



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

**DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES  
ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS M-5 Y S-1 DEL CAMPUS  
CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE  
GUATEMALA**

**Luis Gerardo Gutiérrez García**

Asesorado por el Ing. Carlos Alberto Quijivix Racancoj

Guatemala, agosto de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES  
ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS M-5 Y S-1 DEL CAMPUS  
CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE  
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR:

**LUIS GERARDO GUTIÉRREZ GARCÍA**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ALBERTO QUIJIVIX RAGANCOJ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



### NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
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. Carlos Fernando Rodas
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:

**DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES  
ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS M-5 Y S-1 DEL CAMPUS  
CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE  
GUATEMALA,**

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

**LUIS GERARDO GUTIÉRREZ GARCÍA**

## **ACTO QUE DEDICO A**

<b>Dios</b>	Por ser la luz y guía en mi vida y darme sabiduría y fuerza de voluntad para alcanzar mis metas.
<b>Mi padre</b>	Guadalupe Gutiérrez, en su memoria por todo su apoyo incondicional, esfuerzo y dedicación, para el logro de este triunfo.
<b>Mi madre</b>	Paulina García, como un reconocimiento al apoyo incondicional que me ha brindado siempre y sus esfuerzos.
<b>Mis hermanas</b>	Maria Corazon, Mariela, Maria y Griscelda, por su apoyo y cariño incondicional.
<b>Mis familiares</b>	Que en algún momento me brindaron su apoyo y palabras de aliento para seguir adelante
<b>Mis amigos</b>	Con quienes trabajamos en equipo, para superar las adversidades y lograr así nuestras metas.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE ABREVIATURAS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
<b>1. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>	
<b>ACTUALES</b>	<b>1</b>
1.1. Instalaciones eléctricas	1
1.1.1. Caracterización de cargas	1
1.1.2. Estado actual y dimensionamiento de conductores	4
1.1.2.1. Resistencia de aislamiento	4
1.1.2.2. Capacidad, calibres y secciones de los conductores eléctricos	8
1.1.3. Protección	9
1.1.3.1. Protecciones para motores	9
1.1.3.1.1. Contactor	9
1.1.3.1.2. Fusible	12
1.1.3.1.3. Relé diferencial	13
1.1.3.1.4. Guardamotor	13
1.1.3.1.5. Relé térmico	14
1.1.3.1.6. Protección contra baja tensión	15
1.1.3.1.7. Protección contra pérdida de fase	15

1.1.4. Tableros	16
1.1.4.1. Tableros de circuitos derivados	17
1.1.4.2. Condición actual	18
1.2. Análisis de redes	19
1.2.1. Corrientes	20
1.2.2. Voltajes	21
1.2.3. Factor de potencia	22
1.2.4. Potencia	22
1.2.4.1. Activa	22
1.2.4.2. Reactiva	23
1.2.4.3. Aparente	24
1.2.5. Factor K	24
1.2.6. Análisis de armónicos	25
1.2.6.1. Distorsión armónica THDV	25
1.2.6.2. Distorsión armónica THDI	26
1.2.7. Desbalance	27
1.3. Iluminación	29
1.3.1. Revisión visual	29
1.3.2. Textura y color del techo, piso y paredes	30
1.3.3. Medición de luxes	30
1.3.4. Características de las luminarias	33
1.4. Motores eléctricos	33
1.4.1. Pruebas de aislamiento	33
<b>2. ANÁLISIS TEÓRICO DE UNA NUEVA INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>	<b>35</b>
2.1. Cálculo de conductores	35
2.1.1. Método por caída de tensión	35
2.2. Cálculo de tuberías	49
2.3. Cálculo de lúmenes	51

2.4. Cálculo de iluminación	54
2.4.1. Coeficiente de utilización	55
2.4.2. Luz	55
2.4.3. Intensidad de iluminación	55
2.4.4. Curva de distribución	56
2.4.5. Superficie	56
2.4.6. Factor de pérdida de luz	56
2.4.7. Flujo luminoso	56
2.4.8. Nivel de iluminación	57
2.4.9. Método de cavidad zonal	58
2.4.9.1. Determinación del factor de pérdidas totales	60
2.5. Diseño de red de tierra	68
2.5.1. Medición de la resistividad del suelo	69
2.5.1.1. Método de Wenner	70
2.5.2. Disposiciones básicas de las redes eléctricas	72
2.6. Cálculo de pararrayos	77
2.6.1. Criterios para la selección de los medios de protección	77
2.6.1.1. Posibilidad técnica	77
2.6.1.2. Costo	77
2.6.1.3. Estética de la realización	77
2.6.1.4. Evaluación de riesgo	77
2.6.1.4.1. Nivel de protección	83
2.6.2. Pararrayo pulsar de helita	84
2.6.3. Pararrayo ingesco PDC	85
<b>3. DIAGRAMAS UNIFILARES</b>	<b>91</b>
3.1. Diagrama unifilar de la sub. red eléctrica	92
3.1.1. Método de cálculo de conductores para acometida	92

<b>4. COMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS</b>	<b>101</b>
4.1. Comparación del edificio M-5	101
4.2. Comparación del edificio S-1	104
<b>5. ANÁLISIS ECONÓMICO</b>	<b>107</b>
5.1. Demanda máxima	107
5.2. Demanda media	108
5.3. Factor de carga	108
5.4. Análisis de la curva de demanda	110
5.5. Cargos de energía en factura mensual	119
5.5.1. Generación y transporte	119
5.5.1.1. Energía	120
5.5.1.2. Demanda máxima	120
5.5.2. Distribución	120
5.5.2.1. Cargos fijos por clientes	121
5.5.2.2. Penalización por incumplimiento a NTSD	121
5.5.2.3. Tasa municipal	121
5.5.3. Función de las tarifas	122
<b>6. DIMENSIONAMIENTO DE LOS TRANSFORMADORES</b>	<b>123</b>
6.1. Transformador	123
6.2. Cálculo de la capacidad de los transformadores	123
6.3. Ventajas y desventajas de la conexión actual	125
6.4. Propuesta para una nueva conexión del banco de transformadores	129

**7. EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DEL EDIFICIO M5 Y S1 DEL 131  
CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE  
GUATEMALA AL MERCADO MAYORISTA**

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>135</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>137</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>139</b>
<b>APÉNDICE A</b>	<b>141</b>
<b>APÉNDICE B</b>	<b>153</b>
<b>ANEXOS A</b>	<b>167</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Analizador de calidad de energía modelo 3945 (power pad)	20
2. Ramificaciones de la distribución de carga, para el salón 109	38
3. Nivel de iluminación dirigida a un punto p	57
4. Cavidades zonales	58
5. Gráficas para la determinación del grado de suciedad	61
6. Distribución de la iluminación del salón de dibujo II	64
7. Diagrama para la medición de la resistividad	70
8. Pararrayos ingesco PDC	87
9. Simbología del equipo eléctrico	92
10. Diagrama unifilar de MT/BT del M-5	94
11. Diagrama unifilar del tablero T.1 del M-5	95
12. Diagrama unifilar del tablero T.2 del M-5	95
13. Diagrama unifilar del tablero T.3 del M-5	96
14. Diagrama unifilar del tablero T.4 del M-5	96
15. Diagrama unifilar de MT/BT del S-1	97
16. Diagrama unifilar del tablero T.1 del S-1	98
17. Diagrama unifilar del tablero T.2 del S-1	98
18. Diagrama unifilar del tablero T.3 del S-1	99
19. Diagrama unifilar del tablero T.4 del S-1	99
20. Diagrama unifilar del tablero T.5 del S-1	100

21. Diagrama unifilar del tablero T.6 del S-1	100
22. Curva de demanda diaria del edificio M-5	118
23. Curva de demanda diaria del edificio S-1	118
24. Curva del factor de carga diaria del edificio M-5	119
25. Conexión estrella-estrella de un banco de transformadores	128
26. Frecuencia del M-5	143
27. Corriente efectiva del sistema eléctrico del M-5	143
28. Voltaje efectivo del sistema eléctrico del M-5	144
29. Voltaje de fase del sistema eléctrico del M-5	144
30. Factor de potencia de la línea 1 del M-5	145
31. Factor de potencia de la línea 2 del M-5	145
32. Factor de potencia de la línea 3 del M-5	145
33. Potencia activa de la red eléctrica del M-5	146
34. Potencia reactiva de la red eléctrica del M-5	146
35. Potencia aparente de la red eléctrica del M-5	147
36. Factor K del sistema eléctrico del M-5	147
37. Distorsión armónica total de tensión del M-5	148
38. Distorsión armónica total de corriente del M-5	148
39. Frecuencia de la red eléctrica del S-1	149
40. Corriente efectiva de la red eléctrica del S-1	149
41. Voltaje de línea de la red eléctrica del S-1	150
42. Voltaje de fase del sistema eléctrico del S-1	150
43. Factor de potencia del sistema eléctrico del S-1	151
44. Potencia activa de la red eléctrica del S-1	151
45. Potencia reactiva de la red eléctrica del S-1	152
46. Potencia aparente de la red eléctrica del S-1	152
47. Factor K de la red eléctrica del S-1	153
48. Distorsión armónica total de tensión del S-1	153
49. Distorsión armónica total de corriente del S-1	154

## TABLAS

I.	Caracterización de la carga del primer nivel del S-1	2
II.	Caracterización de la carga del segundo nivel del S-1	2
III.	Caracterización de la carga del tercer nivel del S-1	3
IV.	Caracterización de la carga del primer nivel del M-5	3
V.	Caracterización de la carga del segundo nivel del M-5	4
VI.	Valores de la resistencia de aislamiento	6
VII.	Medición, resistencia de aislamiento de los conductores, S-1	7
VIII.	Medición, resistencia de aislamiento de los conductores, M-5	7
IX.	Medición, resistencia de aislamiento de los conductores, M-5	8
X.	Duración real de un contactor para distintas clases de servicio	12
XI.	Características del tablero principal, del S-1	16
XII.	Características del tablero principal, del M-5	17
XIII.	Tablero de distribución primer nivel S-1	18
XIV.	Tablero de distribución segundo nivel S-1	19
XV.	Tolerancias admisibles de la tensión	21
XVI.	Tolerancias para la distorsión armónica de tensión	25
XVII.	Tolerancias para la distorsión armónica de corriente	26
XVIII.	Tolerancia admisible del desbalance de tensión	29
XIX.	Medición del nivel de iluminación en luxes, primer nivel del M-5	30
XX.	Medición del nivel de iluminación en luxes, segundo nivel, M-5	31
XXI.	Medición del nivel de iluminación en luxes, primer nivel del S-1	31
XXII.	Medición del nivel de iluminación en luxes, segundo nivel, S-1	32
XXIII.	Medición, nivel de iluminación en luxes, tercer nivel, S-1	32
XXIV.	Valores de resistencia de aislamiento para motores	33

XXV.	Cálculo de conductores para iluminación primer nivel del M-5	42
XXVI.	Cálculo de conductores para iluminación segundo nivel del M-5	43
XXVII.	Cálculo de conductores para iluminación primer nivel del S-1	44
XXVIII.	Cálculo de conductores para iluminación segundo nivel del S-1	45
XXIX.	Cálculo de conductores para iluminación tercer nivel del S-1	46
XXX.	Cálculo de conductores para fuerza primer nivel del M-5	47
XXXI.	Cálculo de conductores para fuerza segundo nivel del M-5	47
XXXII.	Cálculo de conductores para fuerza primer nivel del S-1	48
XXXIII.	Cálculo de conductores para fuerza segundo nivel del S-1	48
XXXIV.	Cálculo de conductores para fuerza tercer nivel del S-1	49
XXXV.	Factor de relleno para el número de conductores en tuberías	50
XXXVI.	Cálculo de lúmenes del primer nivel, S-1	52
XXXVII.	Cálculo de lúmenes del segundo nivel, S-1	53
XXXVIII.	Cálculo de lúmenes del tercer nivel, S-1	53
XXXIX.	Cálculo de lúmenes del primer nivel, M-5	54
XL.	Cálculo de lúmenes del segundo nivel, M-5	54
XLI.	Cálculo de luminarias, primer nivel del S-1	65
XLII.	Cálculo de luminarias, segundo nivel del S-1	66
XLIII.	Cálculo de luminarias, tercer nivel del S-1	67
XLIV.	Cálculo de luminarias, segundo nivel del M-5	68
XLV.	Resultados del cálculo de la red de tierra del M-5	76
XLVI.	Determinación del coeficiente ambiental $C_1$	79
XLVII.	Determinación del coeficiente estructural $C_2$	81
XLVIII.	Determinación del coeficiente de contenido de estructura $C_3$	81
XLIX.	Determinación del coeficiente de ocupación de estructura $C_4$	81
L.	Determinación del coeficiente consecuencia, caída de rayo $C_5$	82
LI.	Valores críticos de E inefectivo	82
LII.	Radios de protección del pararrayo Pulsar de Helita	85
LIII.	Radios de protección del pararrayo Ingesco PDC	86

LIV.	Resultados del cálculo de pararrayos del S-1	89
LV.	Comparación de la capacidad de los transformadores, del M-5	101
LVI.	Comparación del número de luminarias primer nivel M-5	103
LVII.	Comparación del número de luminarias segundo nivel M-5	103
LVIII.	Comparación del número de luminarias primer nivel S-1	104
LIX.	Comparación del número de luminarias segundo nivel S-1	105
LX.	Comparación del número de luminarias tercer nivel S-1	106
LXI.	Datos, demanda media y máxima, factor de carga diaria, S-1	111
LXII.	Datos, demanda media y máxima, factor de carga diaria, M-5	114
LXIII.	Cálculo de la demanda máxima y factor de carga diaria, S-1	117
LXIV.	Cálculo de la demanda máxima y factor de carga diaria, M-5	117
LXV.	Nivel de voltaje según conexión del banco de transformadores	129
LXVI.	Participantes y requisitos para ingresar al AMM	133
LXVII.	Coeficientes de utilización, dos lámparas	167
LXVIII.	Coeficientes de utilización, cuatro lámparas	167
LXIX.	Coeficientes de utilización, una lámpara	168
LXX.	Factores de corrección para los coeficientes de utilización	169
LXXI.	Niveles de iluminación para actividades interiores	170



## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>NEC</b>	Código eléctrico nacional de los Estados Unidos de Norteamérica.
<b>NTSD</b>	Normas técnicas del servicio de distribución.
<b>AMM</b>	Administrador del Mercado Mayorista.
<b>NTIE</b>	Normas técnicas para instalaciones eléctricas
<b>IEEE</b>	Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos
$\Omega$	Resistencia eléctrica en ohms.
$\Phi$	Ángulo de desfase.
$\rho$	Resistividad del terreno.
$\sigma$	Conductividad eléctrica.



## GLOSARIO

<b>Acometida</b>	Es el conjunto de conductores y componentes que conectan los servicios de la empresa suministradora o los sistemas eléctricos de las diferentes propiedades públicas o privadas en un punto de entrega. Estas pueden ser aéreas o subterráneas según se requiera.
<b>Caballo de fuerza</b>	Es la unidad de potencia en el sistema inglés y es igual a 0.746 kilovatios.
<b>Canalización</b>	Se refiere a canales, canaletas, ductos o tubos por donde se hacen pasar los conductores, con el fin de protegerlos mecánicamente y evitar el contacto de personal no calificado con los mismos.
<b>Carga instalada</b>	Es la suma de la capacidad nominal de todo el equipo eléctrico que se conectará a la acometida de la empresa.
<b>Conductores</b>	Son los materiales en forma de alambre que conducen la corriente eléctrica bajo determinadas condiciones. Estos pueden ser desnudos o aislados dependiendo del uso que se les dé.

<b>Electrodos</b>	Son las varillas especialmente diseñadas para incrustarlas en el suelo y conectar a ellas un sistema eléctrico aterrizado.
<b>Sobrecarga</b>	Es el exceso de la carga normal que puede sobre llevar un equipo o el exceso de ampacidad de un conductor que al continuar por un período más o menos largo puede producir daños peligrosos al equipo o conductores por sobrecalentamiento.
<b>Sobrecorriente</b>	Es la corriente en exceso a la requerida por cualquier equipo eléctrico para su funcionamiento.
<b>Tablero de distribución</b>	Es un gabinete que contiene barras y dispositivos de sobrecorriente, ya sea en forma de fusibles o interruptores automáticos, accesibles por su frente para la maniobra.

## RESUMEN

La evaluación de las instalaciones eléctricas, de los edificios M-5 y S-1 se realiza un análisis del estado actual de los distintos elementos que componen dicha instalación, dicho análisis será efectuado, con la recopilación de informe de las características y estado de los componentes de la instalación, caracterización y cuantificación de la carga instalada, y un análisis de la calidad de energía, y algunas otras pruebas en la red, para determinar los parámetros, que hay en la instalación eléctrica de los edificios

La información recopilada será la base fundamental para realizar una propuesta de un nuevo diseño de las instalaciones eléctricas de los edificios, el cual incluye cálculo de protecciones contra sobretensiones y descargas electro atmosféricas, iluminación interior y exterior, circuitos de fuerza, redimensionamiento de conductores, protecciones para la subestación y capacidad del banco de transformadores.

Finalmente, se evalúa la posibilidad que los edificios puedan incorporarse al Mercado Mayorista AMM, como grandes usuarios.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Evaluar y analizar el estado actual de las instalaciones eléctricas de los edificios M-5 y S-1 y proponer un nuevo diseño para las mejoras correspondientes para dichas instalaciones.

### **Específicos**

1. Realizar cálculos para determinar los distintos elementos que conforman la instalación eléctrica de los edificios.
2. Determinar la calidad de energía eléctrica de los edificios mediante un análisis de redes y la determinación de la carga sobre ella.
3. Llevar a cabo la comparación de resultados teóricos y prácticos de las instalaciones eléctricas de los edificios.



## INTRODUCCIÓN

El estudio realizado en los edificios S-1 y M-5, determina el estado actual en que se encuentran las instalaciones eléctricas, el cual consiste en la caracterización y cuantificación de la carga instalada, recopilación de información de las características y estado de los elementos que componen la instalación, pruebas de resistencia de aislamiento a conductores y un análisis de calidad de energía.

Para realizar las mejoras en que se encuentra el sistema eléctrico de los edificios, se hace una propuesta de un nuevo diseño eléctrico, el cual incluye los siguientes cálculos, de tuberías, de iluminación interior, de protecciones contra descargas atmosféricas y sobretensiones, del nivel de iluminación y de la capacidad del banco de transformadores. Para tener una instalación segura y eficiente.

Con base a los datos prácticos y teóricos obtenidos, se realiza la comparación de dichos datos, para cada uno de los edificios. Debido al aumento de carga en los edificios, se propone una nueva conexión del banco de transformadores para que cumpla con las normas establecidas. El análisis económico es una de las partes más importante en cualquier proyecto, por tanto se analiza la demanda máxima, demanda media, factor de carga y la curva de demanda, siendo el factor de carga una parte muy importante ya que esta determina el alto o bajo consumo de energía, por medio de valores cercanos a 1 o valores bajos respectivamente.

# **1. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES**

## **1.1 Instalaciones eléctricas**

Las instalaciones interiores son las que se alimentan por una red eléctrica de distribución, la cual están comprendidas desde el punto de conexión con la derivación individual hasta los aparatos receptores, que pueden ser: alumbrado, motores, maquinas etc.

### **1.1.1 Caracterización de cargas**

La gran variedad de tipos de cargas son necesarias considerarlas, en el diseño de instalaciones eléctricas, ya sea, para edificios, comercios o industrias, la cual podemos agruparlas en motores, iluminación, aplicaciones especiales, etc.

En ambos edificios la carga que es predominante, es la iluminación, debido a las actividades que se realizan en dichos edificios, se requiere de un buen nivel de iluminación por ende, es la de mayor demanda.

En las siguientes tablas se mencionan algunas de las características de las cargas que existen en los edificios S-1 y M-5.

**Tabla I. Caracterización de carga del primer nivel del S-1**

Ambiente	Iluminación (W)	Fuerza (W)	Ambiente	Iluminación (W)	Fuerza (W)
Salón 101	1280	300	Baños de hombres	240	
Centro de computo	480	6050	Salón 109	1200	300
Biblioteca	1920	7400	Auditorium	1440	1500
Control académico	480	544	Medios audiovisuales	400	1215
Salón de dibujo I	800		Salón de dibujo II	480	
Baños de mujeres	240		Pasillos	3520	

**Tabla II. Caracterización de carga del segundo nivel del S-1**

Ambiente	Iluminación (W)	Fuerza (W)	Ambiente	Iluminación (W)	Fuerza (W)
Salón 213	1200		Baños de hombres	400	
Área de servicio	80		Salón 206	1280	60
Sala de profesores	320	60	Salón 207	1200	240
Depto. Planificación académica	640	2900	Depto. T.S. individual y familiar	480	2210
Depto. practica introductoria	640	1920	Depto. grupos T.S.	480	1290
Salón 216	1200		Depto. EPS	480	1190
Dirección esc. Trabajo Social	1520	9450	Depto. De estudios postgrados	480	2840
Tesorería historia	400	2180	Instituto de Investigaciones	960	4840
Dirección esc. Historia	1600	9800	Tesorería trabajo social	320	1870
Reproducción II	240	5700	Cubículos 26 al 31	960	2040
Reproducción I	240	1300	Cubículos 9 al 16	1280	1950
Salón 202	960		Pasillos	3520	
Baños oficinas	160		Gradas 1 y 2	160	
Baños de mujeres	400				

**Tabla III. Caracterización de carga del tercer nivel del S-1**

Ambiente	Iluminación (W)	Fuerza (W)	Ambiente	Iluminación (W)	Fuerza (W)
Salón 300	480		Biblioteca	1520	
Salón 301	640		Salón 314	480	
Salón 302	640		Salón 315	480	
Salón 303	1200		Salón 316	480	
Salón 304	480		Salón 317	480	
Salón 305	480		Salón 318	480	
Salón 306	480		Salón 319	480	
Salón 307	480		Salón 320	1200	
Salón 308	480		Cubículos 1 al 8	1280	2160
Salón 309	480		Cubículos 17 al 24	1280	2400
Salón 310	1200		Pasillos	3280	
Baño de mujeres	400		Gradas 1 y 2	160	
Baño de hombres	400				
Salón 311 y IHAA	960	8120			

**Tabla IV. Caracterización de carga del primer nivel del M-5**

Ambiente	Iluminación (W)	Fuerza (W)	Ambiente	Iluminación (W)	Fuerza (W)
Salón 111	1360		Baño de mujeres	240	
Salón 110	240		Auditorium	2560	660
Salón 109	720		Audio	240	400
Salón 108	720		Biblioteca	1520	2720
Salón 107	960		Área de servicio I	160	5400
Salón 106	720		Baños de hombres	240	
Área de servicio II	260	2220	Pasillos	3520	

**Tabla V. Caracterización de carga del segundo nivel del M-5**

Ambiente	Iluminación (W)	Fuerza (W)	Ambiente	Iluminación (W)	Fuerza (W)
Salón 200	480		Reproducción	400	8750
Salón 201	480		Dir, Esc. Ciencia Pol	1520	7600
Salón 202	640		Salón 216	480	
Salón 203	480		Salón 217	480	
Salón 205	320		Salón 218	240	
Salón 206	400		Salón 219	720	
Salón 207	320		Salón 220	720	
Salón 208	400		Salón 221	720	
Salón 209	480		Baño de mujeres	240	
Salón 210	640		Cubículos 1 al 6	960	2560
Área de servicio	320		Cubículos 7 al 12	960	2150
Baño de hombres	240		Pasillos	4160	
Caja	320	1950	Gradas 1 y 2	320	
Salón 212	340				

Las tablas del I al V muestran el total de la carga en cada nivel del edificio, del cual la mayor carga es predominada por la iluminación y el resto de la carga es debido a la fuerza, del cual podemos encontrar computadoras, impresoras, bomba de agua, lámparas de emergencia, refrigeradoras, amplificadores de sonido, fotocopiadoras, UPS, etc., el cual cada uno de los aparatos mencionados tienen un consumo de potencia por tanto las tablas muestran solamente el total.

## **1.1.2 Estado actual y dimensionamiento de conductores**

### **1.1.2.1 Resistencia de aislamiento**

Las instalaciones deberán de presentar una resistencia de aislamiento, por lo menos, igual a  $1000 \times U$  ohmios; siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios con un mínimo de 250000 ohmios.

Este aislamiento se entiende para una instalación en la cual la longitud del conjunto de canalizaciones, y cualquiera que sea el número de conductores que las componen no exceda de 100 metros.

El aislamiento se medirá con relación a tierra y entre conductores, mediante la aplicación de una tensión continua suministrada por un generador que proporcionase en vacío una tensión comprendida entre 500 y 1000 voltios, y como mínimo, 250 voltios, con una carga externa de 100,000 ohmios.

Durante la medición, los conductores, incluyendo el conductor neutro o compensador, estarán aislados de tierra, así como de la fuente de alimentación de energía a la cual estén unidos habitualmente. Si las masas de los aparatos receptores están unidas al conductor neutro, suprimirán estas conexiones durante la medida, restableciéndolas una vez terminada ésta.

La medida de aislamiento, con relación a tierra, se efectuará, uniendo a este el polo positivo del generador y dejando, en principio, todos los aparatos de utilización conectados. Los aparatos de interrupción se pondrán en la posición de cerrado y los cortacircuitos instalados como en servicio normal. Todos los conductores se conectan entre sí, incluyendo el conductor neutro, en el origen de la instalación que se verifica, y a este punto se conectara el polo negativo del generador.

Cuando la resistencia de aislamiento obtenida resultara inferior al valor mínimo que le corresponda, se admite que la instalación es, no obstante correcta si se cumple con las siguientes condiciones: cada aparato de utilización presenta una resistencia de aislamiento, por lo menos, igual al valor señalado por las normas UNE que le concierne en su defecto 0.5 megohmios.

Desconectados los aparatos de utilización la instalación presenta la resistencia de aislamiento que le corresponda. La medida de aislamiento entre conductores se efectuara después de haber desconectado todos los aparatos de utilización, quedando los interruptores y cortacircuitos en la misma posición que la señalada anteriormente para la medida del aislamiento con la tierra

Antes de medir el aislamiento eléctrico de una instalación, se verifica que el interruptor general de entrada a la misma está en la posición de abierto. Una vez aislada la instalación de la fuente de alimentación, unir todos los conductores de la instalación incluyendo el neutro, si lo hubiera y conectar la unión al polo negativo del medidor de aislamiento, seguidamente, utilizando la puesta a tierra, o bien, a una tierra auxiliar para hacer la medición.

La siguiente tabla muestra algunos valores de la resistencia de aislamiento

**Tabla VI. Valores de resistencia de aislamiento**

Instalación	Resistencia de aislamiento (ohms)
Para circuitos con conductores No. 14 o 12 AWG	1,000,000
Para circuitos con conductores No. 10 o mayores y con capacidad de conducción de corriente de	
25 a 50 A	250,000
51 a 100 A	100,000
101 a 200 A	50,000
201 a 400 A	25,000
401 a 800 A	12,000
mas de 800 A	5,000

Fuente: Neagu Bratu. **Instalaciones Eléctricas**. Pag. 198

**Tabla VII. Medición de la resistencia de aislamiento de los conductores, S1**

No. Circuito	Resistencia en Ohmios	No. Circuito	Resistencia en Ohmios	No. Circuito	Resistencia en Ohmios
A	200	K	500M	A	120
B	500M	L	500M	B	120M
C	500M	M	3	C	100K
D	500M	N	400M	E	100
E	500M	O	12.5	F	5.9
F	500M	P	500M	G	7
G	500M	Q	150k	H	150
H	25	R	500M	J	125
I	500M	S	1.5	K	500M
J	4	T	500M	M	200

**Tabla VIII. Medición de la resistencia de aislamiento de conductores, M-5**

No. Circuito	Tablero	Resistencia en Ohmios	No. Circuito	Tablero	Resistencia en Ohmios	No. Circuito	Tablero	Resistencia en Ohmios
1	1	500M	7	1	500M	1	2	500M
2	1	500M	8	1	500M	2	2	25M
3	1	15	9	1	500M	3	2	500M
4	1	500M	1'	1	500M	4	2	400M
5	1	500M	2'	1	500M			
6	1	500M	3'	1	4			

Nota: tableros ubicados en la entrada de la acometida

**Tabla IX. Medición de la resistencia de aislamiento de conductores, M-5**

No. Circuito	Tablero	Resistencia en Ohmios	No. Circuito	Tablero	Resistencia en Ohmios	No. Circuito	Tablero	Resistencia en Ohmios
1	1	500M	7	1	500M	1	2	400M
2	1	500M	8	1	500M	2	2	100K
3	1	500M	9	1	7.5	3	2	4M
4	1	2	10	1	2	4	2	49
5	1	500M	11	1	500M	5	2	100k
6	1	2	12	1	3	6	2	70M

Nota: tableros ubicados en el área de servicio I

### **1.1.2.2 Capacidad, calibres y secciones de conductores eléctricos**

Capacidad de conducción de corriente (ampacidad) que representa la máxima corriente que puede conducir un conductor para un calibre dado y que esta afectada principalmente por los siguientes factores:

Temperatura. Capacidad de disipación del calor producido por las pérdidas en función en el medio en el que se encuentra el conductor, es decir, aire en el tubo.

Máxima caída de voltaje permisible de acuerdo con el calibre del conductor y la corriente que conducirá, se debe de respetar la máxima caída de voltaje permisible recomendada por el reglamento.

El calibre del conductor nos da una idea de la sección o diámetro del mismo y se designa usando el sistema americano de calibres (AWG) por medio de un número al cual se hace referencia para sus otras características como son diámetro, área, resistencia, etc.

La equivalencia en mm<sup>2</sup> del área que debe hacer forma independiente de la designación usada por la *American Wire Gage* (AWG).

### **1.1.3 Protecciones**

Esta es una de las partes más importantes de las instalaciones eléctricas, ya que de ellas depende la seguridad del equipo y de las personas, ante cualquier incidente.

#### **1.1.3.1 Protecciones para motores**

##### **1.1.3.1.1 Contactor**

El contactor puede definirse como un aparato de corte, con mando a distancia, que vuelve a la posición de reposo cuando deja de actuar la fuerza que lo mantenga conectado; puede ser:

- a) Contactor propiamente dicho, cuando la posición de reposo corresponde a la apertura de sus contactos.
- b) Ruptor, cuando la posición de reposo corresponde al cierre de sus contactos.

Contacto auxiliar. Contacto inserto en un circuito auxiliar del aparato.

Contacto de reposo. Contacto auxiliar de un aparato que sólo tiene una posición de reposo. Este contacto permanece cerrado, cuando el aparato esta en su posición de reposo. También se llama contacto de apertura.

Contacto de trabajo. Contacto auxiliar de un aparato que solo tiene una posición de reposo. Este contacto permanece abierto, cuando el aparato está en su posición de reposo. También se llama contacto de cierre.

#### Duración y clase de servicio de los contactores

En lo que respecta a la duración o vida de los contactores, hay que distinguir entre duración mecánica y duración eléctrica; en todos los casos, nos referimos a los contactos principales del contactor.

La duración mecánica es el número de maniobras (conexión mas desconexión) que puede efectuar un contactor, sin corriente en los contactos, antes de que sea necesario revisar o reemplazar las partes mecánicas.

La duración eléctrica es el número de maniobras (conexión mas desconexión) que puede efectuar un contactor, con corriente en contactos, antes de que sea necesario revisar o reemplazar los contacto.

Como puede suponerse, la duración eléctrica de un contactor es inferior a su duración mecánica, ya que ahora deben tenerse en cuenta además los efectos en los contactos de los arcos de ruptura. La duración eléctrica depende de la carga y de la categoría de servicio (que se definirá más adelante) pero, en todos los casos, los contactos deben resistir sin reparación ni reposición  $1/20$  del número de maniobras correspondiente a la duración mecánica del contactor.

Desde el punto de vista del usuario (criterio de utilización), la clase de servicio de un contactor caracteriza las posibilidades de este, en lo que se refiere a los siguientes puntos:

- a) frecuencia de maniobras (número de maniobras por hora)
- b) robustez mecánica
- c) duración de los contactos

De acuerdo con estas consideraciones previas, las Normas para contactores establecen cuatro clases de servicio para estos aparatos:

- a. Servicio permanente. El contactor permanece conectado sin interrupción, por tiempo indefinido y superior a 8 horas, estando recorridos los contactos principales por la corriente de servicio.
- b. Servicio de 8 horas. Los contactos principales del contactor pueden permanecer cerrados durante un tiempo suficiente para alcanzar el equilibrio térmico, pero que no sobrepase las 8 horas sin interrupción. Al final de este período de tiempo, el contactor debe efectuar, por lo menos, una desconexión en carga.
- c. Servicio temporal. Los contactos principales del contactor pueden permanecer cerrados (estando recorridos por la corriente de servicio) durante un tiempo insuficiente para que el circuito principal alcance el equilibrio térmico, pero permanecen en reposo un tiempo suficiente para que el circuito principal se enfríe hasta adquirir la temperatura ambiente. En servicio temporal se consideran Valores normales (VDE) los de 10, 30, 60 y 90 minutos.
- d. Servicio intermitente. Este servicio presenta períodos de trabajo y de reposo, de duración constante y definida, es decir, ciclos de trabajo iguales compuesto cada uno de ellos por un tiempo de conexión y un tiempo de desconexión, siendo insuficiente la duración de cada tiempo para que el circuito principal alcance el equilibrio térmico.

**Tabla X. Duración real de un contactor para las distintas clases de servicio**

Numero de maniobras por hora		30	120	300	600	1200
Duración de los contactos	Horas	33300	8250	3300	1650	825
	Días	3300	825	330	165	82
	Meses	165	41	16	8	4

Fuente: [www. tiempodevidacontactor.com](http://www.tiempodevidacontactor.com)

#### 1.1.3.1.2 Fusible

Este es el dispositivo más simple de protección del motor contra sobreintensidades. Los fusibles están divididos en dos grandes grupos: fusibles de baja tensión (600 V o menos) y fusibles de alta tensión (mas de 600 V). Por regla general, los fusibles protegen contra los cortocircuitos más bien que contra las sobrecargas.

Se han efectuado ensayos para mejorar las características del fusible en las aplicaciones a los motores de forma que, con valores nominales inferiores, permitan protecciones contra sobrecargas y de cortocircuitos.

Un tipo de fusible llamado fusible temporizado, que existe en los tipos de cuchillas, cartucho y tapón, proporciona un gran retardo en el caso de sobrecargas momentáneas o sostenidas antes de desconectar el circuito.

Estos fusibles contienen dos elementos en serie (o paralelo):

- ❖ Un elemento fusible estándar para la protección de cortocircuitos (25 a 50 veces la corriente nominal)

- ❖ Una disposición contra sobrecarga, o interruptor térmico de hasta cinco veces la corriente nominal que proporciona una característica de retardo de tiempo inverso.

Por encima de 600V se emplean fusibles especiales de alta tensión que incluyen varios órganos para extinguir el arco que se podría mantener, particularmente a alta tensión, cuando el elemento fusible se vaporiza a causa de la corriente excesiva.

#### **1.1.3.1.3 Relé diferencial**

Como el principio de inducción funciona por medio de un equilibrio de la f.m.m y de la corriente en las bobinas principales y en cuadratura del relé, este principio puede emplearse para detectar ligeros desequilibrios en los circuitos de c.a. Las dos bobinas principales inferiores son una bobina de suma y una diferencia, respectivamente, a la vez que las bobinas en cuadratura superiores también son una bobina de suma y una de diferencia.

La corriente en las bobinas de suma se compensa con la corriente de las bobinas de diferencia. Si las corrientes son equilibradas e iguales, no se produce ningún campo resultante y el disco no girara.

El relé diferencial funciona como un relé para cada fase y esta conectado para detectar solo un desequilibrio en el interior de la misma máquina, en vez de detectar un desequilibrio de la corriente de la línea o del sistema.

#### **1.1.3.1.4 Guardamotor**

Es un dispositivo que permite reunir todas las necesidades de un arranque directo en un solo aparato.

El mismo es básicamente un interruptor automático cuya característica de disparo es exactamente igual a la del relé térmico. Puede incluir el disparo por falta de fase, la compensación de temperatura ambiente y un disparo magnético ajustado para proteger adecuadamente al térmico. Por eso el guardamotor, dentro de ciertos límites, reemplaza al conjunto (contactor más térmico más fusibles).

Si bien logra reunir en un solo aparato las cualidades de tres, con las consecuentes ventajas de espacio, tiempo de armado y cableado, tiene una limitada capacidad de ruptura, que le impide ser colocado en cualquier instalación. Sin embargo, para instalaciones domiciliarias, inclusive edificios, el guardamotor satisface todos los requerimientos.

Por su parte, su condición de interruptor le da una reducida vida útil con una limitada frecuencia de maniobras. Su accionamiento es manual, por lo que es necesario accionarlo de frente. Por ello, son muy limitadas las posibilidades de realizar automatismos con el mismo.

Para evitar la destrucción de alguno de los elementos de la instalación se puede efectuar una combinación de dispositivos para aprovechar las bondades de cada uno de ellos. Estas combinaciones sólo son factibles con algunos guardamotors, ya que éstos tienen la propiedad de limitar las corrientes de cortocircuito, protegiendo de esta manera al contactor.

#### **1.1.3.1.5 Relé térmico**

Este tipo de relé puede ser utilizado en circuitos de corriente continua y con una modificación auxiliar, en circuitos de corriente alterna. Los contactos fijos están normalmente cerrados cuando el relé magnético de sobrecargas no está excitado.

Con la corriente nominal o algo inferior, la presión del resorte es suficiente para impedir el movimiento de la armadura. Cuando la corriente alcanza o excede una sobrecarga particular (digamos el 125 por ciento de la carga nominal), se crea la fuerza magnetomotriz suficiente para producir el movimiento de la armadura y la apertura de los contactos normalmente cerrados con lo que se conecta el motor.

#### **1.1.3.1.6 Protección contra baja tensión**

Éste es el efecto de un dispositivo que puede funcionar con la reducción o falla de voltaje para causar y mantener la interrupción de la energía eléctrica hacia el circuito principal

Si el voltaje de línea cae hasta un valor bajo o falla del todo, el contactor de la línea principal se abrirá y permanecerá abierto deteniendo el motor. Para volver arrancar, es necesario oprimir el botón de arranque (start). Siempre se debe de usar este tipo de control en donde si un motor vuelve a arrancar en forma inesperada, después de que la falla de voltaje, puede ser peligroso para los trabajadores o el equipo.

#### **1.1.3.1.7 Protección contra pérdida de fase**

Este es el efecto de un dispositivo, que puede funcionar con la falla de energía en uno de los conductores de un circuito polifásico, para causar y mantener la interrupción de la energía en todos los conductores del circuito.

### 1.1.4 Tableros

Estos normalmente van colocados en subestaciones o cuartos destinados exclusivamente a la colocación de centros de carga y medición.

Estos generalmente son construidos según especificaciones del cliente, por lo que para su diseño deben de tomar en cuenta los siguientes criterios.

- ❖ Holgura adecuada entre las barras o partes vivas del tablero y la tapadera del mismo.
- ❖ Adecuada sección transversal de las barras para poder conducir la corriente demandada por la carga.
- ❖ Soportes y aisladores lo suficientemente robustos para soportar posibles corrientes de cortocircuito

**Tabla XI. Características del tablero principal, del S-1**

TABLERO PRINCIPAL 1Φ, 220 V	
<i><b>ENTRADA</b></i>	
2	Cables 250 MCM TW (negros)
2	Cables 4/0 de tierra (desnudos)
	<b>Nota:</b> los cables 250 MCM entran a un flip-on de 400 A, tienen un puente entre dos fases (acometida 1Φ, 220 V)
<i><b>SALIDA</b></i>	
3	Cables 3/0 (negros)
2	Cables 3/0 de tierra (desnudos)
	* Un cable desnudo es empalmado para los niveles 2 y 3, (el cual salen dos uno para cada nivel), y el otro directamente hacia el tablero del primer nivel. ** Para los niveles 1, 2 y 3.
3	flipones 200 A, 40 C, 240 V, (3X200), (uno para cada nivel)

**Tabla XII. Características del tablero principal del M-5**

TABLERO PRINCIPAL 3Φ, 208 V	
<b>ENTRADA</b>	
3	Cables 350 MCM THW
3	Cables 4/0 neutro (desnudo)
	Cables No. 2 tierra (desnudo)
<b>Nota:</b> los cables 350 MCM entran a un flip-on de 3X300 A	
<b>SALIDA</b>	
3	Cables 2/0 (vivos)
	Cables No. 2 TW de tierra (desnudos)
3	flipones 125 A, 208 V, (3X125), (uno para cada nivel)

#### 1.1.4.1 Tableros de circuitos derivados

El tablero eléctrico se conoce como gabinete metálico con un circuito de alimentación mediante barras que contiene los elementos necesarios para la distribución de energía eléctrica a varios circuitos derivados.

En centro de carga compacto o tablero de marco metálico se selecciona tomando en cuenta las siguientes características.

- ❖ Servicio monofásico o trifásico
- ❖ Si se desea o no interruptor general
- ❖ Capacidad de las barras
- ❖ Cantidad de polos, se tiene como un máximo de 14 polos por fase o sea 42 polos por tablero (en tableros de tres fases)
- ❖ Si se utilizara neutro sólido o neutro aislado
- ❖ Si será de alimentación superior o inferior, dependiendo del tipo de acometida que se tenga

- ❖ El tipo de caja dependiendo del ambiente de la zona donde se encontrará instalado

#### 1.1.4.2 Condición actual

Las condiciones en las que se encuentran los tableros en los edificios, S-1 y M-5 son bastante malas, debido al tiempo de operación que tienen, ya que están incompletas, por ejemplo, sin tapaderas, oxidadas etc.

**Tabla XIII. Tablero de distribución primer nivel S-1**

Ambiente	No. Circuito	Calibre del conductor		Protección (flip-on)	
		Iluminación	Fuerza	Iluminación	Fuerza
Baños	1	12		1X20	
	2	12		1X20	
	3	12		1X20	
Biblioteca	4	12	10	1X20	2X30
Biblioteca y centro de computo	5	12	12	1X20	1X20
Salón 101	6	12	12	1X20	1X20
Salón 107	7	12		1X20	
Escenario auditorium	8	12		1X20	1X20
Salón 109	9	12		1X20	1X20
Auditorium	10	12		1X20	1X20
	11	12		1X20	1X20
Corredor	12	12		1X20	1X20
Corredor	13	12		1X20	1X20
Audiovisuales	14		12		1X20
	15		12		
Corredor	16		12		1X20
	17		12		1X20
	18		12		1X20
	19		10		1X20
Biblioteca	20		10		2X30
Extractor olores	21		12		2X20
Extractor olores	22		12		2X20

**Tabla XIV. Tablero de distribución segundo nivel S-1**

Ambiente	No. Circuito	Calibre del conductor		Protección (flip-on)	
		Iluminación	Fuerza	Iluminación	Fuerza
Coordinación área básicas área T.S.	1	12	10	1X20	1X20
Baños docentes de Historia	2	12		1X20	
Reproducción	3	12		1X20	
Cocina y secret admt Esc. T.S. (hist, dir)	4	12	10	1X20	1X20
Secretaria T.S.	5	12		1X20	
Almacén de historia y T.S.	6	12		1X20	
Planificación académica	7	12	10	1X20	1X20
Salón 213	8	12	10	1X20	1X20
Instituto de investigación	9	12	10	1X20	1X20
Postgrado y E.P.S.	10	12	10	1X20	1X20
T.S. grupos y T.S.	11	12		1X20	
Salón 207	12	12	10	1X20	1X20
Salón 206	13	12	10	1X20	2X20
Cubículo historia Lic. Rodríguez	14	12		1X20	
Docentes T.S. cubículo 16 y depto ext cubículo 17	15	12	10	1X20	1X20
Teso, secret acad y coordinador de área especializada	16	12	10	1X20	1X20
Cubículo (área básica), Esc. T.S.	17	12		1X20	
Sala prof, cubículo de servicio y corredor área de gradas	18	12	10	1X20	1X20
Baños de hombres y mujeres	19	12		1X20	
corredor	20	12		1X20	
Reproducción de materiales	21		10		1X20
Fotocopiadoras y oasis en secretaria T.S.	23		10		1X20
Departamento practica introductoria	24		10		1X20

## 1.2 Análisis de redes

La calidad de energía con que cuentan los edificios M-5 y S-1, se realizó un análisis de los factores eléctricos más relevantes en este aspecto.

Se llevó a cabo con equipo de medición de calidad de energía (modelo 3945), proporcionado por la Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA), el cual fue conectado 7 días en la red eléctrica interna del edificio. Las gráficas de los parámetros medidos pueden observarse en el apéndice A.

**Figura 1. Analizador de calidad de energía modelo 3945 (*power pad*)**



Fuente. Manual Power Pad modelo 3945

### 1.2.1 Corriente

El flujo continuo de electrones en un conductor es denominada corriente eléctrica o simplemente corriente, tal movimiento de electrones se presenta cuando un conductor (cable) se conecta a dos puntos de potencial diferente.

En el edificio S-1, la corriente se eleva de las trece horas a las veinte horas, debido a que todas las cargas entran en funcionamiento, en dicho período. En el edificio M-5, el incremento ocurre entre las dieciséis y veinte horas, dichos datos pueden ser consultados en el apéndice C.

## 1.2.2 Voltaje

Es la señal de cuanta energía se encuentra involucrada en el movimiento de la carga entre dos puntos de un sistema eléctrico.

Las tolerancias admitidas en la desviación porcentual, respecto de las tensiones nominales en los puntos de entrega de energía eléctrica, serán las indicadas en cada una de las Etapas de Transición y Régimen, de la siguiente tabla:

**Tabla XV. Tolerancias admisibles de la tensión**

TENSIÓN	TOLERANCIA ADMISIBLE RESPECTO DEL VALOR NOMINAL, EN %					
	ETAPA					
	TRANSICIÓN		RÉGIMEN A partir del mes 1 hasta el 12		RÉGIMEN A partir del mes 13	
	SERVICIO URBANO	SERVICIO RURAL	SERVICIO URBANO	SERVICIO RURAL	SERVICIO URBANO	SERVICIO RURAL
BAJA	12	15	10	12	8	10
MEDIA	10	13	8	10	6	7
ALTA	7		6		5	

Fuente: Normas Técnicas de Servicio de Distribución NTSD

Para el edificio M-5, tenemos para las líneas 1, 2 y 3, los siguientes rangos de voltajes, 117.3-122.6, 116.9-121.6 y 119.5-122.9 respectivamente. Y para las líneas 1 y 2 del edificio S-1 tenemos los rangos de voltajes, 117.8-122.5 y 117.3-122.9 respectivamente, de lo cual podemos observar que los rangos están por debajo y encima del voltaje pero de acuerdo con el reglamento de la NEC están dentro del rango de más y menos del tres por ciento el muestreo puede ser consultado en el apéndice C.

### **1.2.3 Factor de potencia**

Se denomina factor de potencia al cociente entre la potencia activa y la potencia aparente, que es coincidente con el coseno del ángulo entre la tensión y la corriente cuando la forma de onda es sinusoidal pura.

Las normas técnicas del servicio de distribución (NTSD), en su capítulo III, Artículo 49 establece que el factor de potencia sea para

Usuarios con potencia de hasta 11 Kw    0.85

Usuarios con potencia superiores a 11 Kw 0.90

Para el edificio S-1, las mediciones en ambas líneas indicaron un promedio de 0.98 en las horas pico y en el resto del tiempo 0.92. En lo que concierne al M-5, podemos observar que se mantienen en las tres líneas los mismos promedios de 0.916 en las horas pico y en el resto de tiempo 0.903

Por tanto determinamos que ambos cumplen con las normas técnicas de servicio de distribución NTSD. El muestreo puede ser consultado en el apéndice C.

### **1.2.4 Potencia**

#### **1.2.4.1 Potencia activa**

Es la que se aprovecha como potencia útil en el eje del motor, la que se transforma en calor, etc. Es la potencia realmente consumida por el cliente y por lo tanto paga por el uso de la misma.

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \quad (1.1)$$

El consumo de potencia entre las 13:00 y 20:30 horas, en el edificio S-1, en la línea uno, es aproximadamente de 31KW, en el resto del día se tiene un promedio de 10KW, en la línea dos se tiene un promedio de 13KW, y en el resto del día un promedio de 7.5KW. Para el edificio M-5 en los mismos horarios tomados para el S-1 se tiene un promedio de 3KW y en el resto del día con un promedio de 0.5KW, en algunos lapsos el consumo fue de 0KW durante la semana de medición. Consultar los datos en el apéndice C.

#### 1.2.4.2 Potencia Reactiva

Es la potencia que los campos magnéticos rotantes de los motores o balastos de iluminación intercambian con la red eléctrica sin significar un consumo de potencia útil o activa.

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Sen}\phi \quad (1.2)$$

En el edificio S-1 el comportamiento de la potencia reactiva en las dos líneas es distinto, por tanto, la carga conectada en ambas líneas son distintas en características, en la línea uno entre las 12:00AM y 6:00AM se mantiene en 0.9KVAR, entre las 6:00 y 11:30AM se mantiene oscilando entre 0-0.125KVAR y entre las 11:30 y 12:00 AM se mantiene en promedio 1.95KVAR. Para el M-5, la potencia reactiva en las tres líneas se comporta de la siguiente manera, para la línea uno entre 12:00AM y 6:00AM se mantiene en 0.85KVAR, entre las 6:00AM y 8:00PM se mantiene aproximadamente en 10KVAR y entre las 8:00PM y 12:00 AM se mantiene oscilando. Los datos pueden ser consultados en el apéndice C.

### 1.2.4.3 Potencia aparente

Es la potencia que determina la prestación en corriente de un transformador y resulta de considerar la tensión aplicada al consumo por la corriente que éste demanda.

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \quad (1.3)$$

La potencia aparente del edificio M-5, se comporta de la siguiente manera, en la línea uno, de 12:00 y 5:00AM su promedio es 0.95KVA, en la línea dos, de 6:40AM y 2:00PM su promedio es 1.2KVA, de 2:00 y 4:00PM se mantiene en 0KVA, de 4:00 y 8:50PM su promedio es 5KVA y de 8:50PM y 6:40AM esta en 0KVA. Para el edificio S-1, en la línea uno, de 12:00 y 6:00AM su promedio es 0.9KVA, entre las 6:00 y 11:30AM se mantiene oscilando entre 0 y 0.125KVA. Para la línea dos, entre las 11:00AM y 6:30AM tiene un promedio de 0.78KVA, entre las 6:30 y 11:30AM oscila entre 0 y 0.09KVA.

### 1.2.5 Factor K

Un número basado en el contenido de armónico de corriente de carga que determina la carga máxima segura sobre una fuente de potencia. El factor K para los edificios M-5 y S-1, se obtuvieron los siguientes promedios durante la medición, la línea uno entre las 8:00 y 18:00 horas K=1, y entre las 18:00 y 8:00 horas K=1.11. Para la línea dos, entre las 20:30 y 6:30, K=1, entre las 6:30 y 14:30, K=1.17, entre las 14:30 y 16:00h, K=1 y entre las 16:00 y 20:30h, K=1.31. Para la línea uno, entre las 12:00 y 6:00h, K=4.32, entre las 6:00 y 11:30h, K=1.86, y entre las 11:30 y 24:00h, K=4.08, respectivamente. El muestreo puede referirse al apéndice C.

## 1.2.6 Análisis de armónicos

Una perturbación inadecuada en la red de distribución de energía eléctrica es ocasionada por los armónicos, lo cual, estas causan sobrecalentamiento en conductores, transformadores, motores, disparo de interruptores automáticos y mal funcionamiento en equipo electrónico.

### 1.2.6.1 Distorsión Armónica THDV

La NTSD da un máximo permisible, una tolerancia del 8% para la distorsión armónica total de tensión, además considera que la energía eléctrica es de mala calidad cuando, en un tiempo mayor al 5% del correspondiente periodo de medición.

**Tabla XVI. Tolerancias para la distorsión armónica de tensión**

ORDEN DE LA ARMÓNICA (n)	DISTORSIÓN ARMÓNICA INDIVIDUAL, DE TENSIÓN DAIT (%)	
	BAJA Y MEDIA TENSIÓN V < 60 KV	ALTA TENSIÓN 60 KV < V < 230Kv
IMPARES NO MÚLTIPLES DE 3		
5	6	2
7	5	2
11	3.5	1.5
13	3	1.5
17	2	1
19	1.5	1
23	1.5	0.7
25	1.5	0.7
> 25	$0.2 + 1.3 \cdot 25/n$	$0.1 + 0.6 \cdot 25/n$
IMPARES MÚLTIPLOS DE 3		
3	5	2
9	1.5	1
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
> 21	0.2	0.2
PARES		
2	2	2
4	1	1
6	0.5	0.5
8	0.5	0.4
10	0.5	0.4
12	0.2	0.2
> 12	0.2	0.2
DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE TENSIÓN DAAT, EN %	8	3

Fuente: Normas Técnicas de Servicio de Distribución NTSD

De las tablas de las mediciones de armónicos para los edificios S-1 y M-5, se puede observar, que en ninguno de los dos casos fue excedido el rango de tolerancia para la distorsión armónica total de tensión, que establecen las normas el cual se puede determinar que la instalación eléctrica en ambos edificios no presentan problemas.

### 1.2.6.2 Distorsión armónica THDI

Las normas técnicas de servicio de distribución NTSD da un máximo permisible, una tolerancia del 12% para la distorsión armónica total de corriente, además considera que la energía eléctrica es de mala calidad cuando, en un tiempo mayor al 5% del correspondiente periodo de medición.

**Tabla XVII. Tolerancia para la distorsión armónica de corriente**

ORDEN DE LA ARMÓNICA (n)	P ≤ 10 kW V ≤ 1kV	P > 10Kw 1kV < V ≤ 60kV	P > 50kW v > 60kV
	INTENSIDAD ARMONICA MAXIMA (AMP)	DISTORSION ARMONICA INDIVIDUAL DE CORRIENTE DAII, EN %	
<b>IMPARES NO MULTIPLOS DE 3</b>			
5	2.28	12.0	6.0
7	1.54	8.5	5.1
11	0.66	4.3	2.9
13	0.42	3.0	2.2
17	0.26	2.7	1.8
19	0.24	1.9	1.7
23	0.20	1.6	1.1
25	0.18	1.6	1.1
> 25	4.5/n	0.2 + 0.8*25/n	0.4
<b>IMPARES MULTIPLOS DE 3</b>			
3	4.60	16.6	7.5
9	0.80	2.2	2.2
15	0.30	0.6	0.8
21	0.21	0.4	0.4
> 21	4.5/n	0.3	0.4
<b>PARES</b>			
2	2.16	10.0	10.0
4	0.86	2.5	3.8
6	0.60	1.0	1.5
8	0.46	0.8	0.5
10	0.37	0.8	0.5
12	0.31	0.4	0.5
> 12	3.68/n	0.3	0.5
<b>DISTORSION ARMONICA TOTAL DE CORRIENTE DATI, EN %</b>	--	20	12

Fuente: Normas Técnicas de Servicio de Distribución NTSD

De las tablas de las mediciones de armónicos para los edificios S-1 y M-5, se puede observar, que en ninguno de los dos casos fue excedido el rango de tolerancia para la distorsión armónica total de corriente, que establecen las normas el cual se puede determinar que la instalación eléctrica en ambos edificios, ninguna presenta problema alguno. Los datos del muestreo de la distorsión armónica total de voltaje y de corriente pueden ser verificados en el apéndice C,

### **1.2.7 Desbalances**

Muchos sistemas presentan una condición de desbalanceo debido a la carga desigual en una fase particular. Esto ocurre frecuentemente cuando la expansión eléctrica se hace sin tomar en cuenta la igualdad de distribución entre las fases de las cargas o por la existencia de muchas cargas no lineales en el mismo sistema.

El desbalance de voltaje en estado estable producido por la distribución inadecuada de cargas monofásicas en el sistema trifásico o por la apertura de una fase, que origina componentes de secuencia positiva, secuencia negativa y secuencia cero. De modo similar o como sucede por los efectos de los armónicos, las componentes de secuencia cero debidas al desbalance de voltajes circulan por el conductor neutro.

La NTSD en su capítulo III Artículo 27, se refiere al índice para evaluar el Desbalance de Tensión en servicios trifásicos, se determina sobre la base de comparación de los valores eficaces (RMS) de tensión de cada fase, medidos en el punto de entrega y registrados en cada Intervalo de Medición (k). Este índice está expresado como un porcentaje:

$$\Delta DTD = 3 \left( \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_a + V_b + V_c} \right) * 100 \% \quad (1.4)$$

Donde:

$\Delta DTD$ : porcentaje de desbalance de tensión por parte del distribuidor.

$V_{\max}$ : es la tensión máxima de cualquiera de las fases, registrada en el intervalo de medición k.

$V_{\min}$ : es la tensión mínima de cualquiera de las fases, registrada en el intervalo de medición k.

$V_a$ : es la tensión de la fase a, registrada en el intervalo de medición k.

$V_b$ : es la tensión de la fase b, registrada en el intervalo de medición k.

$V_c$ : es la tensión de la fase c, registrada en el intervalo de medición k.

En el edificio M-5, no ocurre desbalances en las líneas de la red eléctrica interna, ya que la medición realizada sobre el desbalance de tensión nos indica cero cuyo porcentaje esta contemplado dentro de las normas establecidas, tal caso es el mismo para el edificio S-1. Los datos pueden ser verificados en el apéndice C.

La NTSD en el Artículo 28, hace referencia de la tolerancia admitida sobre el desbalance de tensión, de acuerdo a la tabla siguiente.

**Tabla XVIII. Tolerancia admisible del desbalance de tensión**

TENSIÓN	DESBALANCE DE TENSIÓN, $\Delta$ DTD, EN %
	ETAPA DE RÉGIMEN A partir del mes 13
BAJA Y MEDIA	3
ALTA	1

Fuente: Normas Técnicas de Servicio de Distribución NTSD

### **1.3 Iluminación**

Un sistema de iluminación debe de tener un alto grado de eficacia, al producir la luz, de tal manera que produzca la cantidad necesaria de lúmenes (flujo luminoso). El sistema de iluminación interior y exterior de los edificios M-5 y S-1, su estado actual fue determinado de la siguiente manera.

#### **1.3.1 Revisión visual**

La inspección visual realizada en los edificio S-1 y M-5, nos permitió determinar el estado en el que se encuentra actualmente el sistema de iluminación en cada ambiente del edificio, las luminarias están pegadas al techo, aproximadamente un 80% de las lámparas en funcionamiento el resto están en mal estado, el nivel de iluminación puede considerarse bueno, tanto en los salones, como en las oficinas. Algunos salones de clases, cuenta con un numero de lámparas tales como seis, nueve, doce y quince lámparas al igual que en algunas oficinas. Todos los pasillos cuentan con lámparas distribuidas una tras de otra la mayor parte en funcionamiento.

### 1.3.2 Textura y color de techo, piso y paredes

El edificio M-5 actualmente sus paredes cuentan con un color blanco en ambos niveles, el techo es gris y el piso es color gris. El edificio S-1 en todos los niveles, sus paredes están pintadas de color verde semiclaro, el piso es de color gris y el techo es gris.

### 1.3.3 Medición de Luxes

El nivel de iluminación fue determinado por medio de un luxometro, proporcionado por el departamento de física de la facultad de ingeniería, con el cual se determinó el nivel de iluminación con que cuenta cada ambiente de los edificios M-5 y S-1 cuyos resultados se reflejan en la siguiente tabla.

**Tabla XIX. Medición del nivel de iluminación en luxes, primer nivel del M-5**

ambiente	Luxes = 1 pie-candela	pie-candela	Luxes
Salón 111	10.76	16	172.16
Salón 110	10.76	15.5	166.78
Salones 108	10.76	15.5	166.78
Salones 109	10.76	18	193.68
Salón 107	10.76	14.3	153.868
Salón 106	10.76	18.25	196.37
Auditorium	10.76	19	204.44
Biblioteca	10.76	15.7	168.932
Gradas I	10.76	10	107.6
Gradas II	10.76	8	86.08
Pasillo 1	10.76	9	96.84
Pasillo 2	10.76	11	118.36
Pasillos 3 y 4	10.76	12	129.12
Pasillos 5 y 6	10.76	26.25	282.45
Pasillo 7	10.76	12.7	136.652
Pasillo 8	10.76	14	150.64

**Tabla XX. Medición del nivel de iluminación en luxes del segundo nivel (M-5)**

Ambiente	Luxes = 1 pie-candela	Pie-candela	Luxes
Salón 202 y 210	10.76	16	172.16
Salón 209	10.76	22	236.72
Salón 203	10.76	21	225.96
Salón 216	10.76	23	247.48
Salón 217	10.76	22	236.72
Salón 205 y 207	10.76	21	225.96
Salón 204	10.76	21.5	231.34
Salón 214 y 215	10.76	23	247.48
Salón 220 y 221	10.76	19	204.44
Esc. CC. Políticas	10.76	25	269
Reproducción	10.76	13	139.88
Salón 212	10.76	15	161.4
Caja	10.76	22.33	240.2708
Salón 219	10.76	25	269
Pasillo 1	10.76	14.5	156.02
Pasillo 2	10.76	15.75	169.47
Pasillo 3 y 4	10.76	13.8	148.488
Pasillo 5	10.76	20.3	218.428
Pasillo 6 y 7	10.76	8	86.08

**Tabla XXI. Medición del nivel de iluminación en luxes, primer nivel del S-1**

Ambiente	Luxes equivalentes a 1 pie-candela	Pie-candela	Luxes
Salón 101 y 109	10.76	22	236.72
Salón dibujo II	10.76	28	301.28
Control acad. Centro computo	10.76	18	193.68
Biblioteca	10.76	31	333.56
Baños hombres	10.76	14	150.64
Baños mujeres	10.76	15	161.4
Pasillos 1 y 2	10.76	13.7	147.412
Pasillos 3 y 4	10.76	11.7	125.892
Pasillo 5	10.76	21	225.96
Pasillo 6	10.76	17	182.92
Pasillo 7	10.76	12.5	134.5
Pasillo 8	10.76	11.7	125.892
Gradas I	10.76	17	182.92
Gradas II	10.76	18	193.68

**Tabla XXII. Medición del nivel de iluminación en luxes, segundo nivel, S-1**

Ambiente	Luxes equivalentes a 1 pie-candela	Pie-candela	Luxes
Salones 207, 213 y 216	10.76	24	258.24
Plan academi y practica intro	10.76	15	161.4
Salón 208 al 211	10.76	20.5	220.58
Instituto investigación	10.76	23	247.48
Cubículos	10.76	17.5	188.3
Esc. Trabajo social	10.76	34	365.84
Esc. Historia	10.76	36	387.36
Reproducción 1	10.76	22	236.72
Reproducción 2	10.76	21	225.96
Salón 202	10.76	34	365.84
Salón 206	10.76	28	301.28
Pasillos 1 y 2	10.76	13.7	147.412
Pasillos 3 y 4	10.76	14	150.64
Pasillos 5 y 6	10.76	12.5	134.5
Pasillo 7	10.76	19	204.44
Gradas I	10.76	15	161.4
Gradas II	10.76	16	172.16

**Tabla XXIII. Medición del nivel de iluminación en luxes, tercer nivel del S-1**

Ambiente	Luxes equivalentes a 1 pie-candela	Pie-candela	Luxes
Salones 303, 310, 313	10.76	24	258.24
Salón 320	10.76	24	258.24
Salones 301, 302, 311	10.76	15	161.4
Salones 314 al 319	10.76	20.5	220.58
Salones 304, 309	10.76	20.5	220.58
Baños de hombres	10.76	24	258.24
Baños de mujeres	10.76	31	333.56
Pasillos 1 y 2	10.76	14.7	158.172
Pasillos 3 y 4	10.76	14	150.64
Pasillos 5 y 6	10.76	18.7	201.212
Pasillo 7	10.76	19	204.44

### 1.3.4 Características de las luminarias

Los edificios M-5 y S-1 cuentan con lámparas instaladas en los ambientes interiores, tales como, auditorium, salones de clases, oficinas, bibliotecas, áreas de servicio y servicios sanitarios, luminarias con dos lámparas fluorescentes de 40 watts sin pantalla difusora y algunas oficinas cuentan con luminarias de 4 lámparas de 40 watts con pantalla difusora y lo que concierne a los pasillos cuentan con luminarias de una lampara de 40 watts.

## 1.4 Motores eléctricos

### 1.4.1 Pruebas de aislamiento

Esta es realizada para la comprobación, del estado en el que se encuentra el devanado del motor y si su resistencia esta dentro los rangos normados. La resistencia de aislamiento varía muy poco con la capacidad. Los motores con todas las capacidades de potencia, voltaje y fase tienen valores similares en la resistencia de aislamiento.

**Tabla XXIV. Valores de resistencia de aislamiento para motores.**

Condición del motor y líneas	Valor en ohms	Valor en Megohms
Motor nuevo (con conector)	20,000,000 (o mas)	20 (o mas)
Motor usado que puede se reinstalado	10,000,000 (o mas)	10 (o mas)
Motor en pozo. Las lecturas son para el cable sumergible y el motor		
Motor nuevo	2,000,000 (o mas)	2 (o mas)
Motor en buenas condiciones	500,000-2,000,000	.5-2
Daño en el aislamiento, localizar y reparar	menos de 500,000	menos de .5

Fuente: [www.motoreselectricos.com](http://www.motoreselectricos.com)



## 2. ANÁLISIS TEÓRICO DE UNA NUEVA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

### 2.1 Cálculo de conductores

Los factores que deben de considerarse en el cálculo de las líneas de corriente alterna monofásica son los siguientes:

Para la determinación de la sección del conductor eléctrico, debe tomarse en cuenta los siguientes criterios: caída de tensión o regulación y análisis económico.

Los criterios para definir la sección transversal del conductor, deben cumplir con los requisitos necesarios para obtener un sistema confiable y económico, evitando el sobre dimensionamiento, el cual es antieconómico.

#### 2.1.1 Método por caída de tensión.

Se debe de considerar una caída de tensión que no exceda el 5% en los conductores eléctricos. La caída de tensión máxima estipulada por las normas es: 2% circuito principal o acometida y 3% para el circuito derivado.

La caída de tensión en un conductor de resistencia R, que conduce una corriente I es:

$$U_p = R \times I \quad (2.1)$$

Donde:

$U_p$ : caída de voltaje en (V)

R: resistencia del conductor en ohmio ( $\Omega$ )

I: corriente de carga en (A)

La resistencia del conductor eléctrico esta dada por

$$R = \frac{L}{S \times \sigma} \quad (2.2)$$

Donde:

L: longitud del conductor en (m)

$\sigma$ : conductividad

S: sección del conductor en ( $\text{mm}^2$ )

Conductividad del cobre

$$\sigma_{\text{cu}} = 57 \frac{\text{mm}^2}{\Omega \cdot \text{m}}$$

Conductividad del aluminio

$$\sigma_{\text{al}} = 36 \frac{\text{mm}^2}{\Omega \cdot \text{m}}$$

La expresión final para determinar la sección del conductor en términos de  $U_p$  es:

$$S = \frac{L \times I}{\sigma \times u_p} \quad (2.3)$$

En el caso de una línea con varias cargas la expresión del conductor será.

$$S = \frac{\sum L \times I}{\sigma \times u_p} \quad (2.4)$$

Donde:

$u_p$ : caída de tensión

$\sigma$ : conductividad

L: 2d para circuitos monofásicos

L:  $\sqrt{3}d$  para circuitos trifásicos

I: corriente de carga

La caída de tensión en tanto por ciento es:

$$u_p = \frac{u \times U}{100} \quad (2.5)$$

Donde:

u: porcentaje de la caída de tensión

U: voltaje nominal

Para el cálculo de la caída de tensión en función de la potencia se tiene la siguiente expresión:

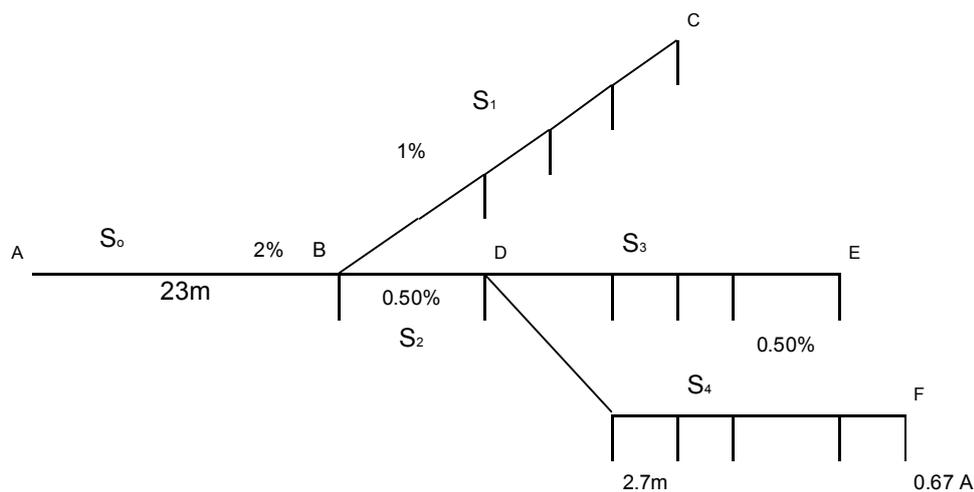
$$u_p = \frac{2}{S_{cu} \times V^2} \sum_{j=T}^{j=n-1} L \times P \quad (2.6)$$

Ejemplo 1: calcular la sección del conductor para la iluminación del salón 109, del primer nivel del edificio S -1.

En este salón se tiene:

- ❖ 15 lámparas fluorescentes de 2x40 watts
- ❖ Voltaje 120 V
- ❖ Caída de tensión 3%
- ❖ Distancia entre lámparas 2.7m
- ❖ Corriente de la lámpara 0.67 A

Figura 5. Ramificaciones de la distribución de la carga, para el salón 109



Encontrando la corriente en el punto B:

$$I_B = I_{CB} + I_D$$

$$I_b = 0.67 + 0.67 + 0.67 + 0.67 + 0.67 + 0.67 + 0.67 + 0.67 + 0.67 + 0.67$$

$$I_b = 6.7 \text{ A}$$

$$I_{CB} = 0.67 + 0.67 + 0.67 + 0.67 + 0.67 = 3.35 \text{ A}$$

$$I_B = 3.35 + 6.7 = 10.05 \text{ A}$$

De la ecuación 2.5 tenemos que  $u_{p0}$  es:

$$u_{p0} = \frac{2 \times 120}{100} = 2.4 \text{ V}$$

Para el tramo AC, sustituyendo valores en la ecuación 2.3 tenemos:

$$S_o = \frac{2 \times 23 \times 10.05}{57 \times 2.4} = 3.38 \text{ mm}^2$$

De la ecuación 2.5 la caída de tensión entre B y C es:

$$u_{p1} = \frac{1 \times 120}{100} = 1.2 \text{ V}$$

Por tanto, sustituyendo valores en la ecuación 2.4 tenemos:

$$S_i = \frac{2}{57 \times 1.2} (2.7 \times 0.67 + 5.4 \times 0.67 + 8.1 \times 0.67 + 10.8 \times 0.67) = 0.53 \text{ mm}^2$$

De la ecuación 2.5, la caída de tensión entre B y D, D y E, D y F es:

$$u_{p_2} = \frac{0.5 \times 120}{100} = 0.6V$$

Por tanto,

$$S_2 = \frac{2 \times 2.7 \times 6.7}{57 \times 1.2} = 1.06 \text{mm}^2$$

$$S_3 = \frac{2}{57 \times 0.6} (2.7 \times 0.67 + 5.4 \times 0.67 + 8.1 \times 0.67 + 10.8 \times 0.67) = 1.06 \text{mm}^2$$

$$S_4 = \frac{2 \times 0.67}{57 \times 0.6} (2.7 + 5.4 + 8.1 + 10.8 + 13.5) = 1.58 \text{mm}^2$$

Los calibres de las secciones calculadas según la tabla del anexo, son los siguientes:

S<sub>0</sub>: AWG # 10

S<sub>1</sub>: AWG # 18

S<sub>2</sub>: AWG # 16

S<sub>3</sub>: AWG # 14

S<sub>4</sub>: AWG # 14

El Código Nacional Eléctrico NEC, indica un calibre mínimo No. 12 para circuitos de iluminación.

Ejemplo 2: calcular la sección del conductor, para los tomacorrientes de los salones 207 y 208, del segundo nivel del edificio M -5.

En estos salones se tienen:

- ❖ 6 tomacorrientes uso general
- ❖ Voltaje 120 V
- ❖ Caída de tensión 3%
- ❖ Potencia 180 VA

Calculando la corriente

$$I = \frac{6 \times 180}{120} = 9A$$

De la tabla del anexo obtenemos un calibre # 12

Según la ecuación 2.5, tenemos

$$u_p = \frac{3 \times 120}{100} = 3.6V$$

De la ecuación 2.4, tenemos:

$$u_p = \frac{2 \times 2 \times 180}{3.31 \times 120^2} (3.5 + 2 \times 7 + 3 \times 5 + 4 \times 6 + 5 \times 5 + 6 \times 15) = 2.59 \%$$

La NEC indica un calibre mínimo No. 10, para los circuitos de fuerza.

**Tabla XXV. Cálculo de conductores para iluminación primer nivel del M-5**

Ambiente	Tablero	No. Circuito	L0*10	L1*11	L2*12	L3*13	L4*14	L5*15	L6*16	%e=2	%e=1.5	%e=1	%e=.5	%e=.25	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Biblioteca	1	A	132.7	5.43	10.85	5.43	10.9			2.4		1.2	0.6		1.94	0.16	0.63	0.32	0.63		
Biblioteca	1	B	78.39	5.43	12.66	5.43	16.8			2.4		1.2	0.6		1.15	0.16	0.74	0.32	0.98		
Pasillos 6 y 8, gradas 1, baños 2, bomba de agua	1	C	13.2	1.16	10.56	9.38	6.14			2.4		1.2	0.6		0.19	0.03	0.62	0.55	0.36		
Salón 111	1	D	147.7	5.43	10.88	5.43	10.9			2.4		1.2	0.6		2.16	0.16	0.64	0.32	0.63		
Salón 111	1	E	129.6	5.43	10.88	5.43	10.9			2.4		1.2	0.6		1.89	0.16	0.64	0.32	0.63		
Salones 109 y 110	1	F	217.8	8.97	16.28	5.43	10.9	5.43	10.85	2.4		1.2	0.6	0.3	3.18	0.26	0.95	0.32	1.27	0.63	1.27
Salón 108	1	G	223.1	5.43	10.85	5.43	10.9			2.4		1.2	0.6		3.26	0.16	0.63	0.32	0.63		
Pasillos 2 y 4	1	G'	42.9	2.97	54.45						1.8				0.84	0.06	1.06				
Salón 107	2	H	188.9	5.43	16.1	5.43	10.7	5.43	10.79	2.4		1.2	0.6	0.3	2.76	0.16	0.94	0.32	1.25	0.63	1.26
Salón 106	2	I	107.2	10.7	17.97					2.4		1.2			1.57	0.31	0.53				
Área de servicio 1, baños 1, pasillos 5 y 7	2	J	22.11	8.91	6.468						1.8				0.43	0.17	0.13				
Auditorio, audio, aud2, aud3	2	K	193	5.43	16.16	5.43	10.8	5.43	12.06	2.4		1.2	0.6	0.3	2.82	0.16	0.95	0.32	1.26	0.63	1.41
Auditorio, audio, aud2, aud3	2	L	168.8	5.43	16.16	5.43	10.8	5.43	10.81	2.4		1.2	0.6	0.3	2.47	0.16	0.95	0.32	1.26	0.63	1.26
Auditorio, audio, aud2, aud3	2	M	193	5.43	10.77	5.43	10.8			2.4		1.2	0.6		2.82	0.16	0.63	0.32	0.63		
Pasillos 1 y 3	2	N	42.9	2.97	54.45					2.4	1.8	1.2	0.6	0.3	0.84	0.06	1.06	0	0	0	0

**Tabla XXVI. Cálculo de conductores para iluminación segundo nivel M-5**

Ambiente	Tablero	No. Circuito	L0*10	L1*11	L2*12	L3*13	L4*14	L5*15	L6*16	%e=3	%e=2	%e=1.5	%e=1	%e=.5	%e=.25	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Salones 202 y 203	1	A	218	5.37	14.4	5.37	12	5.37	17.9		2.4		1.2	0.6	0.3	3.2	0.2	0.8	0.3	1.4	0.6	2.1
Salón 201	1	B	102	10.7	16.5						2.4		1.2			1.5	0.3	0.5				
Salón 200	1	C	80.4	10.7	16.5						2.4		1.2	0.6		1.2	0.3	0.5				
Pasillos 5 y 6, baños 4, tableros	1	D	49.7	11.2	13.9							1.8				1	0.2	0.3				
Salón 220 y 221	1	E	192	5.35	14.7	5.35	9.18	5.35	5.35		2.4		1.2	0.6	0.3	2.8	0.2	0.9	0.3	1.1	0.6	0.6
Salón 219	1	F	139	7.37	7.64	6.7	13.4				2.4		1.2	0.6		2	0.2	0.4	0.4	0.8		
Salones 217 y 218	1	G	229	5.35	10.7	5.35	11.6				2.4		1.2	0.6		3.3	0.2	0.6	0.3	0.7		
Salones 215 y 216	1	H	244	5.35	10.7	5.35	11.6				2.4		1.2	0.6		3.6	0.2	0.6	0.3	0.7		
Cubículos 7 al 12	1	I	118							3.6						1.1						
Pasillos 2 y 3	1	J	46.2	5.94	58.5							1.8				0.9	0.1	1.1				
Dir ciencias políticas	2	K	236	10.4	21.4	10.4	14.3	10.4	17.1		2.4		1.2	0.6	0.3	3.4	0.3	1.3	0.6	1.7	1.2	2
Caja, oficina 1, reproducción	2	L	117	10.7	15.4	7.56	29.3				2.4		1.2	0.6		1.7	0.3	0.9	0.4	1.7		
Tableros 2, pasillos 7 y 8, baños 3 y área de servicios	2	M	47	3.35	11.1							1.8				0.9	0.1	0.2				
Salones 209 y 210	2	N	263	5.35	19.6	5.35	14.7	5.35	26.7		2.4		1.2	0.6	0.3	3.8	0.2	1.1	0.6	1.7	0.6	3.1
Salones 207 y 208	2	O	181	5.35	9.67	9.65	9.67	5.35			2.4		1.2	0.6		2.6	0.2	0.3	0.6	0.6	0.3	
Salones 205 y 206	2	P	271	9.67	5.35	9.65	5.35	9.67			2.4		1.2	0.6		4	0.3	0.2	0.6	0.3	0.6	
Salón 204	2	Q	235	5.35	10.9	5.35	10.7				2.4		1.2	0.6		3.4	0.2	0.6	0.3	0.6		
Pasillos 1 y 4	2	R	52.8	6.24	83.9						2.4		1.2			1.5	0.1	1.2				
Cubículos 1 al 6	2	S	110							3.6						1.1						

Tabla XXVII. Cálculo de conductores para iluminación primer nivel del S-1

Ambiente	Tablero	No. Circuito	K	L0*10	L1*11	L2*12	L3*13	L4*14	L5*15	L6*16	pcu	%e=3	%e=2	%e=1	%e=.5	%e=.25	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Salón 101	1	I	2	206	18.1	18.1	18.1	27.1			57	3.6	2.4	1.2	0.6	0.3	3.01	0.53	1.06	1.06	1.59		
Pasillos 5, 8, gradas 2	1	J	2	27.7	0.89	3.47	0.89	1.49			57	3.6	2.4	1.2	0.6	0.3	0.41	0.03	0.2	0.05	0.09		
Dibujo II y Medios Audiovisuales	1	L	2	48.2	5.23	10.9	5.23	13.8			57	3.6	2.4	1.2	0.6	0.3	0.71	0.15	0.63	0.31	0.81		
Auditorium	1	M	2	145	5.23	10.9	5.23	10.7			57	3.6	2.4	1.2	0.6	0.3	2.12	0.15	0.63	0.31	0.62		
Auditorium	1	N	2	181	5.23	10.9	5.23	10.7			57	3.6	2.4	1.2	0.6	0.3	2.64	0.15	0.63	0.31	0.62		
Pasillos 1 y 4	1	O	2	101							57	3.6	2.4	1.2	0.6	0.3	0.98	0	0	0	0		
Salón 109	2	A	2	231	18.1	18.1	18.1	27.1			57	3.6	2.4	1.2	0.6	0.3	3.38	0.53	1.06	1.06	1.59		
Pasillos 6, 7, gradas 1, baños H y M	2	B	2	81	0.99	3.63	2.31	4.29			57	3.6	2.4	1.2	0.6	0.3	1.18	0.03	0.21	0.14	0.25		
Salón dibujo I	2	C	2	115	5.43	12.7	5.43	20			57	3.6	2.4	1.2	0.6	0.3	1.68	0.16	0.74	0.32	1.17		
Control académico	2	D	2	48.2	5427	9.65					57	3.6	2.4	1.2	0.6	0.3	0.71	159	0.56	0	0		
Biblioteca	2	E	2	106	5.43	8.71	5.43	9.85			57	3.6	2.4	1.2	0.6	0.3	1.56	0.16	0.51	0.32	0.58		
Biblioteca	2	F	2	169	5.43	16.3	5.43	10.9	5.43	10.9	57	3.6	2.4	1.2	0.6	0.3	2.47	0.16	0.95	0.32	1.27	0.63	1.27
Centro de cómputo	2	G	2	133	5.43	9.85					57	3.6	2.4	1.2	0.6	0.3	1.94	0.16	0.58	0	0		
Pasillos 2 y 3	2	H	2	101							57	3.6					0.98						

**Tabla XXVIII. Cálculo de conductores para iluminación segundo nivel S-1**

Ambiente	Tablero	No. Circuito	L0'10	L1'11	L2'12	L3'13	L4'14	L5'15	L6'16	L7'17	L8'18	%ge=3	%ge=2	%ge=1	%em=5	%em=25	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Salón 216	1	A	271	10.9	19.9	10.9	12.7	10.9	10.9				2	1	1	0	3.97	0.32	1.16	0.63	1.48	1.27	1.3		
Salón 215	1	B	113	10.9	16.8								2	1			1.65	0.32	0.49						
Salón 214	1	C	142	10.9	16.8								2	1			2.08	0.32	0.49						
Pasillos 7 y 5, gradas 1, sala de profesores y área de servicios	1	D	18.7	5.05	1.21	21.6	1.32						2	1			0.55	0.07	0.04	0.63	0.04				
Salón 213	1	E	101	10.9	19.9	10.9	12.7	10.9					2	1	1	0	1.47	0.32	1.16	0.63	1.48	1.27	1.3		
Salón 212	1	F	121	5.43	13.3	5.43	8.84	5.43	9.85				2	1	1	0	1.76	0.16	0.78	0.32	1.03	0.63	1.2		
Salones 210 y 211	1	G	193	5.43	13.3	7.24	9.25	5.43	9.85				2	1	1	0	2.82	0.16	0.78	0.42	1.08	0.63	1.2		
Salones 208 y 209	1	H	257	5.43	13.3	7.24	9.25	5.43	9.85				2	1	1	0	3.76	0.16	0.78	0.42	1.08	0.63	1.2		
Pasillos 2 y 4	1	I	39.6	14.9	44.6								2	1			1.16	0.22	0.65						
Cubículos 9 al 17	1	J	115									4					1.12								
Salón 207	2	K	241	10.9	19.9	10.9	12.7	10.9	10.9				2	1	1	0	3.53	0.32	1.16	0.63	1.48	1.27	1.3		
Salón 206	2	L	137	18.1	10.9	18.1							2	1			2	0.53	0.32	0.53					
Gradas 2, pasillo 6, baños H y M	2	M	64.9	1.68	6.6	1.68	6.93	1.68	3.3	6.03	1.68		2	1	1	0	1.9	0.02	0.19	0.05	0.41	0.1	0.4	0.7	0.2
Salón 202, baños oficinas H y M	2	N	112	5.97	6.7	6.03	2.01						2	1	1		1.64	0.17	0.39	0.35	0.12				
Reproducción y rep. 2	2	O	91.1	8.04	14.5								2	1			1.33	0.24	0.42						
Dir. escuela historia y tesorería historia	2	P	127	23.3	21.1	20.4	21.6						2	1	1		1.85	0.68	1.23	1.19	1.27				
Dir. Trabajo Social	2	Q	279	6.3	14.7	10.3	34.9						2	1	1		4.07	0.18	0.86	0.6	2.04				
Cubículos 25 al 31	2	R	115									4					1.12								
Pasillos 1 y 3	2	S	39.3	14.9	10.9	2.97	35.6						2	1			1.15	0.22	0.32	0.09	1.04				

**Tabla XXIX. Cálculo de conductores para iluminación tercer nivel S-1**

Ambiente	Tablero	No. Circuitos	L0*10	L1*11	L2*12	L3*13	L4*14	L5*15	L6*16	L7*17	L8*18	%e=3	%e=2	%e=1	%e= 5	%e= 25	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8		
Salón 303	1	A	281.4	10.73	19.68	10.73	12.52	10.73	10.73				2.4	1.2	0.6	0.3	4.11	0.31	1.15	0.63	1.46	1.25	1.25				
Salón 302	1	B	134	10.73	16.68								2.4	1.2			1.96	0.31	0.49								
Salón 301	1	C	117.9	10.73	16.68								2.4	1.2			1.72	0.31	0.49								
Pasillos 5 y 7, gradas 1, salón 300 y área de servicio	1	D	21.28	19.14	10.02	1.485	18.34						2.4	1.2			0.62	0.28	0.29	0.04	0.54						
Salón 320	1	E	140.7	10.73	19.68	10.73	12.52	10.73	10.73				2.4	1.2	0.6	0.3	2.06	0.31	1.15	0.63	1.46	1.25	1.25				
Salón 318 y 319	1	F	112.6	5.367	13.87	5.367	9.246	5.367	9.99				2.4	1.2	0.6	0.3	1.65	0.16	0.81	0.31	1.08	0.63	1.17				
Salones 316 y 317	1	G	160.8	5.367	13.87	5.367	9.246	5.367	9.99				2.4	1.2	0.6	0.3	2.35	0.16	0.81	0.31	1.08	0.63	1.17				
Salones 314 y 315	1	H	249.2	5.367	13.87	5.367	9.246	5.367	9.99				2.4	1.2	0.6	0.3	3.64	0.16	0.81	0.31	1.08	0.63	1.17				
Pasillos 1 y 3	1	I	44.55	14.85	44.55								2.4	1.2			1.3	0.22	0.65								
Cubículos 17 al 24	1	J	109.6									3.6					1.07										
Salón 313	2	K	261.3	10.73	19.68	10.73	12.52	10.73	10.73				2.4	1.2	0.6	0.3	3.82	0.31	1.15	0.63	1.46	1.25	1.25				
IIHAA	2	L	117.9	10.99	16.62								2.4	1.2			1.72	0.32	0.49								
Salón 311	2	M	104.5	10.99	16.62								2.4	1.2			1.53	0.32	0.49								
Pasillo 6, gradas 2, baños	2	N	69.87	0.875	5.544	0.875	6.93	0.875	2.244	3.234	0.875		2.4	1.2	0.6	0.3	1.02	0.01	0.16	0.03	0.41	0.05	0.26	0.38	0.1		
Salón 310	2	O	125.6	10.73	19.68	10.73	12.52	10.73	10.73				2.4	1.2	0.6	0.3	1.84	0.31	1.15	0.63	1.46	1.25	1.25				
Salones 308 y 309	2	P	96.48	10.73	19.68	10.73	12.52	10.73	10.73				2.4	1.2	0.6	0.3	1.41	0.31	1.15	0.63	1.46	1.25	1.25				
Salones 306 y 307	2	Q	176.9	10.73	19.68	10.73	12.52	10.73	10.73				2.4	1.2	0.6	0.3	2.59	0.31	1.15	0.63	1.46	1.25	1.25				
Salones 304 y 305	2	R	249.2	10.73	19.68	10.73	12.52	10.73	10.73				2.4	1.2	0.6	0.3	3.64	0.31	1.15	0.63	1.46	1.25	1.25				
Cubículos 1 al 8	2	S	98.89									3.6					0.96										
Pasillos 2 y 4	2	T	44.55	14.85	44.55								2.4	1.2			1.3	0.22	0.65								

**Tabla XXX. Cálculo de conductores para fuerza primer nivel del M-5**

Ambiente	Tablero	No. Cir.		C	Potencia	Scu	V	L	e
Salón 111	1	1	2	2	180	3.31	14400	145	2.19
Salón 108, 109 y 110	1	2	2	2	180	5.26	14400	213.2	2.03
Biblioteca	1	3	2	2	180	3.31	14400	191.7	2.9
Biblioteca	1	4	2	2	180	3.31	14400	191.58	2.89
Biblioteca	1	5	2	2	180	3.31	14400	49	0.74
Cafetería y audio	2	6	2	2	180	3.31	14400	180	2.72
AUD2, AUD3, auditorium, área de servicio 2	2	7	2	2	180	5.26	14400	197.5	1.88
AUD2, AUD3, auditorium, área de servicio 2	2	8	2	2	180	5.26	14400	208	1.98
Salón 106 y 107	2	9	2	2	180	3.31	14400	138	2.08

**Tabla XXXI. Cálculo de conductores para fuerza segundo nivel del M-5**

Ambiente	Tableros	No. Circuito		C	Potencia	Scu	V	L	e
Salón 205 y 206	1	1	2	2	180	5.26	14400	204	1.94
Salón 207 y 208	1	2	2	2	180	3.31	14400	171.5	2.59
Salón 210, 209 y área servicio	1	3	2	2	180	3.31	14400	196.5	2.97
Cubículos 1 al 6	1	4	2	2	180	3.31	14400	133.9	2.02
Cubículos 7 al 9	1	5	2	2	180	3.31	14400	169	2.55
Salón 216 y 215	1	6	2	2	180	5.26	14400	238.6	2.27
Dirección Esc. Ciencias políticas	1	7	2	2	180	5.26	14400	247.2	2.35
Dirección Esc. Ciencias políticas	1	8	2	2	180	5.26	14400	234	2.22
Dirección Esc. Ciencias políticas	1	9	2	2	180	5.26	14400	111.83	1.06
Reproducción	1	10	2	2	180	5.26	14400	24.5	0.23
Reproducción	1	11	2	2	180	5.26	14400	25.75	0.24
Ofic1, caja	1	12	2	2	180	5.26	14400	178.4	1.7
Salón 200 y 201	2	13	2	2	180	3.31	14400	102	1.54
Salón 202 y 204	2	14	2	2	180	5.26	14400	316.1	3
Cubículos 1 al 3	2	15	2	2	180	3.31	14400	123.8	1.87
Cubículos 10 al 12	2	16	2	2	180	3.31	14400	167.4	2.53
Salón 220 y 221	2	17	2	2	180	3.31	14400	152.6	2.31
Salón 218 y 217, pasillo 2	2	18	2	2	180	5.26	14400	291.7	2.77
Salón 219	2	19	2	2	180	5.26	14400	209	1.99
Salón 219	2	20	2	2	180	5.26	14400	186	1.77

**Tabla XXXII. Cálculo de conductores para fuerza primer nivel del S-1**

Ambiente	Tablero	No. Circuito		C	Potencia VA	Scu	V	L	e
Auditórium y Medios Audiovisuales	1	1	2	2	180	3.31	14400	158.8	2.4
Dibujo II y cafetería	1	2	2	2	180	3.31	14400	152.1	2.3
Salón 101	1	3	2	2	180	3.31	14400	160	2.42
Centro de Computo	1	4	2	2	180	5.26	14400	272.5	2.59
Biblioteca	2	5	2	2	180	5.26	14400	298.1	2.83
Salón de dibujo I y Control académico	2	6	2	2	180	3.31	14400	174.3	2.63
Auditórium y salón 109	2	7	2	2	180	5.26	14400	223.8	2.13

**Tabla XXXIII. Cálculo de conductores para fuerza segundo nivel del S-1**

Ambiente	Tablero	No. Circuito		C	Potencia VA	Scu	V	L	e
Depto. T.S. individual y familiar	1	1	2	2	180	5.26	14400	270.5	2.57
Depto. De grupos	1	2	2	2	180	5.26	14400	247	2.35
Depto. E.P.S.	1	3	2	2	180	5.26	14400	206.5	1.96
Depto. Estudios Postgrados	1	4	2	2	180	5.26	14400	199	1.89
Instituto de investigación tesis	1	5	2	2	180	5.26	14400	219	2.08
Instituto de investigación tesis	1	6	2	2	180	5.26	14400	129	1.23
Sala de profes, salón 213, área de servicio	1	7	2	2	180	3.31	14400	148	2.24
Planificación Académica	1	8	2	2	180	3.31	14400	192.5	2.91
Depto. Practica Académica	1	9	2	2	180	5.26	14400	224	2.13
Salón 216	1	10	2	2	180	5.26	14400	241.5	2.3
Cubículos 9 al 16	1	11	2	2	180	5.26	14400	184.7	1.76
Dirección Escuela- Trabajo ,Social.	2	12	2	2	180	5.26	14400	218.5	2.08
Dirección Escuela Trabajos social	2	13	2	2	180	5.26	14400	313.5	2.98
Dirección Escuela. Historia.	2	14	2	2	180	3.31	14400	108.4	1.64
Dirección Escuela Historia y tesorería hist.	2	15	2	2	180	3.31	14400	183.96	2.78
Dirección Escuela Historia.	2	16	2	2	180	3.31	14400	188.8	2.85
Reproducción I	2	17	2	2	180	3.31	14400	62	0.94
Reproducción II	2	18	2	2	1450	5.26	14400	23.5	1.8
Reproducción II	2	19	2	2	180	5.26	14400	128.5	1.22
Salón 202	2	20	2	2	180	3.31	14400	71	1.07
Salones 206 y 207	2	21	2	2	180	3.31	14400	174.3	2.63
Cubículos 25 al 31	2	22	2	2	180	5.26	14400	184.7	1.76

**Tabla XXXIV. Cálculo de conductores para fuerza tercer nivel del S-1**

Ambiente	Tablero	No. Circuito		C	Potencia	Scu	V	L	e
Salones 314 al 317	1	1	2	2	180	5.26	14400	242.4	2.3
Salones 300, 318 al 320, área de servicio	1	2	2	2	180	5.26	14400	206.8	1.97
Salones 301 al 303	1	3	2	2	180	5.26	14400	293.8	2.79
Cubículos 17 al 24	1	4	2	2	180	5.26	14400	230	2.19
Salones 304 al 307	2	5	2	2	180	5.26	14400	234.4	2.23
Salones 308 al 310	2	6	2	2	180	3.31	14400	186.2	2.81
IIHAA	2	7	2	2	180	3.31	14400	159.5	2.41
IIHAA	2	8	2	2	180	3.31	14400	143.5	2.17
Salón 313	2	9	2	2	180	5.26	14400	245.6	2.33
Cubículos 1 al 8	2	10	2	2	180	5.26	14400	232	2.21

## 2.2 Cálculo de tuberías

Debido a que los conductores eléctricos son limitados por su capacidad de conducción de corriente eléctrica, por razones de calentamiento al existir limitaciones en la disipación del calor y que también el aislamiento da una restricción amplia debido a sus limitaciones térmicas.

Por lo cual el número de conductores dentro de una tubería debe ser restringido, de manera que permita un arreglo físico de conductores de acuerdo a la sección de la tubería, el cual facilite el alojamiento y manipulación durante la instalación de los conductores.

Para la determinación del diámetro de tuberías, para alojar varios conductores, debe de observarse la relación entre la suma total de las secciones transversales de los conductores incluyendo su aislamiento, y el área transversal del interior de la tubería, al cual se le conoce como Factor de Relleno. El cual considera la cantidad de aire necesario para que los conductores se mantengan a temperatura adecuada en base a un buen enfriamiento.

$$F = \frac{a}{A} \quad (2.7)$$

Donde:

a: área total de los conductores

A: área interno del tubo en mm<sup>2</sup> o plg<sup>2</sup>

F: factor de relleno

**Tabla XXXV. Factor de relleno para el número de conductores en tuberías**

No. Conductores	Factor de Relleno en %
1	53
2	31
3	43
4 o más	40

Fuente: Código nacional eléctrico NEC

Ejemplo: tomando como referencia los circuitos de iluminación L y M del tercer nivel del edificio S-1 tenemos 4 conductores, calibre No. 12. Determinar el diámetro de la tubería.

Factor de relleno según tablas XXXV es: 40%

El área total es:

$$a = 0.0117 + 0.0117 + 0.0117 + 0.0117 = 0.0468 \text{ plg}^2$$

Despejando el área interna de la ecuación 2.7, tenemos:

$$A = \frac{0.0468}{0.4} = 0.117 \text{ plg}^2$$

Por tanto

$$\phi = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.117}{\pi}} = 0.39 \text{ plg}$$

Por lo que usaremos una tubería comercial de  $\frac{1}{2}$ "', comparamos con las tablas de la NEC (numero máximo de conductores en tuberías), con un máximo de 6 conductores.

### 2.3 Cálculo de Lúmenes

El cálculo de lúmenes o flujo luminoso puede ser llevado a cabo por medio de la ecuación, de niveles de iluminación de una instalación de alumbrado de interiores que es bastante sencillo.

La finalidad de este método es calcular el valor medio flujo luminoso que hay dentro de un ambiente general. Ya que el flujo luminoso no es más que, la energía radiante en forma de luz emitida por una fuente luminosa.

$$\Phi = E \times S \quad (2.8)$$

Ejemplo: calcular los lúmenes para el salón 202 del edificio S-1, segundo nivel.

Datos:

Área 56.71 m<sup>2</sup>

Nivel de iluminación 300 luxes

Por tanto, según la ecuación 2.8, tenemos

$$\Phi = 300 \times 56.71 = 17013 \text{ Lúmenes}$$

**Tabla XXXVI. Cálculo de lúmenes del primer nivel, S-1**

Ambiente	E	A	Φ	Ambiente	E	A	Φ
Salón 101 y 109	370	39.61	14654	Medios Audiovisuales 1.3	300	6.25	1875
Centro de Computo	450	47.62	21427	Dibujo II	300	55.18	16554
Biblioteca	420	160.2	67284	Pasillos 1 y 2	140	70.46	9864.4
Salón de Dibujo 1.1	300	48.06	14418	Pasillos 3 y 4	125	32.76	4095
Salón de Dibujo 1.2 y 1.3	300	15.58	4672.5	Pasillos 5	100	12.1	1210
Auditórium	350	160.2	56070	Pasillos 6	100	16.91	1691
Medios Audiovisuales 1.1	365	5.035	1837.8	Pasillos 7	100	30.26	3026
Medios Audiovisuales 1.2	300	10.75	3225	Pasillos 8	100	47.62	4761.5

**Tabla XXXVII. Cálculo de lúmenes del segundo nivel, S-1**

Ambiente	E	A	Φ
Instituto de Investigaciones	360	71.2	25632
Depto. De estudios postgrados, EPS, grupos, T.S. individual y familiar	400	35.6	14240
Salones 207, 213 y 216	400	114	45796
Salón 202	475	44	20909.5
Depto. Planificación académica y practica introductoria	425	47.6	20236.38
Área de servicio	150	5.78	866.25
Cubículos 9 al 16 y 26 al 31.	300	6.5	1950
Dirección escuela Trabajo Social 1	250	9.36	2340
Dirección escuela Trabajo Social 1.2	275	15	4114
Dirección escuela Trabajo Social 1.3	250	18.2	4539
Dirección escuela Trabajo Social 1.4.1	300	11.9	3570
Dirección escuela Trabajo Social 1.4.2	375	18.7	7021.875
Dirección escuela Trabajo Social 1.4.3	250	18.9	4725
Dirección escuela Historia 1	275	15	4114
Dirección escuela Historia 2	200	8.84	1768
Dirección escuela Historia. 3	250	5.94	1485
Dirección escuela Historia. 4	200	8.84	1768
Dirección escuela Historia. 5	150	5.95	892.5
Dirección escuela Historia. 6.1	300	14.3	4293
Dirección escuela Historia. 6.2	300	31.2	9345
Dirección escuela Historia. 6.3	300	5.95	1785
Reproducción I	450	12	5400
Reproducción II	350	23.6	8260

**Tabla XXXVIII. Cálculo de lúmenes del tercer nivel, S-1**

Ambiente	E	A	Φ	Ambiente	E	A	Φ
Salón 300	300	31.2	9345	Baños mujeres 2	150	17	2550
Salón 301, 302, 311	450	47.6	21427	Baños hombres 1	150	14.6	2187
Salón 303, 310, 313, 320	400	114	45796	Baños hombres 2	150	17	2550
Salón 304 al 309 y 314 al 319	425	35.6	15130	Pasillos 1 y 2	140	70.5	9864
IIHAA 1 y 2	400	23.8	9523	Pasillos 3 y 4	140	47.1	6588
Área de servicio	150	5.78	866.25	Pasillos 5 y 6	125	17.6	2200
Cubículos 1 al 8 y 17 al 24	300	6.5	1950	Pasillos 7	100	12.1	1210
Baños mujeres 1	150	9.72	1458				

**Tabla XXXIX. Cálculo de lúmenes del primer nivel, M-5**

Ambiente	E	A	$\Phi$	Ambiente	E	A	$\Phi$
Auditorio	370	39.6	14654	Salón 105	365	55.2	20141
Biblioteca	450	47.6	21427	Salón 106	325	79.2	25743
Cafetería	420	160	67284	Salón 107	140	70.5	9864.4
Baños 1	300	48.1	14418	Salón 108	125	32.8	4095
Baños 2	300	15.6	4673	Salón 109	100	12.1	1210
Salón 101	350	160	56070	Salón 110	100	16.9	1691
Salón 102	365	5.04	1838	Salón 111	100	30.3	3026
Salón 103	300	10.8	3225	Pasillo 1	100	47.6	4761.5
Salón 104	300	6.25	1875				

**Tabla XL. Cálculo de lúmenes del segundo nivel, M-5**

Ambiente	E	A	$\Phi$	Ambiente	E	A	$\Phi$
Oficina	370	39.61	14653.85	Área De Servicio	100	12.1	1210
Reproducción 1	450	47.62	21426.75	Área De Servicio 2	100	16.9	1691
Reproducción 2	420	160.2	67284	Baños 3	100	30.3	3026
Dir Esc Ciencias Políticas	300	48.06	14418	Baños 4	100	47.6	4762
Oficina 217	300	15.58	4672.5	Pasillo 1	140	70.5	9864
Oficina 216	350	160.2	56070	Pasillo 2	125	32.8	4095
Medios Audiovisuales	365	5.035	1837.775	Pasillo 3	100	12.1	1210
Oficina 219	300	10.75	3225	Pasillo 4	100	16.9	1691
Salón 220	300	6.25	1875	Pasillo 5	100	30.3	3026
Salón 221	365	55.18	20140.7	Pasillo 6	100	47.6	4762
Asociación	325	79.21	25743.25	Pasillo 7	125	32.8	4095
Cubículos	140	70.46	9864.4	Pasillo 8	100	30.3	3026
Cubículos 1-6	125	32.76	4095				

## 2.4 Cálculo de Iluminación

Para el cálculo de iluminación, de interiores como exteriores, existen varios métodos. Para la iluminación de los edificios utilizaremos el de interiores, con la finalidad de obtener un número de luminarias requeridas para obtener un adecuado nivel de iluminación, a la labor a desempeñar en el ambiente requerido de dicho edificio.

A continuación se describen los parámetros que intervienen en el cálculo de iluminación.

#### **2.4.1 Coeficiente de utilización**

Es la relación que existe entre el flujo luminoso (lúmenes) emitidos por una luminaria que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por las lámparas solas de la luminaria. Este factor considera la eficacia y la distribución de la luminaria, su altura de montaje, las dimensiones del local y las reflectancias de las paredes, techo y piso.

#### **2.4.2 Luz**

Manifestación de la energía en forma de radiaciones electromagnéticas, capaz de afectar o estimular la visión. La radiación visible, es decir, la que actúa sobre el ojo está comprendida aproximadamente entre las longitudes de onda de 3800 a 7800 Ångstrom.

$$1 \text{ metro} = 10^{10} \text{ \AA (Angstroms)}$$

#### **2.4.3 Intensidad de iluminación**

Para la intensidad de iluminación existen tablas generadas por sociedades especializadas en esta rama de la ingeniería; en el caso de Estados Unidos de Norteamérica la *Illuminating Engineering Society* (IES) publica los valores recomendados.

#### **2.4.4 Curva de distribución**

Se le llama así a la representación gráfica del comportamiento de la potencia luminosa emitida por una luminaria. Se presenta en coordenadas polares y los valores están dados en candelas

#### **2.4.5 Superficie**

Es el área a iluminarse, se considera en metros cuadrados ( $m^2$ ), si el nivel de iluminación se maneja en luxes, o bien en pies cuadrados si se toman valores de pie-candela (*foot-candles*), de tal manera que 1 pie-candela es equivalente a 10.76 luxes.

#### **2.4.6 Factor de pérdida de luz**

También conocido como factor de mantenimiento. Es una función de la depreciación de la emisión luminosa de la luminaria, debido a la acumulación de suciedad en el mismo, así como a la depreciación de las superficies reflectoras o transmisoras de la luz ocasionadas por el envejecimiento y las horas de uso.

Este factor se obtiene al multiplicar el valor de la depreciación de la lámpara por la depreciación por suciedad de la luminaria, este factor puede estimarse tomando en cuenta los siguientes porcentajes:

Para locales limpios: 10 %

Para locales de limpieza regular: 15 a 20 %

Para locales sucios: 25 a 35 %

#### **2.4.7 Flujo luminoso ( $\Phi$ )**

Es la energía radiante en forma de luz emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo (segundo), su unidad es el lumen (lm).

### 2.4.8 Nivel de Iluminación (E)

Es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie y es directamente proporcional a la densidad luminosa e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Su unidad es el lux.

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (2.9)$$

Donde:

E: nivel de iluminación en lux

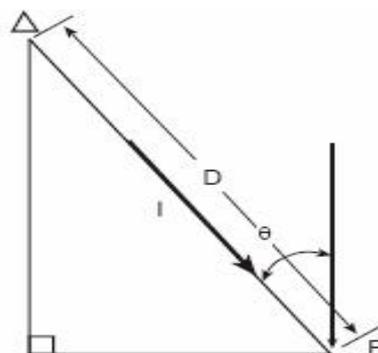
S: área del ambiente en m

$\Phi$ : flujo luminoso en lumen

Es también definida por la intensidad (I) en candelas dirigida hacia un punto P dividido por el cuadrado de la distancia D de la fuente luminosa a la superficie.

$$E = \frac{I}{D^2} \quad (2.10)$$

Figura 6. Nivel de iluminación dirigida a un punto p.



Fuente: [www.philips.com](http://www.philips.com)

## 2.4.9 Método de Cuidad Zonal

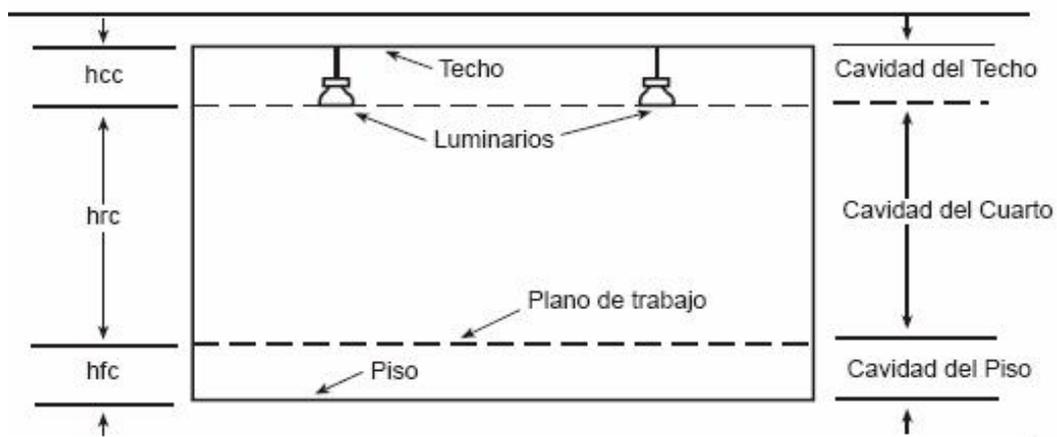
En general, el método por cavidad zonal comprende.

- ❖ La posición o medición de las reflexiones del techo, pared y piso.
- ❖ Substituciones de valores en formulas, para encontrar las relaciones de cavidad del cuarto.
- ❖ Uso de una tabla para encontrar las reflexiones por cavidad.
- ❖ Uso de las tablas de fabricantes para encontrar los coeficientes de utilización de las unidades de alumbrado que van a utilizar.

Se consideran tres locales que son:

- ❖ **Cavidad de cuarto o local.** Es la cavidad formada por el plano de las luminarias y el plano de trabajo.
- ❖ **Cavidad de piso.** Es la cavidad formada por el plano de trabajo y el piso.
- ❖ **Cavidad de techo.** Es la cavidad formada por el techo y el plano de la luminaria.

Figura 7. Cavidades zonales



### Relaciones de cavidad

$$R_{CT} = \frac{5h_{CT}(L + A)}{L \times A} \quad (2.11)$$

$$R_{CC} = \frac{5h_{CC}(L + A)}{L \times A} \quad (2.12)$$

$$R_{CP} = \frac{5h_{CP}(L + A)}{L \times A} \quad (2.13)$$

Donde:

$R_{CT}$ : relación de cavidad de techo

$R_{CC}$ : relación de cavidad de cuarto

$R_{CP}$ : relación de cavidad de piso

$h_{CT}$ : altura de cavidad de techo

$h_{CC}$ : altura de cavidad de cuarto

$h_{CP}$ : altura de cavidad de piso

L: es el largo del local o cuarto

A: es el ancho del local o cuarto

El número de luminaria puede ser calculado de la siguiente manera:

$$N = \frac{E \times S}{\Phi \times L \times CU \times F_{PT}} \quad (2.14)$$

Donde:

N: número de luminarias

E: nivel de iluminación requerido

S: área del ambiente

L: número de lámparas por luminaria

$\Phi$ : flujo luminoso por lámpara

### 2.4.9.1 Determinación del factor de pérdidas totales (FPT)

Es definido como el cociente de la iluminación cuando alcanza su nivel mas bajo en el plano de trabajo, entre el nivel nominal de las lámparas. Los factores parciales de pérdidas se detallan a continuación.

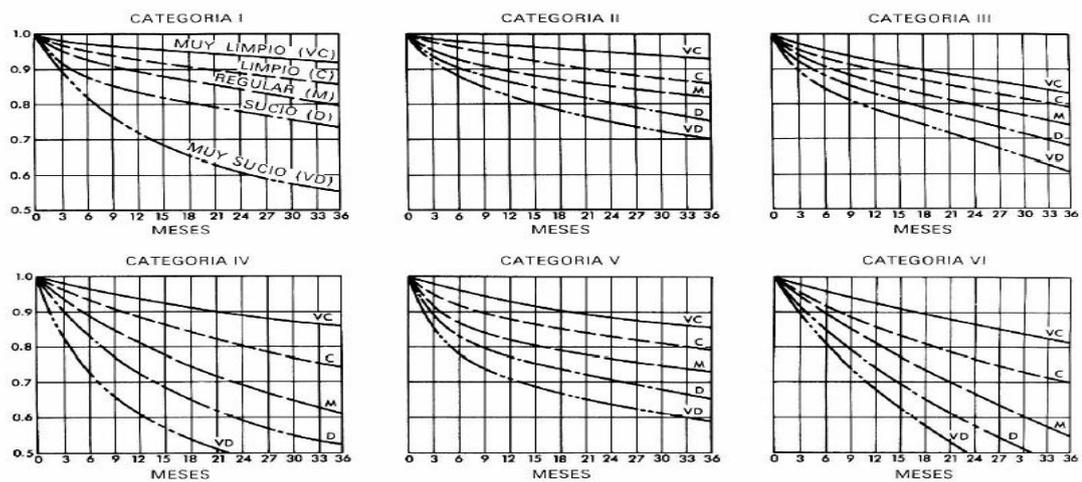
- ❖ Características de funcionamiento del balastro o reactor. La Asociación de Fabricantes de Balastos, especifica que las lámparas fluorescentes requieren un balastro con una reactancia tal que la lámpara emita el 95% de la luminosidad.
- ❖ Tensión de alimentación de la luminaria. La tensión de servicio de la luminaria es difícil de predecir, por tanto los lúmenes emitidos por una lámpara fluorescente varía aproximadamente un 1% por cada 2.5% de variación de tensión.
- ❖ Variación de la reflectancia de la luminaria. Este efecto es pequeño, pero con el tiempo llega a ser significativo.
- ❖ Degradación luminosa de la lámpara. La reducción con el tiempo es gradual dependiendo del tipo de lámpara, para el 70% de vida estimada, la disminución del flujo emitido es de 8% en lámparas fluorescentes.
- ❖ Disminución de emisión luminosa por suciedad. Este factor varía de acuerdo con el tipo de ambiente de trabajo y luminaria. Las siguientes graficas sirven para la determinación del factor de degradación clasificadas de acuerdo a las seis categorías que aparecen en las tablas del coeficiente de utilización, para diferentes grados de suciedad y dependiendo del lapso transcurrido entre limpiezas consecutivas

Grados de suciedad

- Muy limpio: laboratorios y hospitales.
- Limpio: escuelas, oficinas y viviendas.

- Medio: oficinas dentro de fábricas.
- Suciedad: industrias
- - - Muy sucio: procesos altamente contaminantes.

Figura 8. Gráficas para la determinación del grado de suciedad



Fuente: [www. manualphillips.com](http://www.manualphillips.com)

Ejemplo: cálculo para la iluminación del salón de dibujo II

Datos:

Área del ambiente 6.2x8.9

Nivel de iluminación 300 luxes

Flujo luminoso de la lámpara 3200 lúmenes

Potencia 2x40 watts

Altura total 3 m

Altura de trabajo 0.8 m

Ambiente

Pared (verde claro)

Techo (blanco)

Piso (gris)

Calculando el factor de pérdidas totales:

Rendimiento de la reactancia 0.95

Factor de caída de tensión 1

Factor por variaciones reflectancia de la luminaria 0.98

Factor de lámparas fundidas 1

Factor de intercambio de calor 1

Factor de disminución de la emisión luminosa de la lámpara 0.9

Degradación de suciedad (gráficas, categoría IV) 0.90

Entonces:

$$F_{PT} = 0.95 + 1 + 0.98 + 1 + 1 + 0.9 + 0.9 = 0.75$$

Calculando el área del ambiente:

$$S = 6.2 \times 8.9 = 55.18\text{m}^2$$

La altura es:

$$h_{cc} = 3 - 0.9 = 2.1$$

De las ecuaciones 2.11 a la 2.13 tenemos las relaciones de cavidad:

$$R_{CT} = \frac{5 \times 2.1(8.9 + 6.2)}{8.9 \times 6.2} = 2.87$$

$$R_{CP} = \frac{2.87}{2.1 / 0.8} = 1.1$$

De la tabla la relación efectiva de cavidad de piso es:

$$X_P = 24\%$$

Dado que  $R_{CT}$  es 0, de tablas la relación de cavidad de techo efectiva es:

$$X_T = 80\%$$

Es coeficiente de utilización se determina por medio de las tablas, debido a que la relación de cavidad de cuarto no es exacta, se realizara una interpolación, entonces:

2	———	0.6
2.87	———	CU
3	———	0.54

$$CU = 0.6 + \frac{(0.54 - 0.6)(2.87 - 2)}{(3 - 2)} = 0.55$$

Factor de corrección

2	———	1.07
2.87	———	Fc
3	———	0.54

$$Fc = 1.07 + \frac{(1.05 - 1.07)(2.87 - 2)}{(3 - 2)} = 1.0526$$

El coeficiente de utilización corregido es:

$$CU = 0.55 \times 1.0526 = 0.58$$

De la ecuación 2.14, tenemos:

$$N = \frac{300 \times 55.18}{3200 \times 2 \times 0.58 \times 0.75} = 5.94 \approx 6$$

Distribución de las luminarias en el ambiente

Luminarias a lo largo 3

Luminarias a lo ancho 2

Separación entre luminaria a lo largo 2.64 m

Separación entre luminaria a lo ancho 2.7 m

**Figura 9. Distribución de la iluminación del salón de dibujo II**

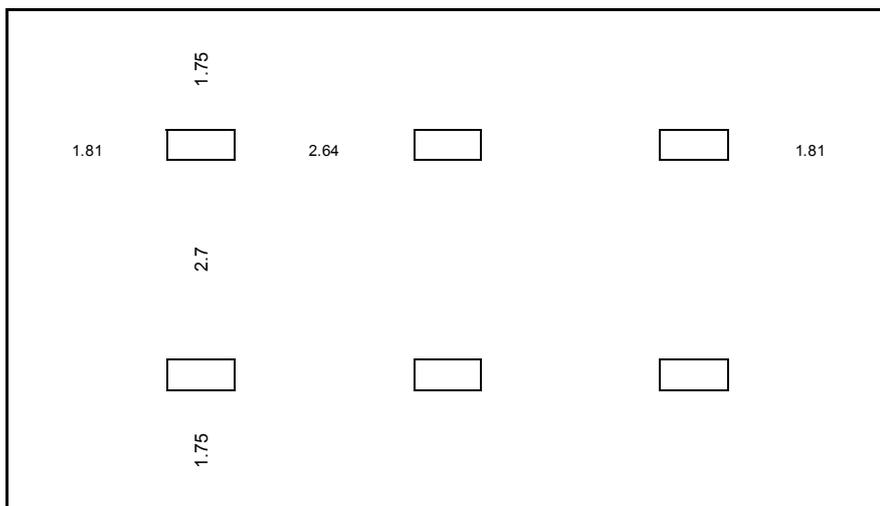


Tabla XLI. Cálculo de luminarias, primer nivel del S-1

AMBIENTE	RELACIONES DE CAVIDAD													NUMERO DE LUMINARIAS					
	5	HT	ht	hp	H	a	L	A	RCL1	RCL2	RCL	fc	Kc	E	n	Φ	Fpt	K	N
Primer nivel	5	HT	ht	hp	H	a	L	A	RCL1	RCL2	RCL	fc	Kc	E	n	Φ	Fpt	K	N
Salón 101 y 109	5	3	0	0.8	2.2	4.45	8.9	39.6	3	4	3.7	1.05	0.53	370	2	3200	0.75	0.53	5.8
Centro de computo	5	3	0	0.8	2.2	4.45	10.7	47.6	3	4	3.5	1	0.515	450	2	3200	0.75	0.52	8.7
Biblioteca	5	3	0	0.8	2.2	8.9	18	160	1	2	1.8	1.075	0.658	420	2	3200	0.75	0.66	21
Salón de dibujo 1.1	5	3	0	0.8	2.2	5.4	8.9	48.1	3	4	3.3	1.05	0.553	300	2	3200	0.75	0.55	5.4
Salón de dibujo 1.2 y 1.3	5	3	0	0.8	2.2	3.5	4.45	15.6	5	6	5.6	1	0.415	300	2	3200	0.75	0.42	2.3
Auditorium	5	3	0	0.8	2.2	8.9	18	160	1	2	1.8	1.075	0.658	350	2	3200	0.75	0.66	18
Medios audiovisuales 1.1	5	3	0	0.8	2.2	1.9	2.65	5.04	9	10	9.9	1.02	0.308	365	2	3200	0.75	0.31	1.2
Medios audiovisuales 1.2	5	3	0	0.8	2.2	2.5	4.3	10.8	6	7	7	1.03	0.362	300	4	3200	0.75	0.36	0.9
Medios audiovisuales 1.3	5	3	0	0.8	2.2	2.5	2.5	6.25	8	9	8.8	1.025	0.303	300	2	3200	0.75	0.3	1.3
Dibujo ii	5	3	0	0.8	2.2	6.2	8.9	55.2	3	4	3	1.053	0.568	300	2	3200	0.67	0.57	6.8
Pasillos 1 y 2	5	3	0	0	3	2.6	27.1	70.5	6	7	6.3	1	0.427	140	1	3200	0.8	0.43	9
Pasillos 3 y 4	5	3	0	0	3	2.6	12.6	32.8	6	7	7	1.03	0.414	125	1	3200	0.8	0.41	3.9
Pasillo 5	5	3	0	0	3	2.2	5.5	12.1	9	10	9.5	1.02	0.32	100	1	3200	0.8	0.32	1.5
Pasillo 6	5	3	0	0	3	1.9	8.9	16.9	9	10	9.6	1.02	0.319	100	1	3200	0.8	0.32	2.1
Pasillo 7	5	3	0	0	3	3.4	8.9	30.3	6	7	6.1	1.03	0.449	100	1	3200	0.8	0.45	2.6
Pasillo 8	5	3	0	0	3	5.35	8.9	47.6	4	5	4.5	1.045	0.555	100	1	3200	0.8	0.55	3.4

**Tabla XLII. Cálculo de luminarias, segundo nivel del S-1**

AMBIENTE	RELACIONES DE CAVIDAD												NUMERO DE LUMINARIAS					
	5	HT	ht	hp	H	a	L	A	RCL1	RCL2	fc	Kc	E	n	Φ	Fpt	N	
Instituto de Investigaciones	5	3	0	0.8	2.2	8	8.9	71.2	2	3	1.06	0.6	360	2	3200	0.75	8.94	
Departamento. De estudios postgrados, EPS, grupos, Trabajo Social, individual y familiar	5	3	0	0.8	2.2	4.45	8	35.6	3	4	1.05	0.52	400	2	3200	0.75	5.68	
Salones 207, 213 y 216	5	3	0	0.8	2.2	10.7	10.7	114.5	2	3	1.07	0.64	400	2	3200	0.75	15	
Salón 202	5	3	0	0.8	2.2	6.2	7.1	44.02	3	4	1.05	0.55	475	2	3200	0.75	7.92	
Departamento. Planificación académica y practica introductoria	5	3	0	0.8	2.2	4.45	10.7	47.62	3	4	1.05	0.54	425	2	3200	0.75	7.83	
Área de servicio	5	3	0	0.8	2.2	1.65	3.5	5.775	9	10	1.02	0.31	150	1	3200	0.8	1.09	
Cubículos 9 al 16 y 26 al 31.	5	3	0	0.8	2.2	2.5	2.6	6.5	8	9	1.03	0.31	300	2	3200	0.75	1.31	
Dirección escuela T.S. 1	5	3	0	0.8	2.2	2.6	3.6	9.36	7	8	1	0.35	250	2	3200	0.75	1.4	
Dirección escuela T.S. 1.2	5	3	0	0.8	2.2	3.4	4.4	14.96	5	6	1	0.41	275	2	3200	0.75	2.09	
Dirección escuela T.S. 1.3	5	3	0	0.8	2.2	3.4	5.34	18.16	5	6	1	0.43	250	2	3200	0.75	2.21	
Dirección escuela T.S. 1.4.1	5	3	0	0.8	2.2	3.4	3.5	11.9	6	7	1	0.38	300	2	3200	0.75	1.93	
Dirección escuela T.S. 1.4.2	5	3	0	0.8	2.2	1.75	10.7	18.73	7	8	1	0.35	375	2	3200	0.75	4.21	
Dirección escuela T.S. 1.4.3	5	3	0	0.8	2.2	2.7	7	18.9	5	6	1.03	0.43	250	2	3200	0.75	2.31	
Dirección escuela Historia. 1	5	3	0	0.8	2.2	3.4	4.4	14.96	5	6	1	0.41	275	2	3200	0.75	2.09	
Dirección escuela Historia. 2	5	3	0	0.8	2.2	2.6	3.4	8.84	7	8	1	0.34	200	2	3200	0.75	1.08	
Dirección escuela Historia. 3	5	3	0	0.8	2.2	3.6	1.65	5.94	9	10	1	0.28	250	2	3200	0.75	1.12	
Dirección escuela Historia. 4	5	3	0	0.8	2.2	2.6	3.4	8.84	7	8	1	0.34	200	2	3200	0.75	1.08	
Dirección escuela Historia. 5	5	3	0	0.8	2.2	1.7	3.5	5.95	9	10	1	0.31	150	1	3200	0.8	1.12	
Dirección escuela Historia. 6.1	5	3	0	0.8	2.2	2.7	5.3	14.31	6	7	1	0.39	300	2	3200	0.75	2.27	
Dirección escuela Historia. 6.2	5	3	0	0.8	2.2	3.5	8.9	31.15	4	5	1	0.47	300	2	3200	0.75	4.13	
Dirección escuela Historia. 6.3	5	3	0	0.8	2.2	3.5	1.7	5.95	9	10	1.02	0.28	300	2	3200	0.75	1.31	
Reproducción I	5	3	0	0.8	2.2	1.5	8	12	8	9	1	0.3	450	2	3200	0.75	3.77	
Reproducción II	5	3	0	0.8	2.2	2.95	8	23.6	5	6	1	0.44	350	2	3200	0.75	3.95	

Tabla XLIII. Cálculo de luminarias, tercer nivel del S-1

AMBIENTE	RELACIONES DE CAVIDAD													NUMERO DE LUMINARIAS						
	HT	ht	hp	H	a	L	A	RCL1	RCL2	RCL	fc	Kc	E	A	n	Φ	Fpt	K	N	
SALÓN 300	5	3	0	0.8	2.2	3.5	8.9	31.2	4	5	4.4	1	0.47	300	31.15	2	3200	0.75	0.471	4.1
SALÓN 301, 302, 311	5	3	0	0.8	2.2	4.45	10.7	47.6	3	4	3.5	1	0.52	450	47.615	2	3200	0.75	0.515	8.7
SALÓN 303, 310, 313, 320	5	3	0	0.8	2.2	10.7	10.7	114	2	3	2.1	1	0.64	400	114.49	2	3200	0.75	0.638	15
SALÓN 304 AL 309 y 314 AL 319	5	3	0	0.8	2.2	4.45	8	35.6	3	4	3.8	1	0.52	425	35.6	2	3200	0.75	0.523	6
IIHAA 1 y 2	5	3	0	0.8	2.2	4.45	5.35	23.8	4	5	4.5	1	0.48	400	23.808	2	3200	0.75	0.484	4.1
ÁREA DE SERVICIO	5	3	0	0.8	2.2	1.65	3.5	5.78	9	10	9.8	1	0.31	150	5.775	1	3200	0.8	0.312	1.1
CUBÍCULOS 1 al 8 y 17 al 24	5	3	0	0.8	2.2	2.5	2.6	6.5	8	9	8.6	1	0.31	300	6.5	2	3200	0.75	0.31	1.3
BAÑOS MUJERES 1	5	3	0	0.8	2.2	1.8	5.4	9.72	8	9	8.1	1	0.36	150	9.72	1	3200	0.8	0.356	1.6
BAÑOS MUJERES 2	5	3	0	0.8	2.2	1.7	10	17	7	8	7.6	1	0.38	150	17	1	3200	0.8	0.377	2.6
BAÑOS HOMBRES 1	5	3	0	0.8	2.2	2.7	5.4	14.6	6	7	6.1	1	0.44	150	14.58	1	3200	0.8	0.436	2
BAÑOS HOMBRES 2	5	3	0	0.8	2.2	1.7	10	17	7	8	7.6	1	0.38	150	17	1	3200	0.8	0.377	2.6
PASILLOS 1 y 2	5	3	0	0	3	2.6	27.1	70.5	6	7	6.3	1	0.43	140	70.46	1	3200	0.8	0.427	9
PASILLOS 3 y 4	5	3	0	0	3	2.6	18.1	47.1	6	7	6.6	1	0.43	140	47.06	1	3200	0.8	0.429	6
PASILLOS 5 y 6	5	3	0	0	3	2	8.8	17.6	9	10	9.2	1	0.33	125	17.6	1	3200	0.8	0.33	2.6
PASILLO 7	5	3	0	0	3	2.2	5.5	12.1	9	10	9.5	1	0.32	100	12.1	1	3200	0.8	0.32	1.5

**Tabla XLIV. Cálculo de luminarias, segundo nivel del M-5**

AMBIENTE	RELACIONES DE CAVIDAD								NUMERO DE LUMINARIAS									
	HT	ht	hp	H	a	L	A	RCL1	RCL2	RCL	fc	Kc	E	n	Φ	Fpt	N	
Oficina	5	3	0	0.8	2.2	4.45	8.9	39.61	3	4	3.71	1.05	0.53	370	2	3200	0.75	5.76
Reproducción 1	5	3	0	0.8	2.2	4.45	10.7	47.62	3	4	3.5	1	0.52	450	2	3200	0.75	8.67
Reproducción 2	5	3	0	0.8	2.2	8.9	18	160.2	1	2	1.85	1.08	0.66	420	2	3200	0.75	21.3
Dir esc ciencias políticas	5	3	0	0.8	2.2	5.4	8.9	48.06	3	4	3.27	1.05	0.55	300	2	3200	0.75	5.43
Oficina 217	5	3	0	0.8	2.2	3.5	4.45	15.58	5	6	5.61	1	0.42	300	2	3200	0.75	2.34
Oficina 216	5	3	0	0.8	2.2	8.9	18	160.2	1	2	1.85	1.08	0.66	350	2	3200	0.75	17.7
Medios audiovisuales	5	3	0	0.8	2.2	1.9	2.65	5.035	9	10	9.94	1.02	0.31	365	2	3200	0.75	1.24
Oficina 219	5	3	0	0.8	2.2	2.5	4.3	10.75	6	7	6.96	1.03	0.36	300	4	3200	0.75	0.93
Salón 220	5	3	0	0.8	2.2	2.5	2.5	6.25	8	9	8.8	1.03	0.3	300	2	3200	0.75	1.29
Salón 221	5	3	0	0.8	2.2	6.2	8.9	55.18	3	4	3.01	1.05	0.57	365	2	3200	0.75	7.39
Asociación	5	3	0	0.8	2.2	8.9	8.9	79.21	2	3	2.47	1.06	0.61	325	2	3200	0.75	8.83
Cubículos	5	3	0	0	3	2.6	27.1	70.46	6	7	6.32	1	0.43	140	1	3200	0.8	9.02
Cubículos 1-6	5	3	0	0	3	2.6	12.6	32.76	6	7	6.96	1.03	0.41	125	1	3200	0.8	3.87
Área de servicio	5	3	0	0	3	2.2	5.5	12.1	9	10	9.55	1.02	0.32	100	1	3200	0.8	1.48
Área de servicio 2	5	3	0	0	3	1.9	8.9	16.91	9	10	9.58	1.02	0.32	100	1	3200	0.8	2.07
Baños 3	5	3	0	0	3	3.4	8.9	30.26	6	7	6.1	1.03	0.45	100	1	3200	0.8	2.63
Baños 4	5	3	0	0	3	5.35	8.9	47.62	4	5	4.49	1.05	0.55	100	1	3200	0.8	3.35
Pasillo 1	5	3	0	0	3	2.6	27.1	70.46	6	7	6.32	1	0.43	140	1	3200	0.8	9.02
Pasillo 2	5	3	0	0	3	2.6	12.6	32.76	6	7	6.96	1.03	0.41	125	1	3200	0.8	3.87
Pasillo 3	5	3	0	0	3	2.2	5.5	12.1	9	10	9.55	1.02	0.32	100	1	3200	0.8	1.48
Pasillo 4	5	3	0	0	3	1.9	8.9	16.91	9	10	9.58	1.02	0.32	100	1	3200	0.8	2.07
Pasillo 5	5	3	0	0	3	3.4	8.9	30.26	6	7	6.1	1.03	0.45	100	1	3200	0.8	2.63
Pasillo 6	5	3	0	0	3	5.35	8.9	47.62	4	5	4.49	1.05	0.55	100	1	3200	0.8	3.35
Pasillo 7	5	3	0	0	3	2.6	12.6	32.76	6	7	6.96	1.03	0.41	125	1	3200	0.8	3.87
Pasillo 8	5	3	0	0	3	3.4	8.9	30.26	6	7	6.1	1.03	0.45	100	1	3200	0.8	2.63

## 2.5 Diseño de red de tierras

La conexión a tierra en una instalación eléctrica tiene una importancia muy grande para la protección de los equipos y el personal. Por lo cual una instalación eléctrica no es considerada adecuada sin un sistema de tierras que cumpla con todos los requisitos para proporcionar esa protección

### 2.5.1 Medición de la resistividad del suelo

La resistividad del terreno se mide fundamentalmente, para encontrar los puntos óptimos para localizar la red de tierras de una subestación, sistema electrónico, planta generadora, edificios o transmisora de radiofrecuencia.

En este punto es necesario aclarar que la medición de la resistividad del terreno, no es requisito para hacer una malla de puesta a tierra. Aunque para diseñar un sistema de tierras de gran tamaño, es aconsejable encontrar el área de más baja resistividad para lograr la instalación más económica.

El perfil de la resistividad del suelo determinará el valor de la resistencia a tierra y la profundidad de nuestro sistema de puesta a tierra.

Para medir la resistividad del suelo se requiere de un terrómetro (llamado en otros países: telurómetro) o *Megger* de tierras de cuatro terminales.

Los aparatos de mayor uso, de acuerdo a su principio de operación, pueden ser de 2 tipos: del tipo de compensación de equilibrio en cero y el de lectura directa.

Cuando los electrodos de prueba están mal conectados o tienen falsos contactos, darán señales falsas de corriente y voltaje. Si hay corrientes distintas a las que envió el aparato, éste leerá otras señales de voltaje y corriente que no son las adecuadas.

También estos aparatos de repente tienen oscilaciones en sus lecturas y no es posible leerlas.

Los terrómetros tienen cuatro terminales 2 de corriente ( $C_1$ ,  $C_2$ ) y 2 de potencial ( $P_1$ ,  $P_2$ ) y están numerados en el aparato  $C_1 P_1 P_2 C_2$ .

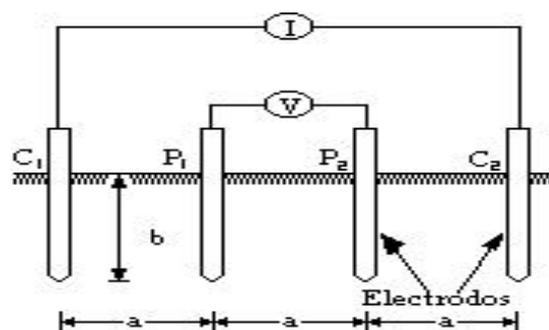
Los terrómetros deben estar certificados y probados en el campo con una resistencia antes de realizar las mediciones.

### 2.5.1.1 Método de Wenner.

Con objeto de medir la resistividad del suelo se hace necesario insertar los 4 electrodos en el suelo. Los cuatro electrodos se colocan en línea recta y a una misma profundidad de penetración, las mediciones de resistividad dependerán de la distancia entre electrodos y de la resistividad del terreno, y por el contrario no dependen en forma apreciable del tamaño y del material de los electrodos, aunque sí dependen de la clase de contacto que se haga con la tierra.

El principio básico de este método es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia a través de la tierra entre dos electrodos  $C_1$  y  $C_2$  mientras que el potencial que aparece se mide entre dos electrodos  $P_1$  y  $P_2$ . Estos electrodos están enterrados en línea recta y a igual separación entre ellos. La razón  $V/I$  es conocida como la resistencia aparente. La resistividad aparente del terreno es una función de esta resistencia y de la geometría del electrodo.

Figura 10. Diagrama para la medición de la resistividad



Fuente: [www. Mediciondepuestasatierra.com](http://www.Mediciondepuestasatierra.com)

En la figura se observa esquemáticamente la disposición de los electrodos, en donde la corriente se inyecta a través de los electrodos exteriores y el potencial se mide a través de los electrodos interiores. La resistividad aparente está dada por la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{4 \cdot \pi \cdot A \cdot R}{1 + \left[ \frac{2 \cdot A}{\sqrt{A^2 + 4 \cdot B^2}} \right] - \left[ \frac{2 \cdot A}{\sqrt{4 \cdot A^2 + 4 \cdot B^2}} \right]} \quad (2.15)$$

Donde:

$\rho$ : resistividad promedio a la profundidad (A) en ohm-m

A: distancia entre electrodos en metros

B: profundidad de enterrado de los electrodos en metros

R: lectura del terrómetro en ohms

Si la distancia enterrada (B) es pequeña comparada con la distancia de separación entre electrodos (A). O sea  $A > 20B$ , la siguiente fórmula simplificada se puede aplicar:

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot A \cdot R \quad (2.16)$$

La resistividad obtenida como resultado de las ecuaciones representa la resistividad promedio de un hemisferio de terreno de un radio igual a la separación de los electrodos.

Como ejemplo, si la distancia entre electrodos A es de 3 metros, B es 0.15 m y la lectura del instrumento es de 0.43 ohms, la resistividad promedio del terreno a una profundidad de 3 metros, es de 8.141 ohm-m según la fórmula completa y de 8.105 ohms-m según la fórmula simplificada.

Se recomienda que se tomen lecturas en diferentes lugares y a 90 grados unas de otras para que no sean afectadas por estructuras metálicas subterráneas. Y, que con ellas se obtenga el promedio.

### 2.5.2 Disposiciones básicas de las redes eléctricas

Para las redes de tierra se consideran tres sistemas:

- ❖ Radial
- ❖ Anillo
- ❖ Malla

Sistema radial: este sistema es el más económico pero el menos seguro ya que al producirse una falla en cualquier parte de la instalación eléctrica del edificio o la subestación se obtiene un alto gradiente de potencial. Se utiliza para corrientes de tierra bajas.

Sistema de anillo: es un sistema menos económico que el anterior, los potenciales peligrosos disminuyen al dispararse la corriente de falla por varios caminos, lo que origina un gradiente de potencial menor. Se utiliza para corrientes de cortocircuito intermedias.

Sistema de malla: las mallas de tierras se usan especialmente donde el suelo es poco profundo, se entierra cable a profundidad mínima de 30 cm, espaciados tres a cuatro metros, interconectados todos los cruces solidamente, generalmente se usa cable calibre No. 2.

Para el diseño se puede utilizar el método, basado en la fórmula de Laurent-Niemann, según normas IEEE Std 80-1976.

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} \quad (2.17)$$

Donde

$\rho$ : resistividad especifica en ohm-metro

R: resistencia a tierra en ohmios

r: radio en m de un circulo de área equivalente a la malla

L: longitud del cable enterrado en metros

Nota: por estar tratándose de instalaciones en edificios, con voltajes menores de 15 KV, no hace falta considerar voltajes de paso o contacto.

El segundo termino de la ecuación (2.17) tiene un valor relativamente pequeño, por lo que se puede hacer en primer lugar un tanteo sin tomarlo en cuenta, pero utilizando un radio real un 10% mayor que el teórico. Con el área determinada en forma adecuada según los requerimientos del caso, interconectamos los lados con cables espaciados aproximadamente tres metros.

Calculamos la longitud total de los cables y verificamos la ecuación. Si el valor de la resistencia es mayor que el máximo aceptable, se repite el proceso con un radio, y por lo tanto con un área mayor.

La resistencia del terreno es:

$$R = \frac{\rho}{4r} \quad (2.18)$$

Donde:

$\rho$ : resistividad del terreno

R: resistencia de la malla

r: radio en m

Radio aumentado un 10% es:

$$r' = r + 10\%$$

El área de la malla es:

$$A = \pi \times r^2$$

Longitud de la malla

$$L = l \times K + a \times N \quad (2.19)$$

Donde:

L: longitud de la malla

l: largo

K: No. De varillas a lo ancho

A: ancho

N: No. De varillas a lo largo

Ejemplo: diseño de la red de tierras para el edificio S-1

Datos:

Resistividad del terreno  $56.55 \text{ m} \cdot \Omega$

Resistencia requerida  $5\Omega$

De la ecuación (2.18), despejar el radio r

$$r = \frac{\rho}{4R} = \frac{56.55}{4 \times 5} = 2.83 \text{ m}$$

Agregando un 10% al radio

$$r' = 2.83 + 0.1 \times 2.83 = 3.11$$

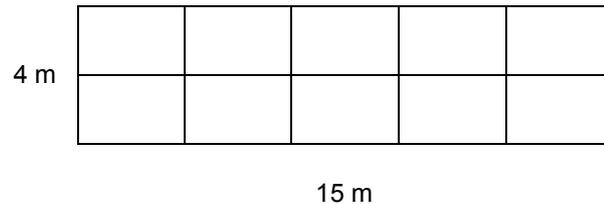
El área es:

$$A = \pi \times 3.11^2 = 30.38 \text{ m}^2$$

$$A' = 4 \times 15 = 60 \text{ m}^2$$

De la ecuación (2.19) el largo de la malla es:

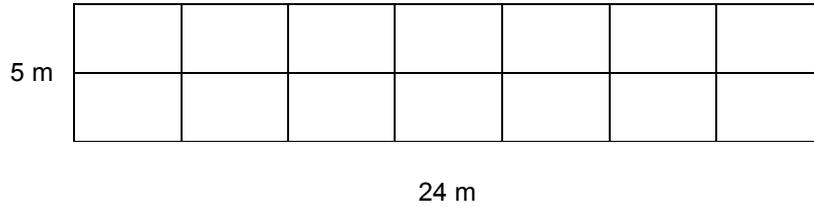
$$L = 15 \times 3 + 4 \times 6 = 69$$



Por tanto de la ecuación 2.17, tenemos:

$$R = \frac{56.55}{4 \times 3.11} + \frac{56.55}{69} = 5.36$$

Debido a que la resistencia calculada no cumple con la requerida para el diseño, se debe de realizar otro tanteo, por tanto



$$r' = 3.11 + 0.10 \times 3.11 = 3.42$$

$$A = \pi \times 3.42^2 = 36.76$$

$$L = 24 \times 3 + 5 \times 8 = 112$$

$$R = \frac{56.55}{4 \times 3.76} + \frac{56.55}{112} = 4.26$$

La resistencia calculada cumple con los requisitos para la malla diseñada, de igual forma se llevara a cabo la red de tierras para el edificio M-5.

Para la red de tierra del edificio M-5 se requiere una resistencia de 5 ohms, una resistividad de 94.25 ohm-metro.

**Tabla XLV. Resultados del cálculo de la red de tierra del edificio M-5**

	r	r' + 10%	A	A'	L	R
Tanteo 1	4.71	5.18	78.53	60	69	5.91
Tanteo 2	5.18	5.7	95.03	120	112	4.97

## **2.6 Cálculo de Pararrayos**

La protección de edificios contra descargas atmosféricas, tiene como fin primordial, proteger a las personas y equipo, que se encuentren dentro del edificio que pudieran ser alcanzados por un rayo. También se puede evitar el peligro y los daños que se puedan ocasionar en la misma construcción o en las colindantes.

### **2.6.1 Criterios para la selección de los medios de protección**

La selección de los métodos de protección dependerá de

#### **2.6.1.1 Posibilidad técnica**

Ofrecidas por uno u otro de los métodos, sabiendo la limitación que un jaula puede proteger solo lo que encierra.

#### **2.6.1.2 Costo**

Siempre es un factor importante

#### **2.6.1.3 Estética del proyecto**

En vista de que el sistema de protección contra rayos puede competir con la arquitectura de la edificación

#### **2.6.1.4 Evaluación de riesgo del rayo**

Esta evaluación esta hecha conforme al siguiente método:

Frecuencia aceptable de un rayo directo sobre un edificio  $N_d$

El promedio anual de la frecuencia  $N_d$  de un rayo directo sobre un edificio esta calculado usando la siguiente ecuación

$$N_d = N_{gmax} \times A_e \times C_1 \times 10^{-6} / \text{año} \quad (2.20)$$

Donde:

$N_d$ : frecuencia aceptable de un rayo directo sobre un edificio

$A_e$ : área de captura equivalente del edificio aislado

$C_1$ : coeficiente ambiental

Donde:

$$N_{gmax} = 2 \times N_g \quad (2.21)$$

$N_g$ : significa la densidad anual de relámpagos de la región donde esta ubicado el edificio (numero de caída de rayo /año /km<sup>2</sup>) en el caso de que no disponga de un mapa de  $N_g$  se puede también obtener usando el nivel cerámico  $N_k$

$$N_{gmax} = \frac{N_k}{10} \quad (2.22)$$

$A_e$ : es el área de captura equivalente del edificio aislado es definido como el área de tierra que tiene la misma posibilidad anual de relámpago directo que un edificio.

Para estructuras rectangulares con largo L, ancho W y altura H, el área de captura es:

$$A_e = L \times W + 6 \times H(L + W) + 9\pi \times H^2 \quad (2.23)$$

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

Este efecto es tomado en cuenta aplicando el coeficiente ambiental  $C_1$  de la tabla siguiente

**Tabla XLVI. Determinación del coeficiente ambiental  $C_1$**

Localización relativa de estructuras	$C_1$
Estructura localizada en un espacio donde hay otras estructuras o árboles de la misma altura o de mayor altura	0.25
Estructuras rodeadas por estructuras bajas	0.5
Estructuras aisladas: no hay otras estructuras en una distancia menor de 3H	1
Estructura aislada en la cumbre de la colina o promontorio	2

Fuente: tabla B2, NF C17-102

Cuando el área de captura equivalente de la estructura es cubierta completamente por otra estructura esta no será considerada.

Cuando el área de captura de varias estructuras están traslapadas, la correspondiente área de colección común es considerada como un área de colección sencilla

- i. Para edificios rectangulares

$$A_e = L \times W + 6 \times H(L + W) + 9\pi \times H^2$$

- ii. Para edificio con partes prominentes

El área equivalente de la parte prominente encierra todo o parcialmente la parte baja

$$A_e = 9\pi \times H^2 \quad (2.24)$$

Frecuencia  $N_c$  aceptable de un rayo sobre un edificio

Los valores de  $N_c$  se equiparan a través del análisis de riesgo de daño, tomando en cuenta los factores aprobado como

Tipo de construcción

Contenido de la estructura

Ocupación de estructura

Consecuencia de la caída de un rayo

La frecuencia  $N_c$  aceptable esta calculada por:

$$N_c = \frac{5.5 \times 10^{-3}}{C_2 \times C_3 \times C_4 \times C_5} \quad (2.25)$$

Donde

$C_2$ : representa el tipo de construcción

$C_3$ : representa el material y equipo contenido en el edificio

$C_4$ : representa la ocupación de un edificio

$C_5$ : representa las consecuencias de la caída de un rayo

**Tabla XLVII. Determinación del coeficiente estructural C<sub>2</sub>**

Coeficiente Estructural			
Techo	Metal	Común	Inflamable
Estructura			
Metal	0.5	1	2
Común	1	1	2.5
Inflamable	2	2.5	3

Fuente: tablas B5, NF C 17-102

**Tabla XLVIII. Determinación del coeficiente de contenido de estructura C<sub>3</sub>**

contenido de estructura	
Sin valor y no inflamable	0.5
Valor común o normalmente inflamable	1
Alto valor o particularmente inflamable	2
Valor excepcional, irremplazable o altamente inflamable, explosivo	3

Fuente: tablas B6, NF C 17-102

**Tabla XLIX. Determinación del coeficiente de ocupación de estructura C<sub>4</sub>**

Ocupación de Estructura	
Desocupado	0.5
Normalmente ocupado	1
Evacuación dificultosa o riesgo de pánico	3

Fuente: tablas B7, NF C 17-102

**Tabla L. Determinación del coeficiente de consecuencia, caída de rayo  $C_s$**

consecuencia de caída de rayo	
Continuidad de servicio no requerido y ninguna consecuencia en el ambiente	1
Continuidad de servicio requerido y ninguna consecuencia en el ambiente	5
Consecuencia en el ambiente	10

Fuente: tablas B8, NF C 17-102

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

- ❖ Si  $N_d \leq N_c$  el sistema de protección contra rayos no es requerimiento obligatorio
- ❖ Si  $N_d > N_c$  el sistema de protección de rayos de rendimiento  $E \geq 1 - \frac{N_c}{N_d}$

debe de ser instalado y asociado el nivel de protección seleccionado en la tabla.

**Tabla LI. Valores críticos de E inefectivo**

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

Fuente: tabla B10, NF C 17-102

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

Cuando un sistema de protección contra rayos con un inefectivo factor E más pequeño que el valor E calculado es instalado, deben ser tomadas las medidas de protección adicionales, las cuales son:

- ❖ Limitar el paso de voltaje de contacto
- ❖ Restringir la propagación de fuego
- ❖ Reducir los efectos de fuentes de voltajes inducidos por un rayo en equipos sensibles.

#### **2.6.1.4.1 Niveles de protección**

Según la norma NF C 17-102 y la norma UNE 21186 -96 proyectaremos para tres niveles de protección:

Nivel I: Nivel de máxima seguridad. Recomendado en edificios y lugares de pública concurrencia, alto número de impactos de rayos/año, zonas aisladas, etc.

Nivel II: Nivel de Alta seguridad: Recomendado para la protección de personas y estructuras con un índice de impactos de rayos/año medio-bajo, zonas en núcleos urbanos, etc.

Nivel III: Nivel de seguridad estándar. Se recomienda este nivel para la protección de estructuras en zonas de bajo nivel de impactos/año, estructuras poco elevadas, etc.

## 2.6.2 Pararrayo Pulsar de Helita

En el momento en que el rayo se acerca del suelo, se crea una descarga sobre toda la estructura conductora. El dispositivo de cebado pulsar le permite reducir el tiempo necesario para la formación y prolongación continua de la descarga ascendente y le asegura así una mayor eficiencia en la captura del rayo, que en el pararrayo de tipo Franklin. Este emite una señal de impulsos de alta tensión de amplitud y frecuencias determinadas y controladas.

Asegura su eficiencia mediante la rápida formación de un trazador ascendente que se prolonga de manera continua hacia el trazador descendente, mientras reduce el desarrollo de la carga de espacio que pueda entorpecer el proceso natural.

Los pararrayos pulsar, totalmente autónomos desde el punto de vista energético toman la energía eléctrica necesaria para la generación de los pulsos de alta tensión del campo ambiente que existe en el momento de la tormenta

**Tabla LII. Radios de protección del pararrayos Pulsar de Helita**

Radios de protección de pararrayos Pulsar de Helita, según la norma NF C 17-102									
Nivel de protección	Nivel I D = 20 metros			Nivel II D = 45 metros			Nivel III D = 60 metros		
PULSAR	25	40	60	25	40	60	25	40	60
T (s)	25	40	60	25	40	60	25	40	60
H (metros)	Rp (metros)								
2	17	24	32	23	30	40	26	33	44
3	25	35	48	34	45	59	39	50	65
4	34	46	64	46	60	78	52	57	87
5	42	58	79	57	75	97	65	84	107
6	43	58	79	58	57	97	66	84	107
8	43	59	79	59	77	98	67	85	108
10	44	59	79	61	77	99	69	87	109
15	45	59	80	63	79	101	72	89	111
20	45	60	80	65	81	102	75	92	113
45	45	60	80	70	85	105	84	98	119
60	45	60	80	70	85	105	85	100	120
<p>D: distancia de cebado                      avance en el cebado resultado de las pruebas de evaluación                      H: altura de la punta Pulsar encima del area a proteger                      Rp: radio de protección dentro de un plano horizontal localizado a una distancia vertical h de la punta del Pulsar</p>									

Fuente: catálogo Helita

### 2.6.3 Pararrayo ingesco PDC

Este pararrayo tiene como función específica, producir una ionización dirigida hacia la nube, canalizando desde su origen la posible descarga eléctrica.

Entre el conjunto excitador, que se encuentra al mismo potencial que, en el aire circundante, la punta y el conjunto deflector se hallan a igual potencial que la tierra, se establece una diferencia de potencial mas elevada, cuanto mas alto es el gradiente de potencial atmosférico y por ende cuando mas inminentes halla la formación de un rayo.

Los radios de protección de los distintos modelos de las puntas Ingesco PDC son considerados con un mástil de 6 m de altura.

**Tabla LIII. Radios de protección de pararrayos Ingesco PDC**

Radios de protección de pararrayos Ingesco PDC, según normas UNE 21186-96. NF C 17-102. UNE-EN 50164-1					
Modelo	PDC 3.1	PDC 3.3	PDC 4.3	PDC 5.3	PDC 6.3
Nivel I D = 20 metros	25 metros	45 metros	54 metros	63 metros	70 metros
Nivel II D = 45 metros	43 metros	65 metros	74 metros	84 metros	92 metros
Nivel III D = 60 metros	50 metros	75 metros	85 metros	95 metros	102 metros
Referencias	101000	101001	101003	101005	101008
Nivel de protección calculado, según el anexo B de las normas UNE 21186 y NF C 17-102 D: distancia de cebado Rp: radio de protección dentro de un plano horizontal, localizado a una distancia vertical h de la punta del Ingesco PDC					

Fuente: catálogo Ingesco

**Figura 11. Pararrayo ingesco PDC**



Fuente: folleto Ingesco

Ejemplo: diseño de pararrayos para el edificio M-5 del cual tenemos los siguientes datos:

Estructura localizada donde hay otras del mismo tamaño

Normalmente ocupado

Estructura: común

Techo: común

Contenido de estructura: valor común

Normalmente: ocupado

Continuidad de servicio: no requerido

Altura del edificio 8 m

Radio de protección requerido 40 m

Nivel cerámico 69 (según la figura del anexo)

Ancho 42 m

Largo 51 m

Los cálculos serán realizados a partir de las ecuaciones (2.20 a la 2.22)

Por tanto

$$N_{g_{max}} = \frac{69}{10} = 6.9$$

$$A_e = 51 \times 42 + 6 \times 8(51 + 42) + 9\pi \times 8^2 = 8415.56$$

$$N_d = 6.9 \times 8415.56 \times 0.25 \times 10^{-6} = 0.0145$$

$$N_c = \frac{5.5 \times 10^{-3}}{1 \times 1 \times 1 \times 1} = 0.0055$$

Debido a que  $N_d > N_c$  entonces calculamos E

$$E \geq 1 - \frac{0.0055}{0.0145} = 0.62$$

Con los resultados obtenidos, consultamos las tablas XLIX y LI respectivamente.

Nivel de Protección III ( $0 < E \leq 0.8$ )

Tipo de pararrayo INGESCO PDC modelo PDC 3.1

El método utilizado para el cálculo de pararrayos del edificio M-5, será empleado para dicho cálculo del edificio S-1.

Para el S-1, el ancho es de 42 metros, largo de 51 metros y una altura de 11.5 metros, radio de protección 40 metros, con un nivel cerámico de 69 según el mapa del anexo

**Tabla LIV. Resultados del cálculo de pararrayos del S-1**

Ae	Ngmax	Nk	Nd	Nc	E
12298.28	6.9	69	0.0212	0.0055	0.74

Con los resultados obtenidos en la tabla LII, consultamos las tablas XLIX y LI respectivamente.

Nivel de Protección III ( $0 < E \leq 0.8$ )

Tipo de pararrayo INGESCO PDC modelo PDC 3.1

### 3. DIAGRAMAS UNIFILARES

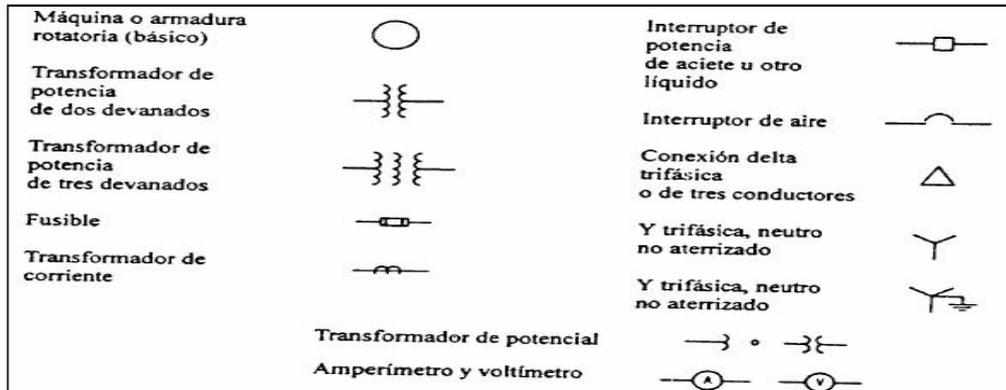
El diagrama unifilar es, una simplificación de un diagrama de un sistema eléctrico, en el cual, están representadas todas las partes que componen dicho sistema o también en su caso un sistema de potencia de modo gráfico, completo, tomando en cuenta las conexiones que hay entre ellos, para lograr así una forma de visualización completa del sistema, de una manera más sencilla.

Muchas veces el diagrama se simplifica aún más al omitir el neutro del circuito e indicar las partes que lo componen mediante símbolos estándar en lugar de sus circuitos equivalentes. No se muestran los parámetros del circuito y las líneas de transmisión se representan por una sola línea entre dos terminales. A este diagrama simplificado se le llama diagrama unifilar o de una línea. Este indica, por una sola línea y por símbolos estándares, como se conectan las líneas de transmisión con los aparatos asociados de un sistema eléctrico.

El propósito de un diagrama unifilar es el de suministrar en forma concisa información significativa acerca del sistema.

La importancia de las diferentes partes de un sistema varía con el problema, y la cantidad de información que se incluye en el diagrama depende del propósito para el que se realiza. Por ejemplo, la localización de los interruptores y relevadores no es importante para un estudio de cargas.

Figura 9. Simbología de equipo eléctrico



### 3.1 Diagrama unifilar de la sub-red eléctrica

La descripción de los diferentes circuitos que componen la sub-red eléctrica de los edificios M-5 y S-1, estas fueron divididas en cuatro diagramas unifilares que muestran; el primero la acometida y alimentación de los tableros principales, el segundo muestra los circuitos derivados del tablero principal del primer nivel; el tercero, los circuitos derivados del tablero principal del segundo nivel y el cuarto, muestra los circuitos derivados del tablero de distribución principal del tercer nivel, los tableros auxiliares que existen en los diferentes niveles del edificio que muestran también los diagramas unifilares antes mencionados.

#### 3.1.1 Método de cálculo de conductores para acometida

Una forma de calcular los conductores de la acometida es efectuar la sumatoria de la totalidad de las cargas instaladas y aplicarle un factor de demanda global del 60%. Esta manera de calcular los conductores de acometida es utilizada por la EEGSA.

Esta forma de cálculo da una aproximación global de la demanda y debe tomarse como referencia, ya que no toma en cuenta todos los factores internos que pueden llegar a afectar una instalación eléctrica.

El método de la NEC y el de la EEGSA logran respuestas bastantes parecidas, pero al utilizar el método sugerido por el NEC, se obtiene un consumo mayor al corriente y esto porque el NEC siempre queda sobredimensionado, por lo que en la practica se puede aplicar cualquiera de los métodos antes mencionados.

Ejemplo: realizar el cálculo de conductores para el diagrama unifilar de la red eléctrica interna del edificio M-5. Utilizando el método de la sección 2.1.1 y el método de cálculo de conductores para acometida, se desarrolla de la siguiente manera.

La corriente total es 279.7 A. Aplicando el método de la sección 2.1.1, tenemos

$$I = 0.6 \times 279.7 = 167.82 \text{ A}$$

Entonces las secciones son:

$$S_0 \quad S = \frac{\sqrt{3} \times 1 \times 167.82}{57 \times 0.416} = 12.26$$

$$S_1 \quad S = \frac{\sqrt{3} \times 2 \times 26.92}{57 \times 3.74} = 0.44$$

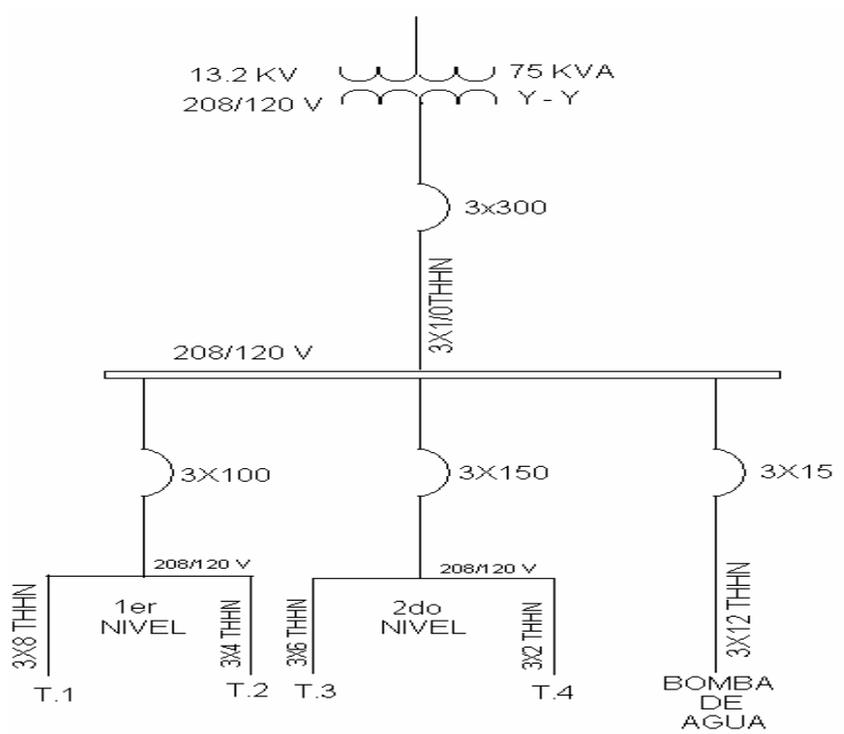
$$S_2 \quad S = \frac{\sqrt{3} \times 62 \times 30.31}{57 \times 3.74} = 15.25$$

$$S_3 \quad S = \frac{\sqrt{3} \times 5 \times 55.79}{57 \times 3.74} = 2.26$$

$$S_4 \quad S = \frac{\sqrt{3} \times 75 \times 47.4}{57 \times 3.74} = 28.91 \quad S_5 \quad S = \frac{\sqrt{3} \times 15 \times 7.4}{57 \times 3.74} = 0.9$$

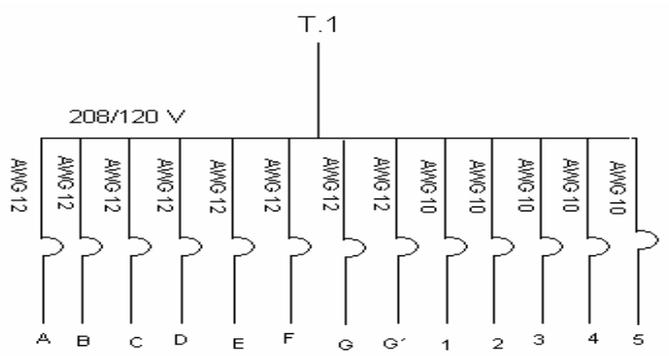
Con el cálculo realizado se buscan los calibres de los conductores en las tablas del anexo, de igual manera se realiza el cálculo de las secciones de los conductores para el diagrama unifilar del edificio S-1

**Figura 10. Diagrama unifilar de MT/BT del M-5**



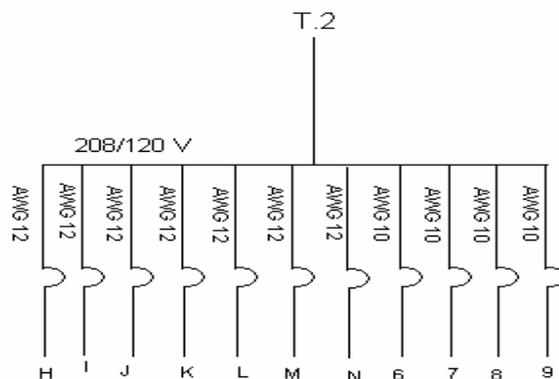
La figura representa el diagrama unifilar general del edificio que incluye el transformador de media a baja tensión con conexión estrella-estrella aterrizada, después a la protección general de 3x 300, la cual llega al tablero principal, y luego con protecciones para cada subtablero de cada nivel el cual se incluyen dos por nivel

Figura 11. Diagrama unifilar del tablero T.1 del M-5



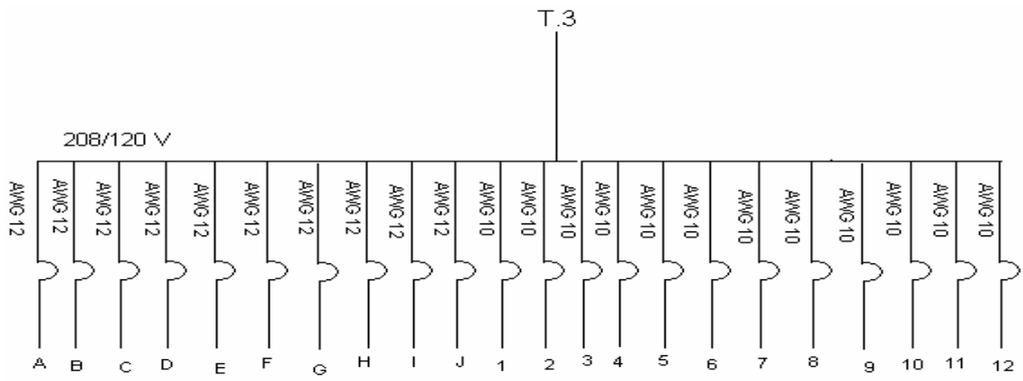
Este diagrama indica una parte de los circuitos que hay en el primer nivel del M-5, todas las protecciones son de 1X20 A. Los circuitos pueden ser verificados a que ambiente pertenecen consultando las tablas XXV y XXX.

Figura 12. Diagrama unifilar del tablero T.2 del M-5



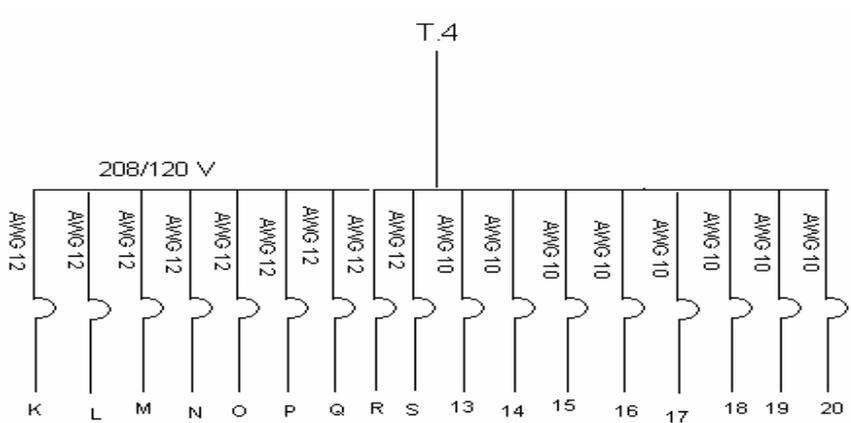
Este diagrama indica la otra parte de los circuitos que hay en el primer nivel del M-5, todas las protecciones son de 1X20 A. Los circuitos pueden ser verificados a que ambiente pertenecen consultando las tablas XXV y XXX.

**Figura 13. Diagrama unifilar del tablero T.3 del M-5**



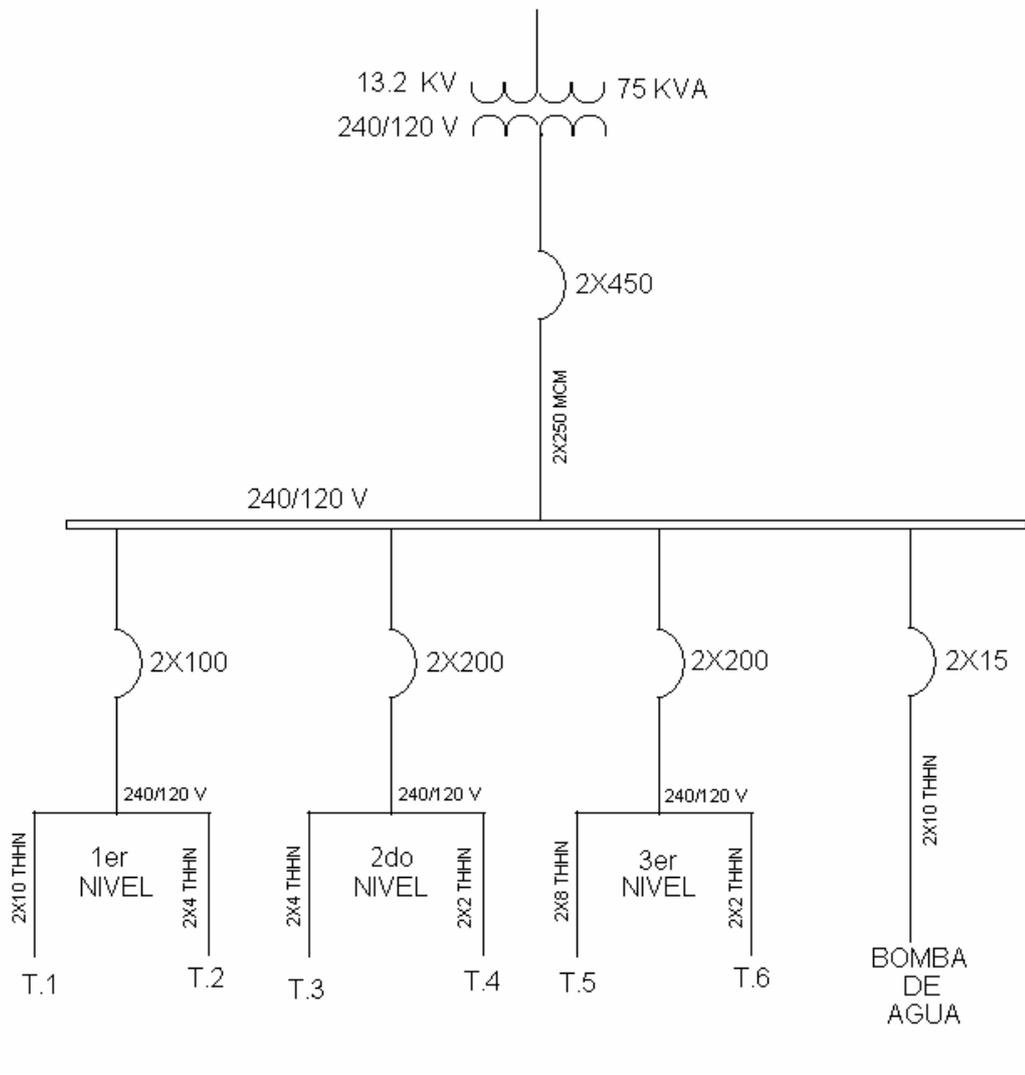
Este diagrama indica una parte de los circuitos que hay en el segundo nivel del M-5, todas las protecciones son de 1X20 A. Los circuitos pueden ser verificados a que ambiente pertenecen consultando las tablas XXVI y XXXI

**Figura 14. Diagrama unifilar del tablero T.4 del M-5**



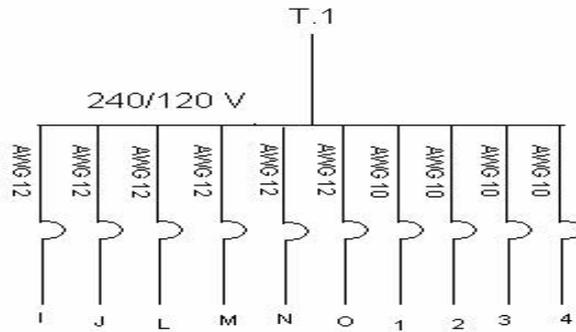
Este diagrama indica la otra parte de los circuitos que hay en el segundo nivel del M-5, todas las protecciones son de 1X20 A. Los circuitos pueden ser verificados a que ambiente pertenecen consultando las tablas XXVI y XXXI

Figura 15. Diagrama unifilar de MT/BT del S-1.



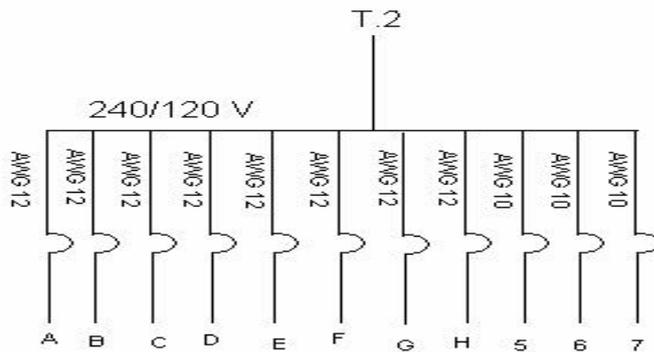
La figura representa el diagrama unifilar general del edificio que incluye el transformador de media a baja tensión, con conexión monofásica 240/120 V, el cual llega a la protección general de 2x400, luego llega al tablero principal, de dicha tablero sale con protecciones para cada subtablero de cada nivel el cual se incluyen dos por nivel

**Figura 16. Diagrama unifilar del tablero T.1 del S-1**



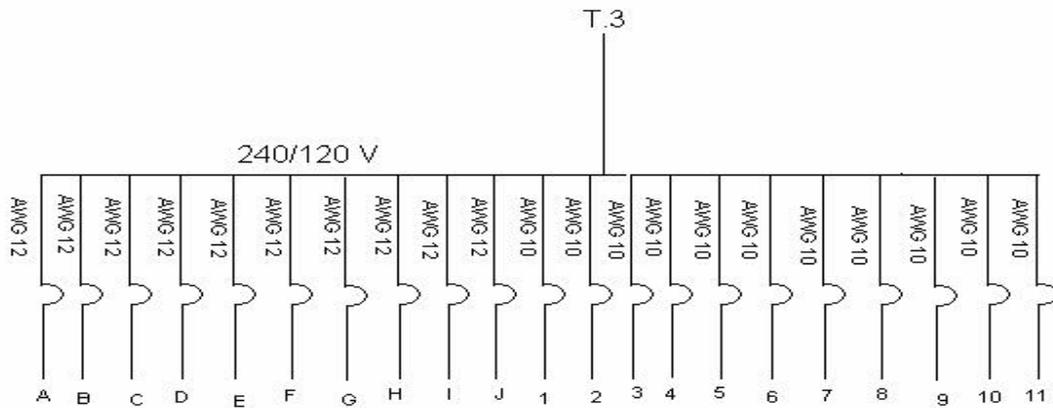
Este diagrama indica una parte de los circuitos que hay en el primer nivel del S-1, todas las protecciones son de 1X20 A. Los circuitos pueden ser verificados a que ambiente pertenecen consultando las tablas XXVII y XXXII.

**Figura 17. Diagrama unifilar del tablero T.2 del S-1**



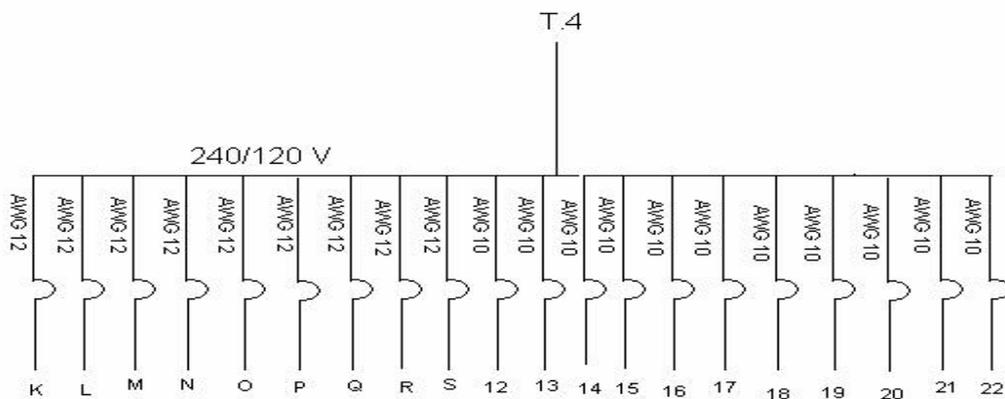
Este diagrama indica la otra parte de los circuitos que hay en el primer nivel del S-1, todas las protecciones son de 1X20 A. Los circuitos pueden ser verificados a que ambiente pertenecen consultando las tablas XXVII y XXXII.

**Figura 18. Diagrama unifilar del tablero T.3 del S-1**



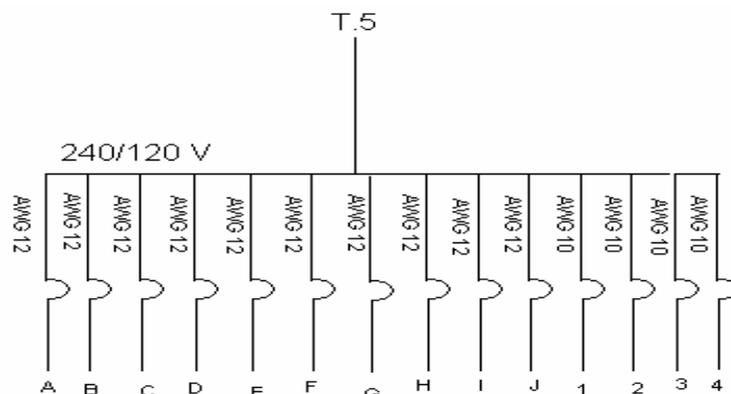
Este diagrama indica una parte de los circuitos que hay en el segundo nivel del S-1, todas las protecciones son de 1X20 A. Los circuitos pueden ser verificados a que ambiente pertenecen consultando las tablas XXVIII y XXXIII.

**Figura 19. Diagrama unifilar del tablero T.4 del S-1**



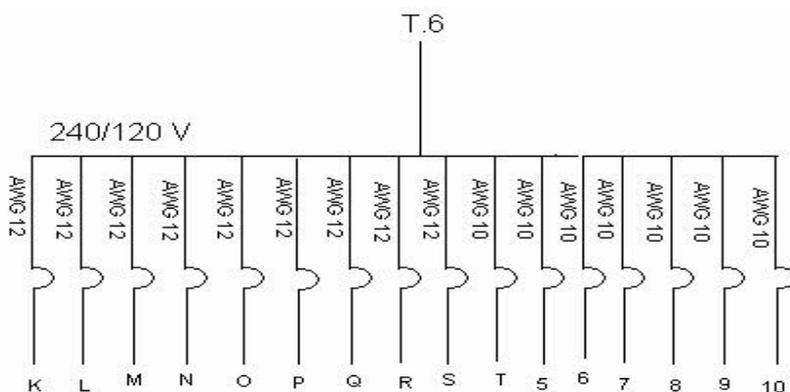
Este diagrama indica la otra parte de los circuitos que hay en el segundo nivel del S-1, todas las protecciones son de 1X20 A. Los circuitos pueden ser verificados a que ambiente pertenecen consultando las tablas XXVIII y XXXIII.

Figura 20. Diagrama unifilar del tablero T.5 del S-1



Este diagrama indica una parte de los circuitos que hay en el tercer nivel del S-1, todas las protecciones son de 1X20 A. Los circuitos pueden ser verificados a que ambiente pertenecen consultando las tablas XXIX y XXXIV.

Figura 21. Diagrama unifilar del tablero T.6 del S-1



Este diagrama indica la otra parte de los circuitos que hay en el tercer nivel del S-1, todas las protecciones son de 1X20 A. Los circuitos pueden ser verificados a que ambiente pertenecen consultando las tablas XXIX y XXXIV.

## 4. COMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS

### 4.1 Comparación del edificio M-5

La importancia de llevar a cabo el análisis comparativo del trabajo efectuado en el diseño inicial, comparándolo con las normas vigente, esto da como resultado las diferencias que existen entre lo que se tiene actualmente y el estudio de ingeniería realizado.

Debe tomarse en cuenta los cambios que se han realizado en las instalaciones eléctricas, principalmente por la falta de mantenimiento el cual a sido un factor determinante en el deterioro de las mismas. De manera que al llevar a cabo una remodelación en cualquier ambiente, se debe cambiar los tableros por completos debido a que en el mercado ya no existen esos equipos por ejemplo si se quiere cambiar un interruptor termomagnético.

**Tabla LV. Comparación de la capacidad de los transformadores, del M-5**

M-5	Capacidad del banco actual	Capacidad del banco calculado	Conexión actual	Conexión calculada
Actual	75	----	Estrella-Estrella	----
Diseño	----	150	----	Estrella-Estrella

La verdadera capacidad del banco para el edificio M-5, es de 100 KVA, pero debido a que en el mercado, solo existen transformadores monofásicos de 50 KVA, se recomienda un banco de 150 KVA como lo indica la tabla LV.

Se propone la misma conexión del banco de transformadores, debido a las ventajas que serán explicadas en el capítulo VI.

La comparación teórico-técnico, de las protecciones contra sobrecorrientes en las líneas y descargas electro atmosféricas, no es posible debido a que los edificios M-5 y S-1, no cuentan con, red de tierra y pararrayo.

El cálculo de conductores, tanto para iluminación como para fuerza, no puede ser comparado ya que han sobredimensionado las instalaciones, de tal manera que algunos circuitos, tienen mas carga de la que pueden soportar.

Con la única salvedad de que la mayoría de los circuitos de iluminación, utilizan actualmente conductores calibre No. 12 y para fuerza No. 10 en algunos casos, ya que en la mayoría van conjuntamente con los circuitos de iluminación, lo mas conveniente para las instalaciones seria separarlas en circuitos diferentes, para no sobrecargar el conductor, y así no tener efectos en dicho conductor del cual se conservara su vida útil.

Lo descrito anteriormente, ambos casos se dan, para los edificios M-5 y S-1.

**Tabla LVI. Comparación del número de luminarias calculadas e instaladas, primer nivel, M-5**

Ambiente	Luminarias calculadas	Luminarias instaladas	Ambiente	Luminarias calculadas	Luminarias instaladas
Salón 106	8	9	Baño de mujeres	2	3
Salón 107	12	12	Pasillo 1	9	19
Salón 108	9	9	Pasillo 2	9	19
Salón 109	9	9	Pasillo 3	4	12
Salón 110	4	3	Pasillo 4	4	12
Salón 111	18	17	Pasillo 5	2	2
Área de servicio 1	1	2	Pasillo 6	2	2
Baño de hombres	2	3	Pasillo 7	4	9
Biblioteca	19	19	Pasillo 8	4	9
Audio	3	3	Gradas 1	1	2
Auditórium	30	31	Gradas 2	1	2
Área de servicio 2	1	2			

**Tabla LVII. Comparación del número de luminarias calculadas e instaladas, segundo nivel M-5**

Ambiente	Luminarias calculadas	Luminarias instaladas	Ambiente	Luminarias calculadas	Luminarias instaladas
Salón 200	8	6	Salón 216	6	6
Salón 201	8	6	Salón 217	6	6
Salón 202	7	8	Salón 218	3	3
Salón 203	6	6	Salón 219	9	9
Salón 205	6	4	Salón 220	6	9
Salón 206	6	5	Salón 221	5	9
Salón 207	6	4	Baño de mujeres	2	3
Salón 208	6	5	Cubículos 1 al 6	6	12
Salón 209	6	6	Cubículos 7 - 12	6	12
Salón 210	8	8	Pasillo 1	12	23
Área de servicio	3	3	Pasillo 2	12	28
Baño de hombres	2	3	Pasillo 3	6	17
Caja	4	4	Pasillo 4	6	17
Salón 212	4	4	Pasillo 5	4	9
Reproducción	5	5	Pasillo 6	2	2
Dir. Esc. CC. Políticas	19	19	Pasillo 7	2	2

Las tablas LVI y LVII, muestran el número de luminaria que existen en los distintos ambientes del edificio M-5, algunos coinciden con lo diseñado, otros tienen un número menor y otros exceden el número de luminarias, por ejemplo en los pasillos hay un número elevado de luminarias instaladas, con lo cual se tiene un gran nivel de iluminación el cual exceden lo estipulado con las normas de iluminación.

Con esto, se darán las recomendaciones necesarias mas adelante, para poder tener un mejor nivel de iluminación de conformidad con las normas ya que la iluminación es de gran importancia para las personas, en las distintas actividades que realizan en el edificio.

#### 4.2 Comparación del edificio S-1

A continuación se presentan las comparaciones para dicho edificio.

**Tabla LVIII. Comparación del número de luminarias calculadas e instaladas, primer nivel S-1**

Ambiente	Luminarias calculadas	Luminarias instaladas	Ambiente	Luminarias calculadas	Luminarias instaladas
Salón 101	15	15	Pasillo 1	9	19
Centro de computo	6	6	Pasillo 2	9	19
Biblioteca	21	24	Pasillo 3	4	12
Control académico	6	6	Pasillo 4	4	12
Salón de dibujo I	10	10	Pasillo 5	2	2
Baño de mujeres	3	3	Pasillo 6	2	2
Baño de hombres	3	3	Pasillo 7	3	3
Salón 109	15	15	Pasillo 8	4	6
Auditorium	18	18	Gradas 1	1	1
Medios audiovisuales	3	5	Gradas 2	1	1
Salón de dibujo II	6	6			

**Tabla LIX. Comparación del número de luminarias calculadas e instaladas, segundo nivel S-1**

Ambiente	Luminaria calculadas	Luminarias instaladas	Ambiente	Luminaria calculadas	Luminarias instaladas
Depto. Planificación académica	8	8	Depto. estudios postgrados	6	6
Depto. Practica introductoria	8	8	Instituto de Investigaciones	12	12
Salones 216	15	15	Salón 213	15	15
Dirección Esc. Trabajo Social	13	18	Área de servicio	1	1
Tesorería historia	3	5	Sala de profesores	5	4
Dirección escuela Historia	11	20	Tesorería trabajo social	2	4
Reproducción I	4	3	Cubículos 9 al 16	8	16
Reproducción II	4	3	Cubículos 26 al 31.	6	12
Salón 202	6	12	Pasillo 1	11	25
Baños oficinas	2	2	Pasillo 2	9	19
Baño de mujeres	5	5	Pasillo 3	6	16
Baño de hombres	5	5	Pasillo 4	6	16
Salón 206	12	16	Pasillo 5	2	2
Salón 207	15	15	Pasillo 6	2	2
Depto. individual y familiar	6	6	Pasillo 7	1	2
Depto. De grupos	6	6	Gradas 1	1	1
Depto. EPS	6	6	Gradas 2	1	1

**Tabla LX. Comparación del número de luminarias calculadas e instaladas, tercer nivel S-1**

Ambiente	Luminarias calculadas	Luminarias instaladas	Ambiente	Luminarias calculadas	Luminarias instaladas
Salón 300	5	5	Salón 316	6	6
Salón 301	8	8	Salón 317	6	6
Salón 302	8	8	Salón 318	6	6
Salón 303	15	15	Salón 319	6	6
Salón 304	6	6	Salón 320	15	15
Salón 305	6	6	Área de servicio	1	1
Salón 306	6	6	Cubículos 1 al 8	8	16
Salón 307	6	6	Cubículos 17 al 24	8	16
Salón 308	6	6	Pasillo 1	9	19
Salón 309	6	6	Pasillo 2	9	19
Salón 310	15	15	Pasillo 3	6	16
Baño de mujeres	5	5	Pasillo 4	6	16
Baño de hombres	5	5	Pasillo 5	3	2
Salón 311	8	8	Pasillo 6	3	2
IIHAA	8	8	Pasillo 7	2	2
Biblioteca	15	15	Gradas 1	1	1
Salón 314	6	6	Gradas 2	1	1
Salón 315	6	6			

Las mismas observaciones descritas para el edificio M-5, son aplicables para el edificio S-1, para dicha comparación.

También, en lo que concierne a la conexión del edificio S-1, se propone un cambio de conexión, debido a que la carga predominante es monofásica y conforme las normas de la Empresa Eléctrica de Guatemala S.A., se requiere de una conexión estrella-estrella y para el edificio M-5 se dejara la misma conexión del banco de transformadores con la excepción de aumentar su capacidad.

## 5. ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico es importante en toda obra de ingeniería, pues las soluciones de ingeniería generalmente son diversas y entre una de ellas, es la mas económica que al aplicarla dejará recursos disponibles para resolver otros problemas. El análisis económico se realizara analizando la demanda máxima, la curva de demanda máxima y el factor de carga de la línea de distribución.

### 5.1 Demanda máxima

Las cargas eléctricas rara vez son constantes durante un tiempo apreciable, la demanda máxima de una instalación o sistema se considera como aquella que ha ocurrido durante un determinado periodo de tiempo. Los intervalos de demanda para facturación normalmente duran 15 o 30 minutos, para nuestro caso, tendrán un intervalo de 5 minutos.

El kw representa la razón a la cual el trabajo se puede efectuar, el kwh representa la cantidad de energía o de trabajo que se efectúa en un intervalo de una hora.

La demanda de una instalación o sistema es la carga en terminales receptoras tomada como un valor medio en determinado intervalo. El período durante el cual se toma el valor medio se denomina intervalo de demanda y es establecido para la aplicación específica que se considere.

También se puede referir a la demanda como la potencia media correspondiente a un intervalo de medida adoptado. La demanda máxima en una hora resulta ser la potencia media mayor que todas las potencias medias registradas cada intervalo de tiempo adoptado a lo largo de esa hora, la demanda máxima del día será la mayor de todas las demandas máximas obtenidas en cada una de las horas del día, la demanda máxima del mes, es la mayor de las demandas máximas obtenidas en cada uno de los días del mes, etc.

## **5.2 Demanda media**

Es el promedio aritmético de las demandas registradas en un periodo determinado.

También corresponde a la relación entre la energía consumida (en kwh) al tiempo (en horas) correspondiente.

Para dispositivos en operación durante todo el periodo corresponde a la carga instalada.

## **5.3 Factor de carga**

El factor de carga  $F_c$  de la curva de carga diaria se define como la razón entre la demanda media y la demanda máxima correspondiente a esa curva. Su expresión matemática es:

$$F_c = D_m / D_{max} \quad (5.1)$$

Sustituyendo  $D_m$  por su expresión matemática:

$$F_c = E / TD_{\max} \quad (5.2)$$

La magnitud del factor de carga indica como es la curva de carga por ser directamente proporcional a la energía e inversamente proporcional a la demanda máxima de la curva de carga. Así por ejemplo, un factor de carga alto indica que la curva de carga es casi plana, de alto consumo de energía, debido a que la demanda media es muy parecida a la demanda máxima, de ahí que el valor más alto del factor de carga sea 1 y corresponde a una carga cuya demanda máxima es constante en el periodo. Un factor de carga bajo indica que la curva es muy picuda o de energía muy baja. El valor mínimo de carga es cero y corresponde a un pico instantáneo.

La utilidad del factor de carga estriba en que se puede conocer la demanda máxima de la carga dada si se conoce la energía consumida y el periodo en que se consumió. Esto es posible siempre que el factor de carga corresponda a la carga mencionada.

La demanda graficada en el tiempo, nos permite observar las demandas máximas, mínimas y determinar los valles de la misma, aplica para instalaciones, grupos de usuarios y sistemas.

La curva de duración de carga es un subproducto de la anterior que a través de la ordenación de los valores de demanda permite conocer la duración de la demanda máxima, mínima, etc, lo cual es muy útil para la programación del despacho de generación en sistemas.

## 5.4 Análisis de la curva de demanda

Se denomina con este nombre a la forma en que varía la demanda a lo largo de un día.

En esta curva se denomina periodo al intervalo de tiempo que corresponde a un día, porque al día siguiente la curva se vuelve a repetir con pequeñas variantes. Cuando se habla de una curva de carga diaria típica realmente se está refiriendo a una curva media de varios días, es decir que la curva de carga diaria más representativa de todos los días. La curva se caracteriza por varios parámetros, por ejemplo el punto máximo se conoce con el nombre de demanda máxima o el pico de la curva de carga. El área bajo la curva es la integral de la demanda en el tiempo y corresponde a la energía entregada a la carga durante el día, matemáticamente esto es

$$E = \int_0^T D(t) dt \quad (5.3)$$

Donde

E: es la energía total entregada en el día

D(t): es la demanda

T: es el periodo en horas, 24 para un día.

Existe también la demanda media, la cual es el valor medio de la curva de carga, es decir la demanda constante que da la misma energía que la que se obtiene de la curva de carga. Matemáticamente se define como:

$$D_m = \frac{\int_0^T D(t) dt}{T} \quad (5.4)$$

Obsérvese que la demanda media es directamente proporcional a la energía

**Tabla LXI. Datos de demanda media y máxima, factor de caga diario S-1**

Dia	Hora	Prom kwh	Prom kvarh	Prom Kva.	Prom kw	Prom kvar	Prom kva	Dmax kwh	Dmax kvarh	Dmax kvah	factor de carga kw	factor de carga kvarh	factor de carga kvah
1	1	3.3218	0.14325	3.41755	39.8611	1.719	41.0106	3.41969	0.15818	3.51349	0.97136	0.905634	0.972694
1	2	3.7907	0.16669	3.88715	45.4883	2.00025	46.6458	4.12233	0.21681	4.22261	0.91955	0.768835	0.920557
1	3	4.4018	0.26553	4.50375	52.8213	3.18638	54.045	4.50413	0.29722	4.60551	0.97728	0.893383	0.977905
1	4	3.6005	0.25597	3.6828	43.2059	3.07169	44.1936	4.09914	0.29075	4.19594	0.87835	0.88038	0.877705
1	5	1.6624	0.23048	1.71744	19.9493	2.76571	20.6092	2.77339	0.26978	2.83861	0.59942	0.854324	0.605027
1	6	2.8989	0.15426	0.48301	5.10835	1.85114	5.79616	1.20918	0.21405	1.26036	2.39737	0.720666	0.383235
1	7	0.2161	0.13575	0.27837	2.5932	1.62898	3.34045	0.24085	0.15444	0.30804	0.89722	0.87899	0.903673
1	8	0.2174	0.13874	0.28192	2.60896	1.66485	3.38303	0.23699	0.15149	0.30304	0.9174	0.915797	0.930292
2	1	0.2175	0.13871	0.28253	2.61015	1.66447	3.3903	0.23193	0.15941	0.30077	0.93782	0.870138	0.939337
2	2	0.2181	0.14043	0.28394	2.61699	1.68511	3.40727	0.22911	0.16025	0.30123	0.95187	0.876286	0.942614
2	3	0.2201	0.14464	0.2879	2.64152	1.73562	3.45485	0.23981	0.15055	0.30426	0.91791	0.960697	0.946257
2	4	0.2175	0.14149	0.28432	2.60985	1.69784	3.41182	0.23996	0.15535	0.2841	0.90634	0.910739	1.000756
2	5	0.2182	0.1435	0.2861	2.61892	1.72203	3.43318	0.24873	0.16956	0.32365	0.87742	0.846299	0.883973
2	6	0.2208	0.14625	0.28937	2.64985	1.75497	3.47243	0.24948	0.17224	0.32517	0.88513	0.84908	0.889911
2	7	0.2335	0.06947	0.26616	2.80209	0.83365	3.19393	0.77906	0.17182	0.79761	0.29973	0.404321	0.333697
2	8	1.3337	0.0746	1.36238	16.0043	0.89523	16.3486	1.50192	0.08459	1.53476	0.88799	0.88194	0.887682
2	9	1.7171	0.09862	1.75341	20.6052	1.18342	21.0409	1.81815	0.12224	1.85614	0.94442	0.806762	0.944653
2	10	1.8158	0.0911	1.85073	21.7892	1.09316	22.2087	1.86945	0.11006	1.90766	0.97128	0.827734	0.970155
2	11	1.9174	0.09305	1.95627	23.0093	1.11655	23.4753	2.00296	0.10546	2.04282	0.95731	0.882292	0.957635
2	12	2.0065	0.10246	2.0485	24.078	1.22954	24.582	2.07462	0.11451	2.11737	0.96717	0.894806	0.967475
2	13	1.8028	0.09655	1.84098	21.6336	1.15859	22.0917	2.01039	0.11335	2.05267	0.89674	0.85179	0.896871
2	14	1.6282	0.0939	1.66416	19.5385	1.12678	19.97	1.78292	0.10979	1.82266	0.91323	0.855254	0.913043
2	15	1.6398	0.08918	1.67375	19.6774	1.07018	20.085	1.68182	0.09646	1.71705	0.975	0.924546	0.974784
2	16	1.3574	0.09787	1.39045	16.2889	1.17448	16.6854	1.55544	0.11271	1.58977	0.87268	0.868368	0.874627
2	17	1.2678	0.08875	1.29963	15.2135	1.06503	15.5955	1.44007	0.104	1.47385	0.88037	0.853391	0.88179
2	18	0.3704	0.05235	0.38548	4.44481	0.62819	4.62581	0.65816	0.07816	0.60836	0.62976	0.669799	0.633645
2	19	0.1329	0.08718	0.17459	1.5944	1.04611	2.09509	0.21216	0.15088	0.27607	0.62626	0.57779	0.632409
2	20	0.1974	0.14048	0.26574	2.36825	1.68576	3.18893	0.22049	0.15607	0.29259	0.89509	0.900138	0.908251
2	21	0.2009	0.14537	0.27169	2.41092	1.74449	3.2603	0.22227	0.16077	0.29713	0.9039	0.904236	0.914372
2	22	0.1965	0.1407	0.26573	2.358	1.68837	3.18878	0.21885	0.15974	0.29001	0.89787	0.880764	0.916275
2	23	0.1953	0.13688	0.26309	2.34372	1.64257	3.15711	0.20874	0.15646	0.28122	0.93566	0.874839	0.935524
2	24	0.1982	0.1381	0.26621	2.37822	1.6572	3.19453	0.22019	0.16406	0.28956	0.90007	0.841746	0.91937
3	1	0.1944	0.13151	0.25877	2.33272	1.57806	3.10529	0.21855	0.14865	0.28729	0.88946	0.884685	0.900756
3	2	0.1941	0.13398	0.26037	2.32975	1.60771	3.12438	0.21959	0.1523	0.29047	0.88411	0.879677	0.896366
3	3	0.197	0.13748	0.26505	2.36439	1.64979	3.18059	0.219	0.1557	0.29138	0.89969	0.882977	0.909646
3	4	0.1982	0.14198	0.26865	2.37881	1.70379	3.22378	0.21067	0.16002	0.28501	0.94096	0.887266	0.942584
3	5	0.197	0.14009	0.26659	2.36439	1.68112	3.19908	0.21617	0.1507	0.28607	0.91145	0.929635	0.931894
3	6	0.1968	0.13685	0.26449	2.36216	1.64222	3.17393	0.2187	0.14824	0.28744	0.90007	0.923197	0.920181
3	7	0.0745	0.04501	0.09581	0.89428	0.54012	1.14975	0.197	0.14626	0.27016	0.3783	0.307744	0.354646
3	8	0.0351	0.01542	0.04249	0.42135	0.18501	0.50987	0.10541	0.0481	0.12637	0.3331	0.320542	0.336231
3	9	0.0282	0.01207	0.03363	0.33839	0.14489	0.4035	0.06571	0.02743	0.08	0.42911	0.440157	0.420297
3	10	0.0139	0.00564	0.01633	0.16696	0.06771	0.19592	0.04222	0.0174	0.05106	0.32952	0.324376	0.319733
3	11	0.0077	0.00295	0.00875	0.09277	0.03541	0.105	0.03732	0.01409	0.04152	0.20717	0.209404	0.210766
3	12	0.0234	0.00992	0.02775	0.28085	0.11902	0.33304	0.09709	0.04233	0.11516	0.24107	0.234302	0.241009
3	13	0.0332	0.0146	0.03988	0.39815	0.17517	0.47851	0.10229	0.04634	0.12213	0.32437	0.315044	0.32651
3	14	0.0275	0.01221	0.03316	0.32947	0.14657	0.3979	0.07538	0.03512	0.09213	0.36423	0.347819	0.359923
3	15	0.0164	0.00681	0.01939	0.19685	0.08167	0.23274	0.06571	0.02788	0.04167	0.24962	0.244122	0.465455
3	16	0.0299	0.01294	0.03601	0.35905	0.15533	0.43214	0.07642	0.03334	0.09319	0.39154	0.388205	0.38645
3	17	0.0443	0.01964	0.05341	0.53152	0.23564	0.64094	0.10779	0.04819	0.12849	0.41092	0.407447	0.415684
3	18	0.0717	0.04047	0.08987	0.86083	0.48564	1.07838	0.20829	0.12077	0.25971	0.3444	0.335106	0.346023
3	19	0.1898	0.13171	0.2542	2.27756	1.58046	3.05044	0.22123	0.16035	0.29532	0.85792	0.821371	0.860783
3	20	0.197	0.14026	0.26616	2.36454	1.68317	3.19393	0.21335	0.14874	0.28244	0.92358	0.942998	0.942373
3	21	0.1994	0.13978	0.26722	2.39293	1.67731	3.20666	0.22286	0.15669	0.29501	0.89476	0.892037	0.905795
3	22	0.1997	0.14675	0.27256	2.39591	1.76102	3.27075	0.23193	0.17557	0.31274	0.86084	0.835847	0.871528
3	23	0.1963	0.14159	0.26731	2.35517	1.69905	3.20772	0.23074	0.17451	0.31138	0.85057	0.811339	0.858475
3	24	0.1963	0.14152	0.26732	2.35591	1.69819	3.20787	0.22316	0.16616	0.30062	0.87975	0.851671	0.889239
4	1	0.1979	0.14047	0.26739	2.37435	1.68566	3.20863	0.21751	0.15147	0.2891	0.90966	0.927392	0.924878
4	2	0.1979	0.1431	0.26893	2.37494	1.71719	3.22711	0.21915	0.15333	0.29122	0.9031	0.933294	0.92343
4	3	0.1959	0.13937	0.26528	2.35101	1.67239	3.18332	0.22733	0.16567	0.3035	0.86184	0.841234	0.874064
4	4	0.1971	0.13983	0.26678	2.36558	1.67795	3.20135	0.2303	0.17065	0.2838	0.85598	0.819389	0.940025
4	5	0.1938	0.13531	0.26122	2.32618	1.62369	3.13468	0.22093	0.16228	0.29547	0.87741	0.833798	0.884103
4	6	0.192	0.1372	0.26072	2.30358	1.64635	3.12862	0.19908	0.14802	0.27183	0.96428	0.926881	0.959123
4	7	0.1083	0.06942	0.14156	1.29957	0.83309	1.69871	0.19833	0.14785	0.27198	0.54604	0.469559	0.520474
4	8	0.021	0.00807	0.02405	0.25171	0.09688	0.28865	0.11775	0.04713	0.13592	0.17814	0.171295	0.176979
4	9	0.0408	0.01203	0.04577	0.48914	0.14432	0.54927	0.11418	0.03593	0.12955	0.35699	0.33476	0.353314
4	10	0.0306	0.01135	0.0349	0.36708	0.13617	0.41881	0.08207	0.0305	0.0941	0.37274	0.372099	0.370907
4	11	0.1102	0.0207	0.12003	1.32277	0.24839	1.44037	0.16369	0.03665	0.17849	0.6734	0.56479	0.672467
4	12	0.2726	0.05995	0.29501	3.27071	0.71941	3.54016	0.50193	0.11757	0.53108	0.54302	0.50991	0.555492

## Continuación de la tabla LXI

Dia	Hora	Prom kwh	Prom kavrh	Prom kvah	Prom kw	Prom kvar	Prom kva	Dmax kwh	Dmax kvarh	Dmax kvah	factor de carga kwh	factor de carga kvarh	factor de carga kvah
4	13	0.7290804	0.1062583	0.7601724	8.7489649	1.2750994	9.1220685	1.092617	0.1230477	1.12899	0.66727899	0.863553922	0.67332125
4	14	1.8531795	0.1142996	1.9071295	22.238154	1.3715953	22.885554	2.2983762	0.1306115	2.36435	0.80629946	0.875111604	0.8066201
4	15	2.6634368	0.1387212	2.7374565	31.961242	1.6646538	32.849477	2.8710747	0.1593829	2.9471	0.92767939	0.870364063	0.92886461
4	16	3.2652757	0.1737375	3.3463595	39.183308	2.0848495	40.156314	3.774279	0.2347074	3.86017	0.86513892	0.740230092	0.86689433
4	17	3.9698246	0.2415303	4.0642826	47.637895	2.8983634	48.771391	4.3087678	0.2675683	4.40247	0.92133639	0.902686354	0.92318304
4	18	4.5457072	0.2833383	4.6384998	54.548486	3.4000601	55.661998	4.8441487	0.3340261	4.93749	0.93839134	0.848252013	0.93944485
4	19	4.7643594	0.2978899	4.8546962	57.172313	3.5746792	58.256354	4.8417699	0.3104541	4.92961	0.98401196	0.959529823	0.98480308
4	20	4.2931941	0.3302623	4.3746877	51.518329	3.9631479	52.496252	4.6418012	0.3679728	4.76339	0.92489831	0.897518277	0.91839764
4	21	2.1611487	0.2900698	2.2233555	25.933784	3.4808372	26.680266	3.4501662	0.3330731	3.51925	0.62638973	0.870889171	0.63177043
4	22	1.129501	0.2385717	1.1867695	13.554012	2.8628605	14.241233	1.2729606	0.2698845	1.33157	0.88730242	0.883976995	0.89125322
4	23	0.5892262	0.1704029	0.6398767	7.0707146	2.0448349	7.6785201	0.6181932	0.1903499	0.67185	0.95314254	0.895208822	0.95241317
4	24	0.5964742	0.1652025	0.6458239	7.1576898	1.9824304	7.7498869	0.6296412	0.1853194	0.68351	0.94732389	0.891447511	0.94485702
5	1	0.6024707	0.1671277	0.6525793	7.2296488	2.005532	7.830951	0.6253296	0.1922801	0.67867	0.96344508	0.869188782	0.96156136
5	2	0.607947	0.1638565	0.6569481	7.2953635	1.9662774	7.8833776	0.632466	0.1775385	0.68412	0.96123257	0.922934928	0.96028055
5	3	0.6078107	0.1661495	0.6575668	7.293728	1.9937943	7.8908022	0.6278571	0.1775505	0.66685	0.96807167	0.935787245	0.98608271
5	4	0.6103258	0.1699938	0.6613928	7.3239092	2.0399251	7.9367133	0.632466	0.1799753	0.68533	0.96499373	0.944539401	0.96506743
5	5	0.605977	0.1636886	0.6556602	7.271724	1.9642628	7.8679224	0.6223561	0.1752947	0.67291	0.97368212	0.933790975	0.97436763
5	6	0.596437	0.15199	0.6424904	7.1572438	1.8238799	7.7098851	0.6104621	0.1713016	0.65988	0.97702549	0.887265258	0.97365098
5	7	0.5496785	0.0848566	0.581566	6.5961421	1.0182797	6.9787923	0.5793888	0.1167988	0.617	0.94872124	0.726520003	0.94257531
5	8	0.5263984	0.0604612	0.5516531	6.3167806	0.7255348	6.6198371	0.548613	0.0725619	0.57503	0.95950768	0.833236354	0.95935441
5	9	0.5286781	0.0587452	0.5524738	6.3441369	0.7049424	6.629686	0.5487617	0.0722603	0.57306	0.96340197	0.812966054	0.96408426
5	10	0.5246514	0.059469	0.5479282	6.2958173	0.7136282	6.5751381	0.5663054	0.0742388	0.59003	0.92644614	0.801050807	0.92865092
5	11	0.5693532	0.0803399	0.5920463	6.8322389	0.7972764	7.1045554	0.5978246	0.0766153	0.6223	0.95237503	1.048614391	0.95138382
5	12	0.6195437	0.1263189	0.6441319	7.4345238	0.9640784	7.7295829	0.8629132	0.1313956	0.89368	0.71796749	0.96136308	0.72076693
5	13	1.0441116	0.1281545	1.074618	12.52934	1.5158265	12.895417	1.2789076	0.1491651	1.31218	0.81640897	0.859145438	0.81895689
5	14	1.7813692	0.0803399	1.8291967	21.37643	1.5378544	21.950361	2.1734887	0.1513848	2.23116	0.8195898	0.530699657	0.81984154
5	15	2.3881887	0.1263189	2.4550071	28.658264	1.587737	29.460086	2.5035486	0.1581645	2.56905	0.95392145	0.798655073	0.95560798
5	16	2.667228	0.1281545	2.7473054	32.006736	1.8545333	32.967664	2.9837708	0.1843423	3.06635	0.89391184	0.695198831	0.89595378
5	17	3.2760299	0.1323114	3.3644664	39.312358	2.4101417	40.373597	3.6247113	0.2640096	3.7188	0.90380435	0.501161374	0.90471825
5	18	4.0276966	0.1545444	4.123414	48.332359	2.9259768	49.480968	4.2748698	0.273781	4.37186	0.94217995	0.564481898	0.94317171
5	19	4.2137269	0.2008451	4.3068943	50.564723	3.3701909	51.682731	4.2350247	0.3007188	4.33398	0.99497104	0.667883504	0.99375066
5	20	3.8202569	0.2438314	3.9011693	45.843083	3.5761027	46.814032	4.1532531	0.3219868	4.24473	0.9198228	0.75727149	0.9190613
5	21	1.5509716	0.2808492	1.6073814	18.611659	2.9616244	19.288577	2.9173128	0.3011772	2.98028	0.5316439	0.932504873	0.53933855
5	22	0.8487891	0.2980086	0.9062899	10.185469	2.5934827	10.875479	1.0551508	0.2327048	1.1102	0.8044244	1.280628996	0.81633001
5	23	0.3517913	0.246802	0.409412	4.2214952	1.898746	4.9129437	0.3791228	0.1850782	0.4435	0.9279085	1.333501716	0.92312948
5	24	0.3486939	0.2161236	0.4042855	4.1843263	1.831299	4.8514258	0.3807582	0.1788413	0.44244	0.9157881	1.20846543	0.91375571
6	1	0.3499576	0.1582288	0.4062426	4.1994912	1.855426	4.8749117	0.3733245	0.1675861	0.43199	0.93740873	0.944164507	0.94040103
6	2	0.3513205	0.1526082	0.408566	4.2158456	1.8812418	4.9027917	0.3752572	0.1708794	0.43547	0.93621236	0.893075656	0.93821039
6	3	0.3544427	0.1546188	0.4135662	4.2533118	1.9440082	4.9627944	0.376744	0.1734731	0.43805	0.94080505	0.891313167	0.94410815
6	4	0.3554462	0.1567702	0.4153718	4.2653545	1.9639854	4.984462	0.3768927	0.1742813	0.43881	0.94309665	0.899523546	0.946593
6	5	0.3544055	0.1620007	0.4141723	4.2528658	1.9495695	4.9700674	0.3846238	0.1850661	0.44957	0.92143409	0.875366664	0.92127289
6	6	0.3450761	0.1636654	0.3994494	4.1409131	1.7776285	4.793393	0.3612817	0.1703004	0.42062	0.95514403	0.961039881	0.94965778
6	7	0.2529839	0.1624641	0.2745954	3.0358073	0.7302034	3.2951452	0.3284244	0.1033238	0.36168	0.77029576	1.572377894	0.75921659
6	8	0.2160257	0.1481357	0.2277373	2.5923079	0.4511024	2.7328477	0.2231621	0.0490864	0.23622	0.96802132	3.017858605	0.96407954
6	9	0.4055871	0.0608503	0.4274683	4.8670447	0.6960637	5.1296199	0.4449861	0.0730324	0.46729	0.91146007	0.833195684	0.91477518
6	10	0.3668571	0.0375919	0.3887292	4.4022848	0.6609227	4.664751	0.4329434	0.0701734	0.45593	0.84735577	0.53569996	0.85260884
6	11	0.480978	0.0580053	0.5052495	5.7717358	0.7838739	6.0629944	0.5787941	0.0748902	0.60306	0.83100009	0.77453823	0.83781407
6	12	0.4541049	0.0550769	0.4788342	5.4492584	0.8594638	5.7460107	0.5038616	0.0805118	0.52063	0.90124914	0.684085007	0.91972255
6	13	0.8554175	0.0653228	0.8815919	10.26501	1.0466651	10.579102	1.2930318	0.1174502	1.31733	0.66155954	0.556174678	0.6692259
6	14	1.6825123	0.071622	1.7214521	20.190148	1.0865952	20.657425	2.1532688	0.1117442	2.19373	0.78137587	0.640946058	0.78471359
6	15	2.5055185	0.0872221	2.5653529	30.066222	1.3094563	30.784235	2.7368206	0.1306115	2.80482	0.91548512	0.667798097	0.91462284
6	16	2.767646	0.0905496	2.8378144	33.211752	1.4646652	34.053773	2.8530849	0.1442794	2.92392	0.97005385	0.627598941	0.97055242
6	17	2.9984525	0.1091214	3.0706151	35.98143	1.9006641	36.847381	3.2643217	0.1766337	3.33848	0.91855302	0.617783317	0.91976429
6	18	3.752783	0.1220554	3.8335906	45.033396	2.2938616	46.003087	4.0934855	0.2394242	4.17761	0.91676957	0.509787373	0.917652
6	19	4.3065996	0.1583887	4.3874534	51.679196	3.4428614	52.649441	4.3813215	0.3361976	4.46217	0.98294536	0.471117849	0.98325636
6	20	3.8304536	0.1911551	3.903922	45.965443	3.8371929	46.847064	4.2962791	0.3490693	4.37565	0.89157467	0.547613699	0.89219302
6	21	1.4846251	0.2869051	1.5402699	17.815501	3.0652016	18.483238	2.7231425	0.2856033	2.783	0.54518818	1.004558254	0.55345638
6	22	0.7336026	0.3197661	0.7876862	8.8032315	2.4129404	9.4522346	0.9204507	0.230642	0.9705	0.79700372	1.386417525	0.81163154

## Continuación de la tabla LXI

Dia	Hora	Prom kwh	Prom kvarh	Prom kvah	Prom kw	Prom kvar	Prom kva	Dmax kwh	Dmax kvarh	Dmax kvah	factor de carga kwh	factor de carga kvarh	factor de carga kvah
6	23	0.36111	0.25543	0.4203	4.3333	1.98604	5.04356	0.39235	0.18147	0.451	0.92036	1.407571	0.932381
6	24	0.3567	0.20108	0.41628	4.28037	1.96531	4.99537	0.37095	0.18431	0.436	0.96159	1.091002	0.954598
7	1	0.36019	0.1655	0.42025	4.3223	1.99384	5.04295	0.37169	0.1853	0.459	0.96907	0.893186	0.916254
7	2	0.36298	0.16378	0.42314	4.35575	2.01229	5.07765	0.3925	0.19808	0.451	0.92478	0.826807	0.938368
7	3	0.3574	0.16615	0.41617	4.28885	1.956	4.99401	0.37422	0.18242	0.434	0.95507	0.910809	0.959673
7	4	0.3601	0.16769	0.41903	4.32126	1.96849	5.0284	0.3702	0.18374	0.445	0.97272	0.912656	0.94257
7	5	0.35859	0.163	0.41718	4.30312	1.9539	5.00613	0.37674	0.18942	0.443	0.95182	0.860517	0.94096
7	6	0.35609	0.16404	0.41312	4.27309	1.90078	4.95749	0.38537	0.17488	0.426	0.92403	0.937993	0.96925
7	7	0.26665	0.16283	0.28989	3.1998	0.81015	3.47864	0.33764	0.11173	0.374	0.78974	1.457281	0.774248
7	8	0.22479	0.1584	0.23703	2.69742	0.49527	2.84437	0.28159	0.06127	0.3	0.79827	2.585237	0.78927
7	9	0.23611	0.06751	0.24809	2.83331	0.48543	2.9771	0.27639	0.05076	0.292	0.85427	1.329947	0.848799
7	10	0.35257	0.04127	0.37451	4.23086	0.69241	4.49414	0.40574	0.07076	0.428	0.86897	0.583234	0.874926
7	11	0.42296	0.04045	0.44619	5.07549	0.86898	5.35433	0.45807	0.09067	0.482	0.92335	0.446151	0.924859
7	12	0.47431	0.0577	0.49809	5.69175	1.00226	5.97708	0.66071	0.14599	0.691	0.71788	0.395233	0.721046
7	13	0.72053	0.07242	0.75025	8.64638	1.39306	9.00297	0.99211	0.14254	1.02	0.72626	0.508027	0.735177
7	14	1.86836	0.08352	1.91853	22.4203	1.61357	23.0224	2.15892	0.16381	2.22	0.86541	0.509867	0.864165
7	15	2.59337	0.11609	2.66238	31.1205	1.85582	31.9485	2.84104	0.17548	2.918	0.91282	0.661565	0.912443

**Tabla LXII. Datos de demanda media y máxima, factor de caga diario M-5**

Día	Hora	Prom kwh	Prom kvarh	Prom kvah	Prom kw	Prom kvar	Prom kva	Dmax kwh	Dmax kvarh	Dmax kvah	Factor de carga kwh	Factor de carga kvarh	Factor de carga kvah
1	1	0.4221	2.8786	2.9399	5.0655	34.544	35.278	0.6725	3.3747	3.4725	0.6276754	0.8530033	0.8466069
1	2	0.7246	3.4237	3.5089	8.6948	41.085	42.106	0.8784	3.7962	3.9095	0.8248616	0.9018738	0.8975173
1	3	0.7222	3.6004	3.6841	8.6663	43.205	44.209	0.8993	3.9458	3.9908	0.8030803	0.9124505	0.9231407
1	4	0.4738	3.5941	3.6372	5.6853	43.129	43.646	0.5889	3.852	3.8991	0.804444	0.9330243	0.9328322
1	5	0.1268	1.3965	1.4298	1.5215	16.758	17.158	0.2168	2.9576	2.9854	0.5848874	0.4721703	0.4789495
1	6	0.1256	0.72	0.7504	1.5077	8.6405	9.0048	0.157	1.0166	1.0571	0.8003784	0.708283	0.7098885
1	7	0.1193	0.7101	0.74	1.4314	8.5207	8.8798	0.1478	0.9724	1.0099	0.8069962	0.7302465	0.7327356
1	8	0.1262	0.7103	0.7408	1.5139	8.5238	8.8894	0.1552	0.9583	0.9953	0.8131152	0.7411921	0.7442583
2	1	0.1286	0.7145	0.7467	1.543	8.5743	8.96	0.1581	0.9614	0.9997	0.8130562	0.7432021	0.7468978
2	2	0.1312	0.7181	0.7505	1.5746	8.6176	9.0056	0.1549	0.9628	1.0001	0.8472061	0.7459036	0.7504149
2	3	0.1284	0.7055	0.7378	1.5411	8.4662	8.8536	0.1528	0.9216	0.9577	0.8405527	0.7655507	0.7703487
2	4	0.1191	0.7144	0.7487	1.4295	8.5724	8.9846	0.1455	0.9737	1.0094	0.818687	0.7336616	0.7417489
2	5	0.1058	0.7327	0.7699	1.2691	8.7927	9.2389	0.1271	0.9547	0.9905	0.8319395	0.7675337	0.777731
2	6	0.0873	0.8373	0.8794	1.0474	10.047	10.553	0.2829	1.7372	1.775	0.3085283	0.4819735	0.4954363
2	7	0.2736	1.4313	1.4725	3.2835	17.176	17.669	0.4507	1.9526	1.9937	0.6071611	0.7330437	0.7385702
2	8	0.3286	2.1284	2.1727	3.9432	25.541	26.073	0.5974	2.5898	2.6506	0.5500886	0.8218349	0.8197236
2	9	0.5855	2.8336	2.9042	7.0263	34.003	34.851	0.7495	3.2326	3.3196	0.7812005	0.8765639	0.8748797
2	10	0.6452	3.0186	3.0991	7.742	36.223	37.189	0.7324	3.084	3.1752	0.8808312	0.9787946	0.9760267
2	11	0.5995	2.9948	3.0685	7.1941	35.937	36.822	0.6432	3.2099	3.2898	0.9320615	0.9329842	0.9327173
2	12	0.5714	2.8907	2.9646	6.8566	34.688	35.576	0.6349	3.0852	3.1614	0.8999002	0.9369372	0.9377723
2	13	0.3725	2.5563	2.6249	4.4699	30.675	31.499	0.4312	2.8694	2.95	0.8638137	0.8908798	0.8897913
2	14	0.2697	2.1514	2.1851	3.2359	25.817	26.221	0.3091	2.2474	2.3066	0.8723923	0.9573032	0.9473253
2	15	0.2939	2.1781	2.2544	3.5269	26.137	27.053	0.3653	2.4272	2.5018	0.8044809	0.8973538	0.901087
2	16	0.4688	2.4714	2.5574	5.6257	29.657	30.689	0.6865	2.7785	2.9046	0.6829196	0.8894616	0.8804616
2	17	0.5551	3.0279	3.107	6.6618	36.334	37.284	0.6382	3.6731	3.7205	0.8698911	0.8243418	0.8351147
2	18	0.6292	3.533	3.595	7.551	42.396	43.14	0.6861	3.7077	3.7724	0.9171104	0.9528712	0.9529843
2	19	0.6554	3.6628	3.7291	7.8653	43.953	44.749	0.7478	3.936	3.9963	0.8764783	0.9305855	0.9331449
2	20	0.5402	3.432	3.486	6.4823	41.184	41.832	0.7044	3.9017	3.9578	0.7668665	0.8796104	0.8807824
2	21	0.1105	1.1669	1.1891	1.3256	14.003	14.269	0.1598	2.223	2.2401	0.6914402	0.5249207	0.5308043
2	22	0.1287	0.6918	0.7189	1.544	8.3015	8.6266	0.1617	0.958	0.9957	0.795811	0.7221438	0.7219792
2	23	0.1228	0.6897	0.7172	1.4741	8.2767	8.6065	0.1581	0.9371	0.9748	0.7770411	0.7360401	0.7357529
2	24	0.1282	0.6954	0.7238	1.5389	8.345	8.6858	0.1646	0.9358	0.9747	0.7791727	0.743093	0.7426255
3	1	0.128	0.7011	0.7311	1.5356	8.4135	8.7731	0.1655	0.9476	0.9869	0.773299	0.7398603	0.7408143
3	2	0.1268	0.7054	0.7358	1.5218	8.4645	8.8297	0.1564	0.9442	0.9823	0.8106655	0.7470598	0.7490919
3	3	0.1323	0.7141	0.7453	1.5873	8.5694	8.9432	0.1575	0.9658	1.0033	0.8396059	0.7393725	0.7428152
3	4	0.1251	0.7011	0.7329	1.5009	8.4134	8.795	0.1555	0.976	1.015	0.8044588	0.7183249	0.7220826
3	5	0.1361	0.7001	0.7315	1.6329	8.4015	8.7783	0.1611	0.9676	1.0053	0.8444682	0.7235951	0.7276732
3	6	0.1064	0.7004	0.7346	1.2767	8.4043	8.8157	0.1381	0.9676	0.9713	0.7703093	0.7238386	0.7563429
3	7	0.1216	0.5028	0.5236	1.4594	6.034	6.2834	0.3089	0.9346	0.9462	0.3936765	0.5380113	0.553407
3	8	0.257	0.9796	1.0234	3.0835	11.755	12.281	0.3495	0.8905	1.1448	0.7352828	0.5100828	0.8939262
3	9	0.0726	0.6724	0.6869	0.8716	8.0692	8.2423	0.2341	1.1098	1.3121	0.3102456	0.6059112	0.5234854
3	10	0.0494	0.5812	0.5951	0.5923	6.9746	7.1415	0.1423	1.2809	0.7203	0.3468364	0.4537588	0.8262485
3	11	0.0326	0.5715	0.5849	0.3916	6.858	7.019	0.0771	0.6977	0.7053	0.4233683	0.8190774	0.8292747
3	12	0.0107	0.5024	0.5112	0.128	6.0292	6.1339	0.017	0.6837	0.5308	0.6272007	0.7348526	0.9629347
3	13	0.0703	0.6188	0.6348	0.8439	7.4252	7.6179	0.2138	0.5222	0.8492	0.3289904	1.1849302	0.7475451
3	14	0.0213	0.5599	0.5721	0.2561	6.7186	6.8647	0.0842	0.8186	0.7341	0.2534982	0.6839741	0.7792755
3	15	0.0321	0.4261	0.4318	0.385	5.1132	5.1818	0.0512	0.7104	0.6399	0.6260959	0.599801	0.6748525
3	16	0.036	0.3212	0.3245	0.4314	3.8547	3.8943	0.04	0.622	0.3555	0.8985778	0.5164361	0.912961
3	17	0.0023	0.4609	0.4766	0.0272	5.5305	5.7193	0.0138	0.3519	0.5885	0.1641359	1.3095238	0.8099267
3	18	0.0193	0.5596	0.5763	0.231	6.7154	6.9156	0.1584	0.5635	1.0557	0.1215573	0.9931101	0.5458913
3	19	0.1205	1.32	1.3808	1.4459	15.84	16.57	0.2077	1.0397	1.6881	0.5802091	1.2695673	0.8179913
3	20	0.1066	1.5261	1.6038	1.2793	18.313	19.246	0.1557	1.6338	1.6903	0.6845994	0.9340782	0.948801
3	21	0.2588	1.0355	1.094	3.1057	12.426	13.127	0.3798	1.6411	1.5407	0.6814711	0.6309738	0.7100197
3	22	0.1342	0.7108	0.7401	1.6099	8.5298	8.8812	0.1712	1.4541	0.9976	0.7836132	0.4888339	0.7419006
3	23	0.1375	0.7215	0.7533	1.6503	8.6579	9.04	0.1767	0.9587	1.0257	0.7785218	0.7525644	0.7344578
3	24	0.1327	0.7015	0.7302	1.593	8.4185	8.7626	0.1659	0.9835	1.005	0.8003099	0.7132858	0.7265531
4	1	0.134	0.6801	0.7087	1.6077	8.1614	8.5043	0.1577	0.9373	0.9741	0.8497309	0.7255956	0.7275748
4	2	0.1254	0.714	0.7444	1.5048	8.5685	8.9324	0.156	0.9457	0.9828	0.8040355	0.7550587	0.7574194
4	3	0.1295	0.72	0.7501	1.5542	8.6403	9.0013	0.1628	0.9441	0.9809	0.7954908	0.7626736	0.7647189
4	4	0.132	0.7205	0.7504	1.5838	8.6461	9.0052	0.1649	0.9516	0.9894	0.8001846	0.7571696	0.7585021
4	5	0.1428	0.6909	0.7199	1.7138	8.2911	8.6383	0.1672	0.9516	0.9886	0.8539391	0.7260797	0.7281464
4	6	0.1254	0.6928	0.7221	1.5044	8.3138	8.6649	0.1567	0.9424	0.9782	0.7998663	0.7351944	0.7381982
4	7	0.0689	0.3686	0.379	0.8267	4.4234	4.5485	0.142	0.7913	0.8186	0.4850481	0.4658485	0.4630404
4	8	0.081	0.5835	0.5997	0.972	7.0018	7.1969	0.1745	1.3282	1.37	0.4642837	0.4392951	0.4377744
4	9	0.1074	1.7759	1.8158	1.2887	21.311	21.79	0.2454	2.199	2.2596	0.4376475	0.8075959	0.8035849
4	10	0.4039	2.4951	2.5589	4.8471	29.941	30.707	0.5638	2.6687	2.754	0.7163976	0.9349263	0.9291665
4	11	0.4513	2.6839	2.7533	5.4161	32.207	33.04	0.7083	3.0228	3.1257	0.6372329	0.8879084	0.8808884

## Continuación de la tabla LXII

Día	Hora	Prom kWh	Prom kvarh	Prom kvah	Prom kw	Prom kvar	Prom kva	Dmax kWh	Dmax kvarh	Dmax kvah	Factor de carga kWh	Factor de carga kvarh	Factor de carga kvah
4	12	0.3301	2.4806	2.5277	3.9607	29.767	30.333	0.3665	2.5984	2.6471	0.9006169	0.9546472	0.9549127
4	13	0.1208	0.7957	0.8144	1.45	9.5487	9.7726	0.3761	2.4719	2.513	0.3212712	0.321904	0.3240635
4	14	0.0073	0.0144	0.0163	0.0871	0.1722	0.1959	0.0248	0.0327	0.0422	0.2931278	0.4389098	0.3869223
4	15	0.0073	0.6052	0.6209	0.0882	7.2627	7.4514	0.0443	0.9824	1.0247	0.1658778	0.6160431	0.605976
4	16	0	0.8172	0.8379	0	9.8069	10.054	0	0.9152	0.9296	0	0.8929707	0.9013032
4	17	0.0261	0.4455	0.4566	0.3133	5.3455	5.4788	0.0419	0.6949	0.7264	0.6236886	0.6410313	0.6285555
4	18	0.0397	0.5491	0.5713	0.4762	6.5888	6.8557	0.1324	0.993	1.0306	0.2998115	0.5529318	0.554368
4	19	0.0335	0.9517	1.0193	0.4021	11.421	12.232	0.1011	1.2845	1.3316	0.331482	0.7409401	0.7654765
4	20	0.0288	0.9584	1.0289	0.3451	11.5	12.347	0.089	1.2031	1.2654	0.3232638	0.7965839	0.8131045
4	21	0.0186	0.8711	0.9391	0.2231	10.453	11.269	0.0659	1.0284	1.0827	0.2820688	0.8470197	0.8673315
4	22	0.012	0.8652	0.9369	0.1441	10.383	11.243	0.0533	0.9559	1.0012	0.2251544	0.9051783	0.9358321
4	23	0.0101	0.8738	0.9584	0.1209	10.485	11.5	0.0397	0.9942	1.0396	0.2535795	0.8788328	0.9218228
4	24	0.0127	0.886	0.9615	0.1525	10.632	11.538	0.0569	1.0053	1.0507	0.223172	0.881328	0.9150971
5	1	0.0101	0.8733	0.9409	0.1208	10.48	11.291	0.0579	0.9987	1.0431	0.1739993	0.8745076	0.9019906
5	2	0.0059	0.0779	0.9327	0.071	0.9354	11.193	0.0306	0.9354	0.9923	0.1934378	0.0833333	0.9399222
5	3	0.0088	0.7674	0.9386	0.1053	9.2087	11.263	0.0393	0.9974	1.0307	0.2232597	0.7693664	0.910669
5	4	0.0093	0.2921	0.9127	0.1117	3.5055	10.952	0.0458	0.9535	0.9819	0.203159	0.3063577	0.9295116
5	5	0.0102	0.8613	0.9171	0.1224	10.335	11.005	0.0473	0.965	0.995	0.2155281	0.8925265	0.9217434
5	6	0.0095	0.5642	0.9085	0.1139	6.7707	10.902	0.0473	0.9527	0.9887	0.200506	0.5922473	0.9188066
5	7	0.0563	0.2191	0.3926	0.6759	2.6293	4.7113	0.1381	0.8226	0.8898	0.408026	0.2663504	0.4412389
5	8	0.0581	0.2315	0.2826	0.6974	2.7782	3.391	0.0638	0.3184	0.3257	0.911072	0.7271557	0.8676646
5	9	0.0214	0.594	0.6043	0.2568	7.1277	7.2517	0.059	1.0149	1.0324	0.3627327	0.5852612	0.5853325
5	10	0.0137	0.599	0.6018	0.164	7.188	7.2212	0.0399	0.8098	0.8122	0.3426552	0.7396529	0.7408699
5	11	0.0231	0.7214	0.7333	0.2769	8.6563	8.8002	0.092	1.2588	1.2963	0.2508681	0.5730632	0.5657305
5	12	0	0.5017	0.5038	0	6.0202	6.0461	0	0.5189	0.5208	0	0.966872	0.9675151
5	13	0.0012	0.5382	0.5405	0.0142	6.4581	6.4855	0.0096	0.7896	0.7917	0.1234375	0.681613	0.6826495
5	14	0.0155	0.5156	0.5178	0.1865	6.187	6.2141	0.0237	0.6729	0.6748	0.6544767	0.766213	0.7673521
5	15	0	0.7995	0.821	0	9.5946	9.852	0	0.9649	0.9748	0	0.8286724	0.8422285
5	16	0	0.6981	0.7261	0	8.3777	8.7131	0	0.7839	0.804	0	0.8905964	0.9030573
5	17	0.0438	0.3497	0.357	0.5255	4.1965	4.2843	0.0573	0.8226	0.8383	0.764063	0.4251096	0.4259094
5	18	0.0546	0.2893	0.2954	0.6549	3.4715	3.5451	0.0577	0.3191	0.3252	0.9462184	0.9065229	0.9083748
5	19	0.016	0.6594	0.7069	0.1922	7.9128	8.4828	0.0529	0.9458	0.9787	0.3030689	0.6971883	0.7223176
5	20	0.0102	0.8478	0.9128	0.1228	10.173	10.953	0.0372	0.9644	0.9946	0.2752281	0.8791162	0.9177304
5	21	0.0078	0.8533	0.9075	0.0936	10.239	10.89	0.0445	0.9644	0.9921	0.1753028	0.8848021	0.9147221
5	22	0.0066	0.8415	0.9016	0.0788	10.098	10.819	0.0293	0.9223	0.9631	0.2245821	0.9123351	0.93617
5	23	0.0055	0.851	0.9047	0.0659	10.212	10.856	0.0385	0.9641	0.9935	0.1424961	0.8826873	0.9106114
5	24	0.0093	0.8607	0.9146	0.1112	10.329	10.975	0.0467	0.9792	1.0065	0.1984178	0.8789857	0.9086703
6	1	0.0094	0.8602	0.9168	0.1129	10.323	11.002	0.0448	0.9618	0.9906	0.2101449	0.8944168	0.9255141
6	2	0.0111	0.8666	0.9261	0.1331	10.4	11.113	0.0542	0.969	1.0006	0.2046501	0.894319	0.9255815
6	3	0.0185	0.8891	0.9467	0.2216	10.669	11.36	0.0537	0.9963	1.0296	0.3436919	0.8923915	0.9194975
6	4	0.0118	0.8702	0.9281	0.1421	10.442	11.137	0.0578	0.9823	1.014	0.2048162	0.8858716	0.9152858
6	5	0.009	0.8553	0.911	0.1077	10.263	10.932	0.0467	0.9797	1.0059	0.1921474	0.8729716	0.9056545
6	6	0.0095	0.85	0.907	0.1136	10.2	10.884	0.0497	0.9517	0.9825	0.1904116	0.8931693	0.9231062
6	7	0.0669	0.4521	0.4688	0.8023	5.4256	5.6261	0.1568	0.933	0.976	0.426391	0.484596	0.4803515
6	8	0.0486	0.2725	0.2778	0.5836	3.2697	3.3334	0.0581	0.3124	0.3188	0.836768	0.8723272	0.8714695
6	9	0.0466	0.2694	0.2744	0.5591	3.233	3.2926	0.0514	0.3057	0.311	0.9067113	0.8812492	0.8821529
6	10	0.0485	0.2706	0.2759	0.5814	3.247	3.3105	0.0554	0.3156	0.3214	0.8750225	0.857486	0.8584431
6	11	0.0486	0.2674	0.2728	0.5836	3.2084	3.2735	0.054	0.3056	0.3114	0.9011746	0.8748994	0.8759992
6	12	0.0469	0.2761	0.281	0.5622	3.3129	3.3715	0.0486	0.2967	0.3013	0.9633621	0.9303369	0.9323971
6	13	0.0475	0.2749	0.2799	0.5695	3.2989	3.3588	0.0517	0.3159	0.321	0.9170525	0.8701686	0.8719788
6	14	0.0491	0.278	0.2833	0.5893	3.3361	3.3995	0.0582	0.3163	0.3226	0.8436214	0.8789675	0.8781186
6	15	0.0503	0.274	0.2797	0.6042	3.2882	3.3559	0.0587	0.3181	0.3245	0.8582185	0.861315	0.8618783
6	16	0.0506	0.2806	0.2861	0.6072	3.367	3.4336	0.0558	0.3085	0.3146	0.9060322	0.9093625	0.9093816
6	17	0.0493	0.2823	0.2875	0.592	3.3871	3.45	0.0531	0.3173	0.3225	0.929122	0.8896423	0.8915155
6	18	0.0494	0.2829	0.2881	0.5927	3.3949	3.4576	0.0548	0.3165	0.322	0.9012295	0.893754	0.8948589
6	19	0.0203	0.6777	0.7194	0.2439	8.1329	8.6324	0.0915	0.9254	0.9529	0.2220587	0.7323769	0.7549308
6	20	0.0067	0.8334	0.8901	0.0809	10.001	10.682	0.0373	0.9433	0.9738	0.1809352	0.8834702	0.9140891
6	21	0.0061	0.8288	0.8847	0.0734	9.9462	10.617	0.0366	0.9501	0.9806	0.1670758	0.8723746	0.9021978
6	22	0.0054	0.8336	0.8865	0.0649	10.004	10.638	0.0335	0.9328	0.9611	0.161449	0.8937138	0.9223431
6	23	0.0089	0.8428	0.8934	0.1065	10.113	10.721	0.0379	0.9519	0.9768	0.2341364	0.8853306	0.9146598
6	24	0.0081	0.8426	0.8981	0.0973	10.111	10.777	0.0444	0.9441	0.9733	0.1826361	0.8924805	0.9227408
7	1	0.0098	0.8487	0.905	0.1173	10.185	10.86	0.0449	0.9661	0.9935	0.217846	0.8785257	0.910935
7	2	0.0088	0.8482	0.9039	0.1058	10.178	10.846	0.0414	0.9626	0.9896	0.2131306	0.8810816	0.9133442
7	3	0.0078	0.8459	0.9003	0.0932	10.151	10.803	0.0405	0.941	0.9692	0.191753	0.898944	0.9288772
7	4	0.0107	0.8553	0.912	0.1279	10.264	10.944	0.0562	0.9844	1.0136	0.18962	0.8688499	0.8997217
7	5	0.0102	0	0.9093	0.1228	0	10.912	0.0491	0	0.9799	0.2083079	0	0.9279605
7	6	0.0066	0.8285	0.8802	0.079	9.9416	10.562	0.0327	0.9336	0.9599	0.2011284	0.8873601	0.91698

## Continuación de la tabla LXII

Día	Hora	Prom kwh	Prom kvarh	Prom kvah	Prom kw	Prom kvar	Prom kva	Dmax kwh	Dmax kvarh	Dmax kvah	Factor de carga kwh	Factor de carga kvarh	Factor de carga kvah
7	7	0.082	0.54	0.561	0.979	6.483	6.729	0.213	1.235	1.28	0.383204	0.4375394	0.438193
7	8	0.035	1.554	1.604	0.425	18.64	19.25	0.131	2.03	2.09	0.269574	0.7652478	0.767382
7	9	0	2.003	2.05	0	24.04	24.61	0	2.245	2.299	0	0.8921512	0.892057
7	10	0	2.249	2.297	0	26.98	27.57	0	2.478	2.543	0	0.9072182	0.903218
7	11	0	2.251	2.3	0	27.01	27.6	0	2.511	2.582	0	0.8963842	0.890952
7	12	0.128	2.396	2.457	1.54	28.75	29.48	0.359	2.765	2.852	0.357898	0.866291	0.86132
7	13	0.25	2.339	2.38	3.004	28.07	28.56	0.291	2.468	2.517	0.860425	0.9477553	0.945831
7	14	0.201	2.212	2.246	2.415	26.55	26.96	0.269	2.287	2.33	0.74833	0.9674918	0.963948
7	15	0.362	2.389	2.456	4.34	28.67	29.47	0.498	2.726	2.812	0.726003	0.8764148	0.873403
7	16	0.262	2.282	2.336	3.144	27.38	28.03	0.315	2.352	2.41	0.831101	0.9701131	0.969362
7	17	0.261	2.312	2.362	3.13	27.75	28.34	0.404	2.419	2.46	0.645372	0.9557842	0.96028
7	18	0.181	2.449	2.481	2.169	29.39	29.78	0.341	2.752	2.819	0.529794	0.8901596	0.880354
7	19	0.195	2.653	2.674	2.34	31.84	32.09	0.285	2.86	2.873	0.684729	0.927767	0.930799
7	20	0.147	2.029	2.057	1.77	24.35	24.68	0.237	2.901	2.924	0.62337	0.6993587	0.70342
7	21	0.122	0.718	0.744	1.459	8.622	8.928	0.159	0.972	1.004	0.764017	0.7388959	0.741299
7	22	0.129	0.742	0.772	1.548	8.905	9.268	0.164	0.961	1	0.783983	0.7719416	0.772652
7	23	0.114	0.704	0.735	1.368	8.443	8.814	0.151	0.934	0.971	0.756292	0.7532241	0.756592
7	24	0.116	0.706	0.738	1.395	8.478	8.861	0.15	0.955	0.992	0.774839	0.7397456	0.744593
8	1	0.119	0.717	0.751	1.424	8.602	9.006	0.155	0.949	0.985	0.764779	0.7554303	0.762037
8	2	0.102	0.702	0.732	1.219	8.428	8.78	0.126	0.941	0.97	0.805556	0.7460178	0.754309
8	3	0.111	0.686	0.708	1.337	8.237	8.495	0.136	0.954	0.983	0.819836	0.7197731	0.720221
8	4	0.107	0.686	0.706	1.281	8.232	8.467	0.134	0.94	0.97	0.795844	0.7295943	0.727602
8	5	0.104	0.682	0.701	1.249	8.185	8.411	0.132	0.963	0.99	0.790719	0.7086526	0.708087
8	6	0.096	0.669	0.688	1.148	8.03	8.25	0.125	0.926	0.95	0.763043	0.7226094	0.723415
8	7	0.264	1.152	1.198	3.163	13.82	14.37	0.404	1.478	1.516	0.651899	0.7792169	0.790042
8	8	0.048	1.49	1.529	0.57	17.88	18.35	0.186	1.728	1.776	0.256065	0.862192	0.86124
8	9	0.151	1.669	1.713	1.817	20.02	20.55	0.299	1.974	2.038	0.506057	0.8454376	0.84034
8	10	0.364	2.077	2.165	4.363	24.92	25.98	0.469	2.187	2.282	0.774794	0.9494727	0.948551
8	11	0.498	2.336	1.462	5.974	28.04	17.55	0.568	2.599	2.282	0.876811	0.8988886	0.640667

De las tablas LXI y LXII, se obtiene los datos de la demanda máxima por día, la demanda promedio por día y el factor de carga por día, del cual, se procederá a realizar las curva de demanda por ende el análisis de dichas curvas

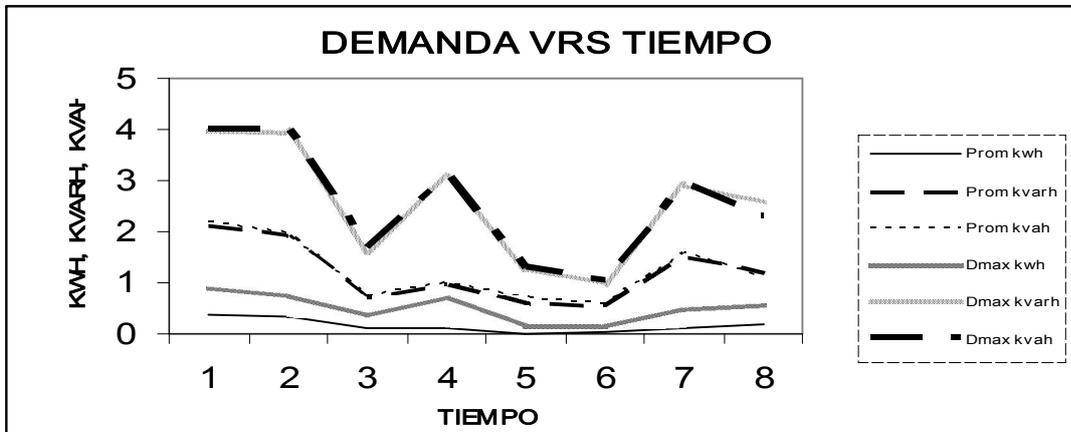
**Tabla LXIII. Cálculo de la demanda máxima y factor de carga diaria del S-1**

Día	Promedio kwh	Promedio kvarh	Promedio kvah	Promedio kw	Promedio kvar	Promedio kva	Dmax kwh	Dmax kvarh	Dmax kvah	factor de carga kwh	factor de carga kvarh	factor de carga kvah
1	2.5136908	0.1863334	2.2814989	26.454557	2.2360006	27.377986	4.5041276	0.2972204	4.60551	0.55808605	0.626919883	0.49538507
2	0.813492	0.1121505	0.8630468	9.7619042	1.3458056	10.356561	2.0746194	0.1722426	2.11737	0.39211626	0.651119243	0.40760395
3	0.1150858	0.0775488	0.1531323	1.3810291	0.9305861	1.8375873	0.2319339	0.1755721	0.31274	0.49620059	0.441692242	0.48964558
4	1.3466025	0.1486281	1.4012812	16.15923	1.7835371	16.815375	4.8441487	0.3679728	4.93749	0.27798537	0.403910522	0.28380435
5	1.3861719	0.15372	1.4385782	16.634063	1.8658719	17.262939	4.2748698	0.3219868	4.37186	0.32426061	0.477410977	0.3290541
6	1.2467751	0.1428599	1.2969295	14.961301	1.7235393	15.563154	4.3813215	0.3490693	4.46217	0.28456598	0.409259275	0.2906502
7	0.6210007	0.1193567	0.6622564	7.4520081	1.4001492	7.9470774	2.8410422	0.1980826	2.91786	0.21858199	0.60256021	0.22696682

**Tabla LXIV. Cálculo de la demanda máxima y factor de carga diaria del M-5**

Día	Prom kwh	Prom kvarh	Prom kvah	Prom kw	Prom kvar	Prom kva	Dmax kwh	Dmax kvarh	Dmax kvah	Factor de carga kwh	Factor de carga kvarh	Factor de carga kvah
1	0.3551	2.1292	2.1789	4.2608	25.551	26.146	0.8993	3.9458	3.9908	0.394835	0.5396105	0.5459748
2	0.3325	1.9157	1.9668	3.9897	22.988	23.601	0.7495	3.936	3.9963	0.44358	0.4867084	0.4921495
3	0.0988	0.7081	0.7356	1.185	8.4971	8.8273	0.3798	1.6411	1.6903	0.2600243	0.4314781	0.4351862
4	0.1062	0.9683	1.008	1.2743	11.62	12.096	0.7083	3.0228	3.1257	0.1499258	0.320336	0.3224884
5	0.0165	0.6011	0.7156	0.1984	7.2136	8.5874	0.1381	1.2588	1.2963	0.1197668	0.477553	0.552052
6	0.0303	0.5638	0.5943	0.3635	6.7656	7.1316	0.1568	0.9963	1.0296	0.193209	0.5658801	0.5772347
7	0.11	1.5315	1.6109	1.3196	18.378	19.331	0.4981	2.901	2.9236	0.2207706	0.527919	0.5509885
8	0.1784	1.1697	1.1228	2.1404	14.036	13.474	0.5678	2.5993	2.2823	0.3141546	0.4499971	0.4919784

Figura 22. Curvas de demanda diaria del edificio M-5



En base a la tabla cuarenta y cuatro, y a la figura 22, se observa la mayor demanda máxima, en el día 1 que es de 0.89 KWH, para el día dos 3.94 KVARH, y para el día dos 3.996 KVAH, siendo estos los mayores resultados durante el periodo de medición. La demanda graficada en el tiempo, nos permite observar las demandas máximas, mínimas y determinar los valles de la misma, aplica para instalaciones, grupos de usuarios y sistemas

Figura 23. Curvas de demanda diaria del edificio S-1

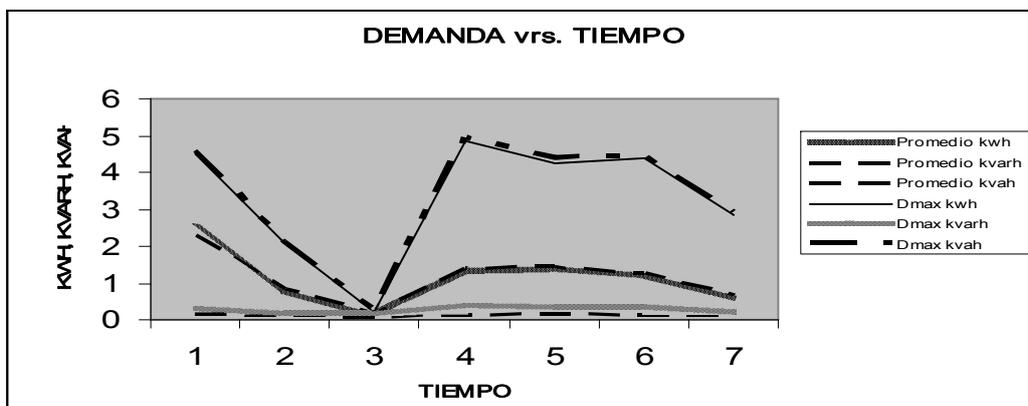
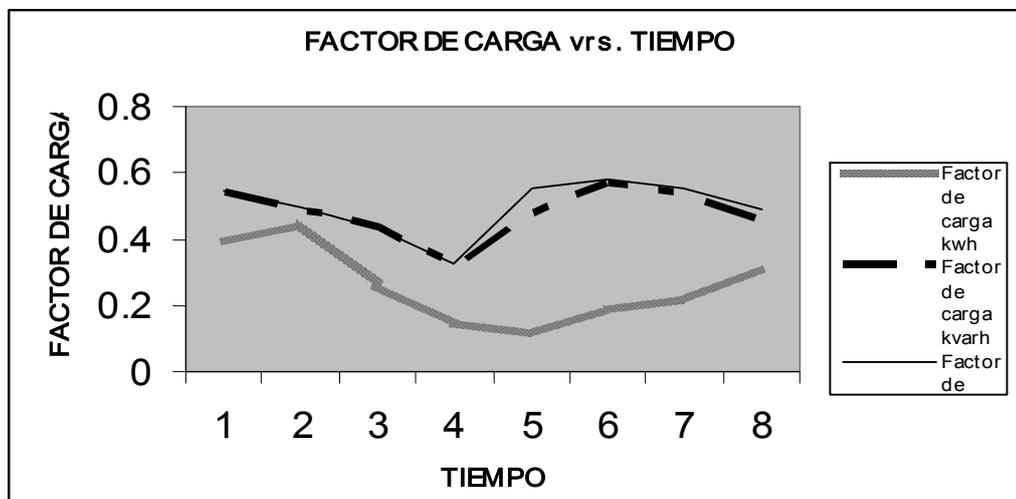


Figura 24. Curvas del factor de carga diaria del edificio M-5



Se puede observar, que en las gráficas para el edificio M-5, un factor de carga alto nos da la indicación de que la curva de carga es casi plana, de alto consumo de energía, debido a que la demanda media es muy parecida a la demanda máxima, de ahí que el valor mas alto del factor de carga sea 1 y corresponde a una carga cuya demanda máxima es constante en el período. Un factor de carga bajo indica que la curva es muy picuda o de energía muy baja. El valor mínimo de carga es cero y corresponde a un pico instantáneo.

## 5.5 Cargos de energía en factura mensual

### 5.5.1 Generación y transporte

El cobro por generación y transporte es debido a los generadores y todo el equipo que tiene la empresa para el suministro de la energía eléctrica a los distintos consumidores ya sean residencia, comercios, industrias, etc.

### **5.5.1.1 Energía**

Se basa en la cantidad de energía eléctrica usada por un consumidor en términos de kilovatio-hora kWh. A medida que una empresa eléctrica genera mas electricidad, el aumento del costo por unidad producida disminuye hasta cierto punto, de ahí el uso de la tasa en bloque global al determinar una tasa tarifaría, la empresa eléctrica estima lo que tiene que gastar en combustible para generar electricidad. Desafortunadamente, los precios en que se basa sus cálculos cambian muy a menudo, de modo que la empresa transfiere estos cambios, en forma de un ajuste de cobro.

### **5.5.1.2 Potencia máxima**

El cargo por demanda lo establece la empresa para mantener la capacidad de generación y las líneas de transmisión en buenas condiciones, de manera que los consumidores pueden usar la potencia eléctrica en forma inmediata.

El cargo se basa en la máxima demanda registrada por un medidor a lo largo de un periodo de tiempo, en general el periodo de tiempo es de un mes calendario. La demanda se mide generalmente en Kilovatios kW y el cobro de la demanda de cada consumidor está determinada por la estructura tarifaría.

## **5.5.2 Distribución**

Este cobro se efectúa para llevar el suministro eléctrico hasta la acometida del usuario. A los consumidores se les cobra normalmente de acuerdo con estas tarifas que se basan en:

La demanda máxima KW, penalización del factor de potencia y el de energía KWh. Asimismo, se les puede cobrar un cargo fijo por medidor.

La mayoría de las tasas tarifarias se basan en variaciones de cargos descritos; las escalas de los cobros difieren, y dependen del tamaño y tipo de instalación, por ejemplo. Una instalación residencial, por lo general, solo tiene un cargo por consumo en kilovatio hora.

A instalaciones comerciales e industriales, se les cobra comúnmente diferentes cantidades de demanda, kilovatio kw. Consumo kilovatio-hora Kwh y penalización por bajo factor de potencia.

#### **5.5.2.1 Cargos fijos por clientes.**

Este cobro se debe, por el uso de personal de emisor de facturas, tomas de lecturas, etc.

#### **5.5.2.2 Penalización por incumplimiento a NTSD.**

Este se debe cuando el consumidor tiene su factor de potencia por debajo de las normas establecidas.

#### **5.5.2.3 Tasa municipal.**

Se debe al alumbrado publico, el cual a la universidad no es cobrada, porque la razón de que nadie habita en dicha instalación solamente se tienen estudiantes y trabajadores del cual cada uno de ellos la paga individualmente este cargo.

### **5.5.3 Función de las tarifas**

Como se menciona anteriormente las tarifas tienen una estructura global o de bloque tanto residencial como industrial y comercial.

La tarifa industrial o facturación de la demanda esta basada en la demanda máxima registrada por un medidor de un mes calendario la cual esta puesta a cero cada mes. Esta tarifa no proporciona ningún incentivo al consumidor para reducir su demanda de kilovatios, durante los periodos pico del sistema.

## **6. DIMENSIONAMIENTO DE LOS TRANSFORMADORES**

### **6.1 Transformador**

Este es uno de los elementos mas importantes de la subestación, ya que su función principal es la de reducir el nivel de voltaje a un nivel de voltaje de operación. Para seleccionarlo debe tomarse en cuenta las siguientes características:

- ❖ Monje en piso o en poste
- ❖ Tipo interior o intemperie
- ❖ Voltaje primario y secundario
- ❖ Potencia o capacidad en KVA
- ❖ Número de fases
- ❖ Tipo de conexión primaria y secundaria
- ❖ Tipo de servicio
- ❖ Impedancia

### **6.2 Cálculo de la capacidad de los transformadores**

La capacidad del banco de transformadores a instalar, se debe considerar la demanda estimada por la división comercial para evaluar la capacidad del transformador por usarse. Para ello se debe utilizarse un amplio criterio y sentido común, ya que es necesario considerar el crecimiento a corto y largo plazo, pues esto indicara si se instala un transformador con capacidad mayor o igual a la demanda que es:

$$D = \frac{KW}{FP} \quad (6.1)$$

Donde:

D: demanda en kVA

KW: potencia

FP: factor de potencia

La carga actual se conoce por medio de lecturas recientemente anotadas en las tarjetas de transformadores, o se estima usando datos aproximados sobre la carga instalada.

Factor de potencia para cargas monofásicas 0.95

Factor de potencia para cargas trifásicas: 0.8

Ejemplo 1: calcular la capacidad del banco de transformadores para el edificio M-5.

De la ecuación 6.1 tenemos

$$D = \frac{60.038}{0.8} = 75.04$$

Según las normas de la Empresa Eléctrica debe de considerarse un 20% de la demanda para futuras ampliaciones en la instalación, entonces.

$$D = 75.04 + 0.2 \times 75.04 = 90.048 \text{ KVA}$$

Por tanto, se requiere un banco de transformadores con una capacidad de 100 KVA, debido a que el mercado solo existen transformadores monofásico de 50KVA, obtendremos un banco de 150 KVA.

Ejemplo 2: calcular la capacidad del banco de transformadores para el edificio S-1.

De la ecuación 6.1 tenemos

$$D = \frac{97.3}{0.8} = 121.63$$

Según las normas de la Empresa Eléctrica debe de considerarse un 20% de la demanda para futuras ampliaciones en la instalación, entonces.

$$D = 121.63 + 0.2 \times 121.63 = 145.95 \text{ KVA}$$

Por tanto, se requiere un banco de transformadores con una capacidad de 150 KVA, por tanto, se emplearan, transformadores monofásico de 50KVA, por lo cual, se obtendrá un banco de una capacidad requerida 150 KVA, para dicho edificio.

### **6.3 Ventajas y desventajas de la conexión actual**

La conexión del banco de transformadores, que alimenta el edificio M-5, es una estrella-estrella, según información proporcionada por la Empresa Eléctrica de Guatemala, S:A., (EEGSA), y verificación visual del mismo, del cual presentamos las ventajas y desventajas de la conexión.

## Ventajas

- ❖ Mayor utilización del cobre (vueltas mínimas)
- ❖ Aislamiento, mínimo
- ❖ Conexión mas económica para cargas pequeñas cargas de alto voltaje.
- ❖ Ambos neutros accesibles para aterrizamiento, o para formar un sistema balanceado de cuatro hilos
- ❖ Capacidad entre vueltas es relativamente alta, por lo tanto, la serenidad del esfuerzo dieléctrico debido a transitorios de voltaje es atenuada
- ❖ Si una fase resulta fallada es posible utilizar las dos restantes del secundario
- ❖ Bajo condiciones de operación norma, el voltaje máximo a tierra en cada fase es solo  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  del voltaje de línea, graduándose hasta prácticamente cero en el neutro

## Desventajas

- ❖ Los neutros son inestables a menos que se aterricen solidamente.
- ❖ Unidades trifásicas de polaridad opuesta no pueden operar en paralelo
- ❖ La falla de una fase en un sistema trifásico, lo hará inoperante hasta ser reparado (primario).

## Aplicaciones

Alimentación de cargas balanceadas relativamente pequeñas.

Para distribución, si es del tipo columna, ya que el tipo acorazado introduce distorsión debido al contenido de armónicos.

Efecto de las armónicas en la conexión YE-YE. Dicha conexión tiene dos problemas graves

Si la carga del circuito del transformador está desbalanceada, los voltajes de las fases del transformador pueden llegar a desbalancearse severamente.

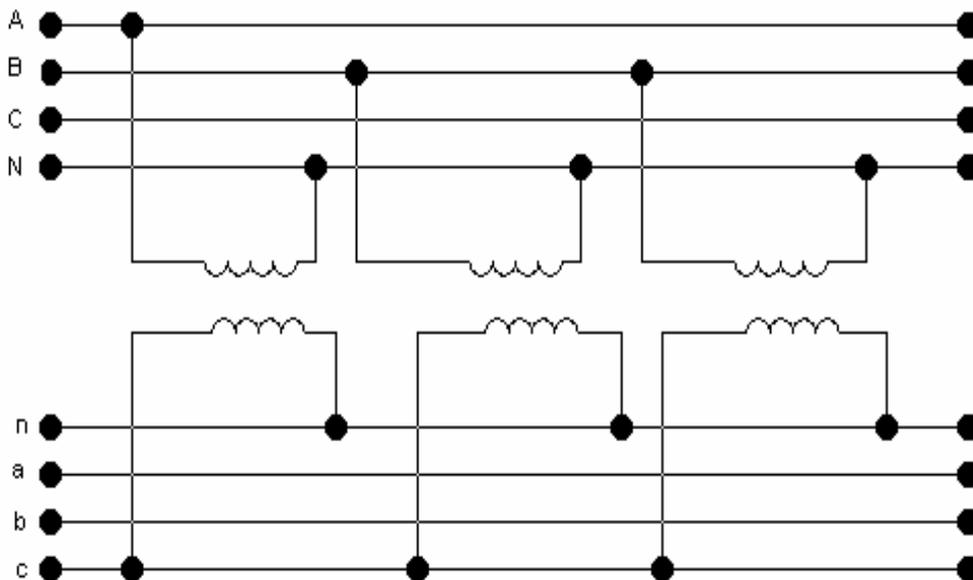
Los voltajes de tercera armónica pueden ser grandes.

Si un transformador Y-Y se aplica un sistema trifásico de voltaje, los voltajes en cualquier fase estarán separados  $120^\circ$  de las demás fases. Sin embargo, las componentes de tercera armónica de cada una de las tres fases estarán en fase entre sí, puesto que hay tres ciclos en la tercera armónica por cada ciclo de la frecuencia fundamental. Siempre hay algunas componentes de tercera armónica en el transformado debido a la no-linealidad del núcleo, y estas componentes se adicionan. El resultado es una componente de voltaje de tercera armónica muy grande por encima del voltaje de 50 o 60Hz. Este voltaje de tercera armónica puede ser mayor que el voltaje fundamental mismo.

Ambos problemas, el desbalance de voltaje y de las armónicas se pueden solucionar utilizando una de las dos técnicas siguientes.

Poniendo solidamente a tierra los neutros de los transformadores, en especial el centro de los devanados primarios. Esta conexión permite que las componentes aditivas de tercer armónico provoquen un flujo de corriente a través del neutro en lugar de ocasionar un sobrevoltaje. El neutro provee también un camino de retorno para los desbalances de corriente en la carga. Adicionar un tercer devanado conectado en  $\Delta$ , al banco de transformadores, si se adiciona un tercer devanado conectado en  $\Delta$ , las componentes de tercer armónico del voltaje se sumaran en la  $\Delta$  causando una corriente circulante dentro de este devanado. Esto suprime las componentes de tercer armónico del voltaje de la misma forma que poniendo a tierra los neutros de los transformadores

**Figura 25. Conexión estrella-estrella de un banco de transformadores**



#### 6.4 Propuesta para una nueva conexión del banco de transformadores

En el edificio M-5, se realizara la misma conexión, debido a las grandes ventajas que tiene, ya que de acuerdo con las normas estipuladas por la EEGSA, la conexión Y-Y, se realizará cuando la carga instalada es predominantemente monofásica y cuando la demanda sea mayor a 48KVA.

En el edificio S-1, se realizara un cambio de conexión, de monofásica 240/120V a Y-Y 208/120V, debido a que la carga es predominantemente monofásica y debido a las ventajas que tiene dicha conexión y a las normas estipuladas por la Empresa Eléctrica de Guatemala EEGSA.

De acuerdo con las normas de la Empresa Eléctrica de Guatemala S.A., EEGSA, se tiene los siguientes tipos de subestaciones o banco de transformadores.

**Tabla LXV. Nivel de voltaje según conexión del banco de transformadores**

Capacidad del banco (KVA)	Nivel Voltaje Primario	Conexión primaria	Nivel voltaje secundario	Conexión secundaria
0 a 225	13.2 KV	Estrella	120/240 volts 240/480 volts	Delta Estrella
225 a 1000			120/240 volts 240/480 volts	Delta
			120/208 volts 277/480 volts	Estrella
Mayores a 1000	69 KV	Delta	120/240 volts 240/480 volts	Delta
			120/208 volts 277/480 volts	Estrella
			2.3 KV    4.16 KV	



## **7. EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE LOS EDIFICIOS S-1 Y M-5 DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA AL MERCADO MAYORISTA.**

Para participar en el Mercado Mayorista deberán cumplir con los siguientes requisitos:

Presentar ante el AMM cuando se realicen transacciones en el Mercado a Término, de conformidad con la Norma de Coordinación Comercial No. 13, la siguiente información:

Una solicitud indicando que se desea incorporar al mercado a término, un contrato o modificación a un contrato vigente.

Declaración Jurada con el resumen de las condiciones contractuales más importantes, tales como: tipo de contrato, precio, plazo, punto de entrega, fórmulas de ajuste, penalizaciones, acuerdos de programas de mantenimiento, acuerdos sobre el pago de peajes y cualquier otra información que las partes consideren conveniente con el objetivo de facilitar la administración del contrato al AMM, de conformidad con la NCC-13.

Presentar la planilla correspondiente firmada por la parte compradora y vendedora.

Presentar la información correspondiente a la Norma de Coordinación Operativa No. 1 (NCO-1), Base de Datos, Norma de Coordinación Comercial No. 1 (NCC-1), Coordinación del Despacho de Carga, que le permitan al AMM incluir su operación en los modelos de programación y análisis de sistemas eléctricos de potencia, debiendo incluir la información correspondiente a la programación de largo plazo, programación semanal y despacho diario.

Presentar certificación de inscripción en el Registro del Ministerio de Energía y Minas, haciendo constar en la misma el requisito señalado en el artículo 5 del Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista, de que tienen una demanda de potencia, entendida como Demanda Máxima, que exceda 100 kW o el límite inferior fijado por el Ministerio en el futuro, en cada punto de medición.

Contar con la habilitación por parte del AMM de los equipos de medición, de conformidad con lo establecido en la NCC14, Sistema de Medición Comercial.

La información anterior debe ser presentada al AMM a más tardar dos días hábiles antes de la presentación de la información para la programación semanal, si se trata de contratos nuevos o los ya administrados por el AMM si presentan algún cambio en las condiciones del mismo.

Presentar cada año al AMM a partir de la fecha de inicio de operaciones en el Mercado Mayorista, una declaración jurada de que su demanda excede 100 KW o el límite inferior fijado por el Ministerio en el futuro.

Los agentes del Mercado Mayorista, están definidos en el artículo 5 del Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista, y son: Generadores, Distribuidores, Transportistas y Comercializadores. Además de los agentes, se define también a los Grandes Usuarios. Cualquier agente y gran usuario es llamado en general participante.

Para poder ser Agente o Gran Usuario del MM se debe cumplir con los siguientes requisitos básicos

**Tabla LXVI. Participantes y requisitos para ingresar al AMM**

Participante	Requisitos
Generadores	Potencia Máxima de por lo menos 10 MW
Distribuidores	Tener por lo menos 20,000 usuarios
Transportistas	Potencia firme conectada de por lo menos 10 MW
Comercializadores	Comprar o vender bloques de energía asociada a una potencia firme de al menos 10 MW
Grandes Usuarios	Demanda Máxima de al menos 100 KW

Fuente: Normas AMM

Los participantes del Mercado Mayorista, tienen los siguientes derechos y obligaciones, definidos en el artículo 6 del Reglamento del AMM:

Obligaciones:

- ✓ No realizar actos contrarios a la libre competencia.
- ✓ Cumplir con las normas emitidas por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

- ✓ Obedecer las instrucciones de operación del Administrador del Mercado Mayorista.
- ✓ Instalar y mantener en buenas condiciones, los equipos de medición que le sean requeridos por el AMM.
- ✓ Los consumidores deben tener contratos de potencia, que les permita cubrir sus requerimientos de demanda firme.

Derechos:

- ✓ Operar libremente en el mercado mayorista, de acuerdo a la Ley.
- ✓ Acceso a la información sobre modelos y metodología utilizados por el AMM para la programación y el despacho.

Ambos edificios, S-1 y M-5, no se puede incorporar al Mercado Mayorista, ya que la demanda es de 60 KW y 32 KW respectivamente, por tanto no cumplen con el requisito señalado en el artículo 5 del Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista, de que tienen una demanda de potencia, entendida como Demanda Máxima, que exceda 100 Kw o el límite inferior fijado por el Ministerio en el futuro, en cada punto de medición.

Una forma de incorporar los edificios al AMM sería, en conjunto todos los edificios de la universidad ya que individualmente no sería posible, debido a que no cumplen con la demanda máxima para ser un Gran Usuario.

## CONCLUSIONES

1. El mal estado en que se encuentran las instalaciones eléctricas de ambos edificios, es provocado por la falta de mantenimiento y el tiempo de vida de las mismas.
2. El análisis económico indica que el factor de carga en ambos edificios, en promedio es bajo, lo cual se tiene un bajo consumo de energía, ya que la demanda máxima es mayor que la demanda media.
3. La disminución del factor de potencia se debe al efecto producido por las armónicas, el cual limita la capacidad térmica de los diferentes componentes de la red eléctrica y aumenta la corriente en los tableros y conductores.
4. Los edificios M-5 y S-1, no pueden ser incorporados como grandes usuarios al Mercado Mayorista, ya que la demanda máxima de ambos no excede de 100 KW que es lo mínimo establecido por el AMM.
5. Las principales fuentes productoras de armónicas en los edificios M-5 y S-1 del campus central, son las lámparas fluorescentes, las computadoras y UPS's.



## RECOMENDACIONES

1. Instalar pararrayos y realizar una red de tierra, para ambos edificios, para la protección y seguridad del equipo de cómputo y el personal.
2. El nivel de iluminación en los pasillos de ambos edificios se excede, de conformidad con las normas, por tanto, debe tomarse en cuentas las normas para tener un menor número de luminarias y así reducir el nivel de iluminación.
3. Realizar una distribución adecuada de las luminarias en los distintos ambientes de los edificios, ya que no es adecuada, y así se pueda obtener un nivel de iluminación uniforme.
4. Mantener separados los circuitos de iluminación con los de fuerza, para no sobrecargar los circuitos.
5. Realizar un estudio de cargas de cada uno de los edificios de la universidad para poder incorporarla al AMM, y así poder evaluar los beneficios de la incorporación.



## BIBLIOGRAFÍA

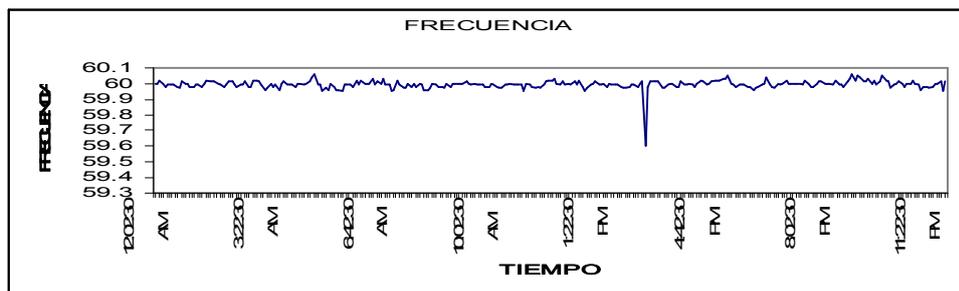
1. ARRIAGA LÓPEZ, OSCAR ENRIQUE. **Guía para el laboratorio de instalaciones eléctricas**. Tesis del Ing. Electricista Guatemala, USAC, 1999.
2. BRATU, NAURU Y CAMPERO LITTLEWOOD, EDUARDO. **Instalaciones eléctricas**. 2da. Edición, México: Alfaomega, 1992.
3. ENRÍQUEZ HARPER, GILBERTO. **El ABC de las instalaciones eléctricas industriales**. México, Limusa 1985.
4. FINK, DONALD G. Y BEATY, WAYNE H. **Manual de ingeniería eléctrica**. 13ra. Edición México: McGraw-Hill, volumen 2, 1996.
5. GONZÁLES LÓPEZ, FRANCISCO JAVIER. **Fundamentos teóricos sobre armónicos**. 1era. Edición, Facultad de Ingeniería, 1999.
6. MÉNDEZ CELIS, LUIS ALFONSO. **Guía para el diseño de instalaciones eléctricas**. Tesis del Ing. Electricista Guatemala, USAC, 1997.
7. MOLINA CASTAÑEDA, JOSÉ ESTUARDO. **Criterios para la selección, diseño, montaje y comparación de costos en pararrayos para edificaciones aplicados en Guatemala**. Tesis del Ing. Electricista Guatemala, USAC, 2004.

8. RICHTER, H.P. **Manual de instalaciones eléctricas**. México, Continental, 1986.
9. SAFFOR, EDGARD. **Instalaciones eléctricas e iluminación para hogares y oficinas**. 1era. Edición, México, Limusa, 1984.
10. TOMAS LAROS, GILBERTO RAFAEL. Actualización del mapa isocerámico de Guatemala y su influencia en el diseño de líneas de transmisión. Tesis del Ing. Electricista Guatemala, USAC, 2004.

## APÉNDICE A

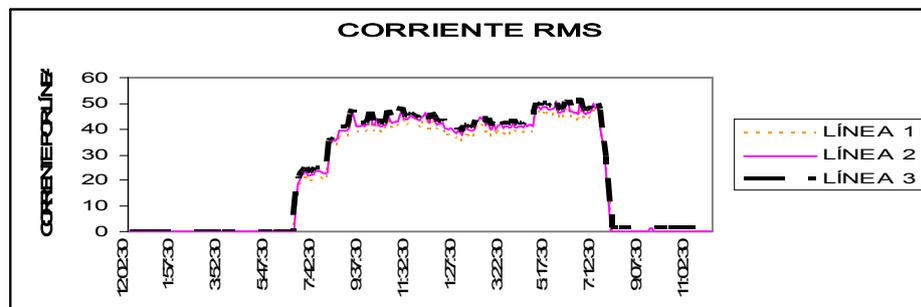
### GRÁFICAS DEL ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA DE LOS EDIFICIOS M-5 Y S-1

Figura 26 Frecuencia del M-5



Esta gráfica representa la variación de la frecuencia durante un día de medición el cual son muy pequeñas y si cumple con las normas

Figura 27. Corriente efectiva del sistema eléctrico del M-5



Esta gráfica representa la variación de la corriente efectiva el cual depende de la carga conectada en la instalación

Figura 28. Voltaje efectivo del sistema eléctrico del M-5

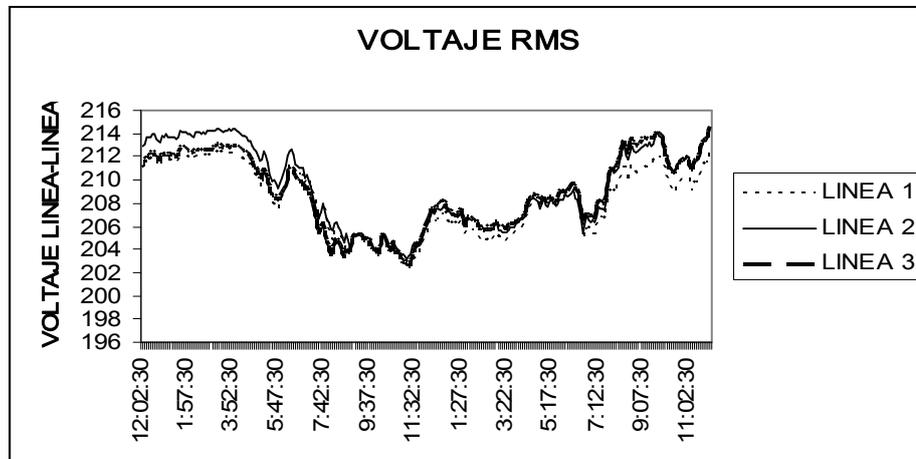
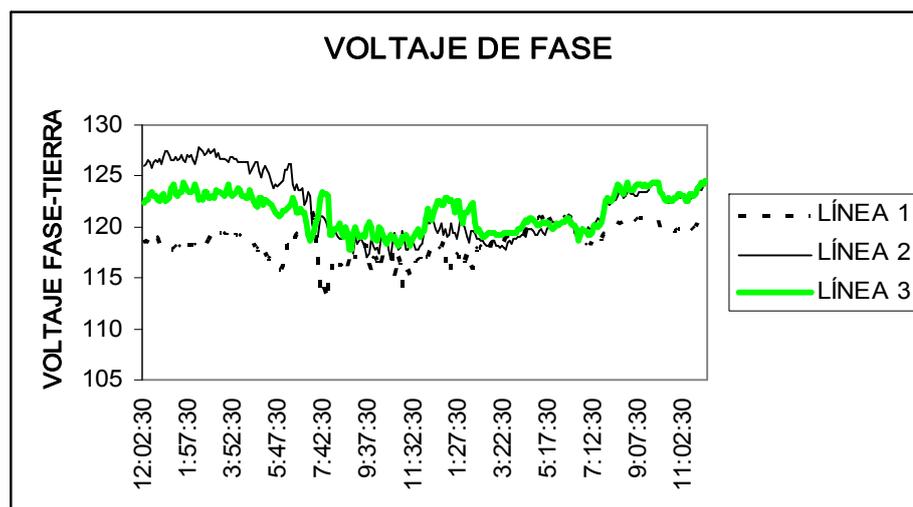


Figura 29. Voltaje por fase del sistema eléctrico del M-5



Estas dos gráficas representan el voltaje efectivo de línea-línea y el de fase-tierra del cual se observa que sus variaciones son mínimas, por tanto la regulación de voltaje es pequeña.

Figura 30. Factor de potencia en la línea 1 del M-5

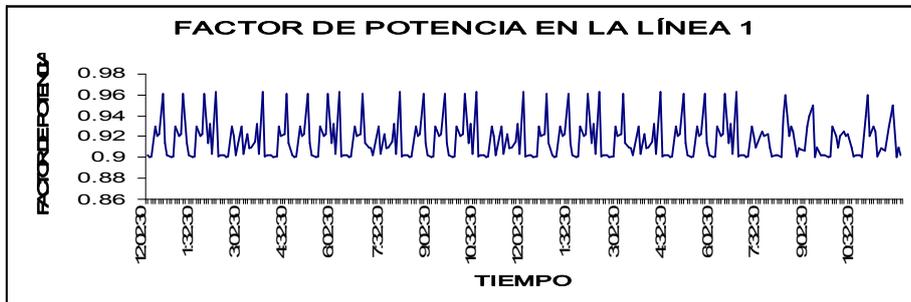


Figura 31. Factor de potencia en la línea 2 del M-5

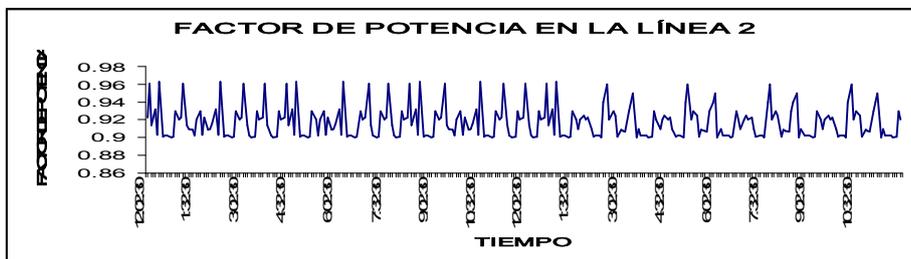
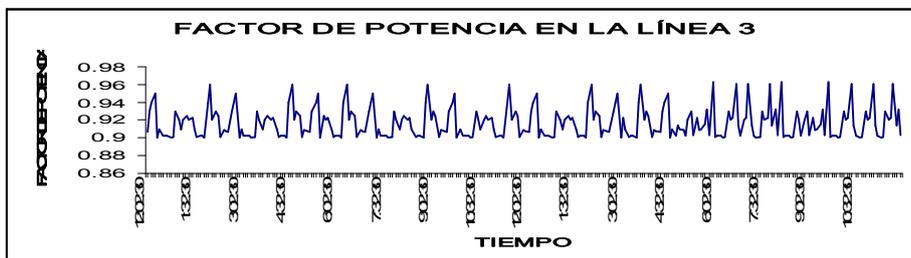
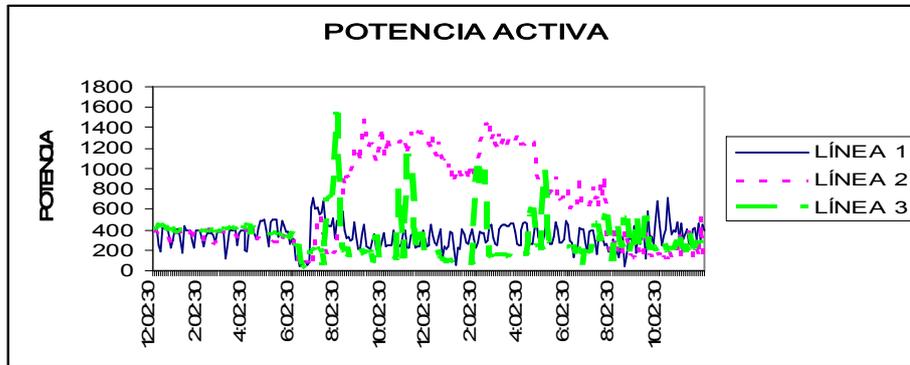


Figura 32. Factor de potencia en la línea 3 del M-5



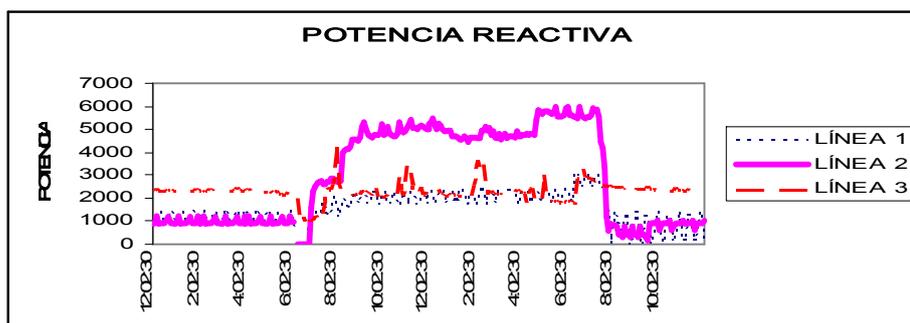
Las tres gráficas representan el factor de potencia que se obtiene en cada línea de la instalación eléctrica del edificio, el cual cumplen con las normas.

Figura 33. Potencia activa de la red eléctrica del M-5.



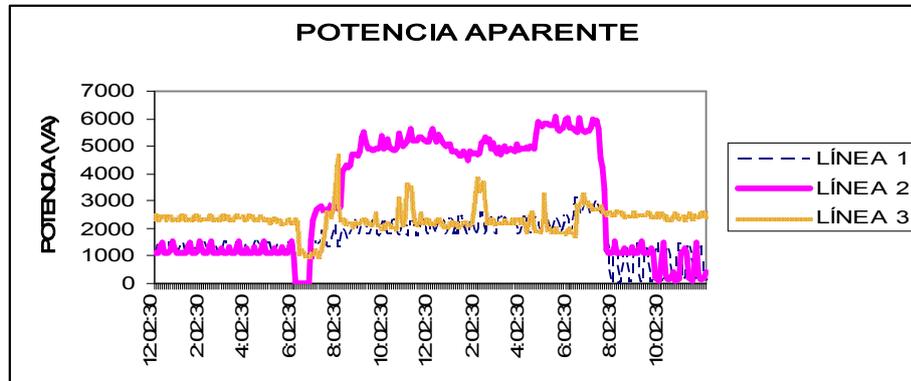
La gráfica muestra la potencia activa de cada línea en el cual, en ciertos períodos las variaciones son mínimas y en algunos otros se tienen ciertos picos altos, tanto de la línea dos y tres.

Figura 34. Potencia reactiva de la red eléctrica del M-5.



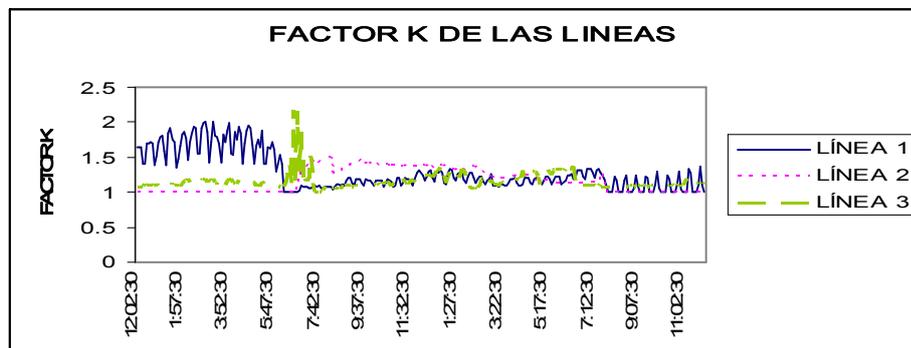
La gráfica muestra la potencia reactiva de cada línea en el cual, en ciertos períodos las variaciones son mínimas y en algunos otros se tienen algunos picos altos en tanto que la línea dos en un lapso su tendencia es un poca mayor que las otras dos líneas.

Figura 35. Potencia aparente de la red eléctrica del M-5



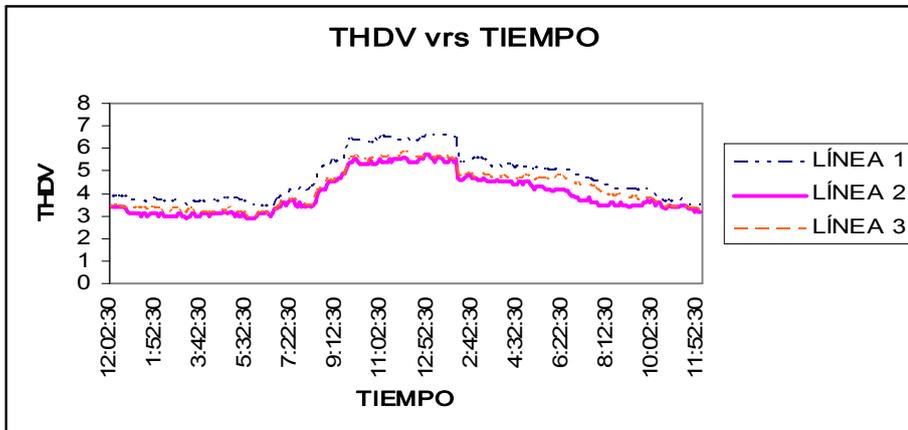
La gráfica muestra la potencia aparente de cada línea en el cual, en ciertos períodos las variaciones son mínimas y en algunos otros se tienen algunos picos altos en tanto que la línea dos en un lapso su tendencia es un poca mayor que las otras dos líneas.

Figura 36. Factor K del sistema eléctrico del M-5.



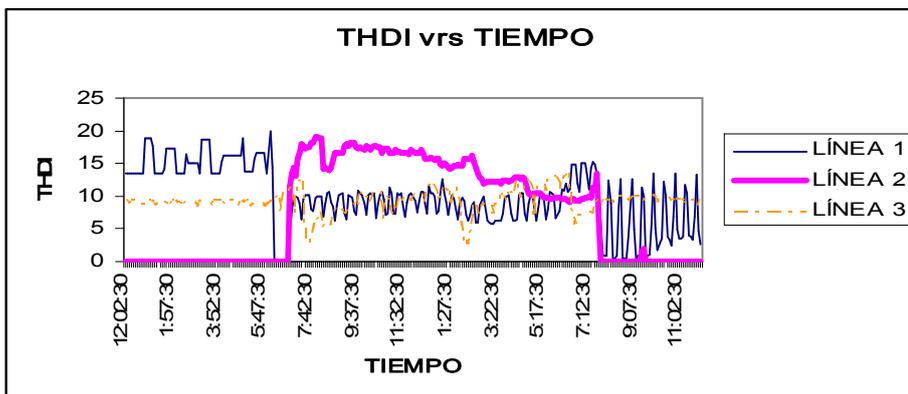
La gráfica muestra la tendencia del factor K en cada una de las tres líneas de la red eléctrica el cual se observa que sus intervalos de variación son muy parecidos.

Figura 37. Distorsión armónica total de tensión del M-5



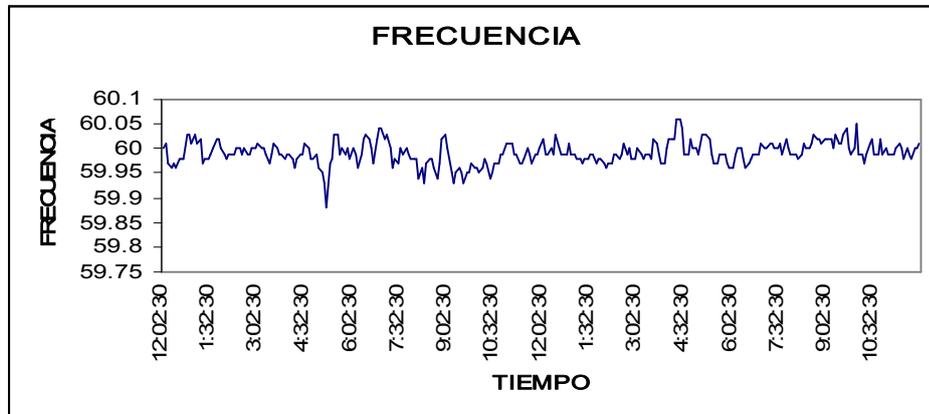
La gráfica representa la distorsión armónica total de tensión el cual su rango de variación cumple con las normas establecidas

Figura 38. Distorsión armónica total de corriente del M-5



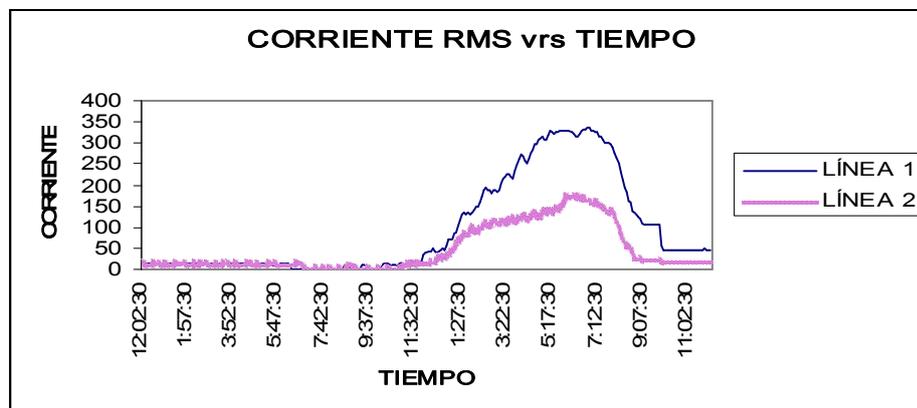
La gráfica representa la distorsión armónica total de corriente el cual su rango de variación cumple con las normas establecidas.

Figura 39. Frecuencia de la red eléctrica del S-1



Esta gráfica representa la variación de la frecuencia durante un día de medición el cual son muy pequeñas y si cumple con las normas

Figura 40. Corriente efectiva de la red eléctrica del S-1



Esta gráfica representa la variación de la corriente efectiva el cual depende de la carga conectada en la instalación

Figura 41. Voltaje de línea de la red eléctrica del S-1

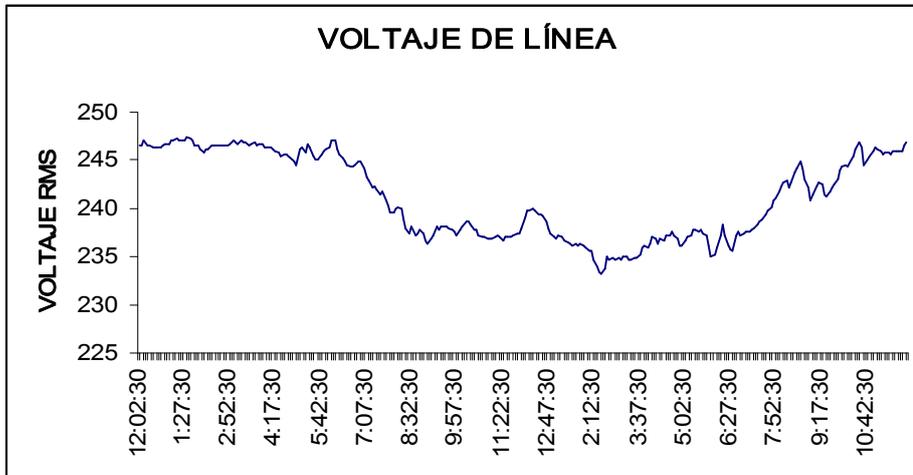
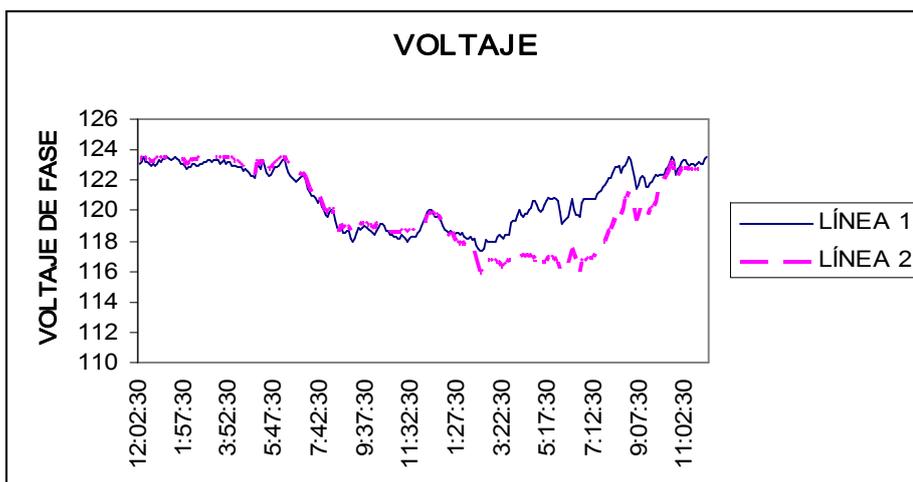
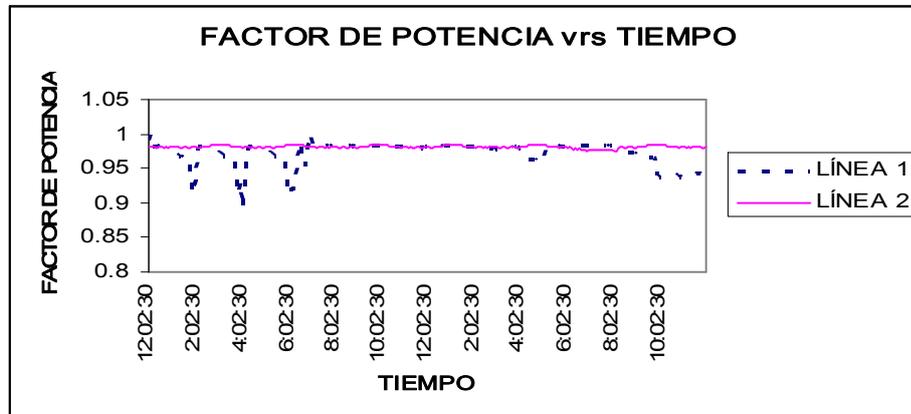


Figura 42. Voltaje de fase del sistema eléctrico del S-1



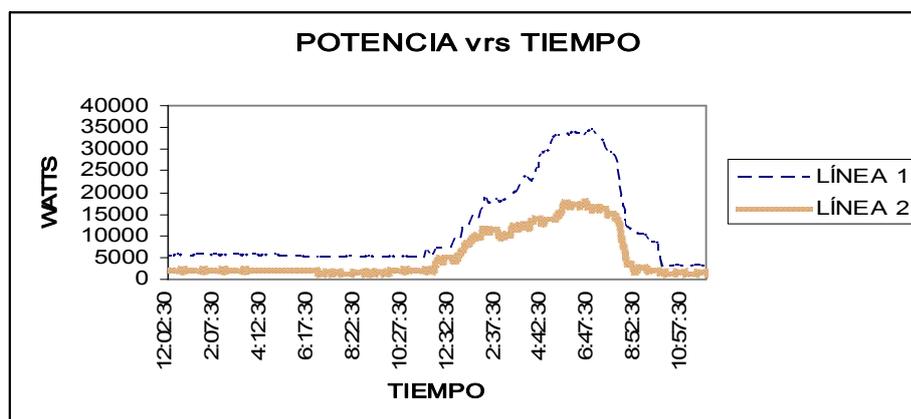
Estas dos gráficas representan el voltaje efectivo de línea-línea y el de fase-tierra del cual se observa que sus variaciones son mínimas.

Figura 43. Factor de potencia del sistema eléctrico del S-1



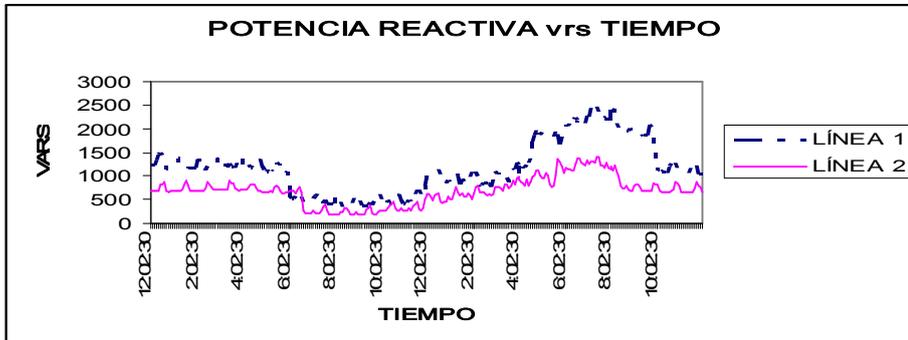
La gráfica representa el factor de potencia que se obtiene en cada línea de la instalación eléctrica del edificio el cual cumple con las normas.

Figura 44. Potencia activa de la red eléctrica del S-1



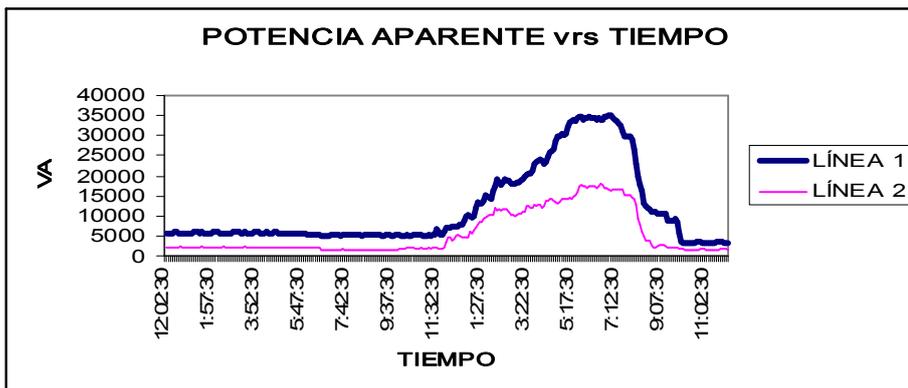
La gráfica muestra la potencia activa de cada línea en el cual, en ciertos períodos las variaciones son mínimas y en algunos otros se tienen ciertos picos altos, en la línea uno.

Figura 45. Potencia reactiva de la red eléctrica del S-1



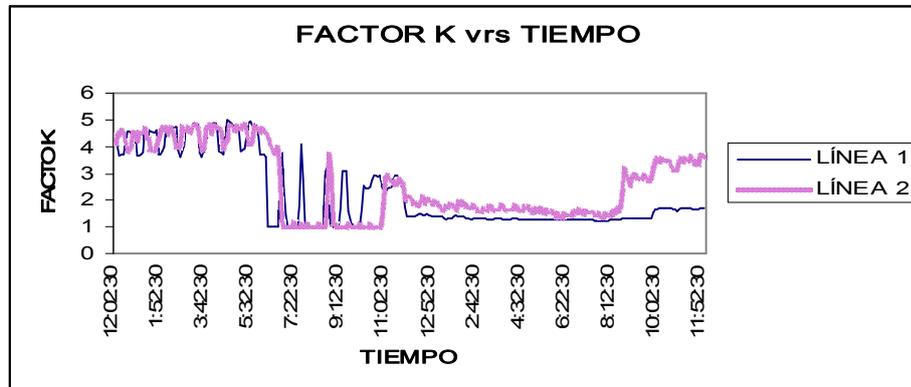
La gráfica muestra la potencia reactiva de cada línea en el cual, en ciertos períodos las variaciones son mínimas y en algunos otros se tienen algunos picos altos.

Figura 46. Potencia aparente de la red eléctrica del S-1



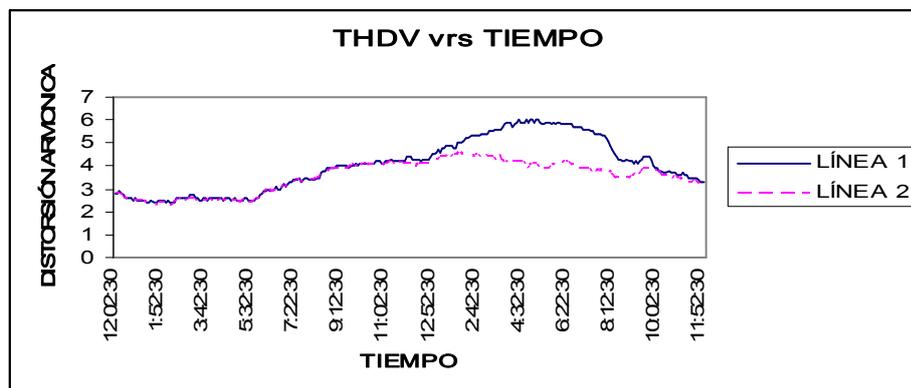
La gráfica muestra la potencia aparente de cada línea en el cual, en ciertos períodos las variaciones son mínimas y en algunos otros se tienen algunos picos altos como se puede observar en la línea uno.

Figura 47. Factor K de la red eléctrica del S-1



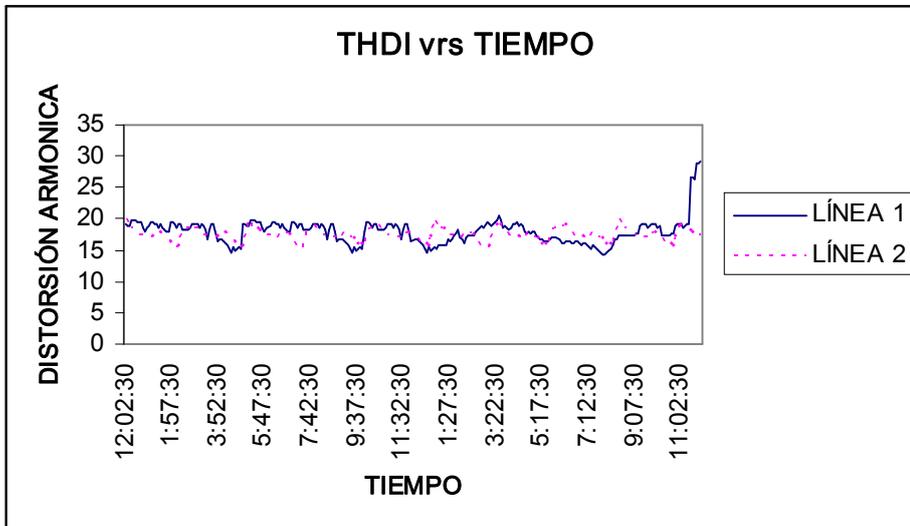
La gráfica muestra la tendencia del factor K en cada una de las líneas de la red eléctrica el cual se observa que sus intervalos de variación son muy parecidos.

Figura 48. Distorsión armónica total de voltaje del S-1



La gráfica representa la distorsión armónica total de tensión el cual su rango de variación cumple con las normas establecidas

Figura 49. Distorsión armónica de corriente del S-1



La gráfica representa la distorsión armónica total de corriente el cual su rango de variación cumple con las normas establecidas.

## **APÉNDICE B**

### **MANTENIMIENTO PARA LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS S-1 Y M-5.**

En los edificios S-1 y M-5, se hace necesario que se cuente con una guía de mantenimiento de los sistemas eléctricos.

Uno de los principales objetivos del mantenimiento en los sistemas de alumbrado, tienen como mira la reducción de las pérdidas del alumbrado al mínimo posible y de proporcionar la máxima intensidad de alumbrado tan económicamente como sea posible. Las labores correspondientes pueden ser ejecutadas al azar, en forma desordenada o dentro de un programa metódico cuidadosamente planeado.

Las pérdidas de iluminación pueden ser ocasionadas por acumulación de suciedad o polvo, envejecimiento de las lámparas, fallas en estas, mala eficiencia luminosa, focos que trabajan con voltaje menor a su tensión nominal y factores de reflexión muy bajos del acabado del techo paredes circundantes, pisos y superficies de maquinarias o muebles.

La eficiencia original del alumbrado puede sostenerse únicamente por medio de un mantenimiento adecuado. La luz que se pierde por falta de atención en el mantenimiento tiene que seguirse pagando a la misma cuota unitaria y tendrá un costo igual al de un alumbrado eficiente para que fue diseñado el sistema, pero que solo es aprovechado durante un corto periodo inicial.

La experiencia ha demostrado que el rendimiento de los sistemas de alumbrado que no reciben mantenimiento, baja notablemente, al grado de desarrollar una luminosidad de menos de la mitad de su valor de diseño.

### **Sistemas de alumbrado**

Los sistemas de alumbrado se clasifican normalmente dentro de varios tipos, partiendo del alumbrado directo al indirecto de acuerdo con las características de distribución de los rayos luminosos por los artefactos del alumbrado.

Existen tres tipos de fuentes de luz de uso general que son: las incandescentes, las de vapor de mercurio o sodio y las fluorescentes. En el cual haremos énfasis en las fluorescentes.

### **Factores de pérdidas en el alumbrado**

Estos factores de pérdidas básicos, son los causantes de cerca del 90% o más de las pérdidas de luz en cualquier sistema de alumbrado.

### **Demérito de las fuentes luminosas**

El rendimiento en lúmenes de las fuentes de luz decrece con el tiempo de los elementos luminosos o sea, con el número de horas que se mantenga en uso. A esta baja del rendimiento luminoso se le llama demérito de luminosidad y es una característica inherente de todos los elementos que producen luz artificial.

Las lámparas de luz fluorescentes se ennegrecen con bastante uniformidad a todo lo largo del tubo. Este proceso no es en general muy notorio, pero causa en mayor proporción que cualquiera de los otros factores la depreciación del tubo con la disminución consiguiente de su luminosidad.

### **Demérito a consecuencia del polvo y suciedad**

La disminución de la intensidad del alumbrado motivada por la acumulación de suciedad y de polvo en condiciones ordinarias de operación alcanza valores hasta el 30% lo que depende de la frecuencia con la que las unidades sean usadas.

En la práctica real se ha visto que el promedio del demérito de la intensidad del alumbrado producido por las adherencias y acumulaciones de suciedad y polvo es más o menos como sigue:

- ❖ *es 10% si los intervalos de limpieza son de un mes*
- ❖ *es 15% para intervalos de limpieza de 3 meses*
- ❖ *si la limpieza se ejecuta cada 6 meses, el demérito aumenta 20%*  
*y*
- ❖ *si la limpieza se practica cada vez que se quema algún elemento luminoso, se tendrá un demérito del 30%.*

### **Factores de importancia:**

- ❖ si se van a usar elementos luminosos abiertos, con ventilación, el mantenimiento será generalmente más fácil.
- ❖ la pérdida de luz ocasionada por al suciedad y polvo depende de la clase y cantidad existente de estas materias, así como el ambiente en que se opera.

- ❖ la proporción de materias extrañas que se adhieren dependen del diseño de la lámpara, del tipo de elemento luminoso y del acabado del artefacto.

### **Ineficiencia de las lámparas**

Las luminarias más eficientes emiten casi la totalidad de lúmenes producidos por las lámparas o focos en el área deseada. Una vez que la instalación ha sido determinada resultara antieconómico retirar las unidades existentes para instalar otras nuevas de diferentes tipos, como por ejemplo para cambiar unas luminarias de tipo de iluminación indirecta por una de tipo directo. Es por eso que hay que elegir las adecuadamente antes de realizar la instalación.

### **Bajo voltaje**

Cualquier disminución en el voltaje ocasionado por alumbrado defectuoso, sobrecarga en los circuitos o regulación defectuosa del voltaje, origina un descenso de la intensidad luminosa producida por las lámparas.

La importancia que el voltaje de la red en los circuitos del alumbrado se mantenga a su valor nominal, por muchas razones. El sobrevoltaje acortara la vida útil de las luminarias.

### **Superficie de baja reflectancia**

Todas las superficies de una habitación incluyendo el techo, las paredes, columnas, pisos etc., absorben luz.

Sin embargo la capacidad reflectiva de estas superficies, tienen una decisiva influencia sobre el resultado definitivo y la eficiencia general del sistema de alumbrado. Si la mayoría de las superficies es de color oscuro o su oscurecimiento se debe a la acumulación de adherencias de suciedad y polvo o a la decoloración de superficies que tuvieron acabados claros y brillantes con anterioridad, será absorbido un gran porcentaje de la luz que emana de los cuerpos del alumbrado. Por el contrario, si todas las superficies de los locales reciben unos acabados brillantes y son de colores claros, de los que tienen altos coeficientes de reflexión y siempre que se hayan conservado en estas condiciones, la luz que cae sobre estas superficies será reflejada en gran proporción, obteniéndose en estas zonas un aprovechamiento bastante alto de la luz.

### **Tipos de los equipos auxiliares de mantenimiento**

Con el objeto de mantener en buenas condiciones los sistemas de alumbrado, es de absoluta necesidad contar con acceso fácil hacia los elementos del alumbrado.

La elección del equipo tendrá que depender de muchos factores tales como la altura del montaje extensión de las superficies por entender, accesibilidad de los artefactos del alumbrado y los obstáculos que puedan existir en el área afectada.

Escaleras

Andamiajes

Aspiradoras de polvo y sopladores

Tanques de lavado para los artefactos del alumbrado.

## **Instrumentos**

En un método de mantenimiento bien programado debe incluirse una revisión periódica de la intensidad del alumbrado voltajes de las líneas y en la revisión de determinados trabajos se tendrá que analizar la severidad de las tareas visuales que se deben desempeñar para la ejecución de estas inspecciones y mantener una completa información que permita sostener un análisis continuo sobre la efectividad de la iluminación y los efectos de las diversas tareas de mantenimiento es preciso disponer de cierto número de instrumentos como voltímetro y medidores de iluminación (luxómetros).

## **Mejor apariencia de los sistemas de luz fluorescentes**

Extremos energizados variaciones de color y diferencias en la luminosidad entre los tubos fluorescentes viejos y los nuevos adyacentes, ese es el cuadro ordinario que se presenta en donde se conserva el sistema del cambio original.

## **Reducción de las necesidades de mantenimiento de los accesorios para equipos de alumbrado fluorescentes**

En muchas áreas se aplica un programa de cambio individual modificando en donde la apariencia no es un factor desfavorable el personal de mantenimiento efectúa una inspección periódica del sistema del alumbrado (por ejemplo cada semana) reponiendo las lámparas quemadas si bien este es un procedimiento más eficiente que la reposición individual inmediata este método modificado es menos económico sin embargo que el de cambio colectivo además presenta un problema estético por el mal aspecto que dan las lámparas viejas energizadas junto con los nuevos.

### **Remoción y limpieza de las rejillas**

Las rejillas en general son desmontadas por el operario que esta en la escalera quien se la pasa al obrero que permanece en la tierra para que se encargue de limpiarlas mientras son aseadas las lámparas para la limpieza de las rejillas cruzadas se puede emplear una esponja con resultados eficientes, la que tendrá que moverse hacia atrás o hacia delante entre las rejillas. Se pueden emplear cepillos múltiples moviéndolos hacia arriba y hacia abajo a través de las rejillas para limpiarlas si son de moldura. Si han sido limpiadas con la eficiente frecuencia las rejillas por lo general no se ensucian mucho y pueden asearse agitándolas dentro de una solución limpiadora.

### **Limpieza de los tubos fluorescente**

Los tubos se lavan con la facilidad al nivel del piso pero algunas veces se les lava junto al reflector si se puede suponer del equipo y espacio adecuado dentro de las necesidades de seguridad. Una buena técnica de limpieza consiste en el uso de esponjas, una para lavar y otra para enjuagar una pasada hacia abajo con la esponja de lavado.

### **Límpiese la parte superior y el exterior de los artefactos del alumbrado**

Frecuentemente se encuentran gruesas adherencias de suciedad sobre las superficies superiores que los artefactos de los alumbrados una gran parte de estas adherencias pueden retirarse mediante un cepillo. Se puede emplear también un soplador si no existen inconvenientes para que la suciedad se esparza en el aire ambiente.

Después de esto el resto de la suciedad y películas de adherencias pueden ser eliminadas por lavado para esta operación de limpieza se usa una frecuencia un recipiente lleno de una solución detergente.

### **Limpieza de la parte interior de los artefactos del alumbrado**

Un medio muy eficaz para limpiar la suciedad y el polvo acumulado en la parte interior de los reflectores alrededor de los portalámparas es una brocha común.

### **Beneficios y ventajas que se derivan de un programa eficiente de mantenimiento para el sistema de alumbrado**

Muchas de estas ventajas se han mencionado ya claramente pero se repetirán para darles mayor énfasis

- ❖ *el suministro de luz que se obtiene es mayor*
- ❖ *mejor apariencia de las instalaciones*
- ❖ *mayor precisión de la mano de obra, resultando por lo tanto un producto de calidad mejorada*
- ❖ *mejor aprovechamiento de la superficie del piso*
- ❖ *mayor visualidad, aumentando su eficiencia laboral*
- ❖ *mejoramiento de la limpieza y apariencia*
- ❖ *menor esfuerzo visual para los trabajadores y estudiantes*
- ❖ *supervisión mejorada de las actividades*
- ❖ *mayor seguridad.*

## **Mantenimiento de las instalaciones de fuerza**

En las instalaciones de fuerza al igual que en las de iluminación, se debe de poseer un programa de mantenimiento, el cual se debe seguir si se quiere que las instalaciones se comporten de buena forma y para lo que fueron diseñadas.

### **El calibre del conductor es un punto muy importante.**

Es muy importante emplear conductores de tamaño apropiado para la instalación que hay que hacer porque si son demasiados pequeños para la corriente que tienen que transmitir, se calentarán. El excesivo calentamiento no solo aumenta la resistencia del conductor y crea una caída de voltaje y una pérdida de energía mayor que daña también el aislamiento y en algunos casos se quema por completo la instalación o se produce un incendio.

Si se emplean conductores demasiados delgados la caída excesiva de voltaje hace que las lámparas o los aparatos reciban un voltaje inferior al nominal para el cual se construyen y esto da como resultado, por lo general, un funcionamiento poco satisfactorio. Esto es, sobre todo cierto en los casos de los sistemas de alumbrado, ya que una caída de voltaje de unos cuantos voltios puede hacer que una lámpara incandescente produzca mucha menos luz de la que nominalmente debe producir.

### **Causas comunes de los cortos circuitos**

Siempre que se encuentren fusibles fundidos, es conveniente verificar las causas posibles y las condiciones existentes en los circuitos antes de reemplazar los fusibles.

A veces se averigua que alguien acaba de conectar y probar algún nuevo aparato eléctrico que quizás tuviera algún defecto o fuera una carga demasiado grande para el circuito y los fusibles. No es raro que esos aparatos se encuentren mal conectados.

Una prueba muy facial para buscar otro corto circuito es quitar el fusible del bloque y poner en su lugar una lámpara. Si la lámpara se enciende cuando todos los demás aparatos de este circuito se han desconectado, o se han abierto sus interruptores, ello indica la presencia de un corto circuito entre los conductores.

### **Localización de los cortos circuitos y las tierras.**

Para localizar un corto circuito es conveniente ver los interruptores de todas las luces del circuito se han apagado y si no está conectado ningún aparato en los diferentes enchufes. Si de esta manera desaparece la dificultad con que se tropezaba, ello indica que alguno de los aparatos tiene un defecto. Haciendo que alguien observe la lámpara de prueba puesta en el encaje del fusible a medida que se van enchufando esos aparatos uno a uno y cerrando los interruptores puede encontrarse fácilmente el aparato que origina la dificultad, observando la lámpara. Si el circuito está bien, la lámpara dará poca luz pero si el circuito tiene algún defecto, la lámpara brillará con toda su intensidad. Esto se debe a que está en serie con la carga de la línea.

Si desconectando todos los aparatos del circuito no se resuelve la dificultad, es conveniente de que esta debe estar en la instalación. En ese caso, debemos seguir paso a paso el circuito y abrir las cajas de salidas. Si es necesario, para localizar la avería en una sección.

En una gran parte de los casos, el corto circuito en el sistema de conductores se encontrará en empalmes mal encintados en las cajas de salida.

Las averías que hemos mencionado son algunas de las más comunes y son las que se encuentran con más frecuencia. En el curso de los trabajos se encontraran otras muchas, pero aplicando los métodos generales dados y los conocimientos adquiridos sobre los circuitos y los principios de electricidad, no se tropezara con dificultades para localizarlos. Cada vez que se encuentra y se corrige alguna dificultad que no se había encontrado antes, la resolución de dicha dificultad produce una gran satisfacción, porque contribuye a aumentar la experiencia y resultara más fácil localizar alguna otra análoga la próxima vez.

### **Revisión de las instalaciones eléctricas**

Compruébese el aislamiento, pruebe continuidad y repare instalaciones.

<b>Proceso de ejecución</b>	<b>Elementos de trabajo</b>
1. comprobar aislamiento	
Interrúmpase energía	ohmiómetro megger
Identifíquese líneas	
Pruébese aislamiento	
2. probar continuidad	
Identifíquese líneas	ohmiómetro
Pruébese continuidad	
3. reparar instalaciones	
Cámbiese líneas o accesorios dañados	alicate
Energícese circuitos	amperímetro

## **Comprobar aislamiento**

Consiste en verificar si el aislamiento (forro plástico) del conductor esta en buen estado y que todos los accesorios de aislamiento estén conservando sus características dieléctricas; para conseguir un funcionamiento normal.

### **Proceso de ejecución**

1. paso. interrumpa energía.
  - ❖ desconéctese flipón de alimentación de energía eléctrica.
  - ❖ compruébese con el voltímetro que no existe energía eléctrica en las líneas que se van a revisar.
2. paso. indique líneas
  - ❖ identifíquese plenamente las líneas del circuito a revisar, tanto las calientes como la neutral.

### **Observación**

Si considera necesario desconecte algunos accesorios para facilitar este paso, como bombillas incandescentes, lámparas fluorescentes, etc.

3. paso. pruebe aislamiento
  - ❖ conéctese una punta del megger a un conductor y la otra punta a la masa (tubería)

### **Observación**

Este seguro que la otra punta del conductor no este en contacto con la masa del circuito para evitar errores.

- ❖ acciónese megger observando la escala, para conocer las condiciones en que se encuentra el conductor.

### **Observación**

Cuando la lectura del megger le indique 0.5 megohmios o mas el aislamiento puede considerarse en buen estado una lectura menor de lo indicado anteriormente indicara que el aislamiento esta en mal estado.

- ❖ mídase todos los demás conductores y accesorios del circuito.

### **Probar continuidad**

En todos los conductores de un circuito eléctrico para su normal funcionamiento debe de existir continuidad esto puede comprobarse con un ohmiómetro.

Proceso de ejecución.

1. paso. identifíquese las líneas
  - ❖ identifíquese correctamente las líneas de circuito.
  - ❖ localícese el principio y final de cada línea.
2. paso. pruebe continuidad.
  - ❖ colóquese una punta del ohmiómetro en un extremo del conductor y la otra punta en el otro extremo.

### **Observación**

Esta operación se hace cuando los extremos del conductor están a corta distancia y las puntas de prueba permiten hacer de esta forma la medición.

- ❖ colóquese un extremo del conductor la masa, y entre el otro extremo del conductor y masa o tierra coloque el ohmiómetro.

### **Reparar instalaciones**

Al localizar alguna falla en el circuito debe cambiarse los conductores o elementos que se encuentren en mal estado.

### **Proceso de ejecución**

1. paso. cambie líneas o accesorios dañados
  - ❖ cámbiese líneas que se encuentren en mal estado
  - ❖ cámbiese los accesorios que encuentre dañados.

## ANEXO A.

### TABLAS TÉCNICAS

**Tabla LXVII. Coeficientes de utilización**

TECHO	80%			70%			50%		
	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
PARED									
RCL									
1	0.68	0.65	0.63	0.7	0.63	0.61	0.61	0.6	0.58
2	0.6	0.56	0.53	0.6	0.55	0.52	0.55	0.52	0.49
3	0.54	0.49	0.45	0.5	0.48	0.45	0.5	0.46	0.43
4	0.49	0.43	0.4	0.5	0.43	0.39	0.45	0.41	0.38
5	0.44	0.38	0.34	0.4	0.38	0.34	0.4	0.36	0.33
6	0.4	0.34	0.3	0.4	0.34	0.3	0.37	0.32	0.29
7	0.36	0.31	0.27	0.4	0.3	0.26	0.33	0.29	0.26
8	0.32	0.27	0.24	0.3	0.27	0.23	0.3	0.26	0.23
9	0.29	0.24	0.21	0.3	0.24	0.2	0.27	0.23	0.2
10	0.27	0.22	0.18	0.3	0.21	0.18	0.25	0.21	0.18

Nota. Separación no superior a: h por la altura de montaje

Categoría V h= 1.2

2 lámparas T-12, 430 mA, envoltura prismática 30 cm ancho

**Tabla LXVIII. Coeficiente de utilización**

TECHO	80%			70%			50%		
	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
PARED									
RCL									
1	0.66	0.64	0.61	0.6	0.62	0.6	0.61	0.59	0.57
2	0.59	0.55	0.52	0.6	0.54	0.51	0.55	0.52	0.4
3	0.53	0.48	0.45	0.5	0.48	0.44	0.49	0.46	0.43
4	0.48	0.43	0.39	0.5	0.42	0.39	0.45	0.41	0.38
5	0.43	0.38	0.34	0.4	0.37	0.34	0.4	0.36	0.33
6	0.39	0.34	0.3	0.4	0.34	0.3	0.36	0.32	0.29
7	0.35	0.3	0.26	0.3	0.3	0.26	0.33	0.29	0.26
8	0.32	0.27	0.23	0.3	0.26	0.23	0.3	0.26	0.23
9	0.28	0.24	0.2	0.3	0.23	0.2	0.27	0.23	0.2
10	0.26	0.21	0.18	0.3	0.21	0.18	0.25	0.2	0.17

Categoría V h=1.2

4 lámparas T-12, 430 mA, envoltura prismática, 60 cm ancho

**Tabla LXIX. Coeficiente de utilización**

TECHO	80%				70%				50%				30%			
	70%	50%	30%	10%	70%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%		
PARED																
RCL																
0	1.07	1.07	1.07	1.1	1.01	1.01	1.01	1.01	0.91	0.91	0.91	0.82	0.82	0.82		
1	0.94	0.88	0.82	0.8	0.88	0.83	0.78	0.74	0.74	0.71	0.67	0.67	0.64	0.61		
2	0.84	0.74	0.67	0.6	0.79	0.7	0.63	0.58	0.63	0.57	0.53	0.56	0.52	0.48		
3	0.75	0.64	0.55	0.5	0.71	0.61	0.53	0.46	0.54	0.48	0.42	0.48	0.43	0.39		
4	0.68	0.56	0.47	0.4	0.64	0.53	0.45	0.38	0.48	0.41	0.35	0.42	0.37	0.32		
5	0.63	0.5	0.4	0.3	0.59	0.47	0.39	0.32	0.42	0.35	0.3	0.38	0.32	0.27		
6	0.57	0.44	0.35	0.3	0.54	0.42	0.34	0.28	0.38	0.31	0.26	0.34	0.28	0.23		
7	0.53	0.4	0.31	0.3	0.5	0.38	0.3	0.24	0.34	0.27	0.22	0.31	0.25	0.2		
8	0.49	0.36	0.28	0.2	0.46	0.34	0.27	0.21	0.31	0.24	0.2	0.28	0.22	0.18		
9	0.46	0.33	0.25	0.2	0.43	0.31	0.24	0.19	0.28	0.22	0.17	0.26	0.2	0.16		
10	0.43	0.3	0.22	0.2	0.4	0.29	0.22	0.17	0.26	0.2	0.16	0.24	0.18	0.14		

IESNA91 4' 1 LAMP T12RS LAMP 3200 LM

**Tabla LXX. Factores de corrección para los coeficientes de utilización**

Reflectancia efectiva de la cavidad del techo de 80%									
Ref Pared	Relación de cavidad local								
	1	3	4	5	6	7	8	9	10
50%	1.08	1.05	1.1	1.04	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02
30%	1.08	1.04	1	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01
10%	1.07	1.03	1	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
Reflectancia efectiva de la cavidad del techo de 70%									
Ref pared	Relación de cavidad local								
	1	3	4	5	6	7	8	9	10
50%	1.07	1.05	1	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02
30%	1.06	1.04	1	1.02	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01
10%	1.06	1.03	1	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
Reflectancia efectiva de la cavidad del techo de 50%									
Ref pared	Relación de cavidad local								
	1	3	4	5	6	7	8	9	10
50%	1.05	1.03	1	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
30%	1.03	1.03	1	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01
10%	1.04	1.02	1	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
Reflectancia efectiva de la cavidad del techo de 10%									
Ref pared	Relación de cavidad local								
	1	3	4	5	6	7	8	9	10
50%	1.01	1.01	1	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
30%	1.01	1.01	1	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
10%	1.01	1.01	1	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01

**Tabla LXXI. Clases y rangos de valores de iluminación para tipo genéricos de actividades en interiores**

Tipo de actividad	Clase de iluminación	Rangos de iluminación		Plano de trabajo de referencia
		Lux	Bujías pie	
espacios públicos con entornos oscuros	A	20-30-50	2, 3, 5	iluminación general en todo el ámbito
Orientación sencilla para visitas breves temporales	B	50-75-100	5-7.5-10	
espacios de trabajo donde las tareas visuales solo se llevan acabo de manera ocasional	C	100-150-200	10-15-20	
Ejecución de tareas visuales de alto contraste o de tamaño grande	D	200-300-500	20-30-50	iluminación sobre la tarea
Ejecución de tareas visuales de medio contraste o de tamaño pequeño	E	500-750-1000	50-75-100	
Ejecución de tareas visuales de bajo contraste o de tamaño muy pequeño	F	1000-1500-2000	100-150-200	
Ejecución de trabajos de bajo contraste y de tamaño muy pequeño durante el periodo prolongado de tiempo	G	2000-3000-5000	200-300-500	iluminación sobre la tarea, mediante la combinación de iluminación general y local (complementaria)
Ejecución de una tarea visual muy prolongada o precisa	H	5000-7500-10000	500-750-1000	
Ejecución de tareas visuales muy especiales, con un tamaño muy pequeño y bajo contraste	I	10000-15000-20000	1000-1500-2000	