecciones que tiene para la distribución de energía eléctrica de sus circuitos derivados.

Figura 16. Tablero de distribución principal circuito eléctrico dos



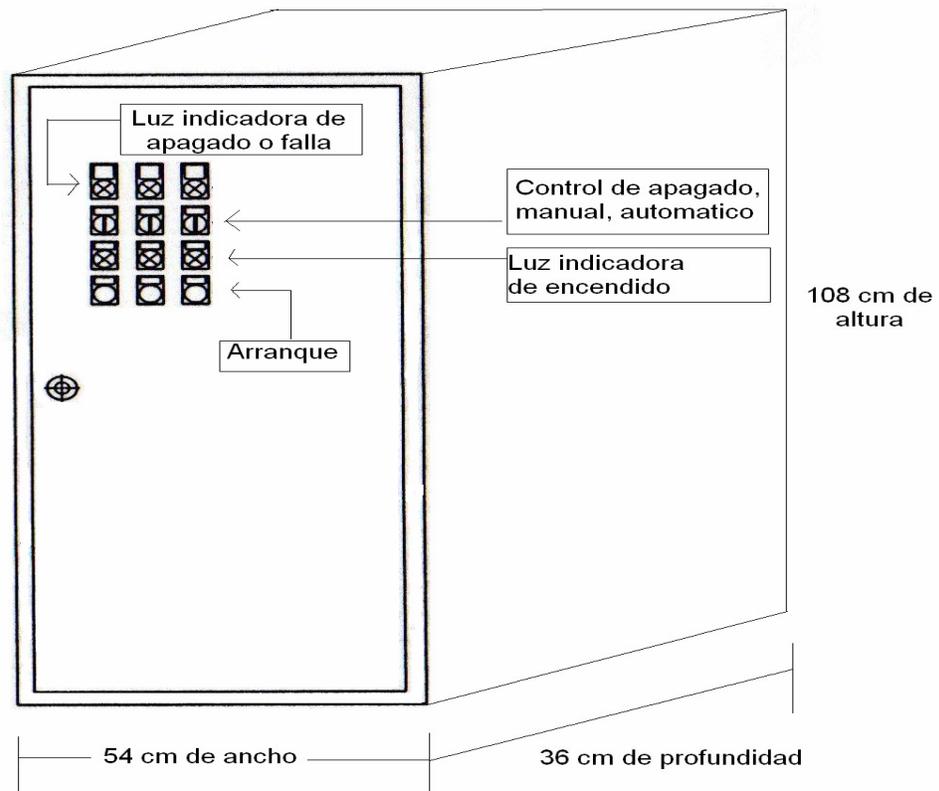
En la Figura 16 se muestra sin tapadera el tablero de distribución principal dos, donde incluye sus componentes respectivos y protecciones para la distribución de energía eléctrica de sus circuitos derivados.

## 1.5.2 Centro de control de motores

Son aquellos donde se utilizan varios motores, y los arrancadores se agrupan en tableros compactos, los motores se encuentran al final de las ramas de una instalación y su función es transformar la energía eléctrica en energía mecánica y cada motor debe tener su propio arrancador.

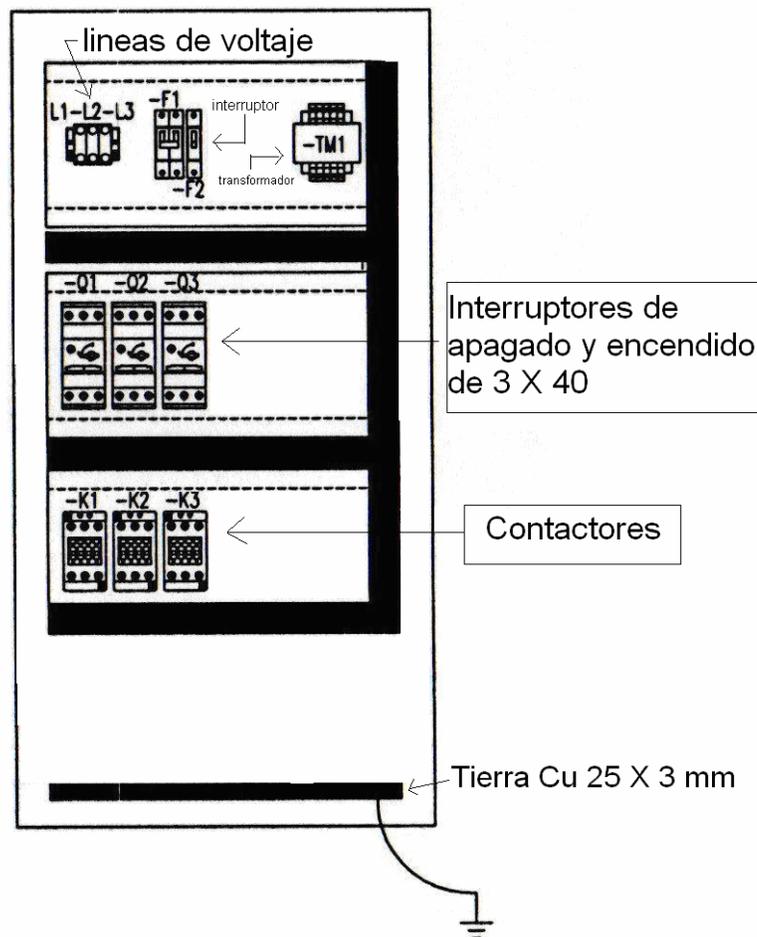
Se indicarán los centros de control de motores para cada circuito derivado y sus especificaciones.

**Figura 17. Centro de control de motores para bombas centrífugas de agua primaria, vista perfil**



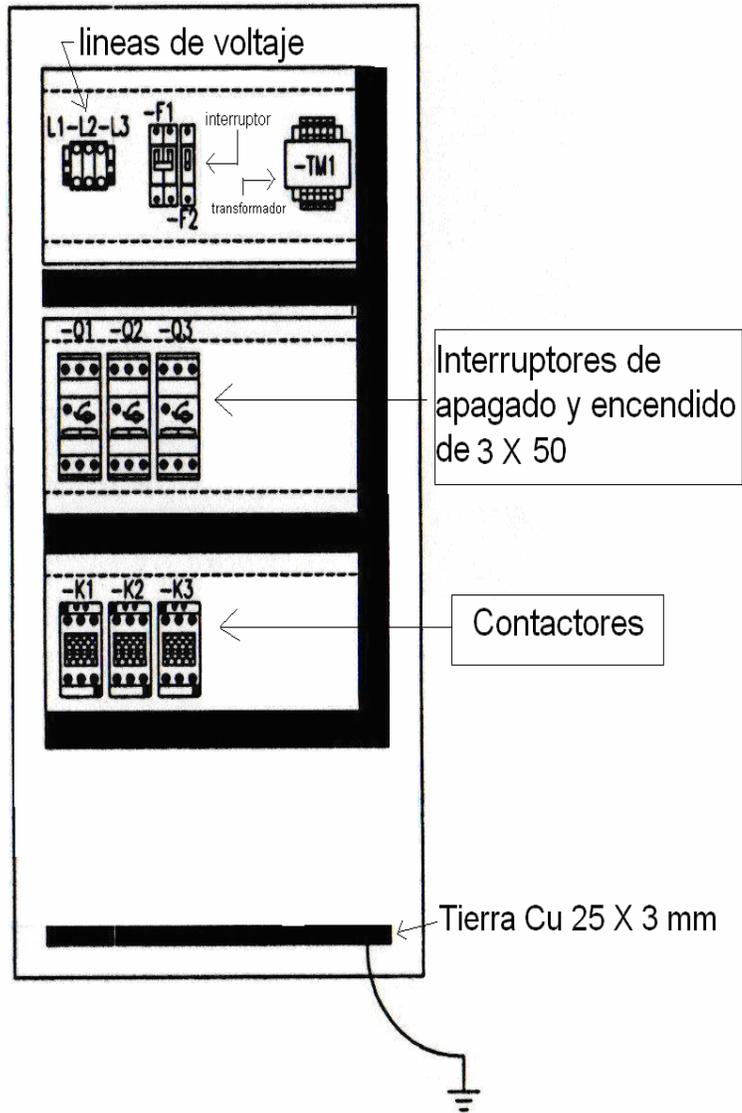
En la Figura 17 se aprecia la vista del tablero del centro de control de motores, donde será idéntico en lo que respecta en su exterior para los ccm bombas primarias, ccm bombas de torres y ccm bombas de condensación.

**Figura 18. Vista interior del centro de control de motores para bombas centrífugas de agua primaria**



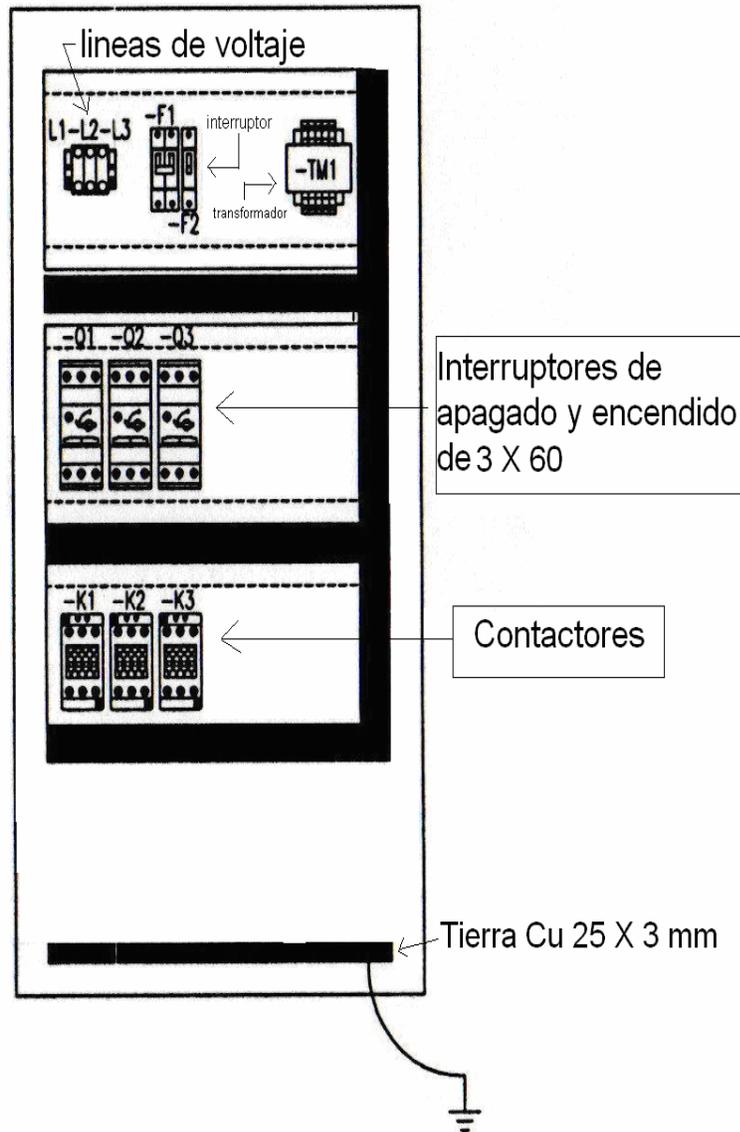
En la Figura 18 se aprecia el interior del centro de control de motores para bombas centrífugas de agua primaria, donde se indican las entradas para las fases de voltaje, sus interruptores termomagnéticos, contactores, y demás componentes para el funcionamiento interno del mismo.

**Figura 19. Vista interior del centro de control de motores para bombas centrífugas de torres**



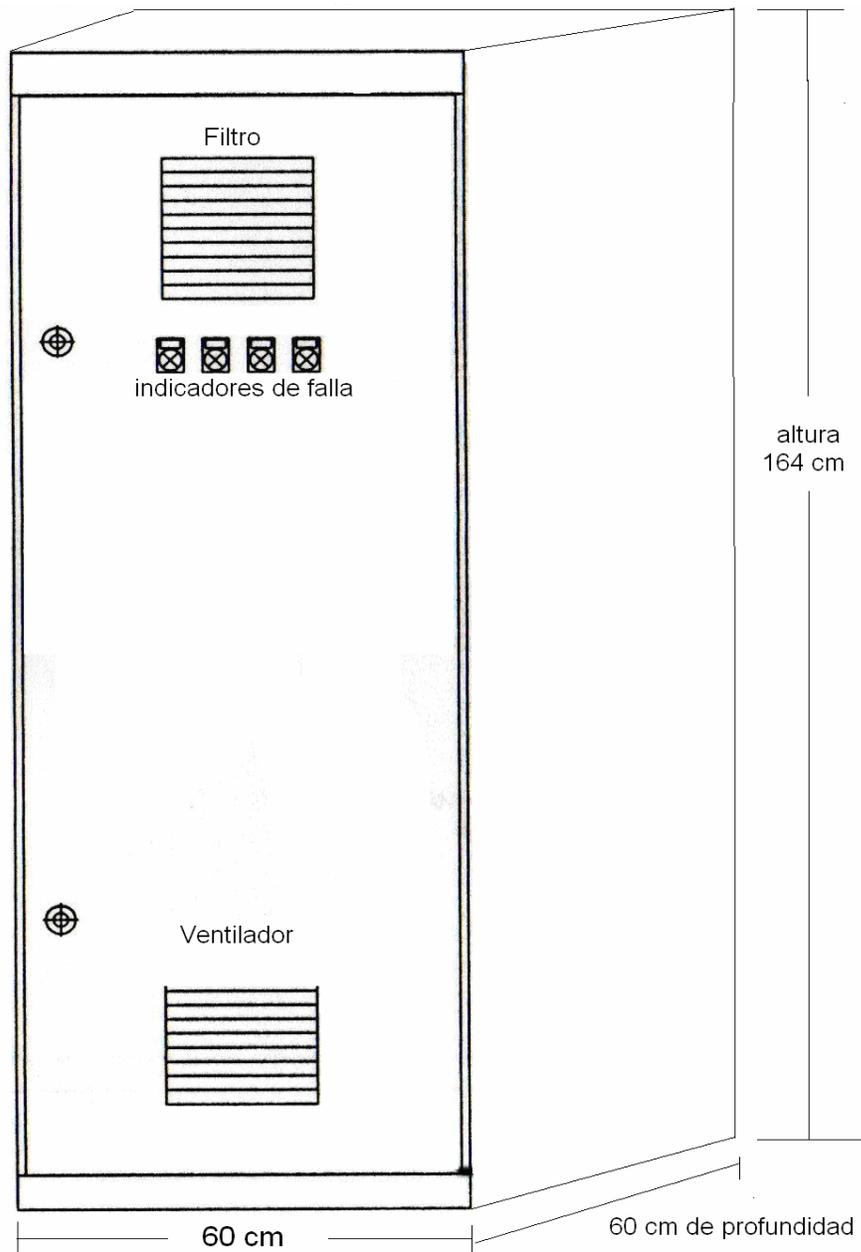
En la Figura 19 se muestra los tres interruptores de protección para cada circuito derivado de las bombas centrífugas de agua de torres y sus componentes que lo conforman.

**Figura 20. Vista interior del centro de control de motores para las bombas centrífugas de condensación**



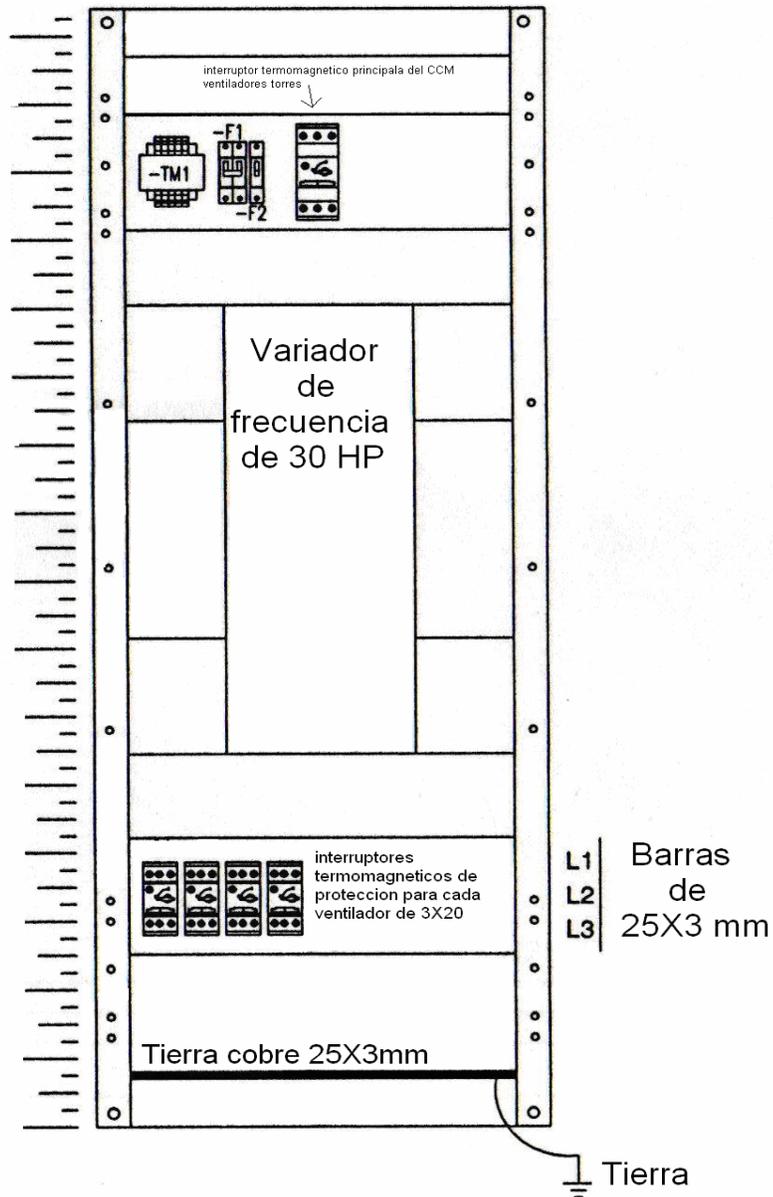
En la Figura 20 se muestran los interruptores de protección de 3 X 60 para cada circuito derivado de las bombas centrífugas de agua de condensación así como también las líneas de fases de voltaje, contactores.

**Figura 21. Centro de control de motores para ventiladores de torres**



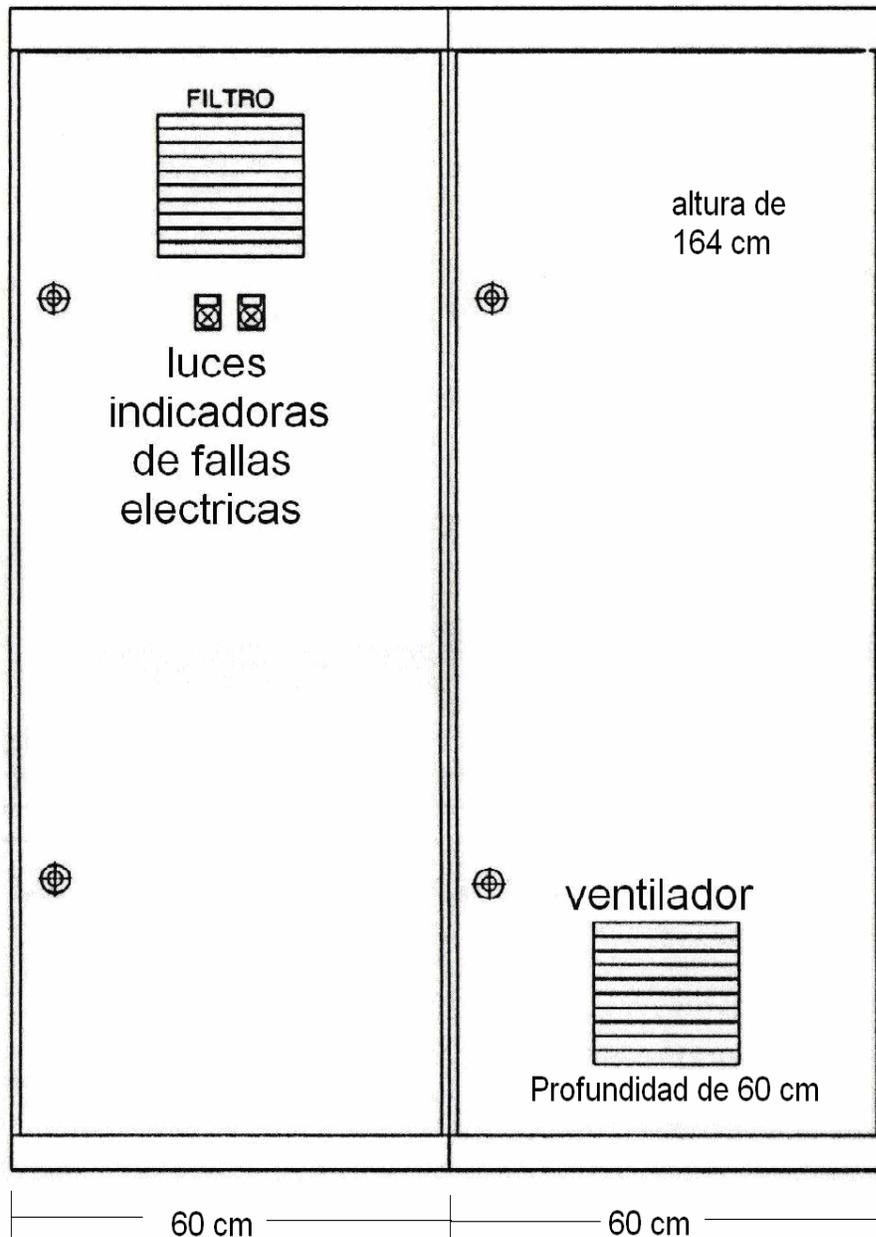
En la Figura 21 se muestra la vista exterior del centro de control de motores con sus dimensiones y sus luces indicadoras de fallas eléctricas donde se utilizan dos ccm, debido a que son dos torres de ventiladores.

**Figura 22. Centro de control de motores de ventiladores, vista interior**



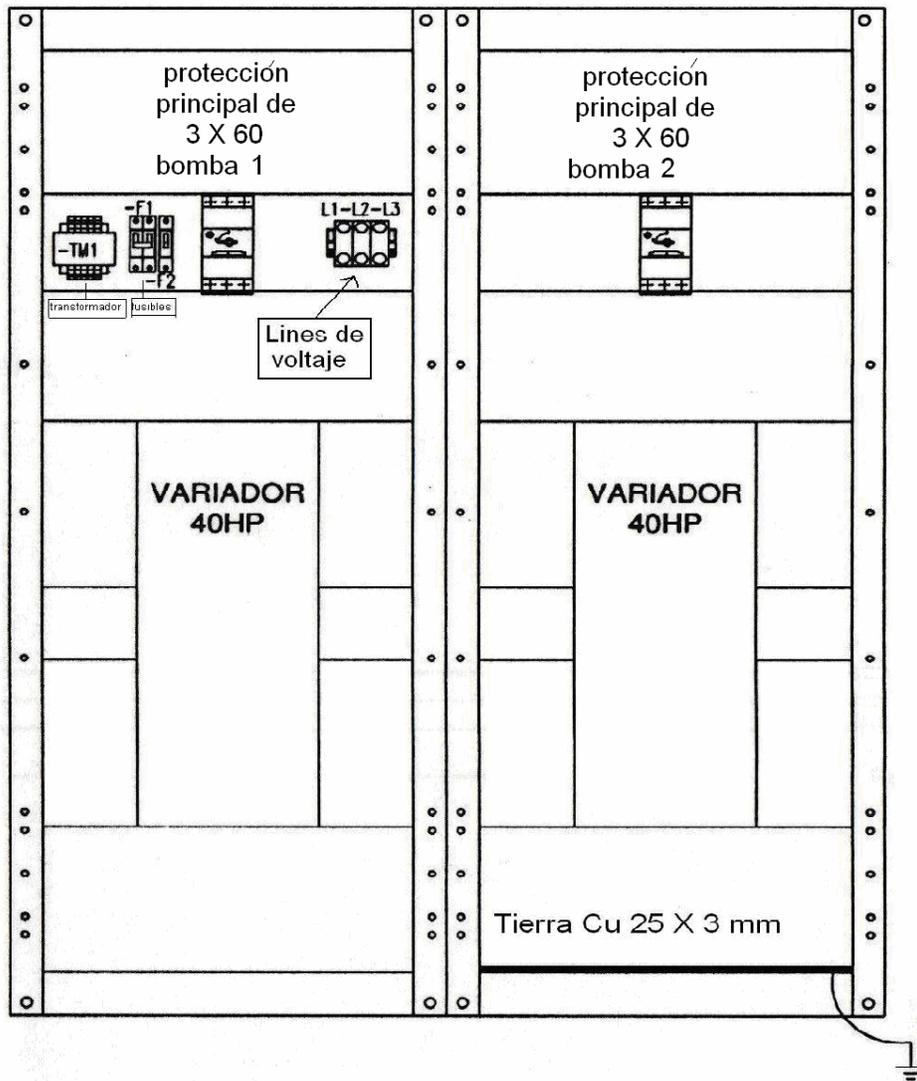
En la Figura 22 se muestra un interruptor termomagnético principal de 3 X 40, cuatro interruptores termomagnéticos de 3 X 20, entradas de voltaje de alimentación de voltaje, un arrancador de motores con variador de frecuencia y demás componentes para su funcionamiento.

**Figura 23. Centro de control de motores para bombas centrífugas secundarias**



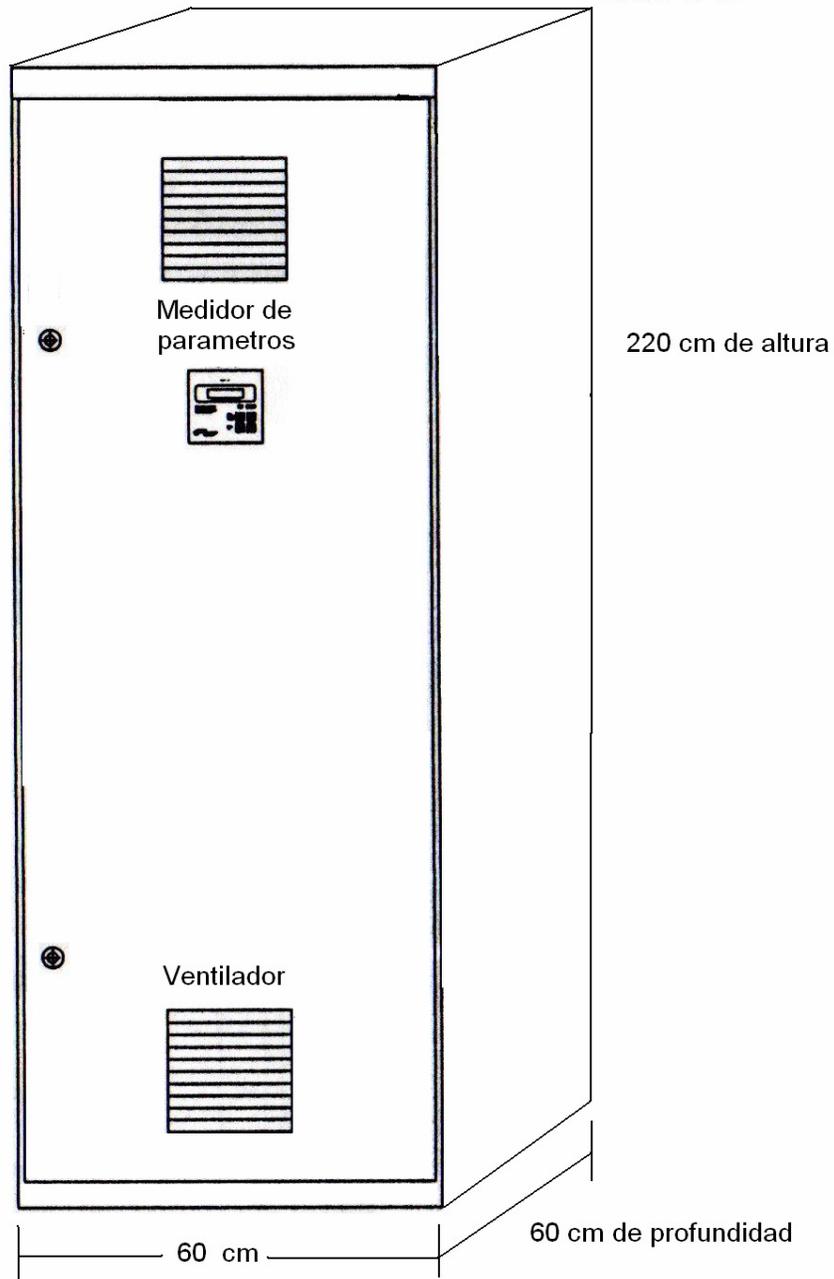
En la Figura 23 se muestra el centro de control de motores visto de frente, con luces indicadoras de fallas eléctricas y sus dimensiones.

**Figura 24. Vista interior del centro de control de motores para bombas centrífugas secundarias**



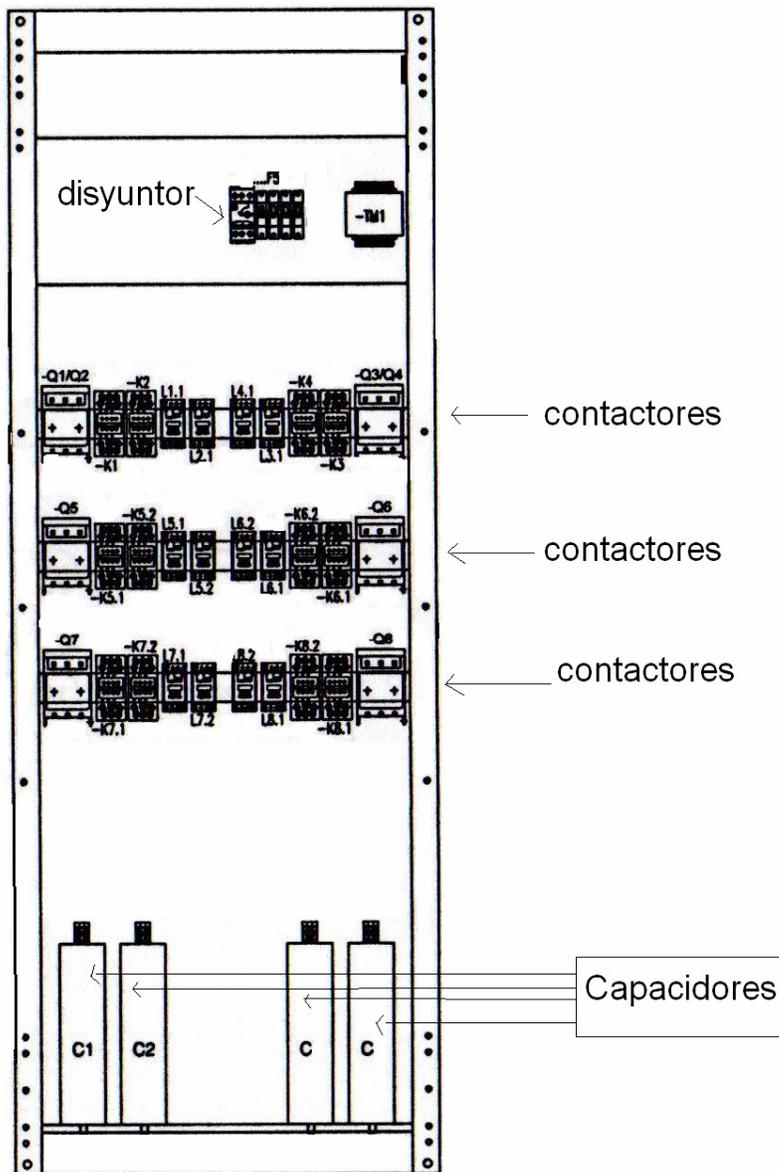
En la Figura 24 se muestran dos arrancadores con variador de frecuencia, interruptores de protección de 3 X 60 y las entradas de las líneas de voltaje, así como también un transformador para reducir el voltaje.

**Figura 25. Tablero banco de capacitores**



La Figura 25 muestra una vista del tablero banco de capacitores con un medidor de parámetros, un ventilador y las dimensiones del mismo.

Figura 26. Interior de tablero banco de capacitores



En la Figura 26 se indica que c1, c2, y cn que son los capacitores, que tienen incorporados, un sistema de contactores para que trabaje automáticamente, cuando se requiere más carga capacitiva en var para corregir el factor de potencia, muestra un disyuntor como protección principal.

## **2. ANÁLISIS ECONÓMICO**

### **2.1 Presupuesto del sistema eléctrico para el aire acondicionado**

En esta etapa de inversión se realizan los costos estimados de carácter general que incluyen cada componente y el total, considerando diseños de ingeniería y administración, y ejecución del proyecto.

#### **2.1.1 Costos de equipos**

Se presentan los costos de los equipos, como lo son tableros de distribución principal, centro de control de motores, para el sistema de aire acondicionado.

**Tabla XXVI. Costo de tableros de distribución principales**

Tablero de distribución del circuito 1 y tablero de distribución del circuito 2			
Tableros de distribución	Cantidad	unidad	TOTAL
1 Tablero de distribución principal con barras de 1000 amperios, trifásico, con interruptor termomagnético principal de 3 X 1000 amperios, un lector de parámetros eléctrico IQ 320, con barra de neutro aislado y tierra física aislada, conteniendo los siguientes ramales:-- 2 de 3 X 450 -- 1 de 3 X 120 -- 2 de 3 X 60	1	Q87,499.01	Q87,499.01
2 Tablero de distribución principal con barras de 400 amperios, trifásico, con interruptor termomagnético principal de 3 X 350 amperios, un lector de parámetros eléctrico IQ 320, con barra de neutro aislado y tierra física aislada, conteniendo los siguientes ramales:-- 1 de 3 X 100 -- 1 de 3 X 110 -- 1 de 3 X 160	1	Q85,217.00	Q85,217.00
3 Banco de capacitores	2	Q105,140.00	Q210,280.00
Suma total		Q277,856.01	Q382,996.01

**Tabla XXVII. Costo de tableros, centro de control de motores**

Centro de control de motores	Cantidad	unidad	TOTAL
1 Centro de control de motores para bombas secundarias, el cual incluye: gabinetes tipo autosoportado con interruptor termomagnético de 3 X 60 para alimentación de variadores de frecuencia, relés térmicos, luces indicadoras,	1	Q46,937.00	Q46,937.00
2 Centro de control de motores para bombas primarias, el cual incluye: gabinetes tipo autosoportado con interruptor termomagnético de 3 X 40, arrancadores con guardamotors, relés térmicos, luces indicadoras	1	Q40,764.28	Q40,764.28
3 Centro de control de motores para bombas de condensación y bombas de torres, el cual incluye: gabinetes tipo autosoportado con interruptor termomagnético, arrancadores con guardamotors, relés térmicos, luces indicadoras	2	Q35,672.25	Q71,344.50
4 Centros de desconexión de motores para ventiladores de dos torres de enfriamiento, el cual incluye: gabinete autosoportado, con interruptor termomagnético de 3 X 40, juego de barras de cobre para 100 amperios y cuatro guardamotors de 3 X 20 amperios para alimentación de ventiladores.	2	Q43,069.85	Q86,139.70
suma		Q166,443.38	Q245,185.48

**Tabla XXVIII. Costo de interruptores de seguridad**

	SWITCH DE SEGURIDAD	Cantidad	Unidad	TOTAL
1	Switch de seguridad de 60 amperios, trifásico, sin fusibles, 480 voltios, gabinete Nema 3R	5	Q1,496.90	Q7,484.50
2	Switch de seguridad de 50 amperios, trifásico, sin fusibles, 480 voltios, gabinete Nema 3R	3	Q1,201.60	Q3,604.80
4	Switch de seguridad de 20 amperios, trifásico, sin fusibles, 480 voltios, gabinete Nema 2R	8	Q1,013.85	Q8,110.80
5	Switch de seguridad de 40 amperios, trifásico, sin fusibles, 480 voltios, gabinete Nema 3R	3	Q1,126.50	Q3,379.50
	Suma total		Q4,838.85	Q22,579.60

**Tabla XXIX. Costo total de equipos**

Descripción de equipos	Costo
Tableros principales de distribución	Q382,996.01
Centro de control de motores	Q245,185.48
Swich de seguridad	Q22,579.50
Costo total de equipos	Q650,760.99

### 2.1.2 Costos de materiales

Se detallan los costos de materiales para el proyecto en el cuarto eléctrico y manejadoras en el interior del centro comercial.

**Tabla XXX. Costo de materiales acometidas eléctricas principales**

Acometidas eléctricas de los transformadores a los tableros de distribución principales	unidad	valor unidad	
Tubo conduit galvanizados de 4"	45	Q345.54	Q15,549.30
Curvas conduit galvanizadas de 4"	10	Q494.44	Q4,944.40
Coplas conduit galvanizadas de 4"	24	Q63.53	Q1,524.72
Niples bushing galvanizados de 4"	8	Q44.85	Q358.80
Cable No. 350MCM	480	Q153.58	Q73,718.40
Cable THHN No. 2/0	480	Q56.66	Q27,196.80
Cable THHN No. 2	180	Q45.32	Q8,157.60
Sierras diente fino	5	Q15.00	Q75.00
Rollos de cinta tenflex	5	Q5.00	Q25.00
Pintura para identificar cajas	1	Q150.00	Q150.00
Total acometida 1			Q131,700.02
Total acometida 2			Q131,700.02
Total en quetzales			Q263,400.04

**Tabla XXXI. Costo de material para bancos de capacitores**

	metros	Valor metro	Banco 1	Banco 2
Cable No. 350MCM	45	Q153.58	Q6,911.10	Q6,911.10
Cable THHN No. 1/0	15	Q45.32	Q679.80	Q679.80
			Q7,590.90	Q7,590.90
Total banco de capacitores	Q15,181.80			

**Tabla XXXII. Costos de materiales para acometida eléctrica de chillers**

Alimentación chiller			
Metros totales	50		
Máquinas	2	Valor unidad	total
Tubo conduit galvanizados de 4"	20	Q345.00	Q6,900.00
Curvas conduit galvanizadas de 4"	8	Q495.00	Q3,960.00
Coplas conduit galvanizadas de 4"	12	Q63.53	Q762.36
Niples bushing galvanizados de 4"	4	Q44.85	Q179.40
Abrazaderas unistrut de 4"	12	Q21.14	Q253.68
Cable THHN No. 3/0	640	Q67.12	Q42,956.80
Cable THHN No. 2	140	Q45.32	Q6,344.80
Riel Unistrut P1000	6	Q146.60	Q879.60
Pies tubo LT de 4" flexible	8	Q75.00	Q600.00
Conectores LT de 4" rectos	8	Q180.00	Q1,440.00
Varilla roscada de 1/2" X 1 mts	10	Q15.00	Q150.00
Tuercas galvanizadas de 1/2"	50	Q0.25	Q12.50
Roldanas galvanizadas de 1/2"	50	Q0.25	Q12.50
Washes galvanizadas de 1/2"	50	Q0.25	Q12.50
Brocas para metal de 1/2"	4	Q60.00	Q240.00
Brocas para metal de 3/8"	4	Q45.00	Q180.00
Brocas para metal de 1/4"	4	Q25.00	Q100.00
Sierras diente fino	15	Q15.00	Q225.00
Rollos de cinta tenflex	12	Q5.00	Q60.00
Pintura para identificar cajas	1	Q150.00	Q150.00
Soportería para tubos de 4"	2	Q10,450.00	Q20,900.00
Total			Q86,319.14
Transporte			Q10,200.00
Total quetzales			Q96,519.14

**Tabla XXXIII. Costo de material para dos bombas centrifugas secundarias**

Metros totales	35		
Máquinas	1	Valor unidad	Total
Tubo conduit galvanizados de 1"	18	Q78.78	Q1,418.04
Curvas conduit galvanizadas de 1"	6	Q16.62	Q99.72
Coplas conduit galvanizadas de 1"	20	Q7.10	Q142.00
Niples bushing galvanizados de 1"	6	Q3.82	Q22.92
Abrazaderas unistrut de 1"	36	Q5.51	Q198.36
Condulet LB de 1"	3	Q60.00	Q180.00
Riel Unistrut P1000	2	Q143.60	Q287.20
Cable THHN No. 6 negro	120	Q12.28	Q1,473.60
Cable THHN No. 10 verde	40	Q4.72	Q188.80
Pies tubo LT de 1"	18	Q7.40	Q133.20
Conectores LT de 1" rectos	2	Q11.60	Q23.20
Varilla roscada de 1/2"	2	Q15.00	Q30.00
Tuercas galvanizadas de 1/2"	8	Q0.25	Q2.00
Roldanas galvanizadas de 1/2"	8	Q0.25	Q2.00
Washes galvanizadas de 1/2"	8	Q0.25	Q2.00
Brocas para metal de 1/2"	1	Q60.00	Q60.00
Brocas para metal de 3/8"	1	Q45.00	Q45.00
Brocas para metal de 1/4"	1	Q25.00	Q25.00
Sierras diente fino	3	Q15.00	Q45.00
Rollos de cinta tenflex	2	Q5.00	Q10.00
Pintura para identificar cajas	0.5	Q150.00	Q75.00
Soportería para tubos de 4"	1	Q900.00	Q900.00
Bomba Secundaria 1			Q5,363.04
Bomba Secundaria 2			Q5,363.04
Total			Q10,726.08

**Tabla XXXIV. Costo de material para tres bombas centrifugas de agua primaria**

Metros totales	150		
Máquinas	3		
Tubo conduit galvanizados de 1"	48	Q78.78	Q3,781.44
Curvas conduit galvanizadas de 1"	27	Q16.62	Q448.74
Coplas conduit galvanizadas de 1"	84	Q7.10	Q596.40
Niples bushing galvanizados de 1"	27	Q3.82	Q103.14
Abrazaderas unistrut de 1"	96	Q5.51	Q528.96
Condulet LB de 1"	12	Q60.00	Q720.00
Riel Unistrut P1000	6	Q143.60	Q861.60
Cable THHN No. 8 negro	450	Q7.00	Q3,150.00
Cable THHN No. 12 verde	150	Q2.78	Q417.00
Cable THHN No. 6	50	Q12.28	Q614.00
Cable THHN No. 2	40	Q28.00	Q1,120.00
Pies tubo LT de 1"	54	Q7.40	Q399.60
Conectores LT de 1" rectos	18	Q11.60	Q208.80
conectores LT de 1" curvos	18	Q15.00	Q270.00
Tuercas galvanizadas de 1/2"	100	Q0.25	Q25.00
Roldanas galvanizadas de 1/2"	100	Q0.25	Q25.00
Washes galvanizadas de 1/2"	100	Q0.25	Q25.00
Brocas para metal de 1/2"	2	Q60.00	Q120.00
Brocas para metal de 3/8"	2	Q45.00	Q90.00
Brocas para metal de 1/4"	2	Q25.00	Q50.00
Sierras diente fino	5	Q15.00	Q75.00
Rollos de cinta tenflex	3	Q5.00	Q15.00
Soportería para tubos de 4"	2	Q1,500.00	Q3,000.00
Total			Q16,644.68

**Tabla XXXV. Costo de material para tres bombas centrífugas de condensación**

Metros totales	75		
Máquinas	3		
Tubo conduit galvanizados de 1"	30	Q78.78	Q2,363.40
Curvas conduit galvanizadas de 1"	30	Q16.62	Q498.60
Coplas conduit galvanizadas de 1"	30	Q7.10	Q213.00
Niples bushing galvanizados de 1"	9	Q3.88	Q34.92
Abrazaderas unistrut de 1"	40	Q5.51	Q220.40
Condulet LB de 1"	4	Q60.00	Q240.00
Riel Unistrut P1000	4	Q143.60	Q574.40
Cable THHN No. 8 negro	225	Q7.00	Q1,575.00
Cable THHN No. 10 verde	75	Q4.72	Q354.00
Pies tubo LT de 1" flexible	27	Q7.40	Q199.80
Conectores LT de 1" rectos	2	Q11.60	Q23.20
Varilla roscada de 1/2"	2	Q15.00	Q30.00
Tuercas galvanizadas de 1/2"	50	Q0.25	Q12.50
Roldanas galvanizadas de 1/2"	50	Q0.25	Q12.50
Washas galvanizadas de 1/2"	50	Q0.25	Q12.50
Brocas para metal de 1/2"	1	Q60.00	Q60.00
Brocas para metal de 3/8"	1	Q45.00	Q45.00
Brocas para metal de 1/4"	1	Q25.00	Q25.00
Sierras diente fino	5	Q15.00	Q75.00
Rollos de cinta tenflex	2	Q5.00	Q10.00
Sopotería para tubos	1	Q1,500.00	Q1,500.00
Total quetzales			Q8,079.22

**Tabla XXXVI. Costo de material para tres bombas centrífugas para torres**

Alimentación bombas de torres			
Metros totales	90		
Máquinas	3		
Tubo conduit galvanizado de 1"	45	Q78.78	Q3,545.10
Curvas conduit galvanizadas de 1"	12	Q16.62	Q199.44
Coplas conduit galvanizadas	28	Q7.10	Q198.80
Niples bushing galvanizados de 1"	9	Q3.82	Q34.38
Abrazaderas unistrut de 1"	90	Q5.51	Q495.90
Condulet LB de 1"	12	Q60.00	Q720.00
Riel unistrut P1000	3	Q143.60	Q430.80
Cable THHN No. 8 negro	400	Q7.00	Q2,800.00
Cable THHN No. 12 negro	40	Q2.78	Q111.20
Cable THHN No. 2	60	Q28.00	Q1,680.00
Cable THHN No. 6	45	Q12.28	Q552.60
Pies tubo LT de 1" flexible	18	Q7.70	Q138.60
Conectores LT de 1" rectos	2	Q11.60	Q23.20
Varilla roscada de 1/2"	2	Q15.00	Q30.00
Tuercas galvanizadas de 1/2"	50	Q0.25	Q12.50
Roldanas galvanizadas de 1/2"	50	Q0.25	Q12.50
Washas galvanizadas de 1/2"	50	Q0.25	Q12.50
Brocas para metal de 1/2"	1	Q60.00	Q60.00
Bracas para metal de 3/8"	1	Q45.00	Q45.00
Brocas para metal de 1/4"	1	Q25.00	Q25.00
Sierra diente fino	5	Q15.00	Q75.00
Rollos de cinta tenflex	3	Q5.00	Q15.00
Pintura	0.5	Q150.00	Q75.00
Sopotería para tubos	1	Q1,500.00	Q1,500.00
Total quetzales			Q12,792.52

**Tabla XXXVII. Costo de material para torres de ventiladores**

Alimentación torres ventiladores			
Metros totales	60		
Torres de ventiladores	2		
Tubo conduit galvanizados de 3/4"	30	Q75.00	Q2,250.00
Curvas conduit galvanizadas de 3/4"	8	Q16.62	Q132.96
Coplas conduit galvanizadas de 3/4"	16	Q7.10	Q113.60
Niples bushing galvanizados de 3/4"	12	Q3.88	Q46.56
Abrazaderas unistrut de 3/4"	60	Q5.51	Q330.60
Condulet LB de 3/4"	12	Q60.00	Q720.00
Riel Unistrut P1000	3	Q143.60	Q430.80
Cable THHN No. 12 negro	720	Q2.78	Q2,001.60
Cable THHN No. 12 verde	115	Q2.78	Q319.70
Cable THHN No. 10	45	Q4.72	Q212.40
Pies tubo LT de 1" flexible	30	Q7.70	Q231.00
Conectores LT de 1" rectos	8	Q11.60	Q92.80
Varilla roscada de 1/2"	6	Q15.00	Q90.00
Tuercas galvanizadas de 1/2"	50	Q0.25	Q12.50
Roldanas galvanizadas de 1/2"	50	Q0.25	Q12.50
Washas galvanizadas de 1/2"	50	Q0.25	Q12.50
Brocas para metal de 1/2"	2	Q60.00	Q120.00
Brocas para metal de 3/8"	2	Q45.00	Q90.00
Brocas para metal de 1/4"	2	Q25.00	Q50.00
Sierras diente fino	5	Q15.00	Q75.00
Rollos de cinta tenflex	5	Q5.00	Q25.00
Soportería para tubos	1	1500	Q1,500.00
Total quetzales			Q8,869.52

**Tabla XXXVIII. Total de costos de materiales cuarto eléctrico**

Acometidas	Q263,400.04
Banco de Capacitores	Q15,181.80
Chillers	Q96,519.14
Bombas Secundarias	Q10,726.08
Bombas Primarias	Q16,644.68
Bombas de Condensación	Q8,079.22
Bombas de Torres	Q12,792.52
Torres de Ventiladores	Q8,869.52
Total quetzales	Q432,213.00

**Tabla XXXIX. Costo de materiales para acometidas eléctricas de manejadoras de aire acondicionado, en interior de locales del centro comercial**

Alimentación manejadoras en locales			
Metros totales	4207.5		
Máquinas	72		
Tubería PVC de 3/4"	1402.5	Q15.00	Q21,037.50
Conectores PVC de 3/4"	288	Q2.00	Q576.00
Coplas PVC de 3/4"	1402.5	Q2.00	Q2,805.00
Curvas PVC de 3/4"	144	Q0.90	Q129.60
Abrazaderas hanger de 3/4"	2805	Q1.25	Q3,506.25
Cajas galvanizadas de 4" X 4"	144	Q4.50	Q648.00
Tapaderas ciegas de 4" X 4"	144	Q2.00	Q288.00
Cable THHN No. 12 negro	8415	Q2.78	Q23,393.70
Cable THHN No. 12 verde	4207.5	Q2.72	Q11,444.40
Pies tubo BX de 3/4"	288	Q2.50	Q720.00
Conectores curvos para BX de 3/4"	72	Q4.50	Q324.00
Conectores rectos para BX de 3/4"	72	Q2.00	Q144.00
Tornillos tipo estufa de 1/4" X 1"	3093	Q0.25	Q773.25
Tuercas galvanizadas de 1/4"	3093	Q0.10	Q309.30
Roldanas galvanizadas de 1/4"	3093	Q0.10	Q309.30
Washas galvanizadas de 1/4"	3093	Q0.10	Q309.30
Brocas para metal de 3/8"	5	Q45.00	Q225.00
Brocas para metal de 1/4"	20	Q25.00	Q500.00
Sierras diente fino	20	Q15.00	Q300.00
Rollos de cinta tenflex	20	Q5.00	Q100.00
Pintura para identificar cajas	1	Q150.00	Q150.00
Cajas Switch de cuchillas de 30 amperios Nema 1	72	Q382.50	Q27,540.00
Total materiales en quetzales			Q95,532.60

**Tabla XXXX. Costo de materiales para acometidas eléctricas de manejadoras en servicios generales con cable 12**

Alimentación eléctrica manejadoras servicios			
Cable No. 12			
Metros totales	98		
Máquinas	5		
Tubería PVC de 3/4"	32.6666667	Q15.00	Q490.00
Conectores PVC de 3/4"	20	Q2.00	Q40.00
Coplas PVC de 3/4"	32.6666667	Q2.00	Q65.33
Curvas PVC de 3/4"	10	Q0.90	Q9.00
Abrazaderas hanger de 3/4"	65.3333333	Q1.25	Q81.67
Cajas galvanizadas de 4" X 4"	10	Q4.50	Q45.00
Tapaderas ciegas de 4" X 4"	10	Q2.00	Q20.00
Cable THHN No. 12 negro	294	Q2.78	Q817.32
Cable THHN No. 12 verde	98	Q2.78	Q272.44
Pies tubo BX de 3/4"	20	Q2.50	Q50.00
Conectores curvos para BX de 3/4"	5	Q4.50	Q22.50
Conectores rectos para BX de 3/4"	5	Q2.00	Q10.00
Tornillos tipo estufa de 1/4" X 1"	85.3333333	Q0.25	Q21.33
Tuercas galvanizadas de 1/4"	85.3333333	Q0.10	Q8.53
Roldanas galvanizadas de 1/4"	85.3333333	Q0.10	Q8.53
Washas galvanizadas de 1/4"	85.3333333	Q0.10	Q8.53
Brocas para metal de 3/8"	5	Q45.00	Q225.00
Brocas para metal de 1/4"	20	Q25.00	Q500.00
Sierras diente fino	20	Q15.00	Q300.00
Rollos de cinta tenflex	20	Q5.00	Q100.00
Pintura para identificar cajas	1	Q150.00	Q150.00
Cajas Switch de cuchillas de 30 amperios Nema 1	5	Q382.50	Q1,912.50
Total quetzales			Q5,157.69

**Tabla XXXI. Costos de materiales para acometidas eléctricas de manejadoras en servicios generales con cable 10**

Alimentación manejadoras			
Cable No. 10			
Metros totales	450	valor unidad	total
Máquinas	3		
Tubería PVC de 3/4"	150	Q15.00	Q2,250.00
Conectores PVC de 3/4"	24	Q2.00	Q48.00
Coplas PVC de 3/4"	75	Q2.00	Q150.00
Curvas PVC de 3/4"	20	Q0.90	Q18.00
Abrazaderas hanger de 3/4"	300	Q1.25	Q375.00
Cajas galvanizadas de 4" X 4"	6	Q4.50	Q27.00
Tapaderas ciegas de 4" X 4"	6	Q2.00	Q12.00
Cable THHN No. 10 negro	1500	Q4.72	Q7,080.00
Cable THHN No. 10 verde	1000	Q4.72	Q4,720.00
Pies tubo BX de 3/4"	12	Q2.50	Q30.00
Conectores curvos para BX de 3/4"	18	Q4.50	Q81.00
Conectores rectos para BX de 3/4"	18	Q2.00	Q36.00
Tornillos tipo estufa de 1/4" X 1"	450	Q0.25	Q112.50
Tuercas galvanizadas de 1/4"	450	Q0.10	Q45.00
Roldanas galvanizadas de 1/4"	450	Q0.10	Q45.00
Washas galvanizadas de 1/4"	450	Q0.10	Q45.00
Brocas para metal de 3/8"	5	Q45.00	Q225.00
Brocas para metal de 1/4"	20	Q25.00	Q500.00
Sierras diente fino	20	Q15.00	Q300.00
Rollos de cinta tenflex	20	Q5.00	Q100.00
Cajas Switch de cuchillas de 30 amperios Nema 1	3	Q382.50	Q1,147.50
Total en quetzales			Q17,347.00

**Tabla XXXII. Costo de materiales para acometidas eléctricas de manejadoras en servicios generales con cable 8**

Servicios generales con cable No. 8 THHN			
Metros totales	1165.5		
Máquinas	7	unidad	
Tubería PVC de 3/4"	388.5	Q15.00	Q5,827.50
Conectores PVC de 3/4"	28	Q2.00	Q56.00
Coplas PVC de 3/4"	388.5	Q2.00	Q777.00
Curvas PVC de 3/4"	14	Q0.90	Q12.60
Abrazaderas de 3/4"	777	Q1.25	Q971.25
Cajas galvanizadas de 4 X 4 "	14	Q4.50	Q63.00
Tapaderas ciegas de 4 X 4 "	14	Q2.00	Q28.00
Cable THHN No. 8 negro	3492	Q7.63	Q26,643.96
Cable THHN No. 8 verde	1164	Q7.63	Q8,881.32
Pies tubo BX de 3/4"	28	Q2.50	Q70.00
Conectores curvos para BX de 3/4"	7	Q4.50	Q31.50
Conectores rectos para BX de 3/4 "	7	Q2.00	Q14.00
Tornillos de 1/4"X 1"	805	Q0.25	Q201.25
Tuercas galvanizadas de 1/4"	805	Q0.10	Q80.50
Roldanas galvanizadas de 1/4"	805	Q0.10	Q80.50
Washas galvanizadas de 1/4"	805	Q0.10	Q80.50
Brocas para metal de 3/8"	5	Q45.00	Q225.00
Brocas para metal de 1/4"	20	Q25.00	Q500.00
Sierras de diente fino	20	Q15.00	Q300.00
Rollos de cinta tenflex	20	Q5.00	Q100.00
Pintura para identificar cajas	1	Q150.00	Q150.00
Cajas de cuchillas de 30 amperios	7	Q382.50	Q2,677.50
Suma en quetzales			Q47,771.38

**Tabla XXXIII. Costo total de materiales de manejadoras en interior del centro comercial**

Descripción	
Costo de alimentación eléctrica de manejadoras en locales	Q95,532.60
Costo de alimentación eléctrica de manejadoras en servicios generales con cable No. 12 THHN	Q5,157.69
Costo de alimentación de manejadoras en servicios generales con calbe No. 10 THHN	Q17,347.00
Costo de alimentación de manejadoras en servicios generales con calbe No. 8 THHN	Q47,771.38
Total quetzales	Q165,808.67

Costo total de equipos, material de cuarto eléctrico y el interior del centro comercial, es la suma de la Tabla XXIX, Tabla XXXVIII y Tabla XXXIII, es de Q. 1, 218,782.66.

### **2.1.3 Mano de obra y prestaciones laborales**

El presupuesto de mano de obra de la instalación de los componentes que conforman el cuarto eléctrico y los aparatos que están en el interior del centro comercial, y los gastos fijos que se producirán aproximadamente durante el período de realización del proyecto.

**Tabla XXXIV. Presupuesto de mano de obra del cuarto eléctrico y aparatos en el interior del centro comercial**

Descripción	Valor mano de obra
Instalación de tableros principales de cuarto eléctrico	Q95,749.00
Instalación de centro de control de motores	Q61,296.37
Instalaciones de swich de seguridad	Q5,644.88
Sistema de tierra física	Q18,500.00
Acometida eléctrica del transformador al TDP	Q65,850.01
Acometida eléctrica del TDP1 al banco de capacitores 1	Q7,590.90
Acometida eléctrica del TDP2 al banco de capacitores 2	Q7,590.90
Acometida eléctrica para Chiller uno y dos	Q24,129.79
Acometida eléctrica para Bombas Secundarias y conexión	Q2,681.52
Acometida eléctrica para Bombas Primarias y conexión	Q4,161.17
Acometida eléctrica para Bombas de Condensacion y conexión	Q2,019.81
Acometida eléctrica para Torres de Ventiladores y conexión	Q3,198.13
Acometida eléctrica para Torres de Ventiladores y conexión	Q2,217.38
Acometida eléctrica para manejadoras en locales y conexión	Q25,172.58
Acometida eléctrica para manejadoras en servicios generales	Q16,279.60
Porcentaje de equipos y material	Q121,878.27
<b>Total presupuesto mano de obra</b>	<b>Q463,960.30</b>

### 2.1.3.1 Gastos fijos

Se detallarán los gastos fijos, como lo es el sueldo ordinario por mes, viáticos, horas extras, de los trabajadores en el tiempo de duración del proyecto.

**Tabla XXXV. Viáticos para trabajadores**

Dias de trab.	Desayuno	Total/persona	Trabajadores	Total
90	Q20.00	Q1,800.00	14	Q25,200.00
	Almuerzo			
90	Q20.00	Q1,800.00	14	Q25,200.00
	Cena			
90	Q20.00	Q1,800.00	14	Q25,200.00
<b>Total</b>				<b>Q75,600.00</b>

**Tabla XXXXVI. Viáticos del supervisor de obra**

Días de trab.	Desayuno	Total/persona	Trabajador	Total
90	Q30.00	Q2,700.00	1	Q2,700.00
	Almuerzo			
90	Q30.00	Q2,700.00	1	Q2,700.00
	Cena			
90	Q30.00	Q2,700.00	1	Q2,700.00
Total				Q8,100.00

**Tabla XXXXVII. Viáticos del jefe de área**

Días Trab.	Desayuno	Total/persona	Trabajador	Total
30	Q40.00	Q1,200.00	1	Q1,200.00
	Almuerzo			
30	Q40.00	Q1,200.00	1	Q1,200.00
	Cena			
30	Q40.00	Q1,200.00	1	Q1,200.00
Total				Q3,600.00

**Tabla XXXXVIII. Salario ordinario trabajadores**

Sueldo ordinario	Salario mes	Prestaciones	Meses Trab.	Total/persona	Personas	TOTAL
Electricista	Q2,100.00	Q3,045.00	3	Q9,135.00	8	Q73,080.00
Instaladores	Q1,850.00	Q2,682.50	3	Q8,047.50	6	Q48,285.00
Supervisor	Q4,000.00	Q5,800.00	3	Q17,400.00	1	Q17,400.00
Total						Q138,765.00

**Tabla XXXXIX. Salario extraordinario**

	Horas extras	Cantidad	Meses Trab.	Total/persona	Personas	total
Electricista	Q12.50	100	3	Q3,750.00	8	Q30,000.00
Instaladores	Q9.50	100	3	Q2,850.00	6	Q17,100.00
Supervisor	Q20.00	100	3	Q6,000.00	1	Q6,000.00
Total						Q53,100.00

Total de mano de obra de los trabajadores es la suma de la Tabla XXXXV, Tabla XXXXVI, Tabla XXXXVII, Tabla XXXXVIII, Tabla XXXXIX, haciendo un total de Q 279,165.00.

### 2.1.3.2 Gastos administrativos

En los gastos administrativos se encuentran, los gastos de oficina, instalaciones temporales, hospedaje, transporte, etc, los cuales se presentan a continuación.

**Tabla L. Gastos administrativos**

1	Contador	Q1,850.00
2	Recepcionista	Q1,900.00
3	Teléfono	Q7,000.00
4	Comprador	Q2,500.00
5	Ingeniero diseño eléctrico	Q9,000.00
6	Bodeguero	Q1,750.00
	Total	Q24,000.00
	Total durante el proceso del proyecto	Q72,000.00
7	Herramienta y equipo de seguridad	Q23,330.00
8	Transporte	Q8,370.00
9	Instalaciones temporales	Q18,700.00
	Total	Q50,400.00
	Total gastos administrativos	Q122,400.00

Los gastos administrativos durante el período de trabajo aproximadamente es de Q. 122,400.00, que corresponde a la Tabla L, y los gastos fijos durante la realización del proyecto del aire acondicionado, es aproximadamente la suma de la Tabla XXXXV, hasta la Tabla L y es de Q. 401,565.00.



### **3. ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UN CUARTO ELÉCTRICO DEL CENTRO COMERCIAL LA PRADERA PUERTO BARRIOS IZABAL**

#### **3.1 Análisis de calidad de energía eléctrica del circuito eléctrico uno**

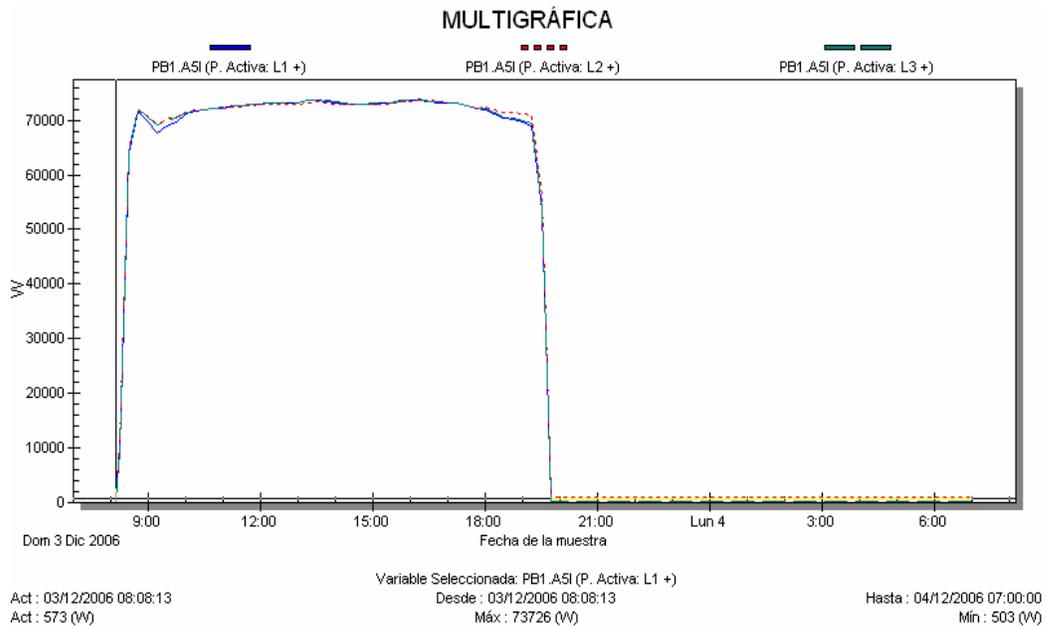
El análisis de calidad de energía eléctrica se realiza para verificar el funcionamiento correcto de la operación del sistema eléctrico y es la etapa final del proyecto donde se debe cumplir con los objetivos que determinaron la necesidad o idea del proyecto.

Se empieza a realizar en un horario de 7:30 a.m., hora en que se enciende, para las 8:00 p.m. hora en que apaga el sistema eléctrico.

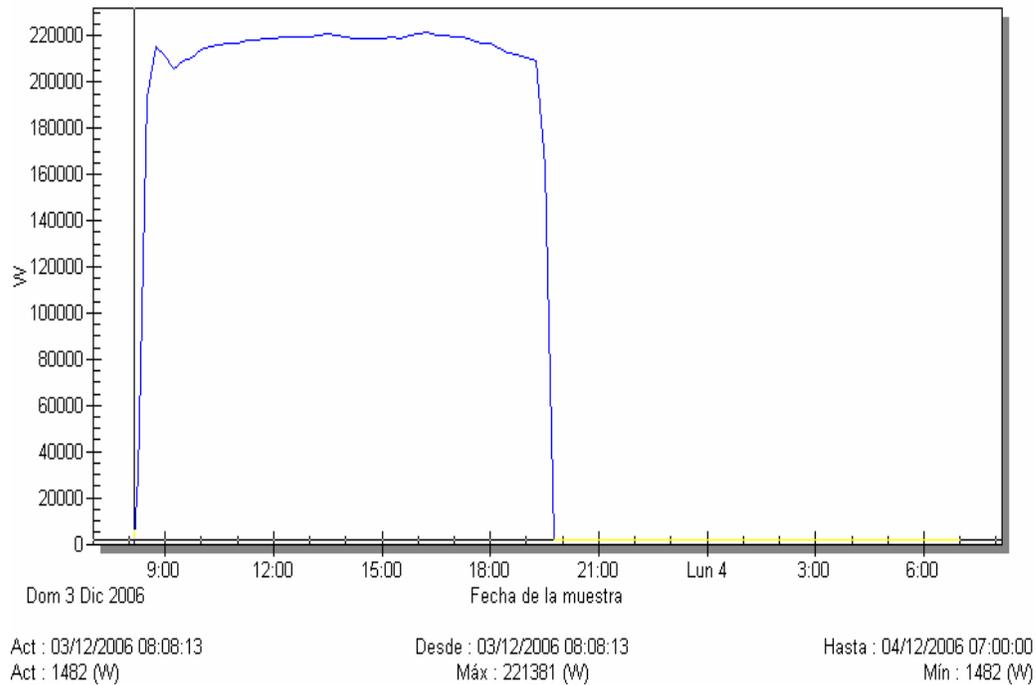
##### **3.1.1 Potencia activa**

En la Figura 27 se muestra el comportamiento de la potencia activa de cada una de sus fases y la Figura 28 muestra el promedio de las tres fases, valores alcanzados en watts.

**Figura 27. Potencia activa en cada fase del circuito eléctrico uno**



**Figura 28. Potencia activa promedio del circuito eléctrico uno  
(P. Activa: III +)**



Se muestra en la Figura 27 y en la Figura 28 la potencia activa, conforme avanza el proceso de arranque de los aparatos, la forma en que va ascendiendo la carga instalada y llega a un máximo de 73726 watts por fase, y 221,381 promedio, la potencia queda casi constante en todo el proceso de funcionamiento.

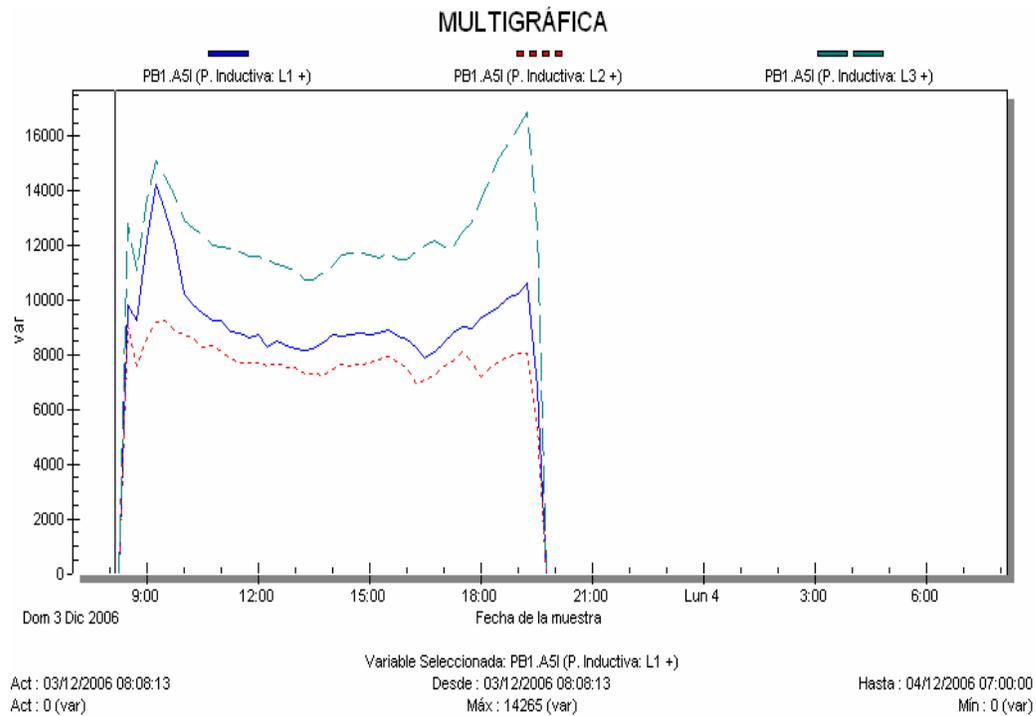
El comportamiento de las dos figuras de la potencia activa cuando llega la primera vez a un máximo y luego baja y luego sube en forma de curva, es debido a que los aparatos chillers trabajan de acorde a la demanda de potencia requerida, por la exigencia de aire acondicionado que se requiere adentro de las instalaciones del centro comercial, cuando finaliza el proceso de funcionamiento del sistema baja la potencia activa.

### **3.1.2 Potencia reactiva**

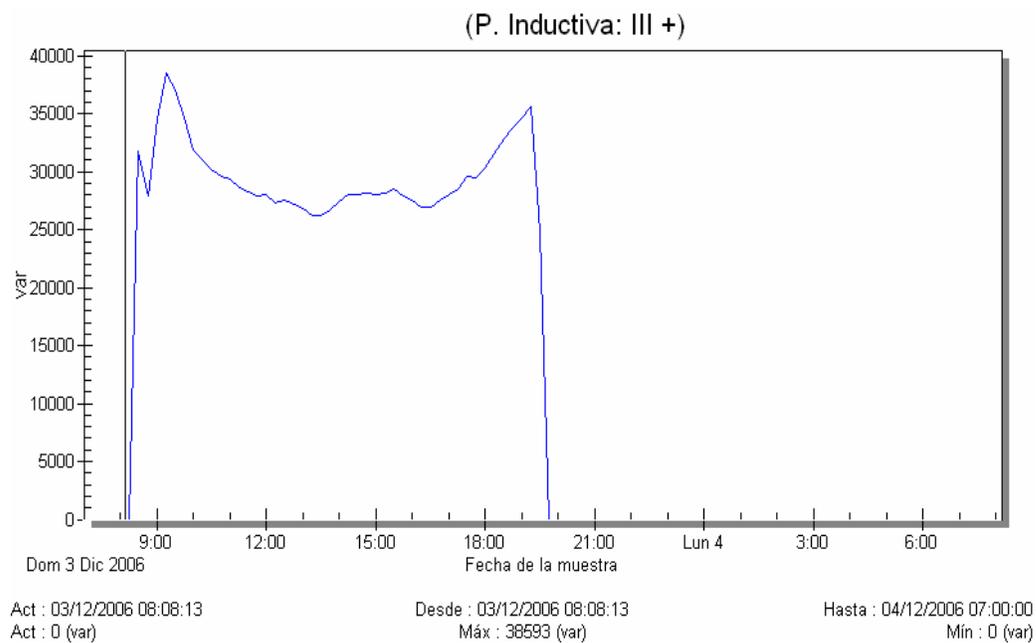
#### **3.1.2.1 Potencia inductiva**

En la Figura 29 y Figura la 30, se muestran los valores alcanzados de la potencia inductiva de cada una de sus fases, así como también el promedio de las tres fases y el comportamiento durante el proceso de operación.

**Figura 29. Potencia inductiva en cada fase del circuito eléctrico uno**



**Figura 30. Potencia inductiva promedio del circuito eléctrico uno**



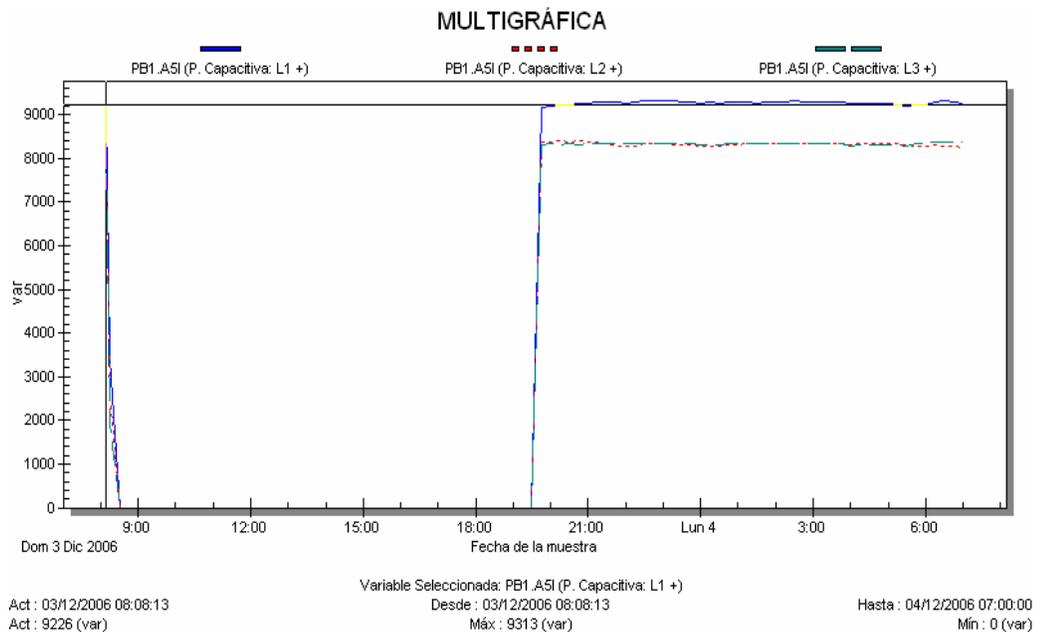
En la Figura 29 se refleja la carga inductiva reactiva que el sistema del circuito uno está demandando, donde la fase dos es la que mas demanda esta absorbiendo y la fase uno y tres casi tienen el mismo valor, los valores no exceden de una forma drástica y se comporta de una manera constante, cuando se está trabajando a plena carga.

La Figura 30 muestra el promedio que tienen las tres fases de potencia inductiva, donde se refleja que es la sumatoria de sus tres fases.

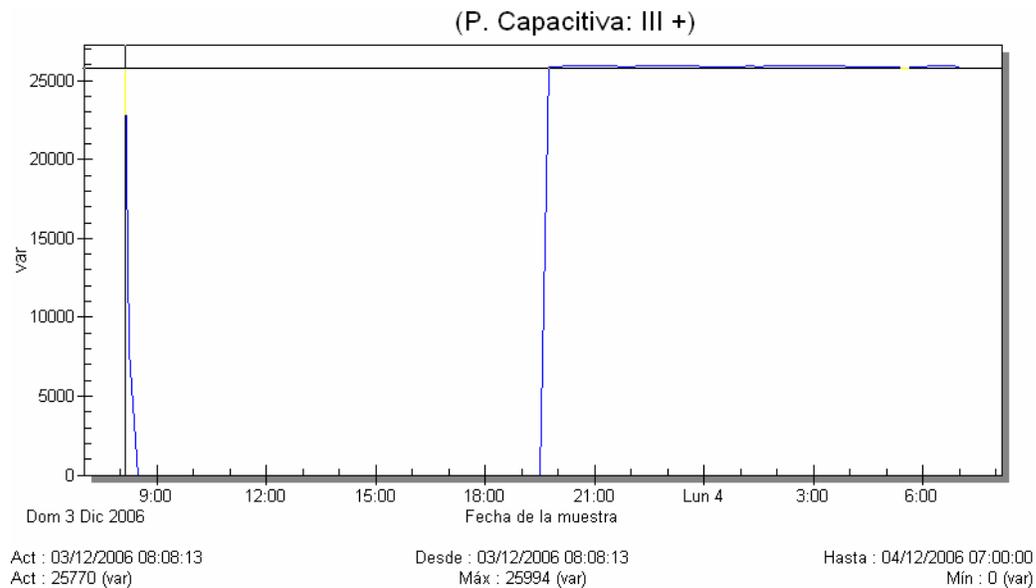
### 3.1.2.2 Potencia capacitiva

La Figura 31 y Figura 32 muestra el comportamiento de la potencia capacitiva de sus tres fases y su promedio cuando se está operando el sistema.

**Figura 31. Potencia capacitiva en cada fase del circuito eléctrico uno**



**Figura 32. Potencia capacitiva promedio del circuito eléctrico uno**

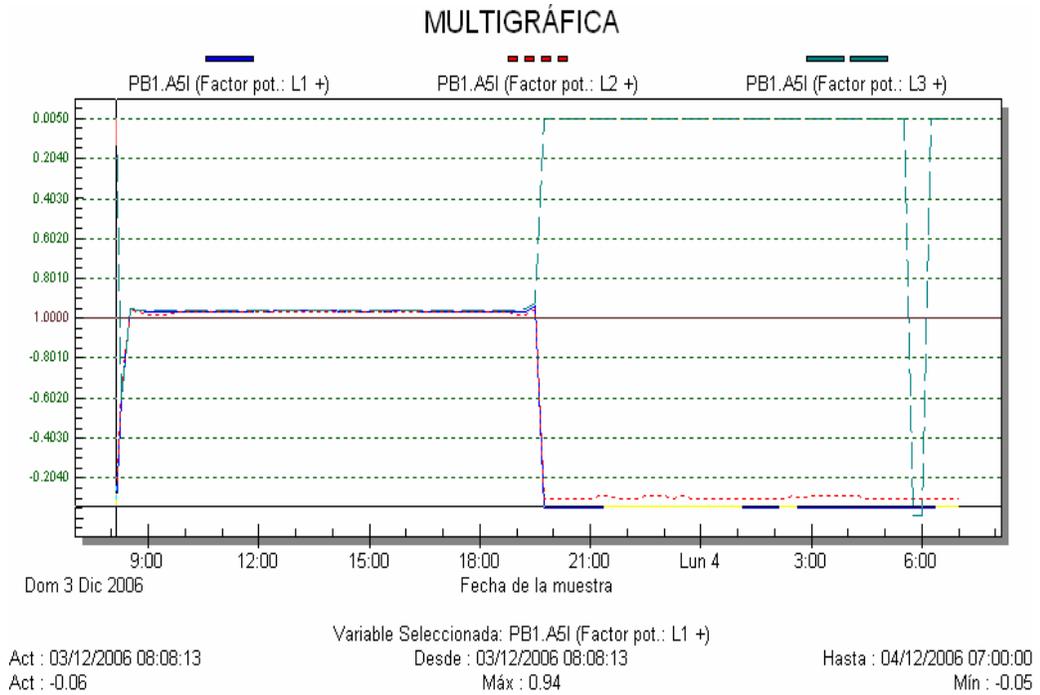


En la Figura 31 y Figura 32, se visualiza que antes de arrancar el sistema del circuito eléctrico uno existe una potencia capacitiva, empieza el proceso de encendido del sistema, la potencia capacitiva empieza a disminuir debido a que es un sistema puramente inductivo, no tiene que existir potencia capacitiva y en efecto cuando llega a operar el sistema a plena carga la potencia capacitiva llega a ser cero var, se procede a apagar el sistema y vuelve a subir la pendiente, esto es debido que en el sistema eléctrico existe una potencia capacitiva.

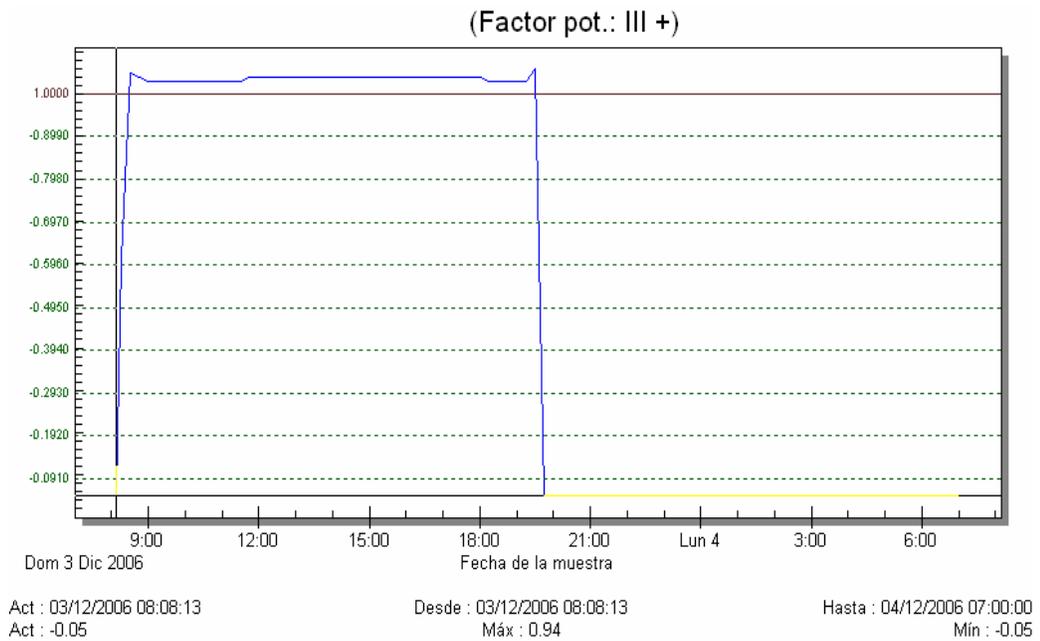
### 3.1.3 Factor de potencia

En la Figura 33 y la Figura 34 se mostrará el comportamiento del factor de potencia antes que se arranque, durante el transcurso del proceso de operación y cuando el sistema eléctrico no está funcionando.

**Figura 33. Factor de potencia en cada fase del circuito eléctrico uno**



**Figura 34. Factor de potencia promedio del circuito eléctrico uno**



En la Figura 33 y la Figura 34 se muestra el comportamiento del factor de potencia y se aprecia que es bastante alto, con un máximo promedio aproximado del 94%, como se puede ver en las figuras antes mencionadas, antes de iniciar el proceso de arranque del sistema eléctrico del circuito uno, indica que el factor de potencia está bajo en la fase uno y fase dos con polaridad negativa, la fase tres está bajo pero con factor positivo, cuando se enciende el sistema del circuito uno, empieza el factor de potencia a llegar a su valor máximo y cuando todos los componentes llegan a trabajar a su plena carga el factor de potencia queda casi constante en el trayecto del funcionamiento hasta que se termina el funcionamiento, los aparatos chillers tienen incorporados internamente sus propios capacitores para corregir su factor de potencia.

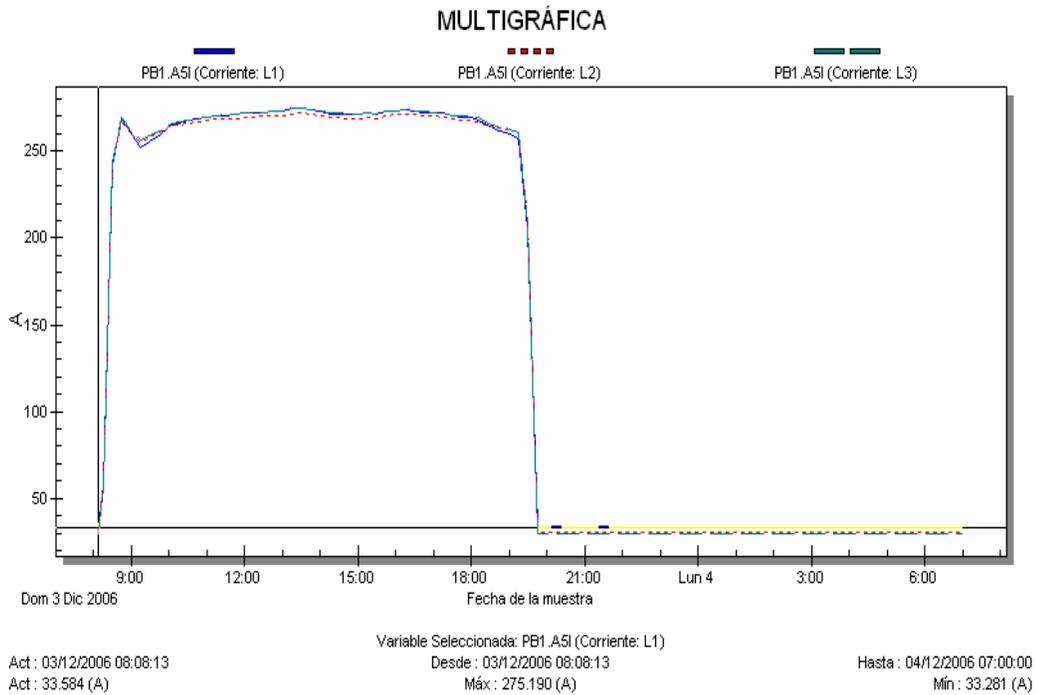
El factor de potencia es bastante satisfactorio, por lo que la empresa suministradora no penalizará por tener bajo factor de potencia.

Se desea tener un factor de potencia a 95 %, entonces se colocará un banco de capacitores automático con un mínimo de 20 KVAR capacitivos, con otros capacitores para que trabajen automáticamente, si en algún momento baja demasiado el factor de potencia.

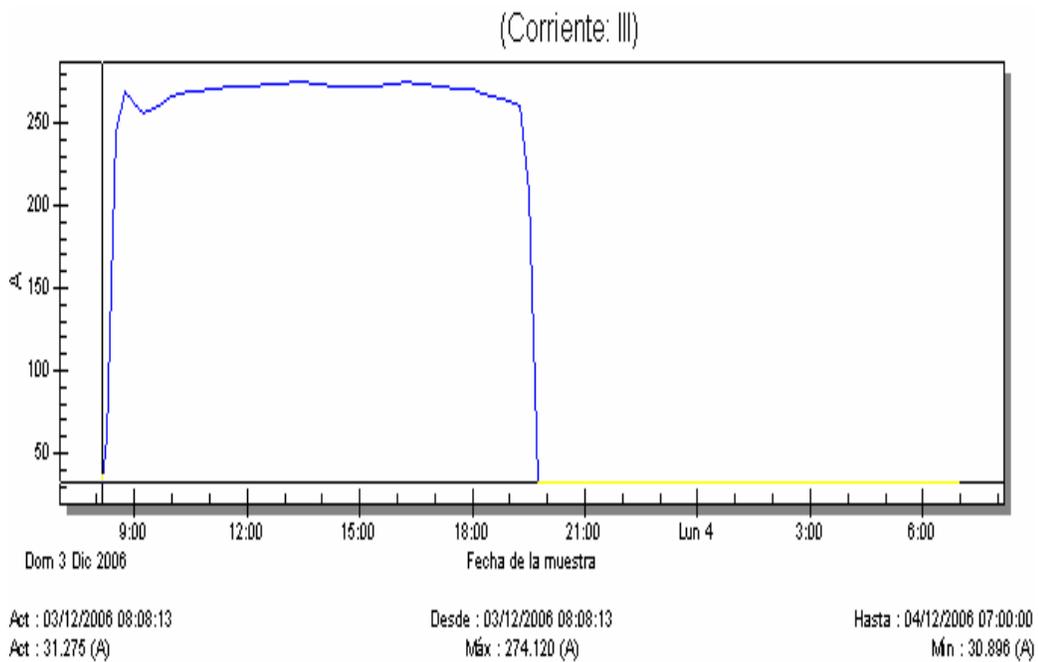
### **3.1.4 Corriente**

La Figura 35 y Figura 36 se visualiza el comportamiento de la corriente del sistema eléctrico de cada una de sus fases.

**Figura 35. Corriente de cada fase del circuito eléctrico uno**



**Figura 36. Corriente promedio del circuito eléctrico uno**

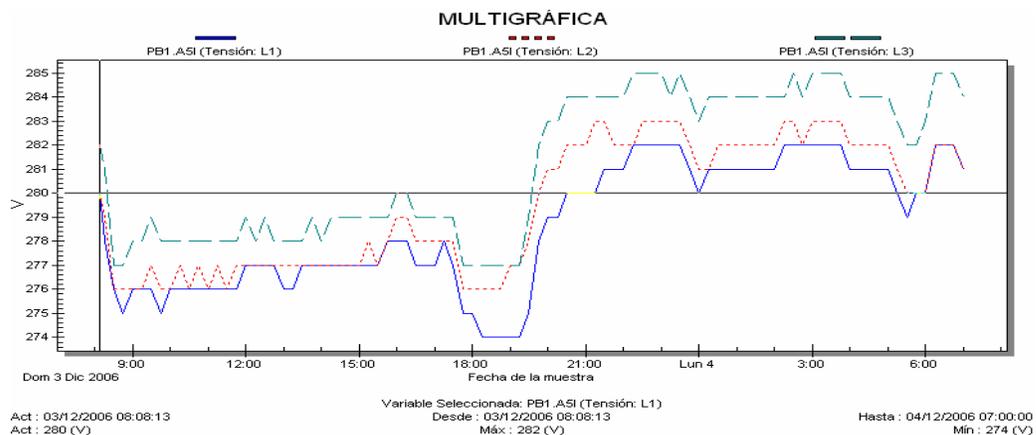


En la Figura 35 y en la Figura 36, indica como va aumentando la corriente conforme se van encendiendo los componentes del circuito uno, los ventiladores de las dos torres se encienden por medio de variadores de frecuencia para que su corriente no alcance valores muy altos, lo mismo con los chillers, estos encienden de una forma gradual y la corriente va en ascenso, baja su porcentaje de corriente en forma de curva y sube de nuevo para alcanzar su corriente nominal o de plena carga, esto es debido al comportamiento propio de los aparatos chillers, antes de arrancar indica una corriente, esto es debido a que unos tableros de centro de control de motores tienen ventiladores incorporados con corriente promedio de 33 amperios, se puede apreciar que el sistema llega a tener un promedio de 275 amperios durante el proceso de trabajo, y las tres fases de corriente están al mismo valor porque el sistema eléctrico esta balanceado.

### 3.1.5 Voltaje

En la Figura 37 se muestra el comportamiento del voltaje, que está medido de fase a neutro y es de 277 voltios.

**Figura 37. Fases de voltaje del circuito uno**



El voltaje de línea a neutro de cada una de las líneas es de 277 voltios, de línea a línea es de 480 voltios, donde la medición está hecha de línea a neutro para poder ver el comportamiento de cada una de las fases del circuito uno, como podemos ver, el comportamiento de la señal de voltaje cuando está funcionando el equipo, este voltaje tiende a disminuir debido a la carga que se ha instalado y el comportamiento de los aparatos chiller que trabajan con un sistema electrónico programable, de acorde a la demanda que se requiera de la temperatura de enfriamiento, el voltaje que suministra la empresa de por si no se mantiene constante y la variación es mínima y no perjudica el funcionamiento de los aparatos.

### **3.1.6 Desbalance**

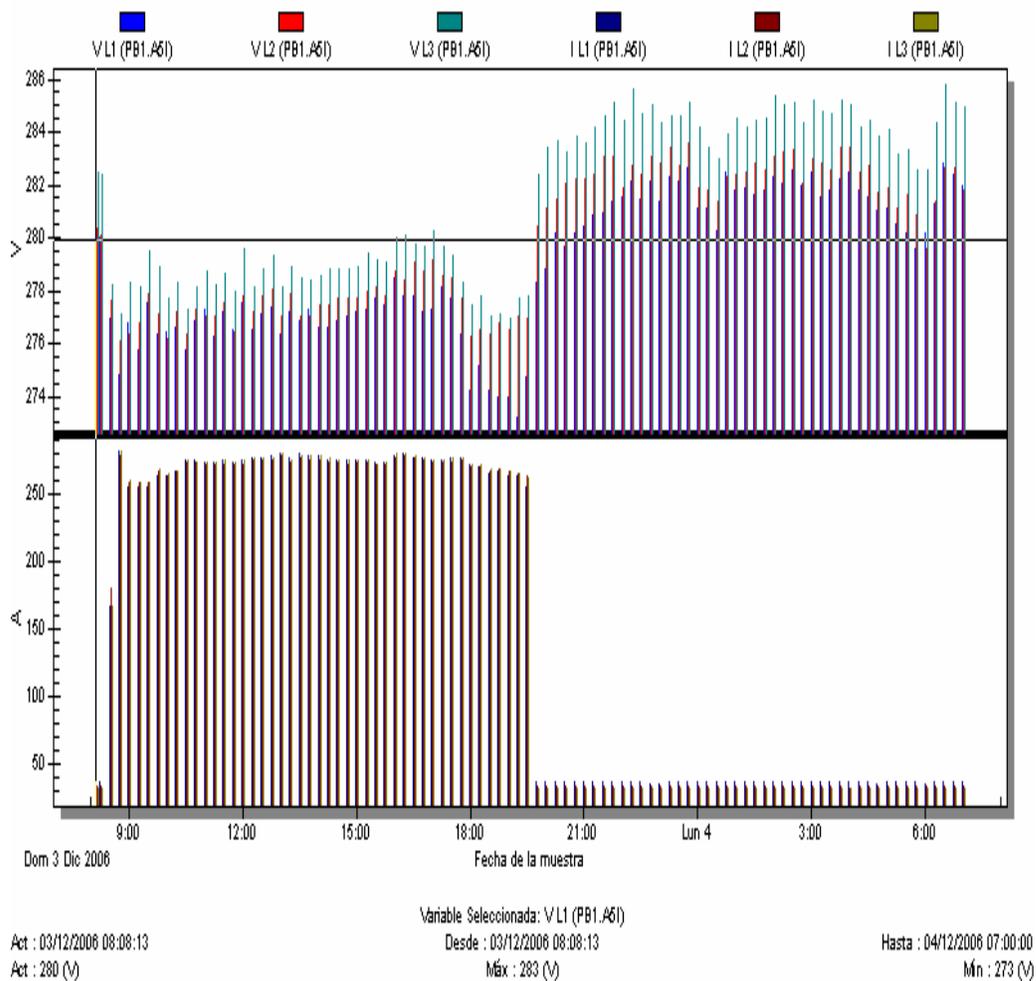
En la Figura 35 y la Figura 36 de corriente, se aprecia si el sistema eléctrico del circuito uno esta balanceado o no, donde el desbalance que existe en la corriente en cada una de las fases es muy poco y se puede decir que su sistema esta balanceado, en cambio en la Figura 37 de voltaje, se aprecia que las tres fases no tienen el mismo voltaje, pero que su variación es mínima y no perjudica al sistema del circuito uno.

Al ver la Figura 37 de voltaje durante el proceso de operación del circuito uno y durante su estancia de apagado, no hay sobretensiones de voltaje que estén afectando al sistema del circuito.

### 3.1.7 Variación de voltaje flicker

La Figura 38 muestra el valor del voltaje donde se verificara si la variación de voltaje puede provocar el efecto flicker.

**Figura 38. Variación del voltaje del circuito uno**



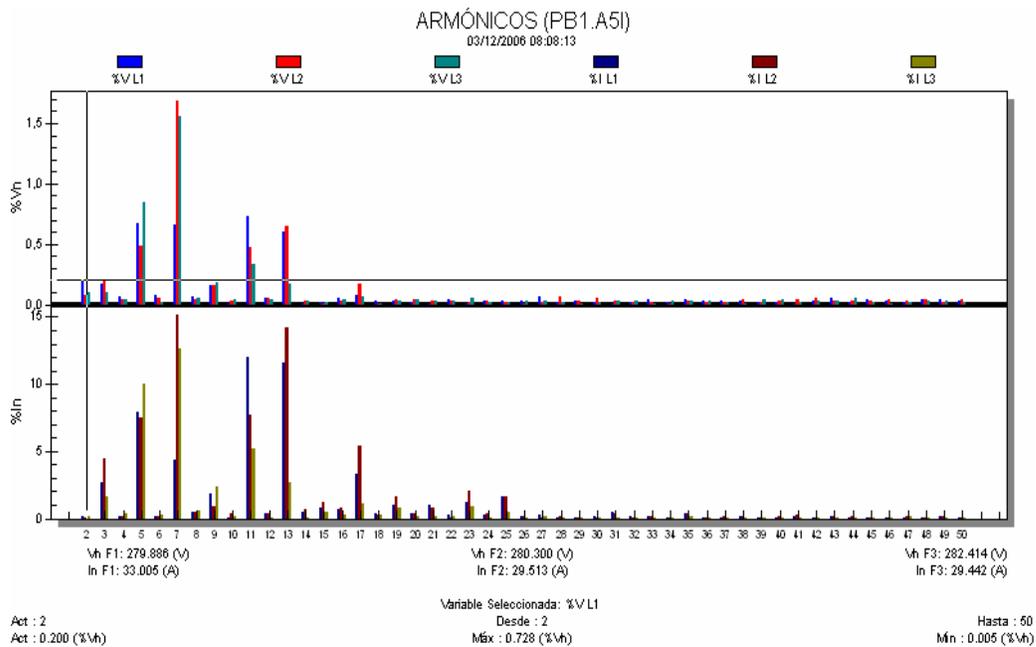


El porcentaje de la forma de onda de voltaje, la distorsión armónica es muy baja, promedio del 2%, y la distorsión armónica de la onda de corriente es debido a que hay aparatos como variadores de frecuencia y chillers, que estos llegan a distorsionar la forma de onda hasta un 25 %, en este caso la distorsión es poca, y el sistema esta operando en una forma correcta.

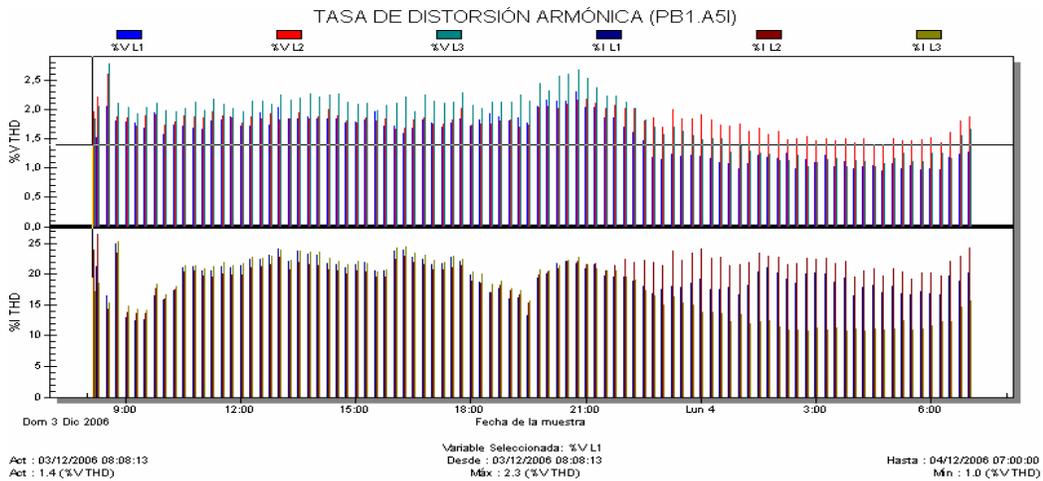
### 3.1.8.2 Representación de la distorsión armónica de voltaje y corriente en porcentaje de barras

En la Figura 40 y en la Figura 41 se muestra el comportamiento en barras de las armónicas en secuencia positiva, negativa y cero, en porcentaje.

**Figura 40. Armónicos en barras del circuito uno**



**Figura 41. Tasa de distorsión armónica del circuito uno**



Las secuencias impares son las que se presentan en un sistema de corriente alterna, la secuencia cero, tres, nueve, etc, muestran un porcentaje bajo, donde la corriente de esta secuencia tiende a fluir por los hilos del cable neutro, la secuencia cero no perjudica a la operación del sistema del circuito uno, por lo cual el sistema trabaja en optimas condiciones.

La secuencia negativa, cinco, once, tienen un valor aceptable y no producirán torsesores de rotación inversa en los motores de corriente alterna, como podría ser vibraciones en los motores.

La secuencia positiva, siete, trece, etc, representan un cierto nivel de porcentaje que indica calentamiento, pero este calentamiento en los motores es normal y el sistema opera en buenas condiciones.

Se puede apreciar que después de la secuencia 20, es muy baja la distorsión, donde no afectaría al sistema de telecomunicaciones o sistemas programables.

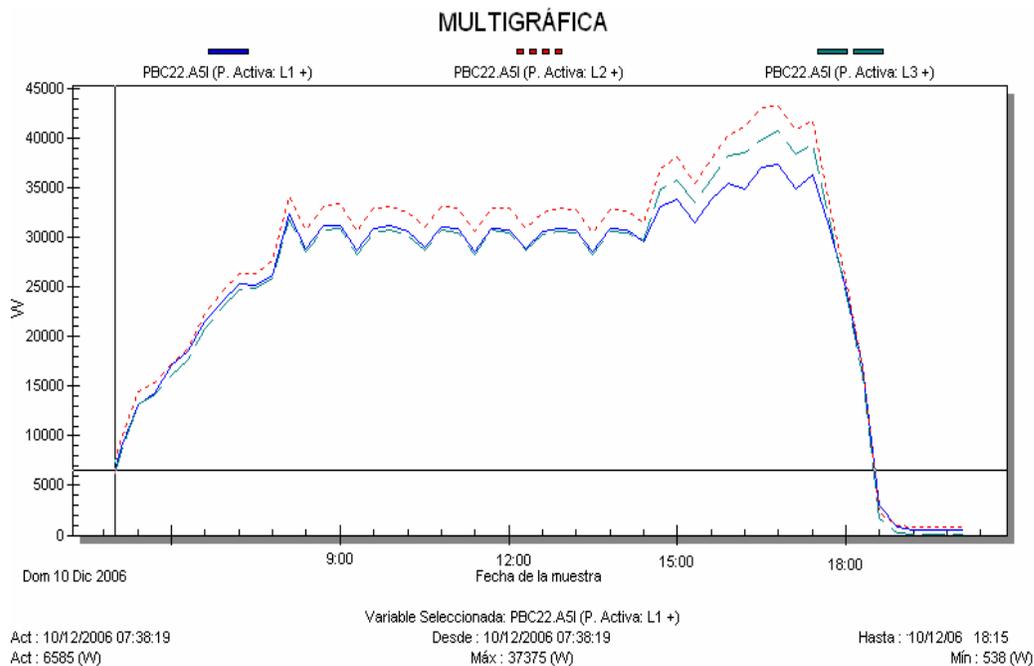
## 3.2 Análisis de calidad de energía eléctrica del circuito eléctrico dos

El análisis de calidad de energía eléctrica del circuito dos, empieza a operar a un horario de 7:30 a.m. hora en que se enciende, para las 8:00 p.m. en que se apaga el sistema.

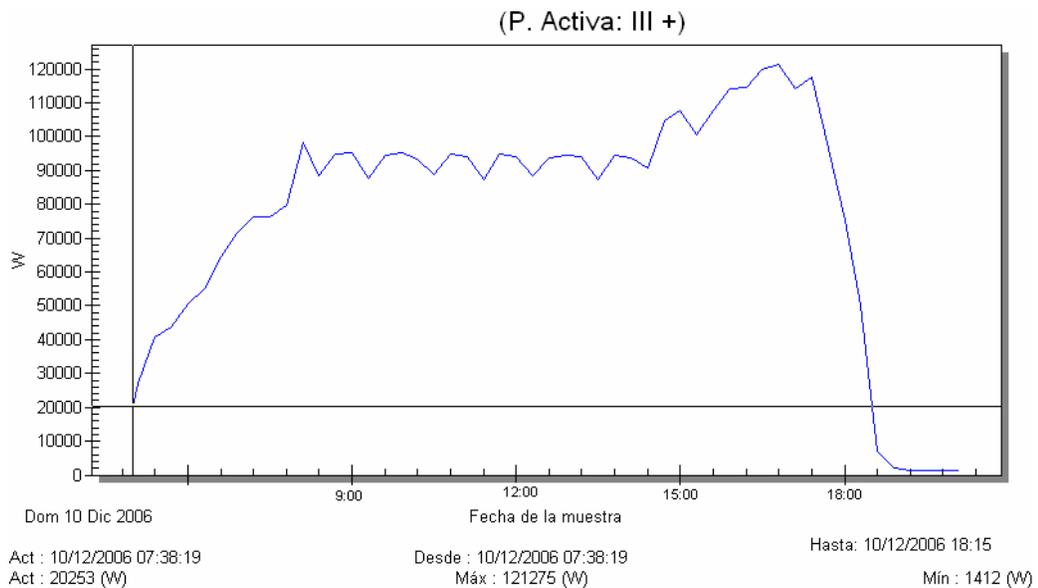
### 3.2.1 Potencia activa

La Figura 42 muestra el comportamiento de la potencia activa del circuito eléctrico dos, medida la potencia de fase a neutro.

**Figura 42. Potencia activa del circuito eléctrico dos**



**Figura 43. Potencia activa promedio del circuito eléctrico dos**



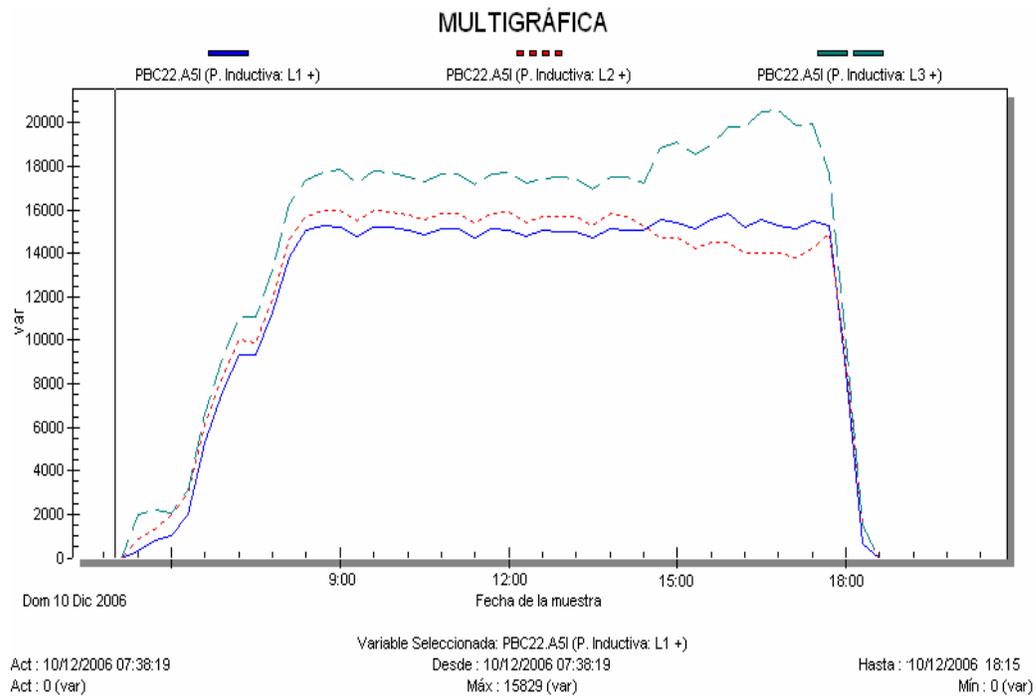
En la Figura 42 se refleja cuando encienden el sistema del circuito eléctrico dos, el ascenso del consumo de potencia activa y que llega a ser mayor de 37375 W para cada una de sus fases, en el cual se mantiene constante casi todo el proceso de encendido y en la Figura 41 tiene un promedio de 121275 W, cuando se apagan los aparatos queda una potencia activa de 6.5 KW, debido a que algunos centros de control de motores tienen incorporados ventiladores internos.

## **3.2.2 Potencia reactiva**

### **3.2.2.1 Potencia inductiva**

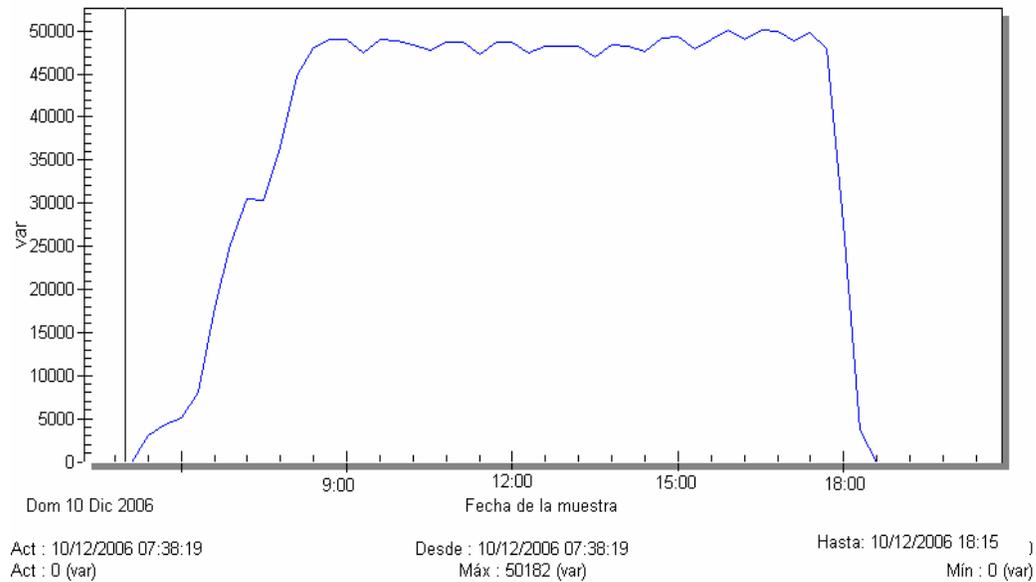
La Figura 44 muestra la potencia reactiva inductiva en var que necesita el sistema eléctrico del circuito dos.

**Figura 44. Potencia inductiva de cada fase del circuito dos**



**Figura 45. Promedio de la potencia inductiva del circuito eléctrico dos**

(P. Inductiva: III +)

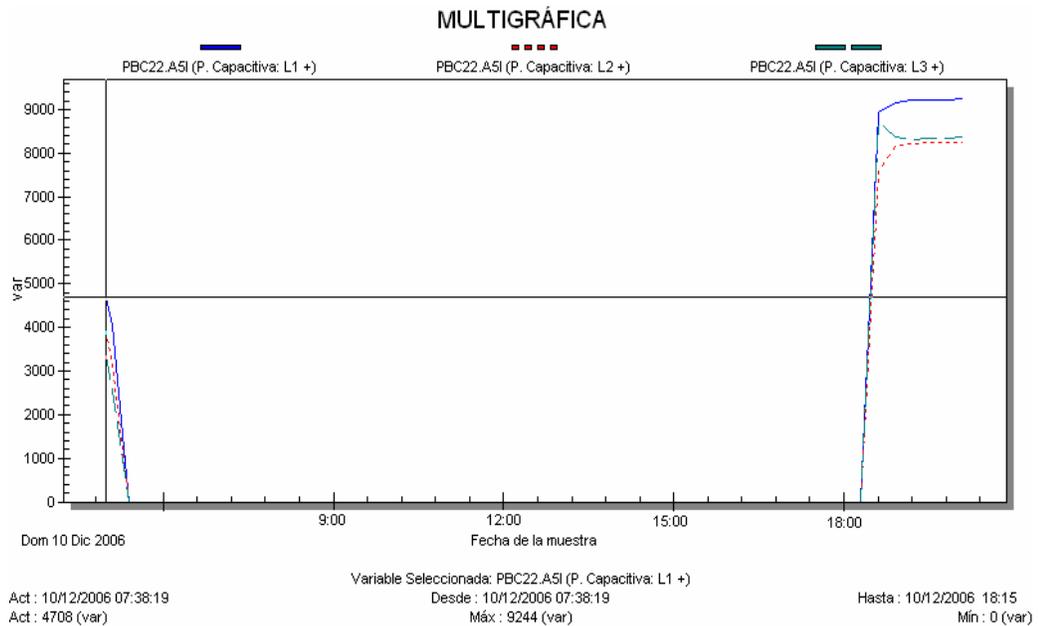


En la Figura 44 se muestra la carga inductiva reactiva que el sistema del circuito dos está demandando y es mayor de 15829 aproximadamente por fase, donde la fase tres es la que más demanda está absorbiendo y la fase uno y dos casi tienen el mismo valor, en la Figura 45 se muestra la potencia inductiva promedio que alcanza y es de 50182 var, el sistema se comporta de una manera constante cuando está operando a plena carga.

### 3.2.2.2 Potencia capacitiva

En la Figura 46 se muestra el comportamiento de la potencia capacitiva durante el proceso de encendido del sistema del circuito eléctrico dos

**Figura 46. Potencia capacitiva para cada fase del circuito eléctrico dos**

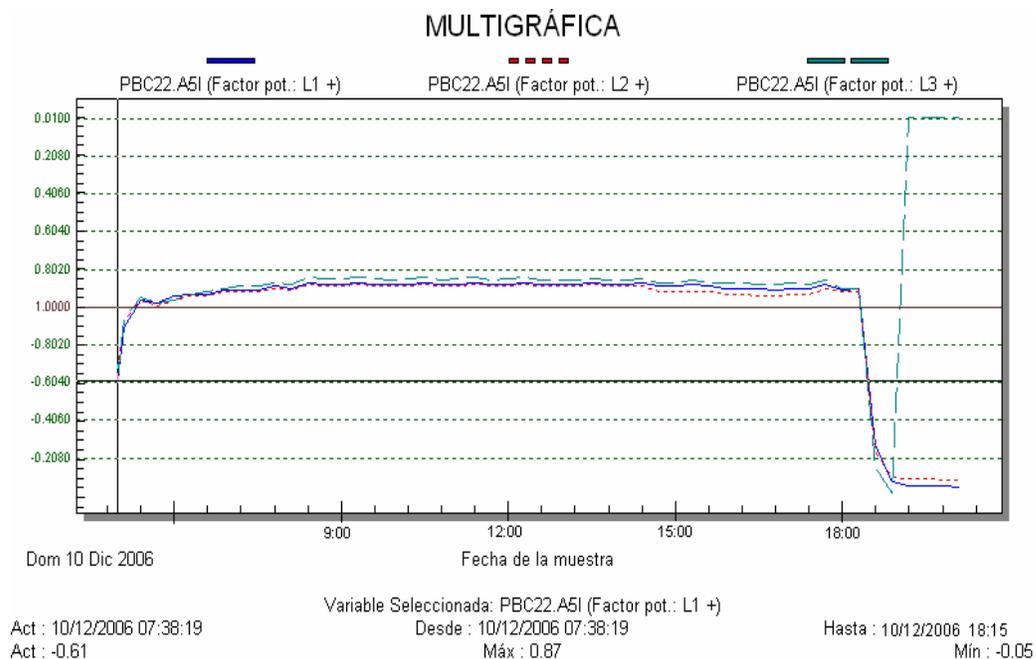


Se muestra en la Figura 46 que el sistema eléctrico del circuito dos, antes de encenderlo, tiene una potencia capacitiva, cuando se procede al arranque de cada componente del sistema eléctrico del circuito eléctrico dos, esta potencia capacitiva baja a cero, debido a que es un sistema puramente inductivo, cuando se apaga el sistema vuelve a subir la potencia capacitiva, que se encuentra en la red eléctrica y no afecta el proceso de operación.

### 3.2.3 Factor de potencia

En la Figura 47 muestra el comportamiento del factor de potencia en que está operando el sistema eléctrico del circuito dos.

**Figura 47. Factor de potencia de cada fase del circuito eléctrico dos**

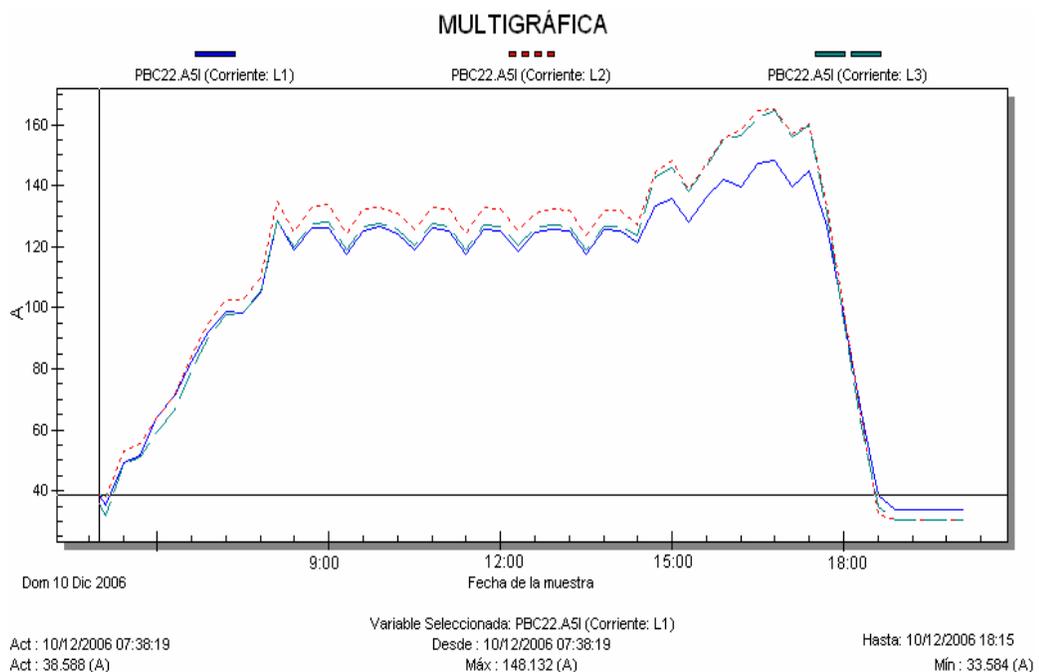


El factor de potencia para el circuito eléctrico dos está bajo, con un promedio de 0.87, debido a esto es necesario poner un banco de capacitores automático para corregirlo a un 0.95, requerido por la suministradora de energía eléctrica, donde se colocarán dos capacitores con capacidad mínima de 25 KVAR cada uno, se colocarán otros capacitores para trabajar automáticamente, si en algún momento baja el factor de potencia.

### 3.2.4 Corriente

En la Figura 48 se muestra el comportamiento de cada una de las fases de corriente en que está operando el sistema del circuito eléctrico dos.

**Figura 48. Corriente de cada fase del circuito eléctrico dos**

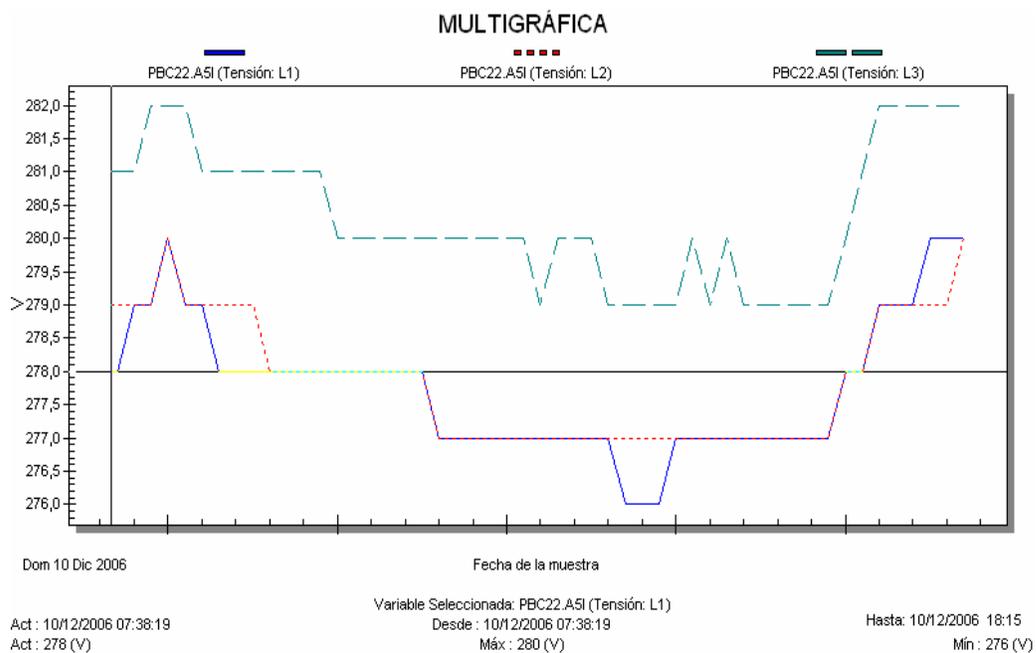


La corriente en el sistema va en aumento conforme se enciende cada aparato del sistema, en el cual dos bombas centrífugas secundarias arrancan por medio de variadores de frecuencia hasta llegar a su corriente nominal y luego se mantiene en una forma constante durante el proceso de operación y llega a 160 amperios promedio, las tres fases de corriente tienen un valor promedio parecido, es debido a que el sistema eléctrico del circuito dos está balanceado.

### 3.2.5 Voltaje

En la Figura 49 se muestra el comportamiento del voltaje que está medido de fase a neutro.

**Figura 49. Voltaje de fase a neutro del circuito eléctrico dos**



En la Figura 49 se aprecia el comportamiento de cada fase de voltaje, donde no se mantiene constante, no baja ni sube de una manera drástica el porcentaje y no perjudica el funcionamiento de sus componentes, el voltaje de la empresa que suministra el servicio no viene constante, pero no afecta la operación del sistema del circuito eléctrico dos.

### **3.2.6 Desbalance**

Al ver la Figura 48 que representa la corriente de sus tres fases indica que está balanceada y la Figura 49 que es la que representa el voltaje, apreciamos que las fases del voltaje varía en pocos voltios y el sistema eléctrico del circuito dos está correctamente balanceado.

### **3.2.7 Variación de voltaje flicker**

El efecto flicker o variación de voltaje, no se presenta en el sistema del circuito eléctrico dos, la variación del voltaje es menor del 5%, si fuera mayor provocaría la pérdida de la programación de los variadores de frecuencia y mal funcionamiento en el sistema eléctrico, donde el límite del voltaje armónico a frecuencia fundamental es de 5% para voltaje nominal menor o igual a 69KV según norma ANSI 519-1992.

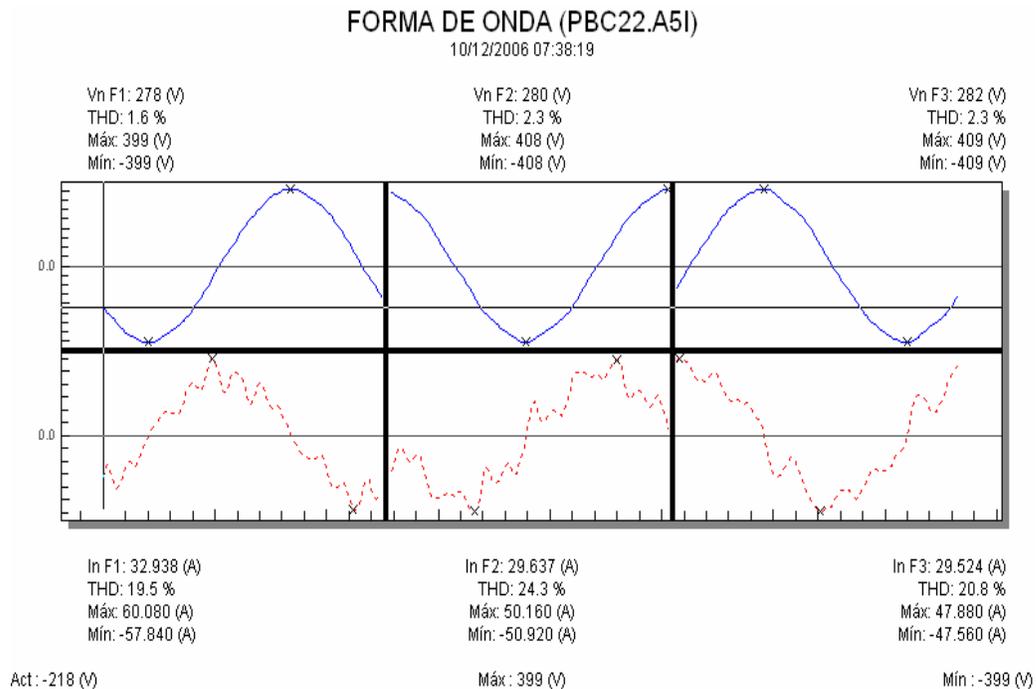
## 3.2.8 Armónicos

Se mostrará la forma de onda de voltaje y corriente, que probablemente puede estar distorsionada.

### 3.2.8.1 Forma de onda de voltaje y corriente del circuito eléctrico dos

La Figura 50 muestra la forma de onda de la corriente y del voltaje durante el proceso de encendido de los aparatos y el transcurso de su funcionamiento.

**Figura 50. Forma de onda de voltaje y corriente en thd del circuito dos**

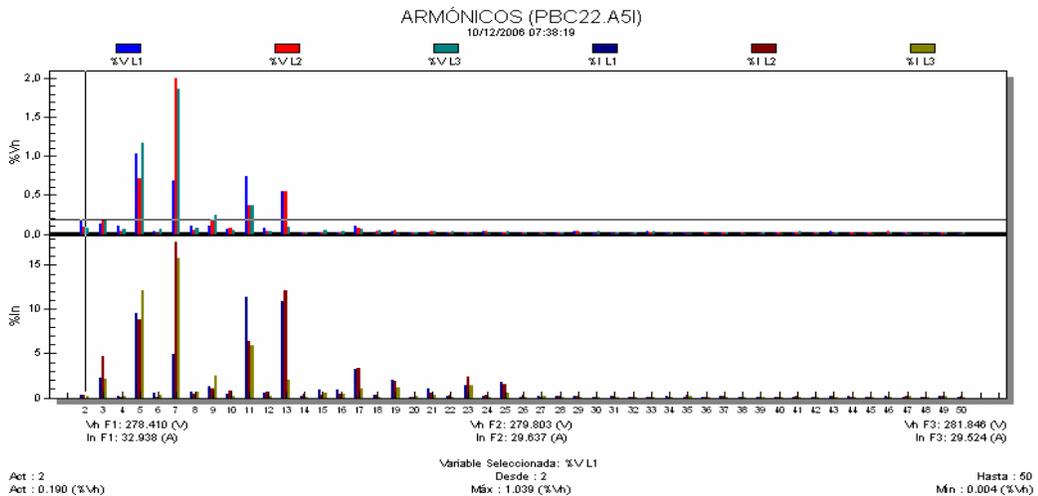


La forma de onda de voltaje tiene una distorsión armónica menor del 3%, que está bajo, del valor aceptable, que es del 5% para este sistema, en cambio la forma de onda de corriente está distorsionada a un 25%, debido a los variadores de frecuencia que son las que la provocan y no perjudican el funcionamiento normal del sistema.

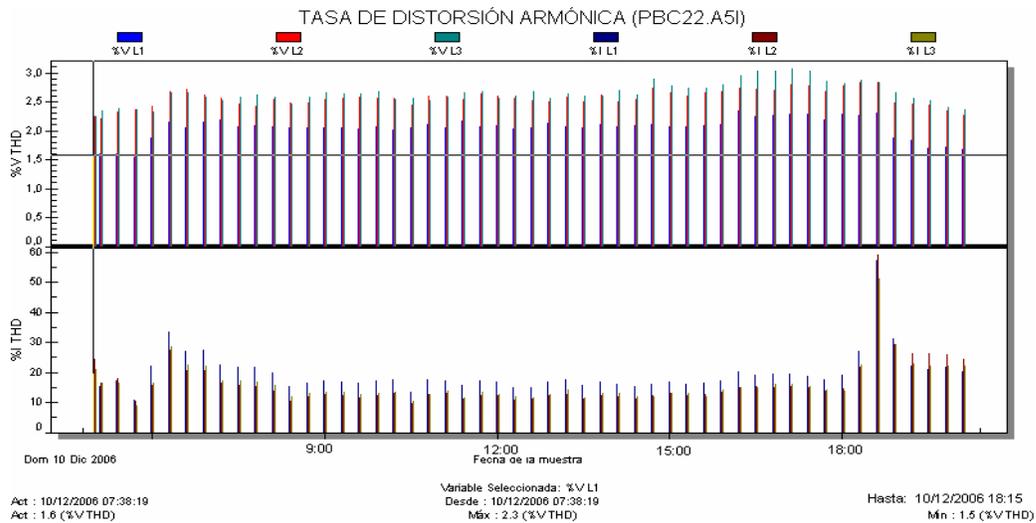
### 3.2.8.2 Representación en barras de la onda distorsionada de voltaje y corriente en porcentaje

La Figura 51 y la Figura 52, muestra el comportamiento en barras, de las armónicas en secuencia positiva, negativa y cero, en porcentaje.

**Figura 51. Armónicos en barras del circuito eléctrico dos**



**Figura 52. Tasa de distorsión armónica del circuito eléctrico dos**



La secuencia cero, tres, nueve, etc, indica poco porcentaje, en el cual no fluye corriente a través del neutro, que pudiera provocar daños al sistema eléctrico del circuito dos.

La secuencia negativa, cinco, once, etc, está a un porcentaje aceptable y no provocará torses de rotación inversa en los motores, como podrían ser vibraciones en los mismos.

La secuencia positiva, siete, trece, etc, representan un cierto nivel de porcentaje, que indica algún calentamiento en los motores, pero este calentamiento en los motores es normal y el sistema opera correctamente.

Se puede apreciar que después de la secuencia 20, es muy baja la distorsión, donde no afectaría al sistema de telecomunicaciones o sistemas programables.

En la Figura 52 la tasa de distorsión armónica para el voltaje es menor que el 3 % y para la corriente es menor que 30 % aproximadamente, este valor es aceptable y trabaja el sistema correctamente.



## **4. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL CENTRO COMERCIAL**

### **4.1 Luz y fuerza**

El diseño de la instalación eléctrica requiere del conocimiento de la potencia que se va a instalar, donde es prácticamente imposible conocer con exactitud la carga de una instalación compleja.

Para la determinación de la carga se requiere de técnica y de criterio para definir los preparativos que deben dejarse para el futuro.

Es importante conocer la carga del equipo de ventilación o acondicionamiento del aire que será instalado y que debe estar ya definido.

La Tabla LI, Tabla LII y la Tabla LIII representan los valores de consumo de corriente por cada fase, que estará demandando cada área del centro comercial aproximadamente, se dividirá en tres áreas el centro comercial para la distribución de los locales, para que no se concentre la carga en una zona.

**Tabla LI. Consumo de corriente por fase en tablero múltiple de contadores uno**

Tablero Múltiple de Contadores TMC1			
Fases de Corriente	A	B	C
Local 1	75	75	75
Local 2	40	40	
Local 3		40	40
Local 4	40		40
Local 5	40	40	
Local 6 y 7	75	75	75
Local 8		40	40
Local 9 y 10	40		40
Local 11	40	40	
Local 12, 13,14,15,16		75	75
Local 17,18,19	75	75	
Local 20 y 21		40	40
Local 22	40		40
Local 23	40	40	
Local 24		40	40
Local 25	40		40
Local 81 y 82	150	150	150
Local 83 y 84	50		50
Local 85	40		40
Local 86 y 87	40	40	
Local 88		40	40
Local 89,90,91	125	125	125
Local 92	125	125	125
Local 93	75	75	75
Kioskos 1-8	50		50
Servicios generales	150	150	150
Total amperios por fase	1350	1325	1350

**Tabla LII. Consumo de corriente por fase en tablero múltiple de contadores dos**

Tablero Multiple de Contadores TMC2			
Fases de corriente	A	B	C
Cines	100	100	100
Local 28	75	75	75
Local 29,30,31,32	75	75	75
Local 33	75	75	
Local 34		40	40
Local 35 y 36	75		75
Local 37		40	40
Local 38	40	40	
Local 39		40	40
Local 40,41,42	75		75
Local 56,57,58	75	75	
Local 59	60	60	60
Local 60,61	40		40
Local 62		40	40
Local 63	75	75	75
Local 64		40	40
Local 65 A	40		40
Local 65 B		40	40
Local 66 y 67		40	40
Local 68	40		40
Local 69,70	40	40	
Local 71		40	40
Local 72	125	125	125
Local 73	75	75	75
Local 74,75,76	40	40	
Local 77		40	40
Local 78,79,80	50		50
Kioskos 9-23	75	75	
Servicios generales	300	300	300
Total amperios por fase	1550	1590	1565

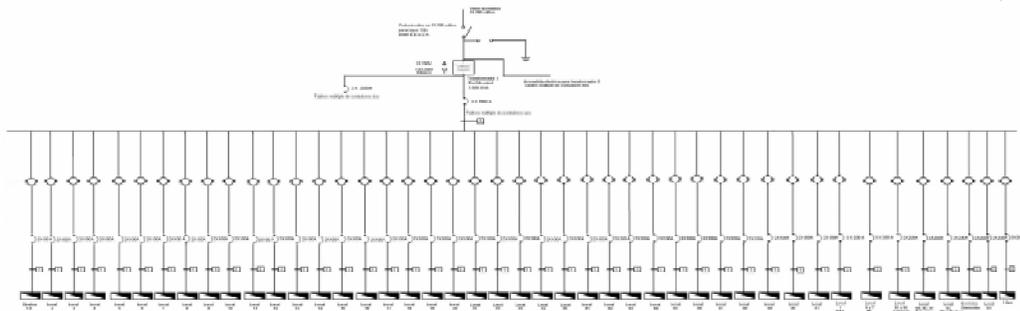
**Tabla LIII. Consumo de corriente por fase en tablero múltiple de contadores tres**

Tablero Múltiple de Contadores tres			
Fases de corriente	A	B	C
Local 43	40	40	
Local 44		40	40
Local 45	40		40
Local 46	40	40	
Local 47		40	40
Local 48	40		40
Local 49	40	40	
Local 50		40	40
Local 51	40		40
Local 52	100	100	100
Local 53	50	50	
Local 54	125	125	125
Local 55	75	75	75
R1	140	140	140
R2	125	125	125
R3	125	125	125
R5	125	125	125
R6	125	125	125
Kioskos 24-27		40	40
Servicios generales	100	100	100
Local 95 y 96	125	125	125
Total amperios por fase	1455	1495	1445

De acuerdo con distribución de los locales se diseñaran tres circuitos eléctricos para el abastecimiento de energía eléctrica para los tableros múltiples de contadores.

Se utilizará la Tabla II, la Tabla III, la Tabla IV, la Tabla V, para el cálculo del diseño eléctrico.

**Figura 53. Diagrama unifilar del circuito eléctrico TMC1**



**Tabla LIV. Datos de voltaje y cable para el TMC1**

	Voltaje	Cable	
Local 1	trifásico 208		1 No.4 THHN P/F, 1 No. 4 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 2	monofásico 120		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 3	monofásico 120		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 4	monofásico 120		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 5	monofásico 120		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 6 y 7	trifásico 208		1 No.4 THHN P/F, 1 No. 4 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 8	monofásico 120		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 9 y 10	monofásico 120		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 11	monofásico 120		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 12, 13,14,15,16	monofásico 120		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 17,18,19	monofásico 120		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 20 y 21	monofásico 120		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 22	monofásico 120		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 23	monofásico 120		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 24	monofásico 120		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 25	monofásico 120		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 81 y 82	trifásico 208		1 No. 1/0 P/F, 1 No. 1/0 P/N, 1 No. 6 THHN P/T
Local 83 y 84	monofásico 120		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 85	monofásico 120		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 86 y 87	monofásico 120		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 88	monofásico 120		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 89,90,91	trifásico 208		1 No. 1/0 P/F, 1 No. 1/0 P/N, 1 No. 6 THHN P/T
Local 92	trifásico 208		1 No. 1/0 P/F, 1 No. 1/0 P/N, 1 No. 6 THHN P/T
Local 93	trifásico 208		1 No.4 THHN P/F, 1 No. 4 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Kioskos 1-8	monofásico 120		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Servicios generales	trifásico 208		1 No. 1/0 P/F, 1 No. 1/0 P/N, 1 No. 6 THHN P/T
Acometida eléctrica uno	trifásico 208		5 No. 300MCM P/F, 3 No. 300MCM P/N, 1 No. 3/0 THHN P/T

En la Figura 53 se muestra el diagrama unifilar del diseño del circuito eléctrico uno y la Tabla LIV muestra el cableado que debe de llevar cada local, desde el TMC1 a la caja de distribución interna de cada local, como lo es también la acometida eléctrica del TMC1 al transformador.



La Figura 54 muestra el diagrama unifilar del circuito eléctrico para el tablero múltiple de contadores dos, incluyendo una planta generadora de electricidad para los servicios generales, luz pasillos, pozo de agua, y servicios generales de tratamiento de agua, que se refiere al diseño eléctrico dos.

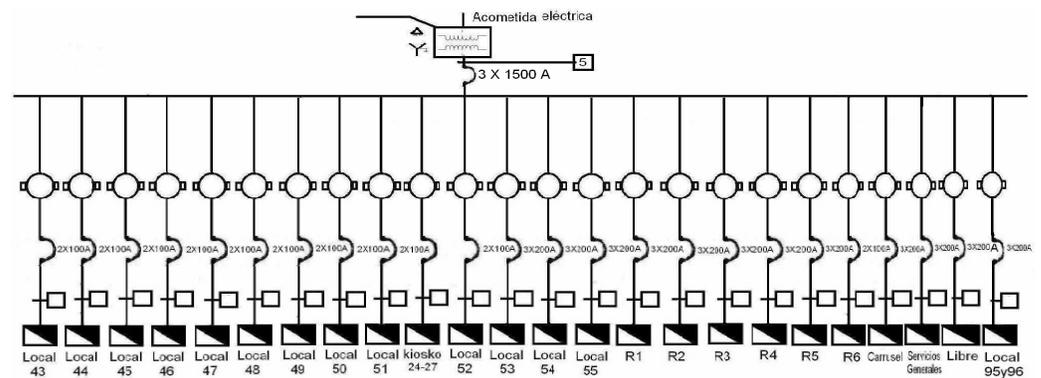
La Tabla LV muestra el voltaje y cableado que debe llevar las acometidas eléctricas del TMC2 hasta el tablero de distribución en el interior de cada local.

Se colocara un transformador Pad Mounted con capacidad de 1000KVA para los dos circuitos eléctricos TMC1 y TMC2.

La planta de emergencia es un equipo de reserva que opera en caso de falla en la red de alimentación.

Parte de la información que se debe proporcionar para la selección de las características de la planta de emergencia, es la frecuencia de operación a 60HZ, sistema trifásico 208/120V, 350 amperios, el factor de potencia a 80%, la capacidad es 125KVA o 100KW, la velocidad nominal en revoluciones por minuto del motor diesel es de 1800 RPM y generador asíncrono.

**Figura 55. Diagrama unifilar del circuito eléctrico TMC3**



**Tabla LVI. Datos de voltaje y cable para el TMC3**

	Voltaje	Cable	
Local 43	monofásico		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 44	monofásico		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 45	monofásico		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 46	monofásico		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 47	monofásico		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 48	monofásico		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 49	monofásico		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 50	monofásico		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 51	monofásico		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 52	trifásico		1 No. 1/0 P/F, 1 No. 1/0 P/N, 1 No. 6 THHN P/T
Local 53	monofásico		1 No.6 THHN P/F, 1 No. 6 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
Local 54	trifásico		1 No. 1/0 P/F, 1 No. 1/0 P/N, 1 No. 6 THHN P/T
Local 55	trifásico		1 No.4 THHN P/F, 1 No. 4 THHN P/N, 1 No. 8 THHN P/T
R1	trifásico		1 No. 1/0 P/F, 1 No. 1/0 P/N, 1 No. 6 THHN P/T
R2	trifásico		1 No. 1/0 P/F, 1 No. 1/0 P/N, 1 No. 6 THHN P/T
R3	trifásico		1 No. 1/0 P/F, 1 No. 1/0 P/N, 1 No. 6 THHN P/T
R5	trifásico		1 No. 1/0 P/F, 1 No. 1/0 P/N, 1 No. 6 THHN P/T
R6	trifásico		1 No. 1/0 P/F, 1 No. 1/0 P/N, 1 No. 6 THHN P/T
Kioskos 24-27	monofásico		1 No. 1/0 P/F, 1 No. 1/0 P/N, 1 No. 6 THHN P/T
Servicios generales	trifásico		1 No. 1/0 P/F, 1 No. 1/0 P/N, 1 No. 6 THHN P/T
Local 95 y 96	trifásico		1 No. 1/0 P/F, 1 No. 1/0 P/N, 1 No. 6 THHN P/T
Acometida eléctrica tres	trifásico		6 No. 300MCM P/F,. 3 No. 300 MCM P/N, 1 No. 3/0 THHN P/T

La Figura 55 muestra el diagrama unifilar del circuito eléctrico del TMC3, y la Tabla LVI muestra cableado que debe llevar las acometidas eléctricas del TMC3 hasta el tablero de distribución en el interior de cada local, y la cometida eléctrica principal del TMC3 hacia el transformador.

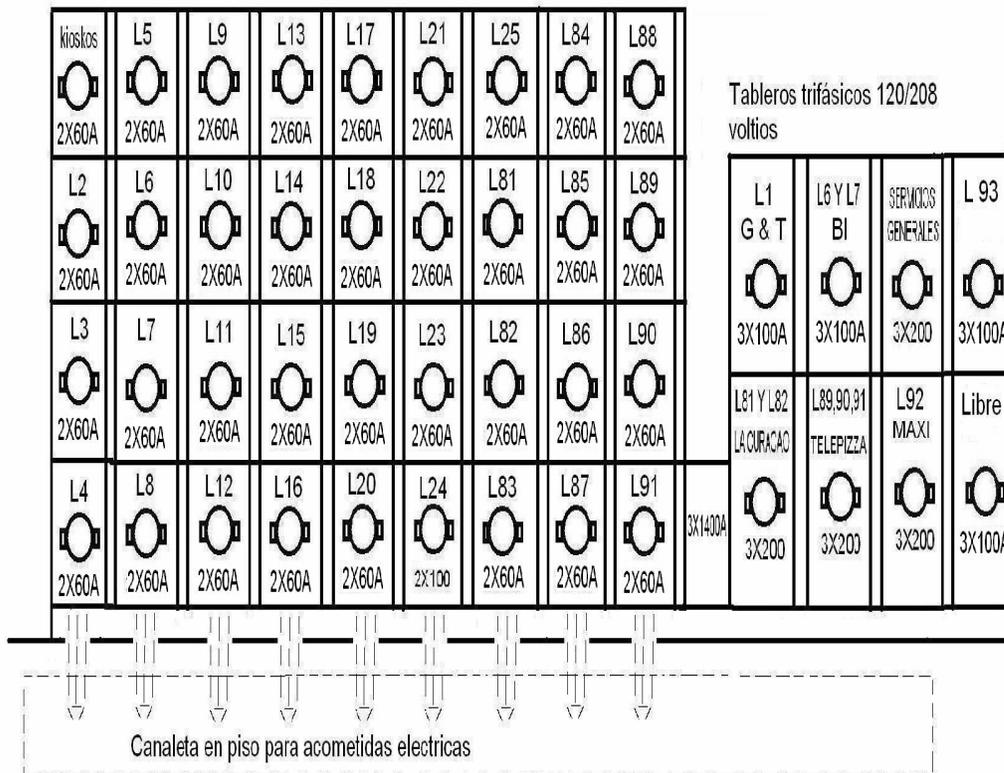
Se colocará un transformador Pad Mounted con capacidad de 750KVA para el suministro de voltaje del circuito eléctrico tres del TMC3.

### 4.1.1 Contadores, protección y tubería

Los contadores de medición de energía eléctrica son de clase 100 para cargas monofásicas y los de clase 200 para cargas trifásicas.

**Figura 56. Contadores de medición de energía eléctrica TMC1**

Tablero múltiple de contadores uno, 36 mediciones monofásicas clase 100, 8 mediciones trifásicas clase 200, barras de 1500 amperios, 120/208 voltios, trifásico



Para el tablero múltiple de contadores uno se utilizarán 36 mediciones monofásicas y 8 mediciones trifásicas, barras de 1500A con voltaje de 120/208 voltios y protección principal de 3X1400A.

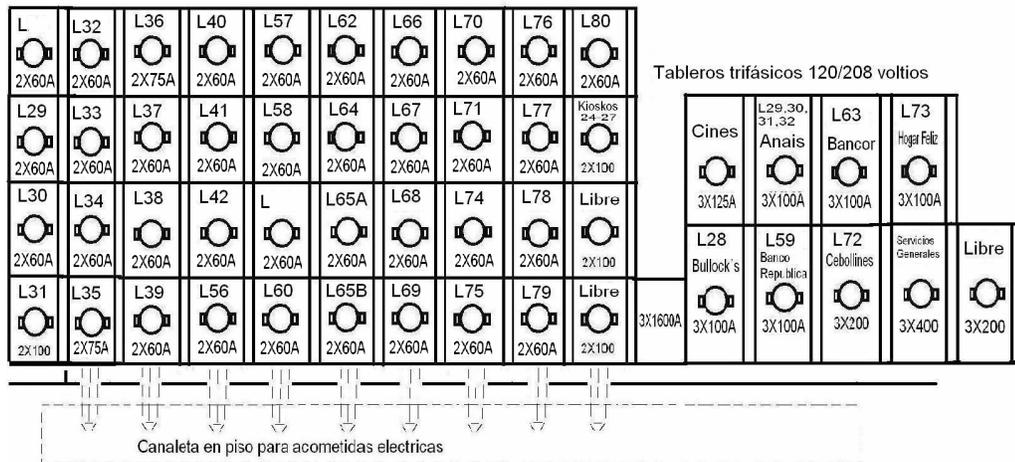
**Tabla LVII. Protección y tubería para el TMC1**

	Protección	Tubería
Local 1	3X100A	2"
Local 2	2X60A	2"
Local 3	2X60A	2"
Local 4	2X60A	2"
Local 5	2X60A	2"
Local 6 y 7	3X100A	2"
Local 8	2X60A	2"
Local 9 y 10	2X60A	2"
Local 11	2X60A	2"
Local 12, 13,14,15,16	2X60A	2"
Local 17,18,19	2X60A	2"
Local 20 y 21	2X60A	2"
Local 22	2X60A	2"
Local 23	2X60A	2"
Local 24	2X60A	2"
Local 25	2X60A	2"
Local 81 y 82	3X200A	2 1/2 "
Local 83 y 84	2X60A	2"
Local 85	2X60A	2"
Local 86 y 87	2X60A	2"
Local 88	2X60A	2"
Local 89,90,91	3X200A	2 1/2 "
Local 92	3X200A	2 1/2 "
Local 93	3X100A	2"
Kioskos 1-8	2X60A	2"
Servicios generales	3X200A	2 1/2 "
Acometida eléctrica uno	3X1400A	4 tubos de 4"

En la Tabla LVII se muestra la protección de cada local y tubería que debe llevar del TMC1 al tablero de distribución interno del local.

**Figura 57. Contadores de medición de energía eléctrica TMC2**

Tablero múltiple de contadores dos, 40 mediones monofásicas clase 100, 9 mediciones trifásicas clase 200, barras de 2000 amperios, 120/208 voltios, trifásico



**Tabla LVIII. Protección y tubería para el TMC2**

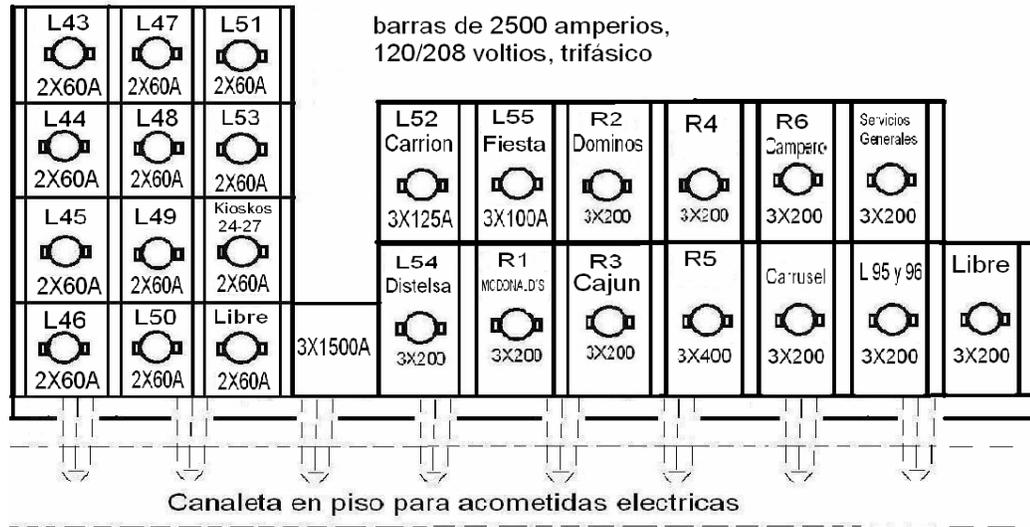
	Protección	Tubería
Cines	3X125A	2 1/2"
Local 28	3X100A	2"
Local 29,30,31,32	2X100A	2"
Local 33	2X100	2"
Local 34	2X60A	2"
Local 35 y 36	2X75A	2"
Local 37	2X60A	2"
Local 38	2X60A	2"
Local 39	2X60A	2"
Local 40,41,42	2X100A	2"
Local 56,57,58	2X100A	2"
Local 59	3X75A	2"
Local 60,61	2X60A	2"
Local 62	2X60A	2"
Local 63	3X100A	2"
Local 64	2X60A	2"
Local 65 A	2X60A	2"
Local 65 B	2X60A	2"
Local 66 y 67	2X60A	2"
Local 68	2X60A	2"
Local 69,70	2X60A	2"
Local 71	2X60A	2"
Local 72	3X200A	2 1/2"
Local 73	3X100A	2"
Local 74,75,76	2X60A	2"
Local 77	2X60A	2"
Local 78,79,80	2X60A	2"
Kioskos 9-23	2X100	2"
Servicios generales	3X400A	2 1/2"
Pozo	3X125A	2"
Planta de tratamiento	3X125A	2"
Acometida eléctrica dos	3X1600A	4 tubos de 4"

En la Figura 57 se muestra el tablero múltiple de contadores dos, con capacidad de 40 mediciones monofásicas y 9 mediciones trifásicas 120/208 voltios, con barras de 2000A con protección principal de 3X1600A.

En la Tabla LVIII se muestra la protección y tubería que va del TMC2 al interior de cada local y la tubería para la acometida eléctrica dos.

**Figura 58. Contadores de medición de energía eléctrica TMC3**

Tablero múltiple de contadores tres,  
12 mediciones monofásicas, clase 100,  
13 mediciones trifásicas, clase 200,



**Tabla LIX. Protección y tubería para el TMC3**

	Protección	Tubería
Local 43	2X60A	2"
Local 44	2X60A	2"
Local 45	2X60A	2"
Local 46	2X60A	2"
Local 47	2X60A	2"
Local 48	2X60A	2"
Local 49	2X60A	2"
Local 50	2X60A	2"
Local 51	2X60A	2"
Local 52	3X125A	2"
Local 53	2X60A	2"
Local 54	3X200A	2 1/2"
Local 55	3X100A	2"
R1	3X200A	2 1/2"
R2	3X200A	2 1/2"
R3	3X200A	2 1/2"
R5	3X200A	2 1/2"
R6	3X200A	2 1/2"
Kioskos 24-27	2X60A	2"
Servicios generales	3X200A	2 1/2"
Local 95 y 96	3X200A	2 1/2"
Acometida eléctrica tres	3X1500A	4 tubos de 4"

En la Figura 58 se muestra el tablero múltiple de contadores tres, con capacidad de 12 mediciones monofásicas y 13 mediciones trifásicas 120/208 voltios, con barras de 2500A con protección principal de 3X1500A.

En la Tabla LIX se muestra la protección y tubería que va del TMC3 al interior de cada local y la tubería para la acometida eléctrica tres.

## **4.2 Diseño de iluminación**

Para la realización del diseño de iluminación se utilizará el método de cavidad zonal y por medio de la ayuda del software de iluminación, se hará la comprobación aproximada de luminarias a instalar.

### **4.2.1 Diseño de iluminación interior**

El diseño de iluminación en el interior del centro comercial para servicios generales, comprende de pasillos o corredores, en el cual se basa en tres áreas respectivamente.

La luminaria a utilizar en el diseño es de utilización para alturas altas de 6 a 9 metros de colocación, de haluro metálico con eficiencia alta y temperatura baja para no perjudicar el cálculo de aire acondicionado que circula por los pasillos.

La lámpara de alta intensidad de descarga PA25 de Lithonia Lighting es adecuada para la iluminación interior ya que su diseño es especial para pasillos de centros comerciales, donde será de alumbrado general.

De acuerdo con niveles de iluminación en luxes proporcionados por la Tabla LX se generaliza cuanto es lo recomendado para áreas de pasillos.

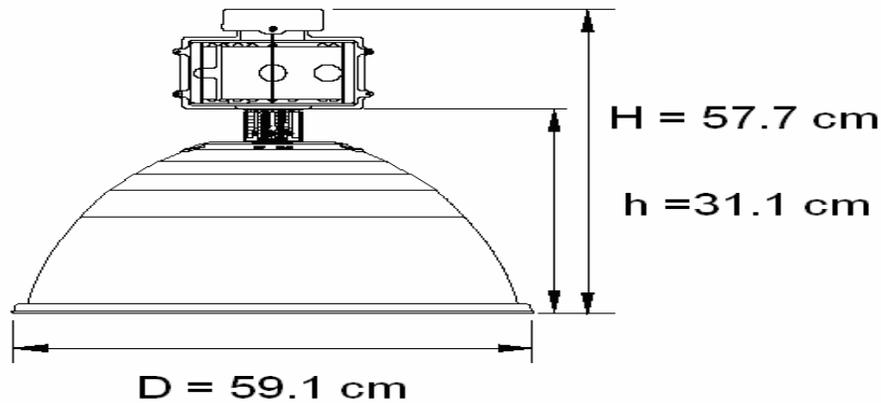
**Tabla LX. Nivel de flujo luminoso en luxes**

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
<b>Zonas generales de edificios</b>			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, almacenes y archivos	100	150	200
<b>Centros docentes</b>			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
<b>Oficinas</b>			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
<b>Comercios</b>			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
<b>Industria (en general)</b>			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
<b>Viviendas</b>			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

Fuente: Lithonia Lighting

La Tabla LX específica que el nivel recomendado para área de pasillos que es un mínimo de 50 luxes, 100 el recomendado y 150 optimo, para tener una iluminación agradable al ojo humano.

**Figura 59. Lámpara PA25 luz neutra o luz blanca**



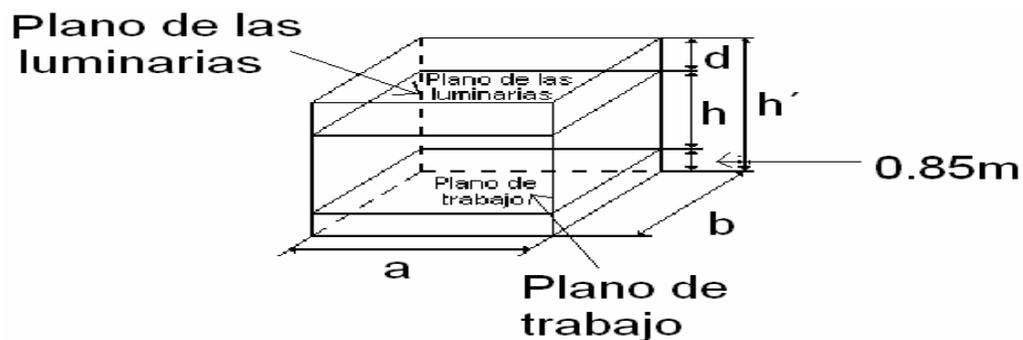
Fuente: Catalogo de Lithonia lighting

La Figura 59 indica las dimensiones de la lámpara a utilizar para la realización del diseño de iluminación, respectivamente la lámpara tiene que ser decorativa y eficiente en la iluminación de acuerdo a la actividad que va a realizar y de fácil mantenimiento, con balastro multivoltaje 120/208/240 V.

Para la realización del diseño con el método de cavidad zonal seguiremos una serie de pasos en el cual describiremos respectivamente.

Las dimensiones del local y la altura del plano de trabajo en este caso sería aproximadamente de 0.85 metros.

**Figura 60. Dimensiones del local**



La determinación del nivel de iluminancia media, depende del tipo de actividad a realizar en la respectiva área, y nos enfocamos a la Tabla LX.

Para calcular la relación de cavidad del local o índice del local o pasillo se empieza a partir de la geometría de este.

**Tabla LXI. Relación de cavidad del local**

Relación de cavidad del local	$RCL = \frac{5(L+a)h}{LXa}$
-------------------------------	-----------------------------

Fuente: Instalaciones eléctricas, conceptos básicos y diseño E. Campero

El coeficiente de reflexión de techo, paredes y suelo para diferentes tipos de materiales, superficies y acabaos se muestran en la Tabla LXII.

**Tabla LXII. Coeficiente de reflexión**

	Color	Factor de reflexión ( $\rho$ )
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

El factor de utilización o coeficiente de utilización normalmente lo suministran los fabricantes, el factor de mantenimiento dependerá del grado de suciedad ambiental y la frecuencia de limpieza del local.

**Tabla LXIII. Factor de mantenimiento**

Ambiente	Factor de mantenimiento ( $f_m$ )
Limpio	0.8
Sucio	0.6

La Tabla LXIII indica el factor de mantenimiento cuando esta limpio o sucio el local.

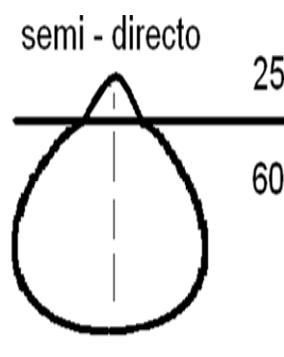
**Tabla LXIV. Ecuaciones matemáticas para cálculos de iluminación**

No.	Formula
1	$K=RCL= \frac{5h(L+a)}{L^*a}$
2	$N= \frac{E. S}{\phi.I.CU. FPT}$
3	$Ee= \frac{Ne.I.\phi.CU. FPT.}{S}$

Fuente: Instalaciones eléctricas conceptos básicos y diseño E. Campero

La Tabla LXIV indica las formulas para el calculo de luminarias que se requieren en cada área para el diseño de iluminación.

**Tabla LXV. Calculo del índice de local de luz semi directa**



Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%
Suelo	10%					
Indice del local K	Coeficiente de utilizacion					
0.6	0.33	0.28	0.24	0.31	0.26	0.24
0.8	0.4	0.35	0.31	0.38	0.33	0.3
1	0.47	0.41	0.37	0.44	0.39	0.36
1.25	0.52	0.47	0.43	0.49	0.45	0.41
1.5	0.56	0.51	0.47	0.53	0.49	0.45
2	0.62	0.57	0.54	0.58	0.54	0.51
2.5	0.65	0.51	0.58	0.6	0.57	0.54
3	0.68	0.64	0.61	0.63	0.6	0.57
4	0.7	0.67	0.65	0.66	0.63	0.61
5	0.72	0.7	0.68	0.68	0.65	0.63

Fuente: Anuario de colegio de ingenieros 1986

Se distribuirán las áreas igual que se hizo para los tableros múltiples de contadores.

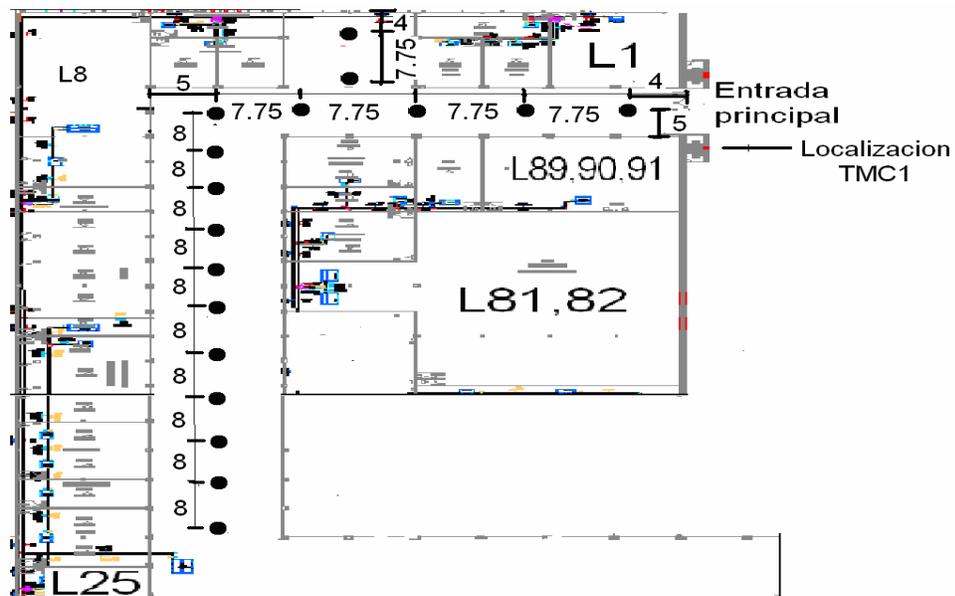
El área uno tiene un largo de 130 metros y 10 metros de ancho en el pasillo, con altura de trabajo de 0.85 metros, altura del local de 5.15 metros y altura total de ocho metros, el flujo luminoso de la lámpara es de 31klm, con luz semi-directa, con factor de perdidas totales de 0.70 y una iluminación en luxes requerida de 150.

Utilizando la fórmula uno de la Tabla LXIV nos da un RCL de 2.77 y el coeficiente de utilización lo encontramos en la tabla LXV y es de 0.63.

Ingresando los datos a la fórmula dos de la Tabla LXIV nos da un total de luminarias de 15.

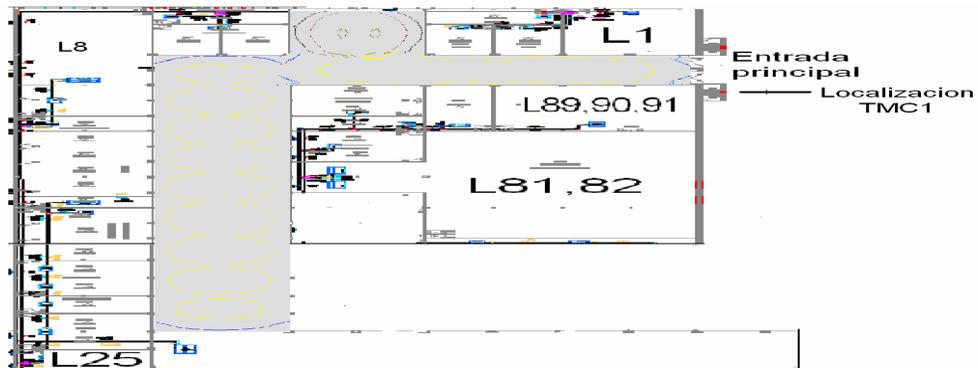
Con el software de iluminación da un total de 17 luminarias debido a que el diámetro que cubre la iluminación de las lámparas es de aproximadamente de 7.5 metros a 8 metros.

**Figura 61. Distribución de lámparas área uno**



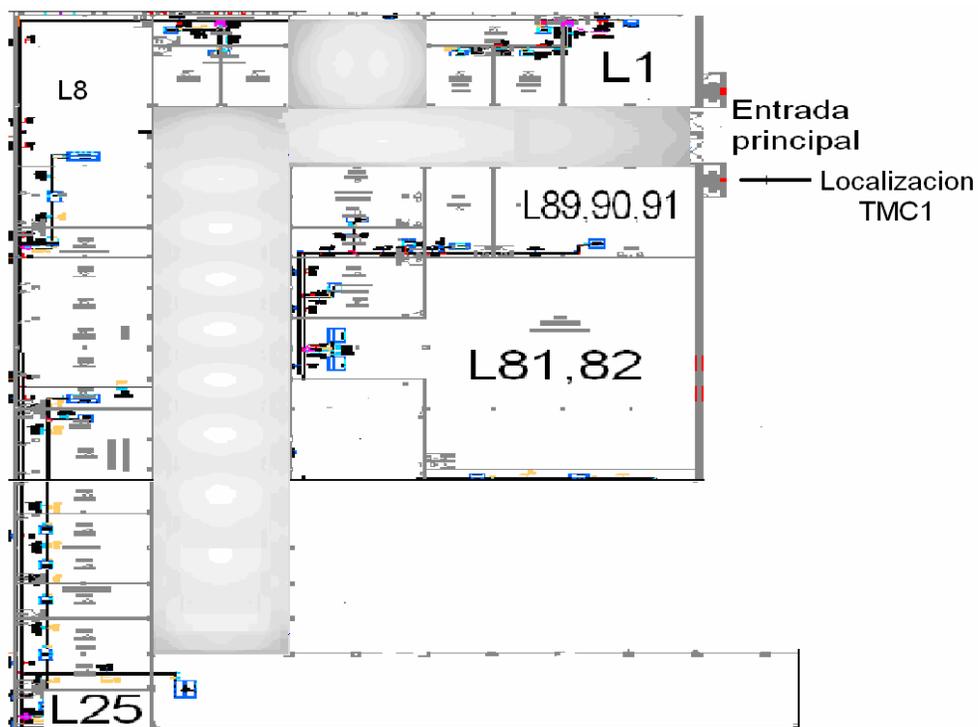
La Figura 61 muestra la distribución de las lámparas que están a una distancia de separación aproximadamente de 7.75 metros cada una, en el pasillo de la entrada principal uno y luego están a una distancia de 8 metros respecto a las otras lámparas.

**Figura 62. Curvas isolux área uno**



En la Figura 62 se muestran las curvas isolux correspondientes al nivel de iluminación, donde las curvas interiores son las que abarcan mayor grado de iluminación aproximadamente 150 luxes y las curvas exteriores son las que menos iluminación tienen, alrededor de 100 luxes.

**Figura 63. Representación de la iluminación área uno**

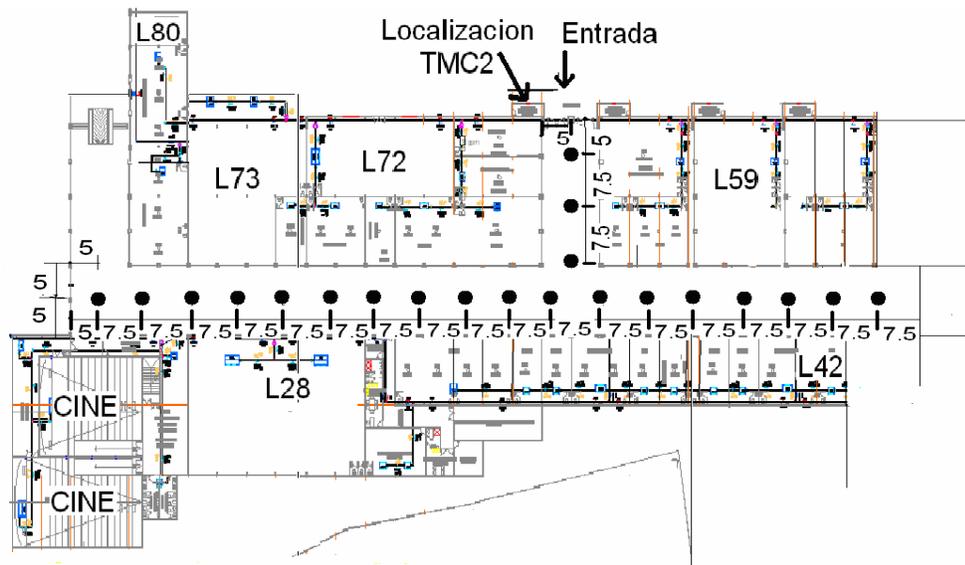


La Figura 63 muestra la iluminación que tendría que tener el área uno, donde la parte de mayor iluminación se refleja con mas brillo y las partes sombreadas son las que aproximadamente tienen bajos luxes pero que no bajan del nivel recomendado.

El área dos tiene una longitud de 160 metros y un ancho de 10 metros, utilizando la Tabla LXIV y Tabla LXV nos da una relación de cavidad de local de 2.73 y un coeficiente de utilización de 0.63, con un total de luminarias de 18.

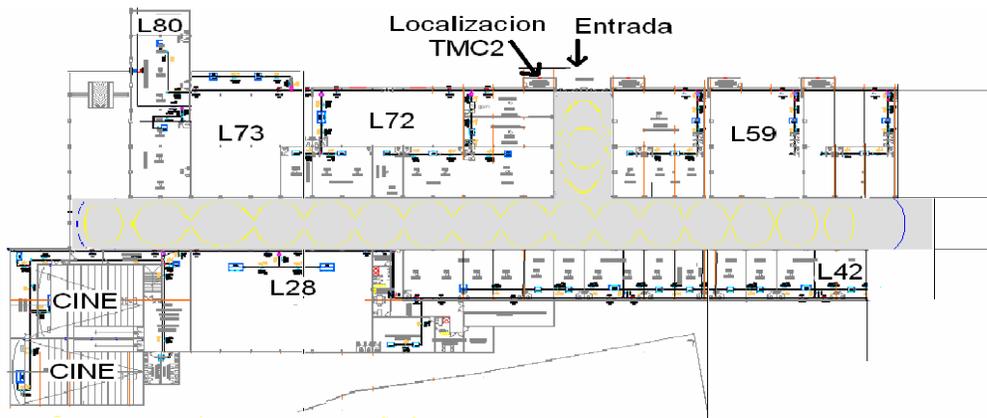
Utilizando el software de iluminación da un total de luminarias de 21 lámparas, a una distancia de 7.5 metros una respecto con la otra.

**Figura 64. Distribución de luminarias área dos**



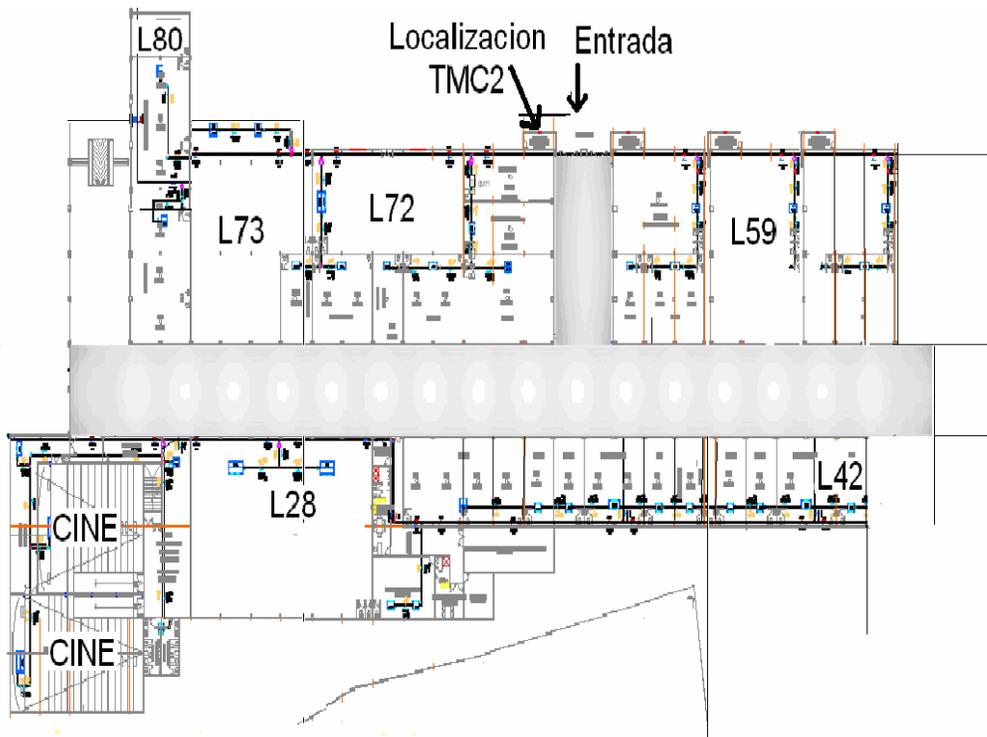
La Figura 64 muestra la distribución de las luminarias en el área dos, con distancia una respecto a la otra de 7.5 metros aproximadamente, en la entrada se coloca la primera lámpara a una distancia de 5 metros y luego sigue la otra con una medida de 7.5 metros.

**Figura 65. Curvas isolux área dos**



La Figura 65 muestra las curvas isolux del área dos, donde las curvas internas son las que mayor iluminación reflejaran y las curvas externas las de menor flujo luminoso, sin bajar del nivel recomendado.

**Figura 66. Representación de la iluminación área dos**

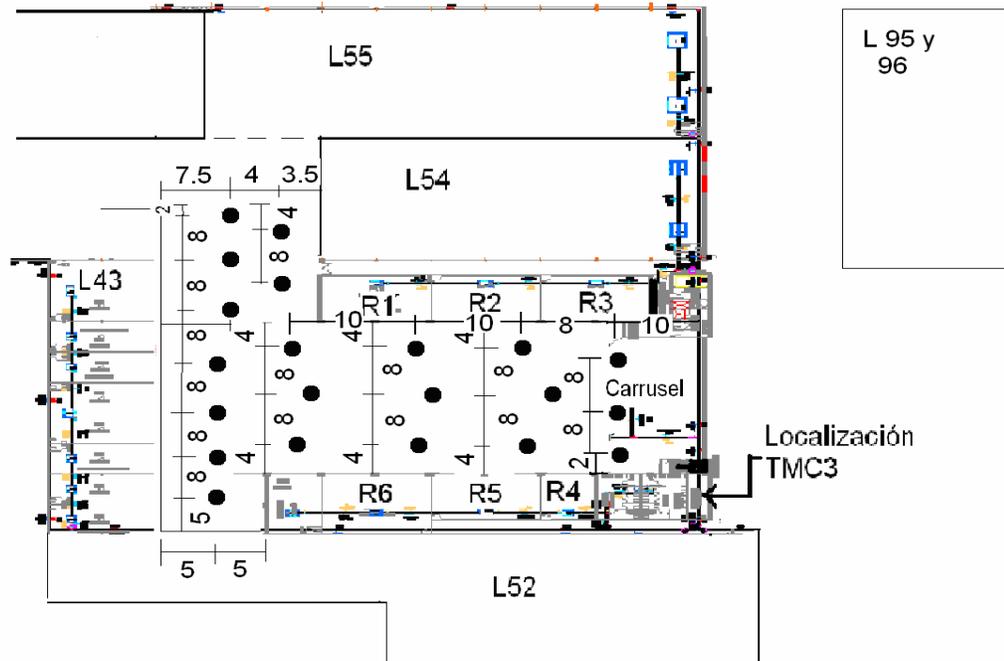


La Figura 66 muestra la distribución de iluminación que tiene que tener el área dos, se refleja mayor iluminación donde hay mayor brillo y menor iluminación donde esta sombreado.

El área tres tiene una longitud de 60 metros y ancho de 25 metros, utilizando la Tabla LXIV y Tabla LXV, da una relación de cavidad local de 1.46 y el coeficiente de utilización de 0.53, con un total de luminarias de 20 y una luminaria en el pasillo de servicios sanitarios.

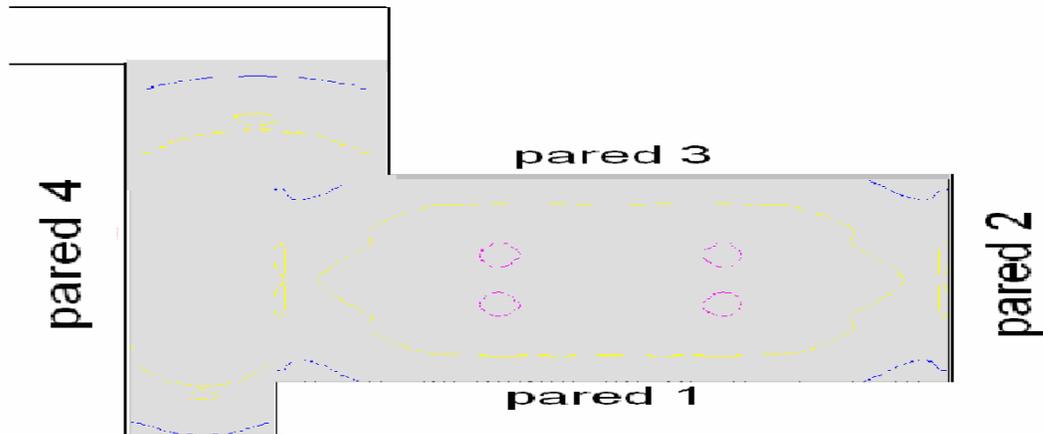
Con la utilización del software da un total de 19 luminarias debido a la geometría del área tres, y una luminaria en el pasillo de servicios sanitarios.

**Figura 67. Distribución de luminarias área tres**



La Figura 67 muestra la distribución de las luminarias con una distancia entre ellas de 8 metros verticalmente y 10 metros horizontalmente.

**Figura 68. Curvas isolux área tres**



La Figura 68 muestra las curvas isolux, las curvas de las esquinas de la pared 1, pared 2 y pared 3 reflejarán menor iluminación.

**Figura 69. Representación de la iluminación área tres**



La Figura 69 muestra la iluminación en el área tres, donde en las esquinas de la pared 1, pared 2 y pared 3 es donde menor iluminación, que es aproximadamente 100 luxes, y de mayor brillo de 150 luxes.

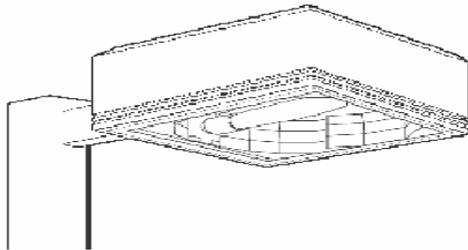
Las luminarias de las áreas uno y dos, van colocadas al centro del pasillo y la primera se coloca a cuatro metros de la entrada del área uno y luego sigue la segunda a 7.5 metros respecto una con otra hasta terminar en el frente del local 23, después sigue hasta terminar a la entrada del local 52 área tres con distancia de 8 metros, en el área de comedores tiene que tener a lo ancho 8 metros y a lo largo 10 metros, donde se indican las coordenadas de colocación de las lámparas.

#### **4.2.2 Diseño de iluminación exterior**

El diseño de iluminación corresponde al área de estacionamiento de vehículos con capacidad de 541, la iluminación es para áreas abiertas sin techo.

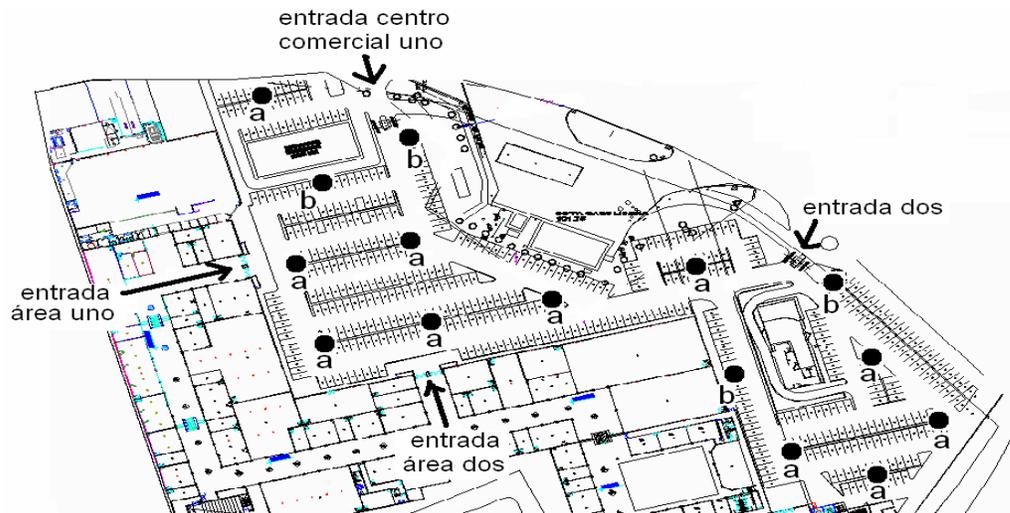
El nivel recomendado es de 50 luxes, la iluminación exterior tendrá lámparas de vapor de sodio con capacidad de 150 watt, alto factor de potencia, luz que no tiene brillo, con balastro multivoltaje 120/208/240V, colocación de lámparas a una altura de 8 metros

**Figura 70. Lámpara de vapor de sodio para iluminación áreas abiertas**



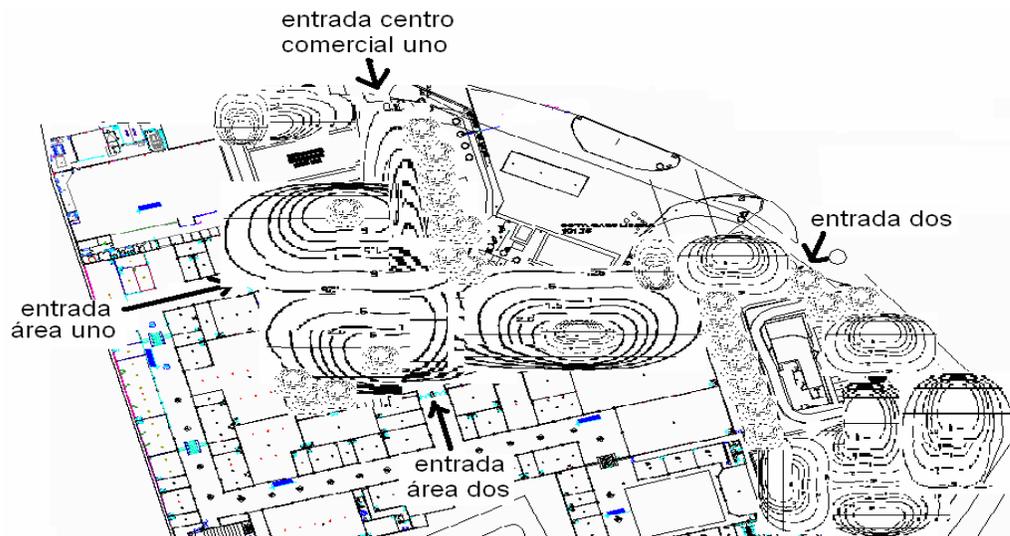
Fuente: Catalogo lithonia lighting KSE

**Figura 71. Distribución de lámparas en el área de estacionamiento**



En la Figura 71 se muestra la distribución de las lámparas para el exterior, se colocaran 11 postes, marcados con letra (a) tendrán cuatro lámparas y los postes marcados con la letra (b), tendrán tres lámparas.

**Figura 72. Curva isolux área de estacionamiento**



La Figura 72 muestra la distribución de las curvas isolux para el área de estacionamiento donde indica los niveles que va teniendo cada área.

### **4.3 Diseño de pararrayo**

El pararrayos es un instrumento cuyo objetivo es atraer al rayo y canalizar la descarga eléctrica hacia tierra de tal modo que no cause daños a personas y construcciones.

Los pararrayos se utilizan como protección contra descargas atmosféricas, consiste en un sistema de barras o electrodos metálicos puntiagudos colocados en las partes superiores de los objetos a proteger, se interconectan entre si y al sistema de tierras.

La trayectoria de una descarga atmosférica depende de las condiciones de humedad y contaminación de la atmósfera, y no siempre es la distancia mas corta, debido a que la concentración de campos eléctricos es mayor en objetos puntiagudos, las descargas escogen su trayectoria a través de chimeneas, torres o esquinas de estructuras o edificios.

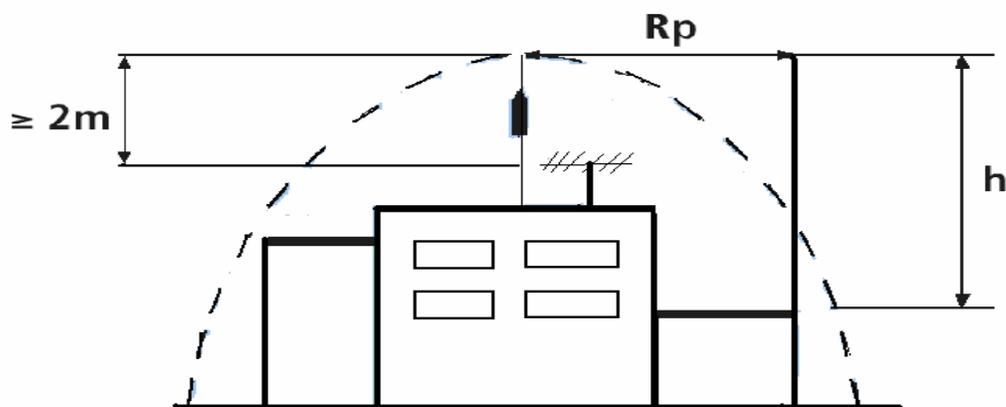
Las descargas son un fenómeno probabilístico y no se puede predecir por donde viajaran, ni los pararrayos pueden garantizar protección absoluta, aunque si disminuyen drásticamente la probabilidad de daño.

Los pararrayos con dispositivos de cebado, tienen como principal característica la emisión de trazadores, y el proceso de cebado se da con el efecto corona.

El pararrayo pulsar de alta tensión por impulsos, según las normas NFC – 17102 y UNE 21186, reside en su particular dispositivo de cebado, que funciona mucho antes de que se forme de modo natural un trazador ascendente, el pararrayo pulsar genera un trazador que se propaga rápidamente para captar el rayo y dirigirlo hacia tierra.

El radio para el cálculo de la zona protegida se obtiene a partir de las normas NCF 17-102 y UNE21186,  $\Delta T$  es función del tiempo de cebado medido en los laboratorios de alta tensión los niveles de protección I, II, II, calculados según la guía de evaluación de riesgo de fulminación en el anexo B de la norma C 17-102 y  $h$  la altura del pararrayo sobre la superficie a proteger que es de dos metros mínimo.

**Figura 73. Radio de protección del pararrayo pulsar**



Fuente: Pararrayos con dispositivo de cebado de alta tensión por impulsos

En la Figura 73 muestra que  $R_p$  es el radio de protección en un plano horizontal situado a una distancia vertical  $h$  de la punta del pulsar, la altura  $h$  de la punta del pulsar por encima de la superficie o superficies a proteger,  $D$  es la distancia normalizada de cebado,  $\Delta L = 10^6 \cdot \Delta T$  (anticipación al cebado), donde  $R_p = \sqrt{h(2D-h) + \Delta L(2D + \Delta L)}$ , para  $h$  mayor o igual que 5 metros y  $\Delta T$  que es el tiempo de anticipación al cebado medido durante los ensayos de rendimiento según el anexo C de la norma NFC 17-102.

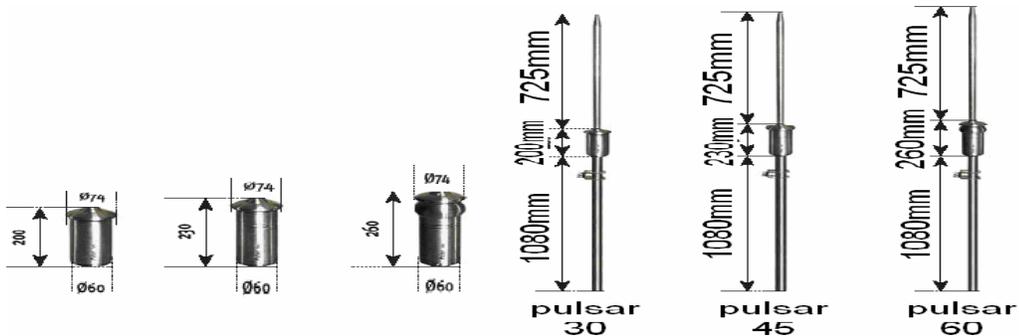
**Tabla LXVI. Radio de protección pararrayo pulsar**

Radio de protección pulsar									
Nivel de protección	I(D=20m)			II(D=45m)			III(D=60m)		
pulsar	pulsar	pulsar	pulsar	pulsar	pulsar	pulsar	pulsar	pulsar	pulsar
	30	45	60	30	45	60	30	45	60
h(m)	Radio de proteccion Rp (m)								
2	19	25	32	25	32	40	28	36	44
3	28	38	48	38	48	59	42	57	65
4	38	51	64	50	65	78	57	72	87
5	48	63	79	53	81	97	71	89	107
6	48	63	79	64	81	97	72	90	107
8	49	64	79	65	82	98	73	91	108
10	49	64	79	66	83	99	75	92	109
15	50	65	80	69	85	101	78	95	111
20	50	65	80	71	86	102	81	97	113
45	50	65	80	75	90	105	89	104	119
60	50	65	80	75	90	105	90	105	120

Fuente: Pararrayos con dispositivo de cebado de alta tensión por impulsos

La Tabla LXVI muestra el tipo de nivel de protección, radio de protección, altura, y los diferentes tipos de pararrayos pulsar a utilizar.

**Figura 74. Pararrayos pulsar**



Fuente: Pararrayos con dispositivo de cebado de alta tensión por impulsos

El pararrayo pulsar 30 tiene un peso de 5 Kg y una altura de 2 metros, el pararrayo pulsar 45 tiene un peso de 5.3 Kg y una altura de 2.03 metros y el pararrayo pulsar 60 pesa 5.7 Kg y tiene una altura de 2.06 metros,

El numero 30, 45, 60, se refiere al tiempo de descarga que tendrá el pararrayo pulsar en microsegundos cuando se presente el fenómeno del rayo.

### **4.3.1 Instalación del pararrayo**

La instalación del pararrayo debe cumplir con la norma UNE 21-186 que regula su instalación y mantenimiento, el cual especifica que el pararrayo debe estar al menos dos metros por encima de cualquier otro elemento dentro de su radio de protección.

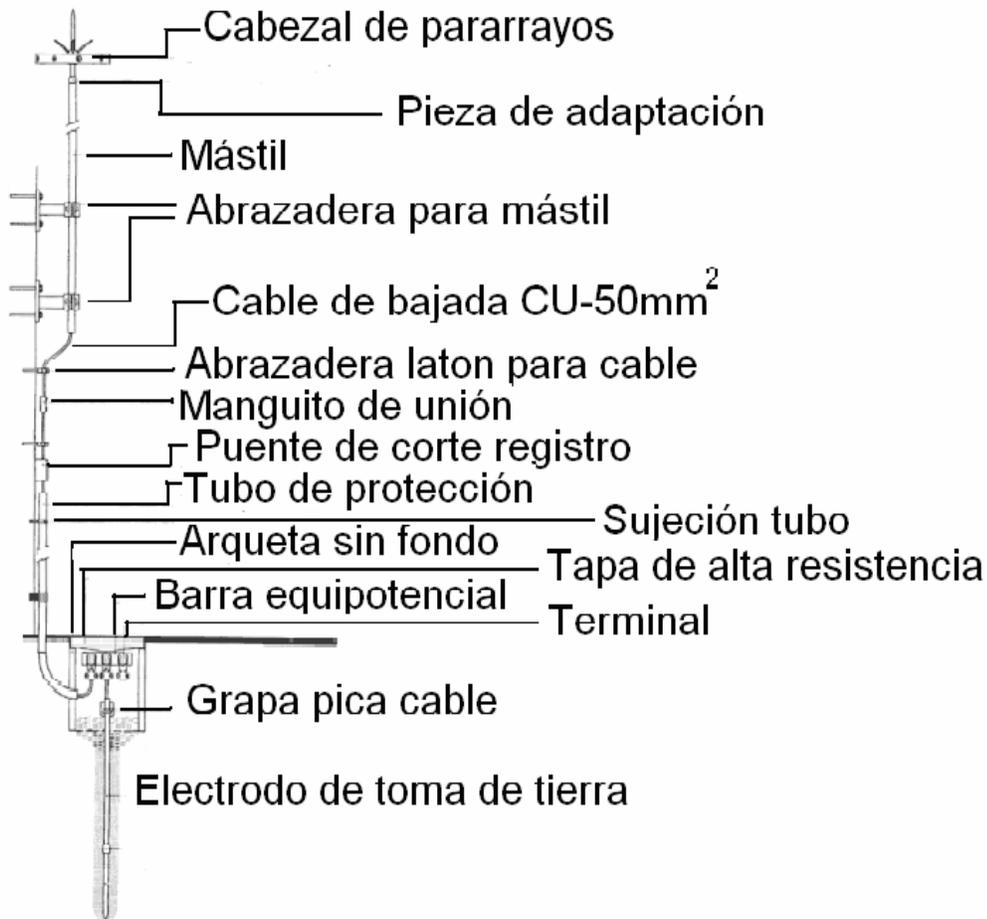
Se instalará el conductor de bajada de forma que su recorrido sea lo más directo posible y evitando cualquier acodamiento brusco.

Los conductores deben estar protegidos mediante un tubo hasta dos metros de altura del nivel del suelo.

Los elementos de las tomas de tierra del pararrayo que la constituyen deben estar por lo menos dos metros de distancia de toda canalización metálica o eléctrica.

Los componentes del pararrayo de acorde a la norma NFC 17-102, tiene un cabezal captador, mástil, cable conductor de bajada, tubo de protección del cable de bajada, electrodo de toma de tierra, y un protector de sobretensiones eléctricas.

**Figura 75. Partes del pararrayo pulsar**

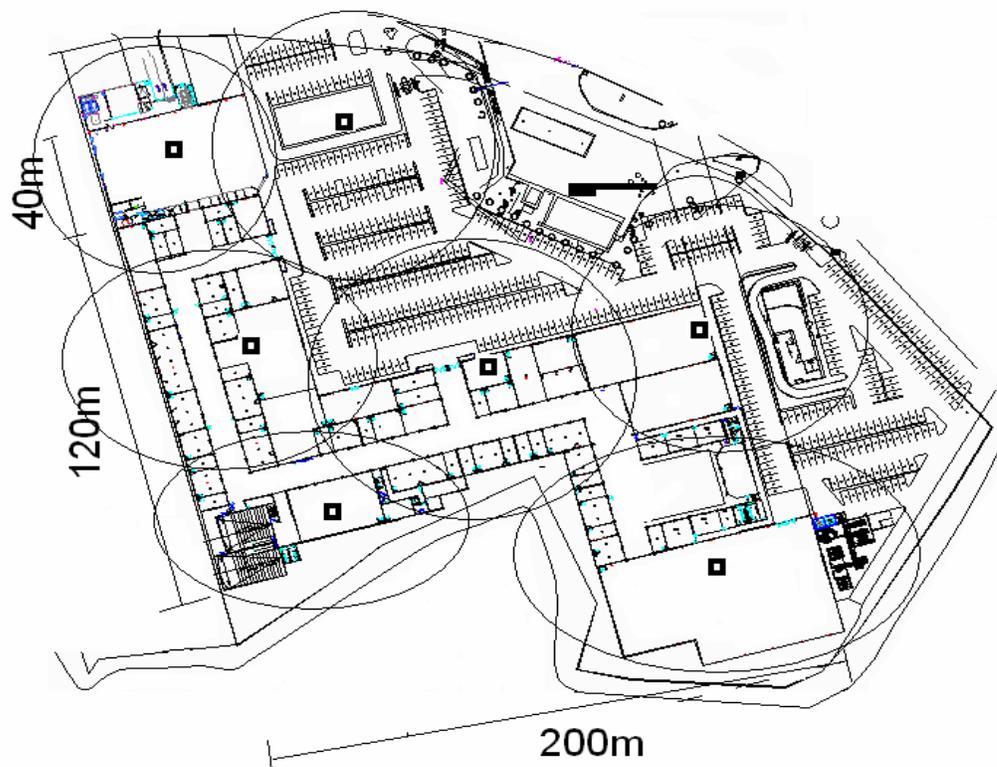


Fuente: Norma NFC 17-102

En la Figura 75 se muestran las partes que deben de ir en una instalación de un pararrayo pulsar según las norma NFC 17-102.

Respecto al nivel de protección que necesitamos para la elaboración del diseño de pararrayos para todo el centro comercial consultamos la Tabla LXVI, donde colocaremos a una altura de 5 metros y un nivel de protección I, a una distancia de cebado de 20 metros, utilizaremos el pararrayo pulsar 30, tiene un radio de protección de 48 metros y diámetro de protección de 96 metros y su tiempo de descarga es de 30 microsegundos.

**Figura 76. Distribución de pararrayos en el centro comercial**



En la Figura 76 se muestran siete circunferencias, que es el diámetro de protección de siete pararrayos para proteger el centro comercial de cargas atmosféricas.

### **4.3.2 Mantenimiento de pararrayos**

El mantenimiento de estos pararrayos debe de ser periódicamente para que garantice su buen funcionamiento, ya que debido a la corrosión, inclemencias atmosféricas, aves o impactos del rayo, pueden perder su efectividad.

La norma UNE 21-186 indica que el mantenimiento debe ser anual y debe incluir la revisión del cabezal del pararrayos, comprobación del amarre y posible oxidación del mástil, comprobar el amarre, conectores y tubo de protección del cable conductor del pararrayos, en la toma de tierra se debe comprobar el amarre, conectores y medida de resistencia de la misma donde no debe sobrepasar los 10 ohmios, verificar el contador de rayos en caso de existir en la instalación, comprobar que ningún elemento nuevo a variado las condiciones originales del estudio del pararrayos y el protector contra sobretensiones que protege la instalación eléctrica del edificio.



## CONCLUSIONES

1. Para realizar proyectos de instalaciones eléctricas se requiere de conocimiento y criterio por parte de la persona a diseñar.
2. Se analizó la potencia de todos los equipos, para diseñar el sistema de alimentación eléctrica de un cuarto eléctrico.
3. Se determinó en el diseño eléctrico el calibre de cable, tubería y protección del sistema eléctrico y de sus circuitos derivados.
4. Se determinó la capacidad de los transformadores y acometidas eléctricas principales para los dos circuitos eléctricos, que conforman el cuarto eléctrico.
5. Se elaboró el diseño del cableado, tubería y protección para cada unidad de aire acondicionado en el interior del centro comercial.
6. Se realizó un estudio de la tierra física en el lugar del inmueble, dando resultado una medición acorde para poder realizar el sistema de puesta a tierra, donde no necesita tratamiento el suelo.
7. Se hizo un análisis de calidad de energía eléctrica para cada circuito eléctrico del cuarto eléctrico, con la finalidad de verificar el funcionamiento del sistema eléctrico.

8. Se realizó un estudio económico del sistema eléctrico para el aire acondicionado del centro comercial, con el fin de saber cuanto cuesta la realización del proyecto.
9. Se diseñó el sistema de iluminación de interiores, para servicios generales y se diseñó el sistema de iluminación exterior, por medio de programas especiales para el diseño de iluminación.
10. El sistema de pararrayos protege todo el inmueble y produce sus descargas en el menor tiempo posible en microsegundo.

## RECOMENDACIONES

1. Antes de empezar a diseñar se requiere del conocimiento de los datos de los aparatos a instalar.
2. Colocar el calibre de cable adecuado para cada circuito eléctrico.
3. Cuando se realizan las acometidas eléctricas es necesario que el tubo este acorde al diseño o dejar espacio suficiente para la manipulación de los cables.
4. Si es demasiado largo el tramo de la acometida, siempre es necesario dejar cajas de registro.
5. No sobredimensionar los materiales a utilizar y todo lo que se necesita en el proyecto, debido al costo económico.
6. En el diseño de iluminación interior se requiere que no se presenten deslumbramiento y sobre todo demasiado brillo para no afectar la visión de las personas.
7. En el diseño eléctrico se requiere que la instalación sea segura y de fácil mantenimiento.
8. Estar actualizado a las normas para elaborar los diseños eléctricos.

9. Dejar siempre un porcentaje económico previniendo cualquier inconveniente de atraso en el proyecto o falta de materiales.

## BIBLIOGRAFÍA

1. A.J. Diefenderfer. **Instrumentación electrónica. 2da edición.**
2. Anuarios de Colegio de Ingenieros 1986.
3. Carlos Luca M. **Plantas eléctricas.**
4. Catalogo lithonia lighting.
5. Enríquez Harper. **Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión. 2da edición.**
6. Enríquez Harper. **Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales.** Limusa.
7. Enríquez Harper Gilberto. **Instalaciones eléctricas.**
8. Facility electrical protection.
9. Francisco Gutiérrez Santos. **Líder en control de luz. Halophone S.A. de C.V.**
10. José Ramírez Vásquez. **Sistemas de iluminación proyectos de alumbrado.**
11. José Ramírez Vásquez. **Instalaciones eléctricas interiores. Tomo 1.**

12. Joseph A. Edminister. **Circuitos eléctricos.** Primera edición.
13. José Raúl Martín. **Diseño de subestaciones eléctricas.**
14. José Roldan Vitoria. **Cálculo y construcción de circuitos con contactores.** Paraninfo.
15. Koenigsberger Rodolfo. **Instalaciones eléctricas.**
16. Manual de Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. **Acometidas.**
17. Manual de empresa eléctrica de Guatemala S.A. **Transformadores.**
18. Manual de instrucciones. **Analizador de redes AR5.**
19. Manual intecap. **Instalación de acometidas eléctricas.**
20. Manual del usuario. **Extech instruments**
21. N. Bratu. E. Campero. **Instalaciones eléctricas conceptos básicos y diseño.** 2ª. Edición.
22. Normas NEC octava edición 1999
23. Norma francesas NFC 17-102.
24. Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. **Normas para acometidas de servicio eléctrico.** Onceava edición.
25. Norma Españolas UNE 21-186.

26. Rodolfo Koinigberger. **Introducción a circuitos eléctricos.**
27. Stephen J. Chapman. **Máquinas eléctricas.** Tercera edición. MC Graw Hill
28. Subdirección de generación centro de capacitación Celaya. **Operación y mantenimiento de transformadores de potencial.**
29. William D. Cooper. Albert D. Helfrick. Instrumentación electrónica moderna y técnicas de medición.
30. Formulación y evaluación de proyectos. Primera edición  
Inga. MSc. Alba Maritza Guerrero Spinola de López

#### **Referencias bibliográficas**

31. Arreaga López Oscar Enrique. **Instalaciones eléctricas, diseño eléctrico, planos eléctricos.**

#### **Referencias electrónicas**

32. [www.lithonialighting.com](http://www.lithonialighting.com)
33. [www.visuallightingsoftware.com](http://www.visuallightingsoftware.com)
34. [www.lumenac.com](http://www.lumenac.com)



# **APÉNDICE A**

## **1 Conceptos de Instalaciones eléctricas industriales**

### **1.1 Descripción**

La instalación eléctrica es aquella que permite transportar y distribuir la energía eléctrica por medio del conjunto de elementos desde el punto de suministro hasta los equipos que la van a utilizar

### **1.2 Requerimientos de una instalación eléctrica**

Una instalación eléctrica debe ser considerada como segura y eficiente cuando los productos empleados en la instalación sean aprobados de acuerdo a las autoridades competentes y sus normas, y que este diseñada para las tensiones nominales de operación y tipo de ambiente en que se encontrara.

La seguridad en una instalación eléctrica es aquella que no representa riesgos ya que es perjudicial para los usuarios y para los equipos que se están operando.

El diseño de una instalación eléctrica debe hacerse cuidadosamente para evitar consumos innecesarios y no haya pérdida de los elementos que la constituyen para que sea eficiente.

La economía en cualquier proyecto debe ser con la menor inversión posible debido al tiempo en que se ejecutara la obra y los gastos innecesarios que la provocan, por la falta de una solución ideal para resolver los problemas en que en ella se presente.

La instalación eléctrica debe ser flexible para adaptarse a pequeños cambios que se presenten.

Un diseño debe tener las previsiones necesarias para tener accesibilidad a todas las partes que se requerirá de mantenimiento en un futuro.

### **1.3 Elementos de una instalación eléctrica**

Los elementos de una instalación eléctrica para poder conducir, proteger y controlar la energía eléctrica podemos mencionar la acometida eléctrica, equipos de medición, interruptores o dispositivos de protección, transformadores, tableros, conductores eléctricos, canalizaciones eléctricas, conectores para las canalizaciones eléctricas, accesorios adicionales, considerando que pueden ser visibles, ocultas o a prueba de explosión, según sean las necesidades que se requiere y del servicio que se preste.

### **1.3.1 Acometida eléctrica**

La acometida eléctrica es un conjunto de elementos, que son utilizados para transportar la energía eléctrica, desde las líneas de la red de distribución hasta la instalación eléctrica del inmueble.

### **1.3.2 Equipo de medición secundaria**

Los equipos de medición consisten en tres transformadores de corriente y un contador demandómetro que mide la potencia consumida en un periodo de tiempo y que va conectado en el lado secundario del transformador, en el tablero de distribución principal que alimenta al inmueble.

### **1.3.3 Interruptores**

Cuando esta circulando corriente eléctrica y se quiere abrir o cerrar el circuito se hace por medio de un dispositivo que esta diseñado para esa función y se puede utilizar para protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

El interruptor general o principal es aquel que protege toda la red eléctrica, y los interruptores derivados son aquellos que están colocados para proteger y desconectar alimentadores de circuitos que distribuyen la energía eléctrica a otros tableros o a otras secciones de la instalación.

### **1.3.4 Protecciones**

Toda instalación eléctrica que la haga segura tiene que estar dotada de una serie de protecciones, tanto desde el punto de vista de los conductores y los aparatos a ellos conectados, como de las personas que han de trabajar con ella.

Entre los tipos de protecciones, ante cualquier contingencia hay tres que deben usarse en todo tipo de instalación, de alumbrado, de fuerza, redes de distribución, circuitos auxiliares, etc., ya sea de baja o alta tensión, la protección contra corto circuitos, protección contra sobrecargas y protección de transitorios.

#### **a) Protección contra cortocircuitos y sobrecargas**

Un cortocircuito es la unión de dos conductores o partes de un circuito eléctrico, con una diferencia de potencial o tensión entre si, sin ninguna impedancia eléctrica entre ellos, se deberá colocar un dispositivo de protección, de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en la instalación, no obstante se admite una protección general contra cortocircuitos para varios circuitos derivados.

Una sobrecarga es el exceso de intensidad en un circuito, debido a un defecto de aislamiento o bien, a una avería o demanda excesiva de carga de la máquina conectada a un motor eléctrico.

Las sobrecargas deben de protegerse, ya que pueden dar lugar a la destrucción total de los aislamientos, de una red o de un motor conectado a ella y una sobrecarga no protegida degenera siempre en un cortocircuito.

Los dispositivos más empleados para la protección contra cortocircuitos y sobrecargas son los Interruptores automáticos termomagnéticos, estos dispositivos, conocidos abreviadamente por PIA que significa pequeño interruptor automático, se emplean para la protección de los circuitos eléctricos, contra cortocircuitos y sobrecargas, en sustitución de los fusibles, ya que tienen la ventaja de que no hay que reponerlos cuando se desconectan, debido a una sobrecarga o un cortocircuito, solo se rearman de nuevo y siguen funcionando.

Debido al numero de polos, se clasifican éstos en: unipolares, bipolares, tripolares y tetrapolares, estos aparatos constan de un disparador o desconectador magnético, formado por una bobina, que actúa sobre un contacto móvil, cuando se sobrepasa la intensidad que atraviesa su valor nominal.

Poseen un desconectador térmico, formado por una lámina bimetálica, que se dobla al ser calentada por un exceso de intensidad, y aunque más lentamente que el dispositivo anterior, desconecta el contacto inferior, que es la protección contra sobrecargas.

## **b) Supresor de transcientes**

El supresor de transcientes protege contra descargas eléctricas atmosféricas o cortocircuitos en el lado de alta tensión y se coloca en el tablero de distribución principal para que no deje pasar la sobrecarga y dañe los aparatos internos del inmueble.

### **1.3.5 Transformadores pad mounted**

Es un equipo que se utiliza para cambiar el voltaje de suministro al voltaje requerido en el lado secundario manteniendo constante la potencia, en instalaciones grandes pueden necesitarse varios niveles de voltaje por lo que es necesario poner varios transformadores.

#### **1.3.5.1 Características generales**

Los transformadores Pad – Mounted de distribución subterránea y trifásica para ser instalados en plataforma se especifican los requerimientos mínimos con diseño de frente muerto tipo dos según la norma ANSI D57.12.25.

### **a) Tanque**

El tanque del transformador no permite la entrada de agua en el compartimiento de las terminales de alto y bajo voltaje y se instala sobre una superficie rígida y plana.

La parte activa esta inmersa en aceite en el tanque sellado y las terminales de alto voltaje primario de frente muerto y bajo voltaje, fusible primario, cambiador de taps, etc, están ubicados al frente del transformador.

El tanque es de acero y su base de acero inoxidable, el tanque tiene una cubierta que abre de 0 a 180 grados de la posición cerrado a la posición abierto con accesorio para candado.

Las soldaduras son de tipo continuo y los accesorios son removibles y de acero inoxidable, la tapadera del compartimiento de las terminaciones de alto y bajo voltaje produce una presión uniforme en toda la superficie de unión con el tanque y la base del tanque debe ser adecuada para que el transformador se pueda deslizar sin que la misma sufra daño.

### **b) Aceite**

El aceite es de alta calidad y larga vida con un aditivo inhibidor que mejora la resistencia a la oxidación, a la formación de emulsión y evite el asentamiento.

### **c) Núcleo y bobinas**

El núcleo está hecho de hierro dulce y sus devanados están colocados alrededor del núcleo de hierro y son de cobre recubiertos de un aislamiento de barniz.

### **d) Aisladores de paso bushings y terminales para transformadores**

“Las terminales que salen del tanque están completamente aisladas y equipadas con medio de conexión del tipo sin soldadura, los dos extremos del devanado de alto voltaje salen a través del tanque al compartimiento del transformador, por medio de receptáculos universales para bushings tipo elastimold”.

Las conexiones de bajo voltaje salen por medio de aisladores, terminales de paso a través de las paredes del tanque al compartimiento del transformador y el conductor neutro del secundario, está conectado al tanque externamente, estas terminales de alto y bajo voltaje deben ser adecuadas para conductores de aluminio y cobre.

Las terminales de bajo voltaje (X1, X2, X3) tienen buena resistencia mecánica y alta conductividad eléctrica y de dimensiones adecuadas para garantizar adherencia, rigidez y una buena superficie en contacto eléctrico para soportar la corriente, estas terminales se piden planas estándar de cuatro agujeros en línea.

#### **e) Cambiador de derivaciones**

El cambiador de derivaciones esta diseñado para cinco posiciones y podrá operarse únicamente con el transformador desenergizado, este se pide externo y que este ubicado en el compartimiento del transformador y que sea operado con pértiga de seguridad.

#### **f) Autoprotección**

Esta autoprotegido contra sobrecargas y cortacircuitos y cuenta con un fusible de alto voltaje tipo expulsión, que esta montado en una bayoneta porta fusible y en serie con la línea de alto voltaje para proteger el transformador, en caso de fallas internas provee la función de rompe carga y se remueve exteriormente con una pértiga

Un interruptor termomagnético montado en el interior del transformador el cual lo protege en caso de fallas externas o sobrecargas en el secundario y un dispositivo de control para disparar el interruptor termomagnético.

### **1.3.5.2 Dimensionado de los transformadores**

La determinación de las características del transformador principal, además de los voltajes apropiados se debe considerar la capacidad de potencia.

De tal manera que el transformador no opere con capacidad ociosa, mejor dicho poca carga, o bien se sature rápidamente por insuficiencia.

La capacidad nominal de un transformador esta definida como los KVA de su devanado secundario que debe ser capaz de operar por un cierto tiempo, en condiciones de tensión y frecuencia de diseño, valores nominales a una temperatura ambiente promedio de 30 grados centígrados y máxima de 40 grados centígrados, la temperatura promedio en su devanado exceda a 65 grados centígrados.

Se deben considerar las características de las cargas para alimentar, sumando todos los valores de las corrientes de carga, considerando si estas son monofásicas o trifásicas y sus dispositivos de protección.

El tamaño requerido por los transformadores para alimentar una carga conectada en estrella, se puede dimensionar sumando todas las cargas monofásicas y trifásicas juntas, los KVA calculados corresponde a la capacidad del transformador.

El transformador de potencia incluye los siguientes datos como lo es su potencia en KVA o MVA, el voltaje primario y secundario, si es trifásico o monofásico, las conexiones de los devanados primario y secundario y su tipo de enfriamiento.

### **1.3.6 Conductores**

Se requiere que los elementos de conducción eléctrica tengan una buena conductividad y cumplan con otros requisitos en cuanto a sus propiedades eléctricas y mecánicas, considerando desde luego el aspecto económico.

Los conductores se han identificado por un número que corresponde a lo que comúnmente se conoce como el calibre y que normalmente sigue el sistema americano de designación AWG (American Wire Gage) siendo el más grueso el número 4/0 siguiendo en orden descendente del área del conductor 3/0, 2/0, 1/0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 que es el más delgado usado en instalaciones eléctricas.

Para conductores con un área mayor de 4/0 se hace una designación que esta en función de su área en pulgadas, para lo cual se emplea una unidad denominada el circular mil.

En la selección de un conductor deben considerarse los agentes que pueden afectar su operación.

Los agentes mecánicos son la mayor parte los ataques externos como lo son: el desempaque, manejo e instalación, que pueden afectar las características del conductor dañado y producir fallas de operación.

Los agentes que pueden afectar mecánicamente a los conductores se pueden dividir en cuatro clases, presión mecánica, abrasión, elongación, doblez a 180 grados.

La presión mecánica se presenta por la colocación de objetos pesados sobre los mismos, su efecto puede ser una deformación permanente del aislamiento, disminuyendo el espesor de este y apareciendo fisuras que puede provocar fallas eléctricas futuras.

La abrasión es un fenómeno que se presenta normalmente al introducir los conductores a las canalizaciones cuando estas están mal preparadas y contienen rebordes punzo cortantes, también se puede presentar durante el manejo de los conductores en las obras civiles semiterminadas.

La elongación indica en las normas técnicas para instalaciones eléctricas que no debe haber más de dos curvas de 90 grados en una trayectoria unitaria de tubería, o también cuando se trata de introducir más conductores en un tubo conduit, donde deben ocupar solo el 40% de la sección disponible, dejando libre la sección restante.

El problema de doblez a 180 grados se presenta principalmente por mal manejo de material, de tal forma que las moléculas del aislamiento que no se encuentran en la parte exterior son sometidas a la tensión y a las que están en la parte inferior a la compresión.

Un conductor se ve sujeto a ataques por agentes químicos que pueden ser diversos y que dependen de los contaminantes que se encuentran en el lugar de la instalación, estos agentes se pueden identificar en cuatro tipos generales que pueden ser el agua o humedad, hidrocarburos, ácidos.

La habilidad eléctrica de los aislamientos para conductores de baja tensión es mucho mayor que la necesaria para trabajar a niveles de tensión del orden de 600 volts, que es la tensión máxima a que están especificados.

Los conductores empleados en instalaciones eléctricas de baja tensión difícilmente fallan por causas meramente eléctricas, en la mayoría de los casos fallan por fenómenos térmicos provocados por sobrecargas sostenidas o deficiencias en los sistemas de producción en caso de corto circuito.

### **1.3.6.1 Cálculo de diámetro de los conductores eléctricos**

La selección adecuada de un conductor que llevara corriente a un dispositivo específico se hace tomando en consideración varios factores, que son la ampacidad que es la capacidad de conducción de la corriente en un conductor, la conductividad del metal conductor, la capacidad térmica del aislamiento.

El cálculo de los conductores por caída de tensión de voltaje es necesario que en el conductor no exceda los valores establecidos por las normas técnicas para instalaciones eléctricas, que son 2%, 3%, 4% y 5% en instalaciones industriales.

Donde la caída de tensión del tablero principal a un subtablero sería de 2%, y del subtablero al aparato eléctrico sería de un 3%.

### 1.3.6.2 Número de conductores en un tubo conduit

El numero de conductores dentro de un tubo conduit tiene que ser restringido, de tal forma que permita un arreglo físico de los mismos de acuerdo a la sección del tubo conduit, para que facilite el alojamiento y manipulación durante la instalación de los conductores y se considere también la cantidad de aire necesaria para que los conductores se mantengan a temperaturas adecuadas en base a un buen enfriamiento.

Estas condiciones se logran estableciendo una relación adecuada entre las secciones del tubo y los conductores,  $F = a / A$ , donde, A es el área interior del tubo en mm<sup>2</sup> o pulgadas cuadradas, a es el área total de los conductores y F es el factor de relleno.

Este factor de relleno tiene los siguientes valores establecidos para instalaciones:

**Tabla LXVII. Factor de relleno en tubos conduit**

Factor de Relleno	No. De conductores en la tubería
53%	Para un conductor
31%	Para dos conductores
43%	Para tres conductores
40%	Para cuatro o mas conductores

Fuente: Gilberto Enríquez Harper

### **1.3.6.3 Temperatura del conductor y temperatura del aire**

Se refiere a dos temperaturas, una es la temperatura ambiente, la otra es la temperatura nominal normal del conductor, la temperatura ambiente es la temperatura normal del aire en el lugar en el que se instalará el conductor.

La temperatura del conductor es la temperatura máxima del propio alambre cuando lleva toda su corriente nominal, la temperatura base del aire en el medio ambiente es de 30° C.

### **1.3.7 Canalizaciones**

Se entenderá por canalizaciones eléctricas a los dispositivos que se emplean en las instalaciones eléctricas para contener a los conductores, de manera que estos queden protegidos en lo posible contra deterioro mecánico, contaminación, y a su vez, protejan a la instalación contra incendios por los arcos que se pueden presentar durante un corto circuito.

Los medios de canalizaciones más comúnmente usados en las instalaciones eléctricas son los siguientes: tubos conduit, ductos o canaletas, charolas o bandejas.

El tubo conduit galvanizado de pared gruesa esta protegido interior y exteriormente por medio del acabado galvanizado, puede ser empleado en cualquier clase de trabajo dada su resistencia, en especial se recomienda en instalaciones industriales tipo visible o en instalaciones a la intemperie o permanentemente húmedas.

La diferencia del tubo conduit de pared delgada respecto al de pared gruesa, es que el espesor de la pared del tubo es la mitad, sus aplicaciones son del mismo tipo por sus propiedades de resistencia a la humedad, solo que no se le puede hacer rosca en los extremos y se une por medio de coplas u otro tipo de conectores.

El tubo flexible se emplea cuando es necesario hacer muchas curvas en una instalación, ya que se adapta perfectamente a esto, es ideal para la instalación de motores eléctricos.

Los ductos consisten de canales de lámina de acero de sección cuadrada o rectangular con tapa, se utilizan solo en instalaciones visibles ya que no se pueden montar en pared o dentro de las lozas de concreto.

Los conductores se llevan dentro de los ductos como si se tratara de tubo conduit y se pueden catalogar, de acuerdo a su aplicación, como ductos alimentadores.

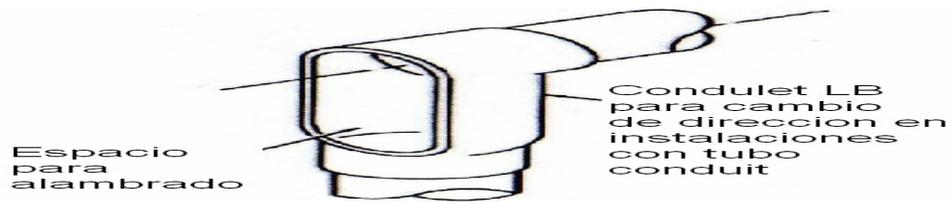
Las charolas o bandejas son utilizadas para canalizaciones de conductores de grueso calibre, con la ventaja de que los conductores se pueden alinear u ordenar con gran facilidad en todo el trayecto.

### **1.3.8 Conectores para canalizaciones eléctricas**

Los conectores para canalizaciones eléctricas son aquellos elementos que sirven para interconectar las canalizaciones eléctricas entre si, como los son los condulets y cajas de conexión.

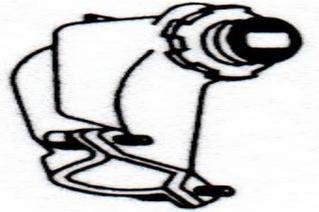
Los condulets son básicamente cajas de conexión y son accesorios empleados en instalaciones con tubo conduit de tipo visible, tienen tapas que se fijan por medio de tornillos y pueden tener empaque para evitar la entrada de polvo o gases.

**Figura 77. Condulet para tubo conduit tipo Lb**



Fuente: Gilberto Enríquez Harper

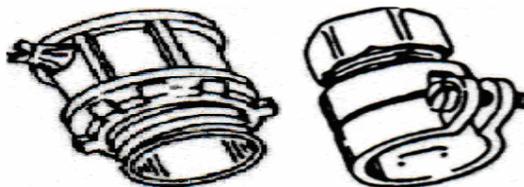
**Figura 78. Condulet deslizable a 90 grados**



Fuente: Gilberto Enríquez Harper

El montaje de accesorios eléctricos en instalaciones eléctricas de alumbrado o de fuerza se fabrican en diferentes tamaños según sea la necesidad que se requiera, como lo son cajas cuadradas de 4 pulgadas con perforaciones para tubo conduit, cajas de 3 ¼ de pulgada, cajas rectangulares.

**Figura 79. Conectores para cajas de conexión**



Fuente: Gilberto Enríquez Harper

## 1.4 Iluminación

Se pueden definir tres niveles en la iluminación de interiores, la local que se refiere a las necesidades de luz, para tareas específicas que se desarrollan en diferentes puntos del espacio a iluminar, la general corresponde a la iluminación en todas las demás áreas y la general localizada que es la conjunto de las dos anteriores.

En la colocación de las luminarias se requiere cuidar de tal forma que se reduzca el deslumbramiento directo o reflejado, las sombras indeseables, de los objetos implicados y contraste de fondo.

La luminancia es la intensidad de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una trayectoria determinada.

El flujo luminoso es la potencia en watt emitida en forma de radiación luminosa a que el ojo humano es sensible, y su unidad es el lumen.

La iluminancia es el flujo luminoso recibido por una superficie, su símbolo es E y su unidad es el lux que es un  $\text{lm}/\text{m}^2$ .

El rendimiento luminoso es el cociente entre la intensidad luminosa y la potencia eléctrica consumida.

Las luminarias son aparatos que sirven de soporte y conexión a la red eléctrica a las lámparas.

Las curvas isocandela son una representación plana con información sobre la intensidad en cualquier dirección.

Las curvas isolux hacen referencia a la iluminancia, flujo luminoso recibido por una superficie.

La lámpara es una fuente de luz artificial cuya función es generar energía luminosa mediante la transformación de energía eléctrica.

### **1.4.1 Método de cavidad zonal o cálculo de los lúmenes**

Este método se utiliza únicamente para el cálculo de alumbrado en interiores y esta basado en la definición de lux, que es igual a un lumen por metro cuadrado.

$$E = \frac{\text{lúmenes emitidos}}{\text{Área}} = \text{luxes} = \text{iluminación requerida}$$

Este valor se refiere a 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.

El coeficiente de utilización es el cociente de los lúmenes que llegan al plano de trabajo y los totales generados por la lámpara, la relación de cavidad local es el factor que toma en cuenta la eficacia y la distribución de la luminaria, altura de montaje, las dimensiones del local y las reflectancias de las paredes, techo y suelo.

El factor de perdidas totales FPT es el resultado final de la presencia de todos los factores parciales como lo es la suciedad.

El número de unidades de alumbrado puede calcularse de la siguiente manera:

$$N = \frac{E \cdot S}{\Phi \cdot I \cdot CU \cdot FPT} =$$

Donde N es numero de unidades de alumbrado, E es la iluminación requerida, S es la superficie,  $\Phi$  es el flujo por lámpara y I es el número de lámparas por iluminación.

La determinación de las luminarias depende de la arquitectura general, las dimensiones del centro comercial, el tipo de luminaria y de la ubicación de la energía existente, para conseguir una distribución uniforme de iluminación sobre una zona se recomienda respetar la separación resultante, para obtener los niveles de iluminación requeridos o escoger mayor número de unidades de menor potencia para eliminar los conos de sombra.

#### **1.4.2 Método punto por punto para alumbrado de exteriores**

Este método es utilizado para el cálculo de alumbrado de exteriores, para la aplicación de este método se requiere de la curva fotométrica, que caracteriza a las fuentes de luz, esta curva proporciona en forma de grafica o tabla la información relativa a la distribución de la luz producida por la unidad de alumbrado o luminaria.

Las curvas isolux proporcionan la iluminación en luxes correspondiente a los contornos descritos por las curvas isocandela, para cada ángulo una altura de montaje dada, con las curvas isolux se puede calcular el alumbrado exterior y para lograrlo se utiliza un plano en el que se sobrepone la curva isolux en cada poste y se suma la iluminación aportada por cada una de las luminarias.

Esto garantiza que cierta luminaria colocada a la altura específica en la curva isolux y con determinada separación máxima entre postes proporcione un nivel mínimo de iluminación a todos los puntos del área.

### **1.4.3 Software para diseño de iluminación**

El software de cálculo luminotécnico lumen lux evalúa los niveles de alumbrado en interiores y exteriores, donde se seleccionan las luminarias adecuadas que permitan cubrir los requisitos de algún proyecto luminotécnico.

Los programas de iluminación contienen información fotométrica que permite trabajar con amplia diversidad de perfiles en el contexto del alumbrado, como lo es la iluminación de oficinas y todo ambiente de uso comercial, iluminación industrial, y alumbrado exterior en diversas formas de aplicación.

El software de cálculo lumínico multilenguaje tiene la capacidad de realizar proyectos lumínicos en el interior y exterior de alguna área, es fácil de utilizar porque incluye información de los productos.

Tiene un estimador de luminarias y niveles medios de modificación de luminarias automático y manual, como lo es también el apagado selectivo de luminarias, la información de iluminación técnica lumen lux tiene ayuda incorporada para guiarse o saber más sobre las especificaciones del programa.

El programa visual Basic profesional es un programa de iluminación con producto a utilizar de lithonia lighting, en el cual se puede realizar diseños de iluminación interior y exterior.

## **1.5 Circuitos de alumbrado**

Los circuitos monofásicos de alumbrado ordinarios deben disponerse normalmente para trabajar a un voltaje de 120 voltios y con capacidad para 15 amperios de carga dependiendo su utilización, a estos circuitos no se les puede conectar cargas mayores de 1.500 vatios.

Las salidas no necesitan protección individual y pueden tener interruptores bipolares, el calibre mínimo de los conductores debe ser 12 AWG de cobre para los circuitos de 20 amperios, los calibres de los conductores, así como los sistemas de protección, el neutro de los circuitos debe ser de igual calibre que el de las respectivas líneas positivas.

Los circuitos de alumbrado para voltaje de 208 voltios, serán independientes a los circuitos simples, calculando el calibre adecuado y su protección adecuada de acuerdo a las especificaciones de las lámparas de servicios especiales con voltaje mayor a 120 voltios.

## 1.6 Circuitos de Fuerza

En instalaciones eléctricas en particular para motores eléctricos, o aparatos de alto consumo de corriente, en los circuitos de fuerza intervienen elementos que se indican a continuación.

La corriente nominal de un motor es la corriente que demanda un motor cuando esta trabajando a plena carga, que es su potencia nominal.

La corriente de arranque de un motor es la que demanda un motor cuando se pone en operación y su valor es considerablemente mayor que la corriente nominal.

El alimentador es el conductor que alimenta a un grupo de motores eléctricos y su calibre se calcula de acuerdo con la siguiente formula.

$I = 1.25 I_n (\text{motor mayor}) + \text{Sumatoria de la corriente nominal de los otros motores.}$

La protección del alimentador tiene por objeto proteger al conductor contra sobrecargas, ya sea por medio de fusibles o interruptores automáticos.

Los circuitos derivados son los conductores que alimentan a cada motor de la instalación y van desde el tablero de distribución del alimentador a cada motor.

Estos conductores se calculan para una sobrecarga de 25% de manera que el calibre de circuito derivado se calcula con una corriente de  $I = 1.25 I_n$ .

El desconectador tiene por objeto aislar el motor del circuito derivado, con el fin de poder hacer ajustes o reparaciones en el motor sin peligro alguno, este desconectador consiste de un interruptor de navajas que debe soportar una corriente mínima de  $I = 1.15I_n$ .

La protección del motor tiene por objeto protegerlo contra sobrecargas para evitar que este se sobrecaliente, se le permite solamente una sobrecarga del 25% de manera que la protección del motor se selecciona para una corriente que es 25% mayor que la corriente nominal.

El control del motor es el aparato que sirve para arrancar, controlar o parar la operación del motor, este aparato depende del tipo de motor puede ser un simple interruptor de navajas, un desconectador manual o automático.

La estación de botones se emplea para el control del motor a distancia, se usa en aquellos casos en que el motor tiene arranque magnético o electromagnético, en el cual los contactos pueden abrirse o cerrarse por medio de una estación de botones localizada en el lugar más conveniente a distancia del motor.

Cada circuito de fuerza esta totalmente separado de un motor con respecto al otro motor, donde serán controlados por un centro de control de motores.

## **1.7 Circuitos del aire acondicionado**

Los circuitos destinados exclusivamente para aire acondicionado a 120 voltios no pueden tener más de 2000 vatios como máximo, si la carga es mayor de 2.000 vatios el circuito debe ser trifásico 120/208 voltios.

Cada circuito de aire acondicionado deberá tener su protección correspondiente de acuerdo al consumo en corriente eléctrica y tener su propia caja de protección, debido a cada local del centro comercial, también los circuitos de aire acondicionado para pasillos, baños, etc.

## **1.8 Factor de Potencia**

Los motores de inducción en corriente alterna al igual que otros aparatos que operan bajo el principio de inducción electromagnética, requieren de una corriente de magnetización en sus circuitos, esta se encuentra atrasada 90 grados con respecto a la corriente activa que demanda el motor y que se puede considerar en fase con el voltaje.

Dado que estas dos corrientes son cantidades vectoriales, la resultante se le conoce como la corriente de línea que demanda el motor y que forma un ángulo con respecto a la corriente activa, el coseno de este ángulo se conoce como factor de potencia y el valor de la potencia activa depende del valor de este ángulo, donde la corriente de magnetización del motor se mantiene constante cualquiera que sea la carga.

El método de conexión del banco de capacitores en el lado de baja tensión del transformador se corrige el factor de potencia de todo un sistema eléctrico y ofrece las ventajas siguientes.

Reduce el pago a la compañía suministradora por bajo factor de potencia.

Evita estar colocando capacitores para cada motor o aparato que necesite corrección del factor de potencia.

Las desventajas que se pueden tener es que se requiere de mayor cuidado para su instalación, protección y operación.

No se tiene un ahorro por reducción en el calibre de los conductores en alimentadores y circuitos derivados de motores instalados en el secundario del transformador.

Entre los problemas que presenta el factor de potencia se mencionan varios entre ellos, mayor corriente en los conductores, un aumento en las pérdidas, se sobrecargan los transformadores, y problemas en la regulación de voltaje.

Los problemas económicos, se paga una cuota a la compañía suministradora por tener un bajo factor de potencia, no se tiene un ahorro por reducción en el calibre de los conductores en alimentadores y circuitos derivados de motores instalados en el secundario del transformador.

La principal desventaja que se tiene es su alto costo inicial de los capacitores, pero un mejor beneficio a largo plazo.

Entre las principales ventajas cuando se corrige el factor de potencia, está la disminución de las pérdidas en los conductores, la disminución de las pérdidas de tensión, reducción del calibre del conductor para la alimentación de los motores, aumenta la disponibilidad en transformadores, líneas de distribución, y se incrementa la vida útil de la instalación eléctrica.

### 1.8.1 Corrección del factor de potencia

En las aplicaciones industriales se suele trabajar con cargas inductivas, por lo que la intensidad retrasa respecto de la tensión aplicada, la potencia activa entregada a la carga es una medida del trabajo útil por unidad de tiempo que puede realizar la carga.

En el triángulo de potencias, la hipotenusa es una medida de la carga del sistema de distribución, y el cateto adyacente es una medida de la potencia útil suministrada, lo que interesa es que la potencia aparente se aproxime lo más posible al cateto adyacente potencia activa, es decir que el ángulo sea lo mas pequeño.

En una carga inductiva es posible corregir el factor de potencia mediante condensadores en paralelo con la carga, donde la tensión en la carga es la misma, con lo que la potencia activa tampoco varía al aumentar el factor de potencia, la intensidad y la potencia aparente disminuyen y por tanto se consigue una utilización más eficiente de la potencia en el sistema o red de distribución.

$$\text{Donde } Q_c = KVAR = KW \times \tan(\cos^{-1} FP1) - KW \times \tan(\cos^{-1} FP2)$$

FP1 = factor de potencia medido

FP2 = factor de potencia deseado

Qc = capacidad del capacitor para corregir el factor de potencia

## **1.9 Calidad de energía eléctrica**

El término calidad de energía eléctrica se emplea para describir la variación de la tensión, corriente, y frecuencia en el sistema eléctrico.

Los aparatos que trabajan con controladores electrónicos son los más afectados por las variaciones de voltaje, corriente y frecuencia, porque estos pueden provocar desorden en su sistema eléctrico.

Los factores mecánicos y ambientales juegan un papel en los disturbios del sistema, estos pueden incluir temperatura, vibración excesiva y conexiones flojas, así como también las descargas electrostáticas, y la interferencia electromagnética.

### **1.9.1 Disturbios en el sistema**

Los disturbios en el sistema eléctrico son variaciones generalmente temporales en la tensión del sistema, que pueden causar mala operación o fallas del equipo, la variación de frecuencia puede ocasionalmente ser un factor en los disturbios del sistema.

Sin embargo cuando el sistema eléctrico del usuario está interconectado a una red de potencia relativamente fuerte, la variación de frecuencia resulta a veces de preocupación insignificante.

## **1.9.2 Disturbios por sobretensiones transitorias**

Las sobretensiones transitorias se refieren a variaciones en la forma de onda de tensión que dan como resultado condiciones de sobretensión durante una fracción de ciclo de la frecuencia fundamental, las fuentes comunes de estos transitorios son los rayos, operación de los dispositivos de interrupción de los sistemas eléctricos y el arqueado de conexiones flojas o fallas intermitentes.

## **1.9.3 Disturbios por bajo voltaje momentáneo**

Las caídas de tensión momentáneas de 60 Hz producen efectos que van desde el parpadeo de relojes digitales, hasta procesos industriales interrumpidos, esta es una condición que típicamente ocurre cuando se inicia una falla en el sistema eléctrico y dura hasta que la falla sea eliminada por un dispositivo de sobrecorriente, la falla puede ocurrir en la planta industrial o en el sistema de la empresa eléctrica, este tipo de condición puede ocurrir también durante el arranque de motores grandes.

## **1.9.4 Armónicos**

En un sistema de potencia ideal, el voltaje que abastece a los equipos de los clientes, y la corriente de carga resultante son perfectas ondas sinusoidales, en la práctica las condiciones nunca son ideales, tan así que estas formas de onda se encuentran frecuentemente muy deformadas.

Esta diferencia con la perfecta onda sinusoidal, se expresa comúnmente desde el punto de vista de la distorsión armónica de las formas de onda del voltaje y de la corriente.

La distorsión de la onda sinusoidal fundamental, generalmente ocurre en múltiplos de la frecuencia fundamental, así sobre un sistema de potencia de 60 Hz.

Son necesarios ciertos métodos para reducir los armónicos, debido a varias razones principales entre ellas la proliferación en el uso de los convertidores estáticos de potencia, las resonancias de red han aumentado, las cargas del sistema de potencia son cada vez más sensibles al armónico.

La introducción de convertidores de potencia confiable y eficiente ha ocasionado un aumento elevado en el número de dispositivos generadores de armónicas lo que ha resultado en su dispersión sobre todo el sistema de potencia.

El término " convertidor estático de potencia ", se refiere al dispositivo semiconductor que convierte potencia de una frecuencia en potencia de otra frecuencia, los más comunes convertidores en la industria son el rectificador, convertidor de potencia AC en DC, y el inversor que convierte de potencia DC a AC.

El problema de los armónicos es agravado frecuentemente por la tendencia actual de instalar condensadores para mejorar el factor de potencia o regular el voltaje, debido a que los capacitores se instalan en paralelo con la inductancia del sistema de potencia, entonces puede producirse una condición resonante a la frecuencia.

Los efectos de los armónicos se dividen en tres categorías generales que son los efectos en el sistema de potencia, efectos en la carga del consumidor, efectos en circuitos de comunicación.

En el sistema de potencia, las corrientes armónicas son el problema principal, ocasionando recalentamiento y pérdida de vida útil, refiriéndonos a motores o transformadores.

Los armónicos pueden ocasionar errores de disparo a los equipos convertidores, inexactitudes en las mediciones, y falsos disparos en los dispositivos de protección.

El desempeño de los equipos de los consumidores, tales como controladores de velocidad de motores y fuentes de alimentación de computadoras, puede ser adversamente afectado por los armónicos, además las corrientes armónicas que fluyen sobre las líneas de potencia pueden inducir ruido sobre líneas cercanas de comunicación.

La distorsión armónica de voltaje puede ocasionar esfuerzos en el aislamiento de equipos, particularmente en condensadores, cuando los armónicos deforman el voltaje en el banco de condensadores, el voltaje pico puede ser lo suficientemente alto como para ocasionar una descarga parcial, esto puede producir eventualmente un cortocircuito entre bornes y carcasa y hacer fallar al condensador, las altas corrientes ocasionan disparo en protecciones de los bancos de condensadores y ocasiona pérdida de alimentación reactiva al sistema.

Los armónicos son ocasionados por cargas no lineales conectadas al sistema de potencia.

Las cargas no lineales producen corrientes no sinusoidales, los resistores, inductores, y los condensadores son dispositivos lineales, cuando se conecta una carga resistiva en el sistema de potencia AC, se obtiene una corriente sinusoidal, cuando se conecta una carga inductiva, se observan corrientes sinusoidales aunque con fase diferente a la carga resistiva, hay muchos tipos de cargas no lineales que producen armónicos, la fuente más grande de armónicos son los convertidores.

### **1.9.5 Problemas y efectos de la calidad de energía de energía**

La caída de tensión puede causar el decrecimiento de la señal de voltaje su duración puede ser de mili segundos o un segundos, las causas que provocan caídas de voltaje pueden ser el arranque o salida de equipos eléctricos grandes, corto circuito después de la falla, circuitos eléctricos subdimensionados y sus efectos podrían ser perdidas de memorias en computadoras o errores en datos, encendido y apagado rápido de las luces de alumbrado y disminución en la pantalla de las computadoras.

Los problemas por transitorios electromagnéticos pueden producir un cambio súbito en la señal de voltaje de cientos de miles de voltios, con duración de microsegundos, las causas que la provocan serian las operaciones de maniobra en la empresa suministradora de energía, un arranque o parada de equipos, descargas estáticas, descargas eléctricas atmosféricas, donde sus efectos podrían ser errores en proceso, perdida de datos, quema o incendio en tableros de circuito.

Los problemas por distorsiones armónicas producen cambios en la onda senoidal pura, con duración de tiempo esporádica, las causas que la provocan serían las cargas no lineales y sus efectos se podrían dar en el sobrecalentamiento de motores y transformadores, la titilación o parpadeo (Flicker) del alumbrado, deterioro del factor de potencia, un aumento de corriente en neutro, y problemas de control de proceso.

### **1.9.6 Medición de calidad de energía eléctrica**

Para la medición de los parámetros para evaluar la calidad de energía y armónicos está el analizador de red AR.5 que son instrumentos de medida programable que miden y registran en memoria todos los parámetros eléctricos de la red de alimentación.

El aparato está dotado de tres canales de tensión y tres de corriente y permite la medida de cualquier parámetro relativo a redes trifásicas equilibradas o no equilibradas.

Este aparato muestra los resultados de medida en una pantalla gráfica y mismo tiempo registra los resultados en la memoria interna, organizada en forma de fichero configurable, los registros pueden incluir valores promedio, máximos y mínimos de tensión, corrientes y potencias, formas de onda, energía acumulada, perturbaciones, etc.

El analizador de redes es un programa para analizar la calidad de energía eléctrica y que dispone de varios programas de medidas estándar, seleccionables indistintamente durante el arranque del instrumento.

El programa permite medir y observar los siguientes parámetros como lo es la visualización numérica en pantalla de todos los datos de tensión, corriente, potencia y demás parámetros eléctricos por fase y trifásicos en forma de tabla.

Mide la corriente de neutro utilizando cualquiera de las pinzas de fase, el valor lo registra en la memoria a intervalos regulares en ficheros conteniendo valores promedio, valores máximos y mínimos etc.

Estos ficheros deben tratarse posteriormente en una computadora mediante el software de analizador de redes, este analizador permite efectuar estudios detallados de compensación de energía reactiva, de consumos energéticos y obtener gráficos de valores medios, máximos y mínimos.

Cuenta con un programa de medida de armónicos que contiene todas las funciones del programa estándar de energía, más las propias medidas de armónicos.

Puede visualizar el análisis y registro de armónicos hasta el orden 30 ó 50 y lo indica en la pantalla.

Visualiza en pantalla los contenidos individuales de armónicos, en forma de diagrama de barras y en forma numérica, y permite medir armónicos en la corriente de neutro utilizando cualquiera de las pinzas de fase.

Los resultados de medida permiten hacer el diagnóstico de instalaciones con presencia de armónicos y calcular los factores de sobrecarga de condensadores y transformadores, también puede medirse la sobrecarga de neutro en sistemas desequilibrados.

El programa de medida de flicker es adecuado para detectar y analizar fluctuaciones de tensión.

El programa de medida de perturbaciones permite la captura de cambios bruscos de la tensión en forma de impulsos o de huecos debajo de un cierto límite.

El Programa de captura rápida permite la captura de transitorios de corta duración en arranque de motores, obteniendo registro de todos y cada uno de los ciclos o promedios de un número muy reducido de ellos.

El analizador de redes power vision es un software que se ejecuta bajo entorno de windows, diseñado para leer, procesar y presentar en forma numérica y/o grafica los registros obtenidos .

El software permite comunicar a través de un canal RS-232 y cargar datos de cualquier instrumento de las familias AR.5.

Características técnicas del analizador de redes AR.5, la alimentación interna con batería de 12 volts recargable, con autonomía de 8 horas, tiene rango de medición de tensión fase-neutro: 20 a 500 voltios de corriente alterna, un rango de medición de fase a fase de 20 a 866 voltios, la capacidad de memoria es de 1 Mbyte y un periodo de registro programable entre un segundo a cuatro horas.

## **2. Sistemas de puesta a tierra**

Se le llama sistema de puesta a tierra a la unión eléctrica entre todas las masas metálicas de una instalación y por lo menos un electrodo dispersor enterrado en el suelo, con el fin de conseguir una unión con la menor resistencia eléctrica posible entre las masas y la tierra, si esa unión se realiza sin interposición de impedancia alguna se dice que es una puesta a tierra directa, en caso contrario sería una vinculación indirecta.

El sistema de puesta a tierra busca que las corrientes de falla a tierra encuentren un camino más fácil, que el que ofrecería el cuerpo de una persona que tocara la carcasa metálica bajo tensión, de esta manera, como el sistema de puesta a tierra tiene una resistencia mucho menor que la del cuerpo humano, la corriente de falla circulará por la red de tierra, en lugar de hacerlo por el cuerpo de la persona.

En las instalaciones eléctricas en general, se conectarán al sistema de puesta a tierra las instalaciones de pararrayos, las instalaciones de antenas, los tomacorrientes, las estructuras metálicas y las armaduras de columnas, etc.

Por este motivo, en los aparatos y en la instalación eléctrica, hay que prever un cable de puesta a tierra que se conecte directa o indirectamente al sistema de puesta a tierra, en las instalaciones industriales deben realizarse tomas de tierra independientes para las masas metálicas de los aparatos eléctricos, para la conexión de los neutros de los transformadores de potencia y para la conexión de los descargadores o pararrayos.

## 2.1 Tomas de tierra

La toma de tierra es el elemento de unión entre el terreno y el circuito eléctrico instalado, esta consta de tres elementos fundamentales que son los electrodos, las líneas de enlace con tierra y puntos de puesta a tierra

Los electrodos de puesta a tierra son las varillas que se clavan en terrenos más o menos blandos y que sirven para encontrar zonas más húmedas y con menor resistividad eléctrica, son muy importantes en terrenos sin vegetación y cuya superficie al quedar expuesta a los rayos del sol, está completamente seca.

Los electrodos se fabrican con tubos o varillas de acero galvanizado, varillas de cobre, debido a su resistencia mecánica y su resistencia a la corrosión.

Las líneas de enlace están formadas por los conductores que unen el electrodo, anillo o malla, con el punto de puesta a tierra, estos conductores son de cobre o de algún otro metal con alto punto de fusión y su dimensión está de acuerdo con la corriente máxima de falla, se debe considerar que su duración será un máximo de dos segundos, pues es el tiempo máximo que las protecciones tardan en operar.

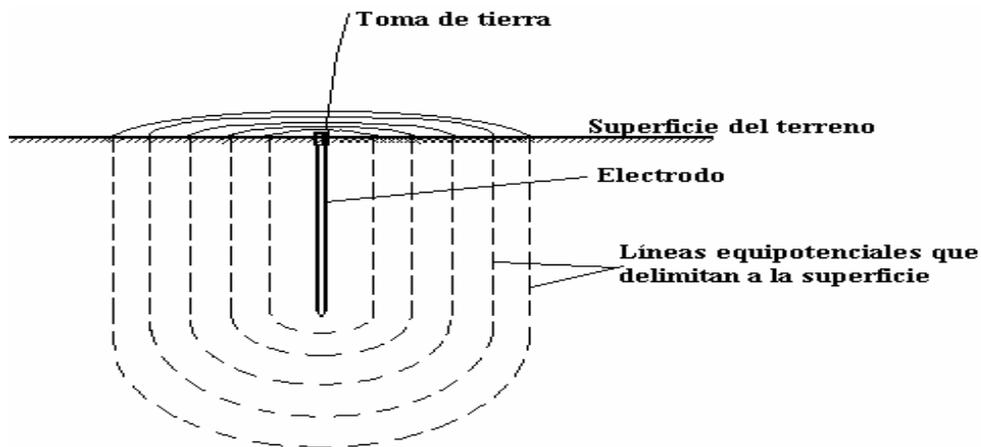
Para un sistema de puesta a tierra tiene que usarse un puente de unión principal sin empalme, para conectar el conductor de protección y la cubierta del equipo de conexión al conductor neutro del sistema.

La conexión del conductor principal a un electrodo a tierra debe ser accesible y hacerse de una manera que asegure una puesta a tierra permanente y efectiva.

## 2.2 Efecto de la interacción entre electrodos

Cuando circula corriente por un electrodo hacia tierra, dicha corriente se dispersa más o menos uniformemente en todas direcciones desde el electrodo, de esta forma se pueden determinar superficies cuyos puntos sobre el terreno se encuentran al mismo potencial, donde se encuentran superficies equipotenciales, estas líneas equipotenciales delimitan las zonas o capas del terreno puestas en serie con respecto al paso de la corriente.

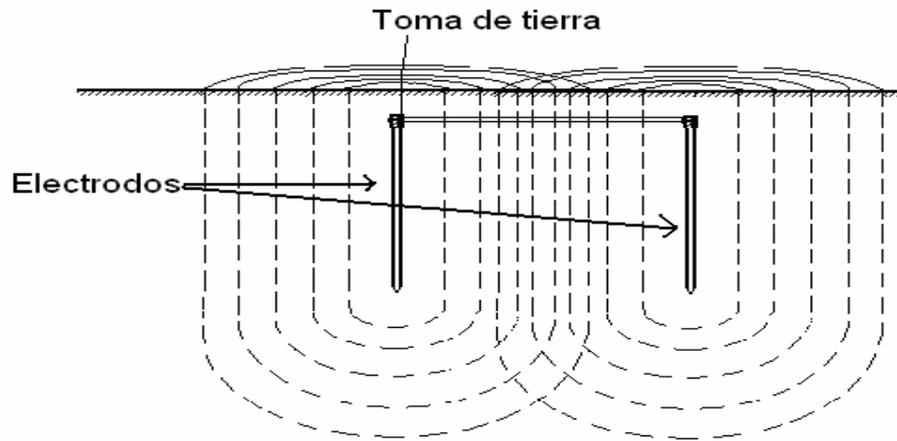
**Figura 80. Dispersión de la corriente a través del electrodo y curvas equipotenciales**



La Figura 80 muestra la distribución de las curvas equipotenciales por medio de un electrodo cuando se produce una descarga y se dirige hacia la tierra.

Cuando se conectan dos o más electrodos en paralelo mediante un electrodo horizontal de enlace y a través de ellos se dispersa una corriente a tierra.

**Figura 81. Interacción de las curvas equipotenciales de dos electrodos conectados en paralelo**



Como resultado de esta interacción entre las zonas de dispersión de los electrodos ocurre un solapamiento entre las “áreas de resistencia”, ello provoca un incremento de la resistencia al paso de la corriente en estas zonas.

Las áreas de resistencia están en función principalmente de la longitud del electrodo y es aproximadamente 2,2 veces la longitud del mismo, por esta razón, cuando se requieren más de un electrodo es aconsejable espaciarlos a no menos de 2,2 veces de su longitud y así lograr una adecuada efectividad por el no solapamiento de las áreas de resistencia.

Este fenómeno de la interacción de los electrodos resulta de suma importancia al diseñar las puestas a tierra formadas por múltiples electrodos verticales en paralelo entre ellos y a su vez con el electrodo horizontal de interconexión.

Este fenómeno que es llamado de apantallamiento se incrementa con la disminución de la distancia entre electrodos y viceversa, de esta forma, para electrodos separados suficientemente más de 40 m aproximadamente el efecto de apantallamiento no se evidencia.

### **2.3 Voltaje de contacto y voltaje de paso**

Los voltajes de contacto y de paso son voltajes peligrosos, porque si una persona, en el instante de ocurrir una falla a tierra, se pone en contacto con alguna parte de la instalación, entonces aparecerá una diferencia de voltaje entre sus manos y los pies debida a la corriente de falla que circula por el sistema de puesta a tierra, donde circulará una corriente eléctrica entre ambas extremidades que dependerá de la magnitud del voltaje de contacto, de la resistencia corporal del individuo, contactos de las manos y de los pies.

El voltaje de contacto, es una parte del voltaje del electrodo que lamentablemente se encuentra en una zona de la curva de voltaje donde la diferencia es mayor.

El voltaje de paso es la parte del voltaje del electrodo que puede ser puenteadada por una persona al caminar en las zonas próximas a las tomas de tierra, la trayectoria de la corriente se establece entre los pies que es aproximadamente de un metro.

### **3. Enfriador de agua chiller**

La unidad enfriadora de agua chiller opera mediante el ciclo de refrigeración a base de la compresión de un vapor, específicamente la realización es extraer el calor de un espacio y rechazarlo posteriormente a otro espacio seleccionado, cuenta con cuatro componentes básicos y un fluido conocido como refrigerante que circula entre ellos que es el agua.

En el evaporador se absorbe calor del agua y al hacer esto el agua baja su temperatura, al desarrollar el proceso el fluido que circula se evapora y lo toma el compresor, donde se eleva la presión y la temperatura, para luego rechazarlo en el condensador.

Al rechazar el calor el agua se condensa y pasa al dispositivo de control donde se baja la presión y la temperatura y está listo para absorber calor nuevamente en el evaporador.

En el ciclo de condensación, el calor que rechaza la unidad enfriadora de agua lo toma el otro ciclo independiente de agua y lo lleva a la torre de enfriamiento, utilizando la bomba de agua de condensación, donde el aire que allí circula se encarga de extraerle el calor y rechazarlo al ambiente exterior.

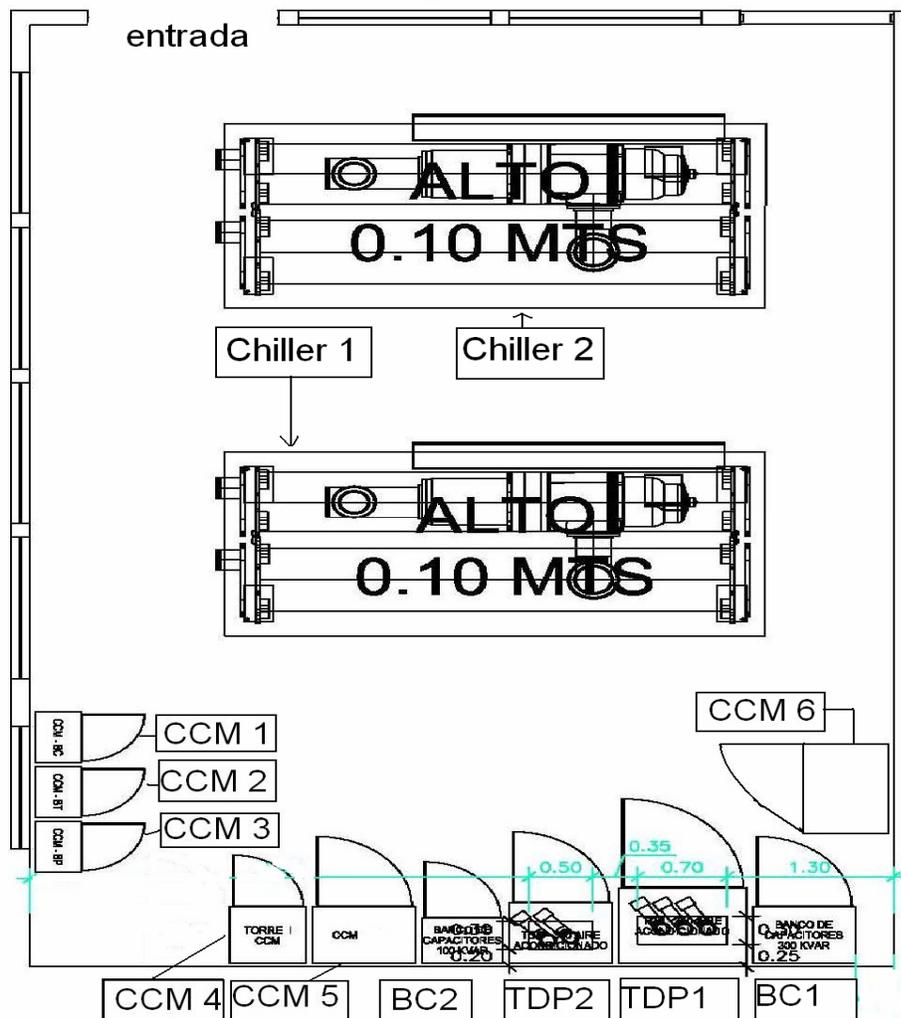
Las torres de enfriamiento se utilizan para eliminar el calor agregado por los intercambiadores de calor al agua circulante de enfriamiento, el agua extraída de la fuente natural se empleará solo para reponer las pérdidas de agua.

Se emplean ventiladores de gran diámetro impulsados por motores eléctricos para inducir o forzar el aire a través del agua circulada, la cual fluye sobre la superficie del relleno provista para interrumpir el flujo del agua e incrementar el tiempo de contacto entre el aire y el agua, lo que permite, de esta manera, una transferencia eficiente del calor del agua al aire.

## APÉNDICE B

En las figuras siguientes se encuentra una serie de planos del cuarto eléctrico y un plano general del Centro Comercial La Pradera Puerto Barrios Izabal.

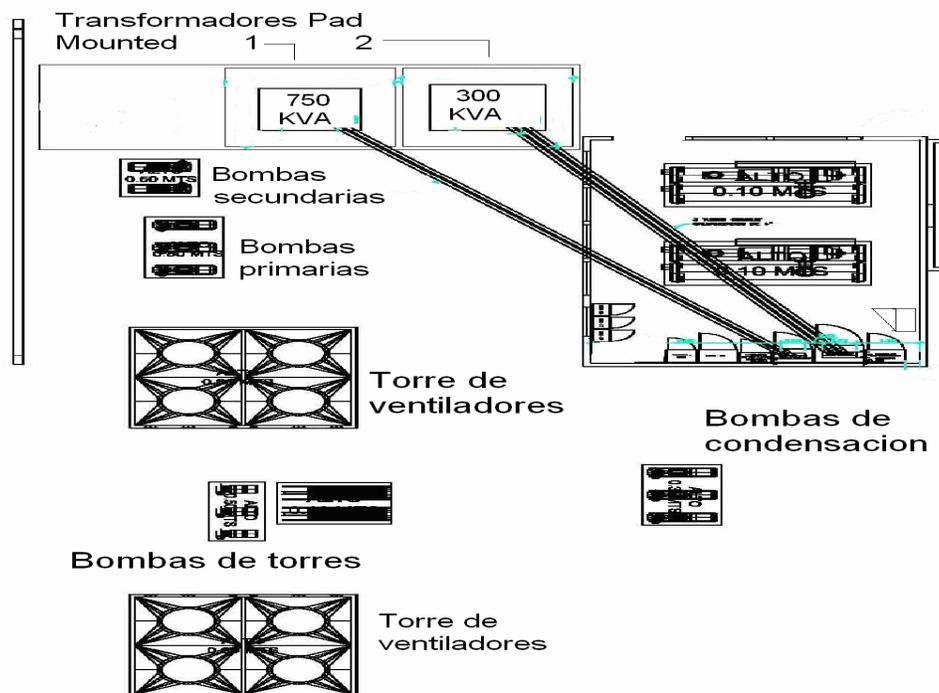
Figura 82. Cuarto eléctrico con chillers y tableros de distribución



En la Figura 82 se muestra el cuarto eléctrico del sistema de aire acondicionado en el cual se detalla de la siguiente manera:

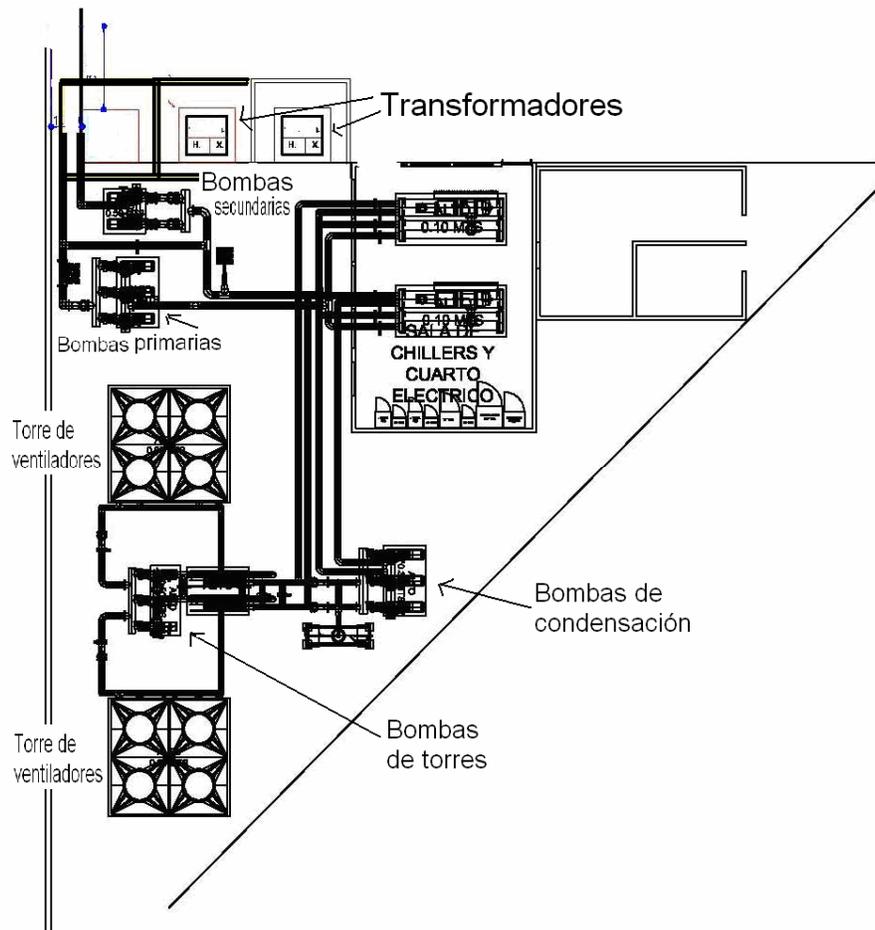
- CCM1 = Centro de control de motores bombas de condensación
- CCM2 = Centro de control de motores bombas de torres
- CCM3 = Centro de control de motores bombas primarias
- CCM4 = Centro de control de motores torre de ventilador 1
- CCM5 = Centro de control de motores torre de ventilador 2
- CCM 6 = Centro de control de capacitores bombas secundarias
- BC1 = Banco de capacitores 1
- BC2 = Banco de capacitores 2
- TDP1 = Tablero de distribución principal No. 1
- TDP2 = Tablero de distribución principal No.2

**Figura 83. Cuarto eléctrico y localización de sus componentes**



En la Figura 83 se muestra la localización de los transformadores, bombas primarias, bombas secundarias, bombas de condensación, bombas para torres, torres de ventiladores, y tubería para acometida eléctrica de los tableros de distribución principales.

**Figura 84. Cuarto eléctrico con tubería**



En la Figura 84 se muestra el cuarto eléctrico con tubería para cada componente del sistema de alimentación eléctrica.

Figura 85. Cuarto eléctrico con tubería vista uno

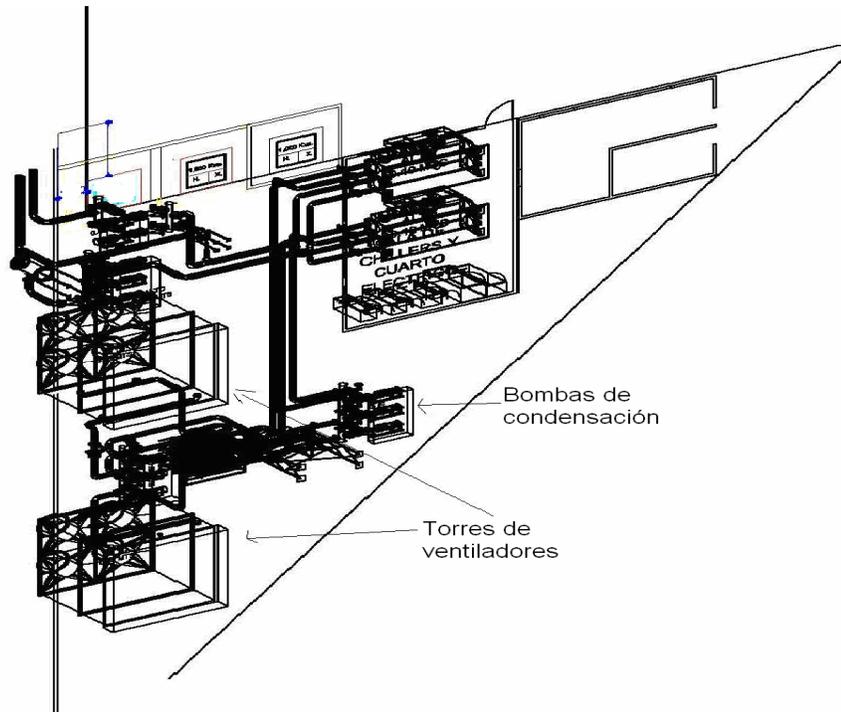
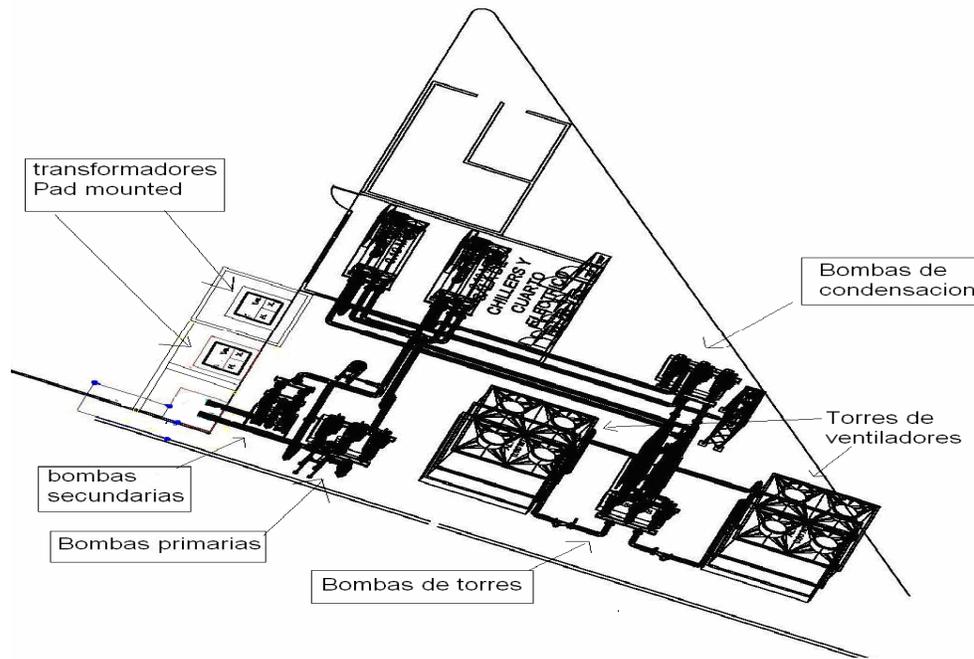
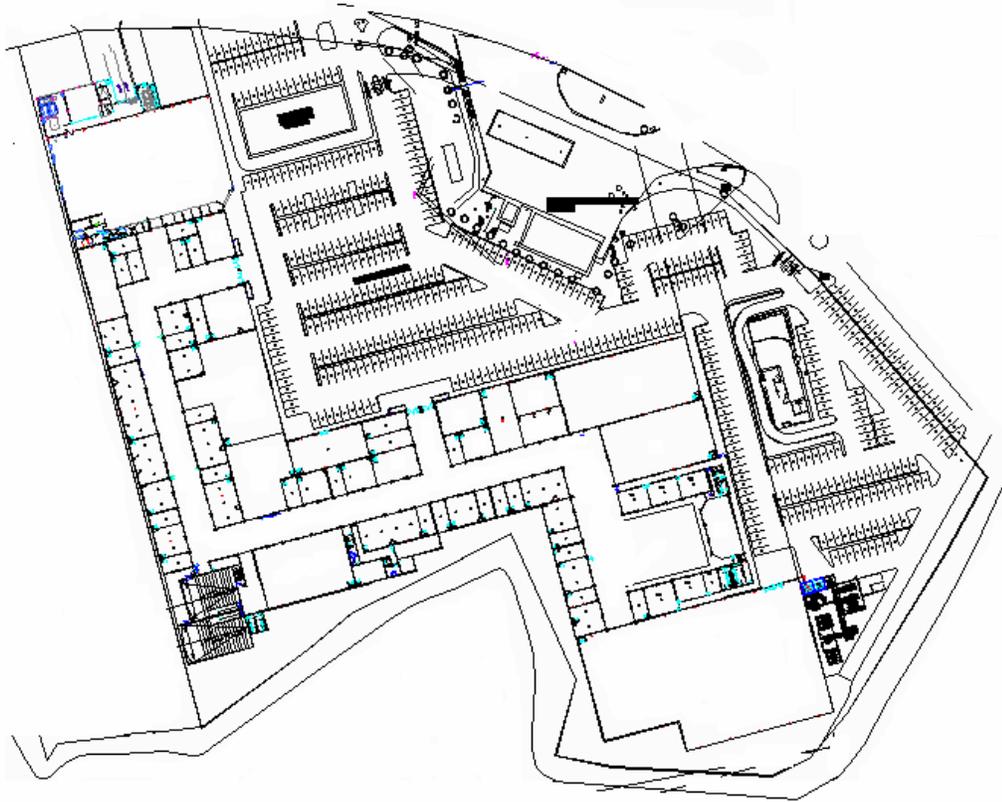


Figura 86. Cuarto eléctrico vista dos



**Figura 87. Centro Comercial La Pradera Puerto Barrios Izabal**



La Figura 87 muestra el Centro Comercial La Pradera Puerto Barrios Izabal.

