



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

**DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES
ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS DEL CENTRO CULTURAL
UNIVERSITARIO (PARANINFO UNIVERSITARIO) Y CLUB
DEPORTIVO “LOS ARCOS”**

Manolo Pivaral Hernández

Asesorado por el Ing. Carlos Alberto Quijivix Racancoj

Guatemala, marzo de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE
LOS EDIFICIOS DEL CENTRO CULTURAL UNIVERSITARIO (PARANINFO
UNIVERSITARIO) Y CLUB DEPORTIVO “LOS ARCOS”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MANOLO PIVARAL HERNÁNDEZ

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ALBERTO QUIJIVIX RACANCOJ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÍCISTA

GUATEMALA, MARZO DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

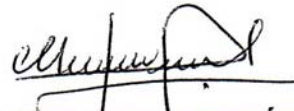
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Fernando Rodas
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing. Armando Gálvez Castillo
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los conceptos 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 DEL CENTRO CULTURAL UNIVERSITARIO (PARANINFO UNIVERSITARIO) Y CLUB DEPORTIVO "LOS ARCOS",

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



MANOLO RIVARAL HERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Guatemala, 13 de septiembre de 2006.

FACULTAD DE INGENIERIA

Ing. Ángel Roberto Sic García
Coordinador Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Sic:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor de la practica del Ejercicio Supervisado (E.P.S.) del estudiante de la carrera de Ingeniería Eléctrica MANOLO PIVARAL HERNÁNDEZ, procedí a revisar el informe final de la practica de EPS, titulado: DIAGNOSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS DEL CENTRO CULTURAL UNIVERSITARIO (PARANINFO UNIVERSITARIO) Y CLUB DEPORTIVO "LOS ARCOS" DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

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

En tal virtud, lo doy por aprobado, solicitándole darle el tramite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Carlos Alberto Quijivix Racancoj
ASESOR



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
Tel. 24423509

"Todo por ti Casalinga Mía"
Dr. Carlos Martínez Durán
2006: Centenario de su Nacimiento

Guatemala, 25 de octubre de 2006
Ref. EPS. C. 580.10.06

Ing. Angei Roberto Sic García
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Sic García,

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, **MANOLO PIVARAL HERNÁNDEZ**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es titulado **"DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS DEL CENTRO CULTURAL UNIVERSITARIO (PARANINFO UNIVERSITARIO) Y CLUB DEPORTIVO "LOS ARCOS" "**.

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

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Se y Enseñad a Todos"

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Colegiado 6271

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

KIER/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
Tel. 24423509

"Todo por ti Carolingia Mía"
Dr. Carlos Martínez Durán
2006: Centenario de su Nacimiento

Guatemala, 25 de octubre de 2006
Ref. EPS. C. 580.10.06

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

Estimado Ingeniero Escobedo.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado "**DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS DEL CENTRO CULTURAL UNIVERSITARIO (PARANINFO UNIVERSITARIO) Y CLUB DEPORTIVO "LOS ARCOS"**".

Este trabajo lo desarrolló el estudiante universitario, **MANOLO PIVARAL HERNÁNDEZ**, quien fue asesorado por el Ing. Carlos Alberto Quijivix Racancoj y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Ángel Roberto Sic García
Director Unidad de EPS

ARSG/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, al trabajo de Graduación del estudiante; MANOLO PIVARAL HERNÁNDEZ titulado: **DIAGNÒSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÈCTRICAS DE LOS EDIFICIOS DEL CENTRO CULTURAL UNIVERSITARIO (PARANINFO UNIVESITARIO) Y CLUB DEPORTIVO "LOS ARCOS"**, procede a la autorización del mismo.

Ing. Mario Renato Escobedo Martínez

DIRECTOR



GUATEMALA, 5 DE MARZO 2,007.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 085.2007

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS DEL CENTRO CULTURAL UNIVERSITARIO (PARANINFO UNIVERSITARIO) Y CLUB DEPORTIVO "LOS ARCOS"**, presentado por el estudiante universitario **Manolo Pivaral Hernández**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Qlympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, marzo de 2007

gdech

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

Por iluminar mi camino para alcanzar mis metas

MIS PADRES

Victor Pivaral e Isabel de Pivaral, por ser mi guía y por brindarme su apoyo en todo momento

MIS HERMANAS

Lucia y Jackelyn, por su cariño y apoyo incondicional

MI SOBRINITO

Allan Andrés por todo su cariño y amor

MIS ABUELITAS

Julia Pivaral (Q.E.P.D.) y Paula López por su cariño y sabios consejos

A TODA MI FAMILIA

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala

Por haberme dado la oportunidad de formarme profesionalmente

La Dirección del Centro Cultural Universitario y club deportivo “Los Arcos”

Por su apoyo en la realización de este trabajo de graduación

Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

Mis amigos,

Que siempre compartieron su apoyo y entusiasmo

Asesor, Ing. Carlos Alberto Quijivix Racancoj

Usted,

Quien recibe la presente con cariño y afecto

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX

1 DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES

1.1	Instalaciones eléctricas	01
1.1.1	Caracterización de cargas	01
1.1.2	Estado actual y dimensionamiento de conductores	02
1.1.2.1	Resistencia de aislamiento	03
1.1.2.2	Realización de la prueba	04
1.1.2.2	Capacidad, calibres y secciones de conductores eléctricos	06
1.1.2.3.1	Secciones de conductores eléctricos	07
1.1.2.3.2	Calibres de conductores	07
1.1.2.3.3	Capacidad de conducción	08
1.1.3	Protecciones para los motores	09
1.1.3.1	Contactador	10
1.1.3.2	Fusibles	11
1.1.3.3	Relés térmicos: protección contra sobrecargas	12
1.1.3.4	Protección contra pérdida de fase	14

1.1.3.5	Guardamotor	15
1.1.3.1	Protección contra baja tensión	16
1.1.4	Subestaciones Eléctricas	17
1.1.4.1	Apartarrayos y cuchillas fusibles	18
1.1.4.2	Equipo de medición	18
1.1.4.3	Transformador	19
1.1.5	Centro de Carga	19
1.1.5.1	Tableros de circuitos derivados	20
1.1.5.2	Tableros generales	20
1.1.5.1	Condición actual	21
1.2	Análisis de redes	22
1.2.1	Corrientes	22
1.2.2	Voltajes	24
1.2.3	Potencia	25
1.2.3.1	Potencia activa	26
1.2.3.2	Potencia reactiva	27
1.2.3.3	Potencia aparente	28
1.2.4	Factor de Potencia	28
1.2.5	Factor K	31
1.2.6	Armónicos	32
1.2.6.1	Distorsión armónica THDV	33
1.2.6.2	Distorsión armónica THDI	34
1.2.7	Desbalance	35
1.3	Iluminación	37
1.3.1	Revisión visual	37
1.3.2	Textura y colores de techo, piso y paredes	38
1.3.3	Medición de luxes	39
1.3.4	Características de las luminarias	40
1.4	Mantenimiento para instalaciones eléctricas	42

1.4.1	Mantenimiento de iluminación y fuerza	42
1.5	Motores eléctricos	43
1.5.1	Prueba de aislamiento	43
2	ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES	
2.1	Cálculo de conductores	45
2.1.1	Cálculo de alimentadores con carga distribuida	45
2.1.2	Densidad de corriente constante	46
2.1.2.1	Cálculo de caída de tensión y calibre de conductor para tomacorrientes	48
2.1.3	Cálculo de conductores de iluminación	49
2.2	Cálculo de tuberías	52
2.2.1	Canalizaciones eléctricas	52
2.2.2	Número de Conductores en tubo conduit	52
2.2.3	Cálculo de tubería para conductores de diferentes calibres	53
2.2.4	Procedimiento para el cálculo de tubo conduit para conductores de diferente calibre	54
2.3	Cálculo de lúmenes	55
2.3.1	Cálculo de Lúmenes Propuesto	56
2.4	Cálculo de iluminación	56
2.4.1	Método de cavidad zonal	57
2.4.2	Cavidad de techo	57
2.4.3	Cavidad de local	57
2.4.4	Cavidad de piso	58
2.4.5	Teoría del método de cavidad zonal	59
2.4.6	Determinación del nivel de iluminación requerido	59
2.4.7	Determinación del coeficiente de utilización (CU)	60

2.4.8	Determinación del factor de pérdidas totales (FPT)	60
2.4.9	Determinación del acomodo de las luminarias	66
2.4.10	Coeficiente de reflexión	67
2.4.11	Ejemplo de Cálculo	68
2.5	Diseño de red de tierras	73
2.5.1	Puesta a tierra de los equipos eléctricos	73
2.5.2	Medición de la Resistividad del Terreno	74
2.5.3	Método de Werner	76
2.5.4	Mallas de tierra	78
2.5.4.1	Cálculo de la malla de tierra para el C.C.U.	79
2.5.5	Calculo de pararrayos	82
2.5.5.1	Efectos del rayo	82
2.5.5.2	Evaluación del riesgo del rayo	83
2.5.5.2.1	Frecuencia aceptable de un rayo directo sobre un edificio (Nd)	83
2.5.5.2.1	Frecuencia Nc aceptable de un rayo sobre un edificio	86
2.5.5.3	Cálculo de pararrayos en edif. de Odontología	89

3 DIAGRAMAS UNIFILARES

3.1	Diagrama unifilar de la red eléctrica general	94
3.2	Diagrama unifilar de la sub red eléctrica	96

4	COMPARACIÓN DE RESULTADOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS	
4.1	Comparación del número de lámparas de los edificios del Paraninfo Universitario	102
4.2	Comparación del número de lámparas de los edificios del club deportivo “Los Arcos”	104
4.3	Comparación del nivel lumínico de los edificios del Paraninfo Universitario	106
4.4	Comparación del nivel lumínico de los edificios del club deportivo “Los Arcos”	109
5	DEMANDA MÁXIMA Y MEDIA	
5.1	Demanda máxima	111
5.2	Demanda media	112
5.3	Factor de carga	113
5.4	Análisis de las curvas de demanda	115
5.5	Aplicación de las tarifas	118
6	DIMENSIONAMIENTO DE LOS TRANSFORMADORES	
6.1	Transformadores	121
6.2	Cálculo de la capacidad de los transformadores	122
6.3	Ventajas y desventajas de la conexión actual	124
6.3.1	Ventajas de la conexión delta abierta	124
6.3.2	Desventajas de la conexión delta abierta	125
6.3.3	Servicio monofásico 120/240V	125
6.4	Propuesta para una nueva conexión del banco de transformadores	126

6.4.1	Ventajas de la conexión delta abierta	126
-------	---------------------------------------	-----

7 EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE LOS EDIFICIOS DEL PARANINFO UNIVERSITARIO Y CLUB DEPORTIVO “LOS ARCOS“ AL MERCADO MAYORISTA

7.1	Agentes del mercado mayorista	128
7.2	Requisitos para participar en el mercado mayorista	129

CONCLUSIONES	133
RECOMENDACIONES	135
BIBLIOGRAFÍA	137
APÉNDICE	139
ANEXO	175

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

01	Carga distribuida en un alimentador	46
02	Diagrama unifilar	50
03	Cavidades de techo, piso y local	58
04	Factor de degradación por suciedad	63
05	Megger de cuatro terminales	75
06	Colocación de los electrodos para realizar la prueba	76
07	Configuración de la malla de tierra (1er. Tanteo)	80
08	Configuración de la malla de tierra (2do. Tanteo)	81
09	Edificio rectangular	84
10	Edificio rectangular con una parte predominante	86
11	Red eléctrica general del C.C.U. (Paraninfo universitario)	94
12	Red eléctrica general del club deportivo “Los Arcos” Edif. “A”	95
13	Diagrama unifilar de tableros del edificio del C.C.U.	96
14	Diagrama unifilar de tableros del edificio del C.C.U.	97
15	Diagrama unifilar de tableros del edificio de odontología (C.C.U.)	98
16	Diagrama unifilar de tableros del CSUCA del club “Los Arcos”	99
17	Demanda máxima en KW	111
18	Demanda máxima y media	112
19	Demanda media	113
20	Factor de carga	114
21	Demanda máxima por día	116
22	Consumo promedio durante la semana	116
23	Factor de carga vrs. día	117

TABLAS

I	Tipos de cargas	02
II	Valor de la resistencia de aislamiento	04
III	Edificio de Odontología, tablero TD-01	06
IV	Capacidad, calibres y sección de los conductores	09
V	Características de los tableros en los edificios	21
VI	Tolerancia admisible	25
VII	Desbalance de tensión en %	36
VIII	Lámparas utilizadas en los diferentes edificios	37
IX	Coeficiente de reflexión	38
X	Número de conductores en tubería	53
XI	Factor de relleno para conductores	54
XII	Coeficiente de reflexión	67
XIII	Medición de la resistividad en el C.C.U.	78
XIV	Medición de la resistividad en el club “Los Arcos”	82
XV	Resultados de la red de tierras en el club “Los Arcos”	82
XVI	Coeficiente ambiental C1	85
XVII	Coeficiente de estructura	87
XVIII	Contenido de la estructura	87
XIX	Ocupación de la estructura	87
XX	Consecuencias sobre el entorno	87
XXI	Nivel de protección	88
XXII	Radios de protección del pararrayos Ingesco PDC	91
XXIII	Calculo de pararrayos para los edificios	91
XXIV	Clínicas de Odontología 1er. Nivel	102
XXV	Edificio de odontología 1er. nivel	102
XXVI	Edificio de odontología 2do. nivel	103
XXVII	Edificio C.C.U. 1er. nivel	103

XXVIII	Edificio C.C.U. 2do. nivel	104
XXIX	Edificio "A" club "Los Arcos"	104
XXX	Edificio CSUCA 1er. nivel	105
XXXI	Edificio 2 CSUCA	105
XXXII	Edificio 3 CSUCA	106
XXXIII	Edificio odontología 1er. nivel	106
XXXIV	Edificio odontología 2do. nivel	107
XXXV	Edificio C.C.U. 1er. nivel	107
XXXVI	Edificio C.C.U. 2do. nivel	108
XXXVII	Clínicas de odontología 1er. nivel	108
XXXVIII	Edificio 1 CSUCA	109
XXXIX	Edificio 2 CSUCA	109
XL	Edificio "A" club "Los Arcos"	110
XLI	Demanda media y máxima	115
XLII	Factor de carga del edificio C.C.U.	118
XLIII	Carga instalada en los tableros	123
XLIV	Conexión actual y propuesta	126
XLV	Requisitos del mercado mayorista	128

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Ω	Ohms
V	Voltaje
A	Corriente
W	Watts
L1	Línea uno
N	Neutro
TD	Tablero de distribución
e	Caída de voltaje
ϕ	Flujo luminoso
ρ	Resistividad del terreno
V_{ϕ}	Voltaje de fase

GLOSARIO

Acometida	Derivación que conecta la red del suministrador de energía eléctrica a las instalaciones del usuario.
Apartarrayos	Dispositivo de protección que limita las sobretensiones transitorias en los circuitos y equipos eléctricos, descargando la sobre corriente a tierra.
Carga instalada	Es la suma de la capacidad nominal de todo el equipo eléctrico que se conectara a la acometida.
Fase	la relación de tiempo entre la corriente y el voltaje en un circuito de corriente alterna.
Pararrayos	Dispositivo de protección contra descargas atmosféricas que se conecta directamente a tierra, sin interconexión al sistema eléctrico.
Partes vivas	Son los elementos que conducen una corriente eléctrica.
Red de tierras	Es una red de protección usada para establecer un potencial uniforme en y alrededor de alguna estructura. Esta unido solidamente a los electrodos de tierra.

RESUMEN

En el siguiente trabajo de graduación se realiza una evaluación del estado en que se encuentran las instalaciones eléctricas de los edificios del Centro Cultural Universitario (Paraninfo Universitario) y club deportivo “Los Arcos”, en el cual se incluyen los diferentes tipos de cargas existentes en los edificios, el estado de los conductores eléctricos, un análisis de la calidad de energía eléctrica en los mismos y los niveles lumínicos en los diferentes ambientes.

Con los datos y la información recabada de cada edificio, proseguimos a realizar diferentes estudios de las instalaciones eléctricas de cada edificio, en el cual incluimos el cálculo de los conductores eléctricos, canalizaciones eléctricas, cálculo del número de lámparas en cada ambiente en base a un nivel de iluminación medio, según los rangos del nivel lumínico dado por las normas IES, diseño de red de tierras y pararrayos y un análisis de las curvas de demanda en base a los datos obtenidos en las mediciones de la calidad de la energía.

Asimismo se realiza una evaluación de los requisitos que se deben de cumplir para la incorporación de los edificios al Mercado Mayorista.

OBJETIVOS

- **General**

Realizar un diagnóstico de las instalaciones eléctricas de los edificios del Centro Cultural Universitario (Paraninfo Universitario) y club deportivo “Los Arcos”, y mediante el estudio de las instalaciones eléctricas, proponer las mejoras respectivas para dichas instalaciones.

- **Específicos**

1. Realizar una evaluación de las condiciones en que se encuentran los diferentes elementos que conforman una instalación eléctrica.
2. Realizar un análisis de la calidad de energía eléctrica del sistema eléctrico de los edificios.
3. Rediseñar los conductores, canalizaciones eléctricas y el sistema de iluminación de los diferentes ambientes de cada edificio y calcular una red de tierras y pararrayos.
4. Evaluar la incorporación de cada uno de los edificios al Mercado Mayorista.

INTRODUCCIÓN

El diseño de una instalación eléctrica se realiza con base a una caracterización de cargas específicas que contendrá cierto edificio. Debido a que con el tiempo muchos edificios se utilizan para diversos fines muy diferentes para los que estaban diseñadas las instalaciones eléctricas, estas pueden no ser flexibles para contener cargas muy diferentes a las originales e inclusive mayor que el original. Debido a ello, el sistema eléctrico quizá no sea el adecuado para soportar un incremento en la carga instalada aunado a todo esto, también influye la vida útil que posee una instalación eléctrica. Debido a que en el Centro Cultural Universitario (Paraninfo Universitario) y el club “Los arcos” con el tiempo muchas de sus instalaciones han pasado a utilizarse para diversas actividades, tales como áreas de oficinas, salones de danza, teatro, clínicas odontológicas, salas de conferencias, laboratorios y salones de clase, el sistema eléctrico en general manifiesta un deterioro debido al paso del tiempo y al incremento de la carga.

Debido a todo ello, en el presente trabajo se realiza un diagnostico de las instalaciones eléctricas actuales en dichos edificios, para determinar el estado en que se encuentran debido a las modificaciones que han sufrido con el tiempo dichas instalaciones. Asimismo, se determinan las capacidades y calibres de los conductores eléctricos, los niveles lumínicos en base a la norma IES y otros cálculos de los principales elementos que componen una instalación eléctrica, así como también el diseño de una red de tierras y pararrayos, las cuales no existen actualmente en dichos edificios. Todo ello para obtener un sistema eléctrico más eficiente y seguro.

1. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES

1.1 Instalaciones eléctricas

El objetivo de una instalación eléctrica es fundamentalmente cumplir con los servicios que fueron requeridos durante la etapa del proyecto, es decir, en esencia proporcionar servicio con el propósito de que la energía eléctrica satisfaga los requerimientos de los distintos elementos receptores que la transformaran según sean las necesidades.

1.1.1 Caracterización de cargas

En el diseño de instalaciones eléctricas o de los circuitos eléctricos para comercios o industrias, es necesario que consideremos una gran variedad de tipos de cargas que intervienen, y que genéricamente se pueden agrupar en alumbrado, motores, contactos y aplicaciones especiales, entre otros.

En el renglón de aplicaciones especiales pueden intervenir una gran variedad de tipos de cargas, dependiendo de las características de la industria o local al cual se le va a diseñar la instalación eléctrica y de hecho, cada caso representa un problema particular que debemos resolver para cada proyecto o diseño específico.

En nuestro caso, en los edificios del C.C.U. (Paraninfo) y del club deportivo Los Arcos, encontramos una variedad de cargas, que van desde compresores, bombas de vacío, bombas de agua, lámparas, fotocopiadoras, y otras más, que detallamos a continuación (tabla I), con sus respectivos valores de voltaje, corriente y potencia.

Tabla I. Tipos de cargas

TIPO DE CARGA	VOLTAJE	CORRIENTE	POTENCIA	F. P.
Compresor	230 V	65 A	25 HP	82%
Bomba de vacío	208 V	27 A	10 HP	91%
Bomba de agua	230 V	1.15 A	2.5 HP	88%
Lámpara 1x40W	120 V	0.34 A	40W	100%
Lámpara 2x40W	120 V	0.67 A	80W	100%
Lámpara 4x40W	120 V	1.34 A	160W	100%
Fotocopiadora	120 V	10.6 A	1230 W	100%
Calentador de agua	127 V	10.0 A	1.2 KW	100%
Microondas	120 V	12.5 A	1500 W	100%
Dispensador de agua	120 V	4.7 A	564 W	100%
Refrigeradora	120 V	2.5 A	300 W	100%
Cafetera	120 V	12.5 A	1500 W	100%
Ventilador	120 V	0.83 A	100 W	100%
Computadora	120 V	1.5 A	180 W	100%
Impresora	120 V	3.5 A	420 W	100%
UPS	120 V	3.33 A	400 W	100%

1.1.2 Estado actual y dimensionamiento de conductores

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

Por esta razón, la mayor parte de los conductores empleados en instalaciones eléctricas están hechos de cobre (Cu) o aluminio (Al) que son comercialmente los materiales con mayor conductividad y con un costo suficientemente bajo como para que resulten económicos, ya que existen otros materiales de mejor conductividad como por ejemplo, la plata y el platino, pero que tienen un costo elevado que hace antieconómica su utilización en instalaciones eléctricas.

El material aislante que cubre a los conductores de cobre evita que los conductores desnudos que llevan corriente toquen otros conductores u objetos metálicos y provoquen cortos circuitos. El aislamiento también evita que las personas sufran heridas, e incluso la muerte, por el contacto accidental con alambres “vivos”.

1.1.2.1 Resistencia de aislamiento

La medición de la resistencia de aislamiento se efectúa con un probador de aislamiento (*Megger*) que consta básicamente de una fuente de C.D. y un indicador de lectura en Mega-Ohms. La capacidad de esta fuente generalmente es baja ya que la finalidad es la de verificar el estado en que se encuentra su aislamiento, es decir, esta prueba no es destructiva.

Esta prueba se efectúa para comprobar que en el tablero no existan cables o aparatos a tierra, lo que provocaría fallas eléctricas de corto circuito a tierra. También se lleva a cabo para conocer en que estado se encuentran los aislamientos. Dichas pruebas deben realizarse al poner en servicio la instalación y repetirse después, en modificaciones, trabajos de reparación o ampliaciones de una instalación eléctrica.

En términos generales, con la medición del aislamiento, obtenemos datos sobre el estado de seguridad de la instalación. Si la resistencia es muy baja los cables se ven sometidos a cargas excesivas que pueden convertirse en el foco de un incendio. La Norma (DIN VDE 0100, parte 610) nos indica en la tabla II, las tensiones de medición a aplicar y las resistencias de aislamiento permitidas.

Tabla II. Valor de la Resistencia de Aislamiento

TENSIÓN NOMINAL DEL CIRCUITO	TENSIÓN DE PRUEBA (V)	VALOR MÍNIMO DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (MΩ)
Circuitos de protección o control de reducida tensión	250	0.25
Tensión nominal menor de 500V, si no se trata de circuitos de protección o control de reducida tensión	500	0.5
Tensión nominal mayor de 500V	1000	1.0

Fuente: Normas DIN VDE 0100, parte 610

1.1.2.2 Realización de la prueba

Antes de medir el aislamiento eléctrico de una instalación, debemos comprobar que el interruptor general de entrada a la misma este en posición de abierto. El interruptor debe separar totalmente la instalación cuyo aislamiento deseamos medir. Para llevar a cabo esta prueba procedemos de la siguiente manera:

- a) Se desconectan todas las terminales que estan alambradas a la barra de tierra.
- b) Se conectan cuidadosamente en corto circuito cada una de las terminales de todos los equipos instalados en el tablero.

- c) Para comprobar el aislamiento del alambrado del tablero, procedemos a conectar cada una de las puntas del probador de aislamiento (*Megger*) a los extremos de los bornes cortocircuitados.

El aparato de medición debe cumplir con las exigencias de la norma DIN VDE 0413, parte 1. Ahora es importante saber con qué conductores se debe realizar la medición. Según la norma establece los siguientes puntos:

- a) Entre las fases activas (L1, L2, L3) y el conductor de protección.
- b) Entre el neutro (N) y el conductor de protección.
- c) Entre las fases activas (L1, L2, L3).

La resistencia de aislamiento la realizaremos sin conexión a la red, pero las instalaciones consumidoras pueden seguir conectadas si se alcanzan los valores expuestos en la tabla II. En caso contrario debemos desconectar las instalaciones consumidoras de la red para llevar a cabo la prueba. No obstante conviene comprobar si al circuito a probar están conectados dispositivos eléctricos con componentes electrónicos o sensibles que puedan verse afectados por la tensión de prueba. En la tabla III, se muestran algunos resultados obtenidos en la medición del aislamiento en el tablero TD-01 del edificio de Odontología ubicado en el Paraninfo Universitario y en la tabla A1 del apéndice A se muestran el resto de resultados para los restantes edificios.

TABLA III. Edificio de odontología, tablero TD-01

TABLERO: TD-01 ODONTOLOGIA (Paraninfo)		
# Circuito	Resistencia entre Linea y Neutro (Ohms)	Condición del Aislamiento
1	200M	Bueno
2	100K	Defectuoso
3	0.6	Defectuoso
4	150M	Bueno
5	14M	Bueno
6	150M	Bueno
7	150M	Bueno
8	0.60M	Bueno
9	40M	Bueno
10	75M	Bueno
11	60M	Bueno
12	----	----
13	500M	Bueno

1.1.2.3 Capacidad, calibres y secciones de conductores eléctricos

En las instalaciones eléctricas interiores se utilizan prácticamente solo conductores de cobre. Por lo general, los conductores eléctricos se fabrican de sección circular de material sólido o como cables, dependiendo de la cantidad de corriente por conducir y su utilización. Desde el punto de vista de las normas, los conductores se han identificado por un número que corresponden a lo que comúnmente se conoce como el calibre y que normalmente se sigue el sistema americano de designación *AWG (American Wire Gage)*.

1.1.2.3.1 Secciones de conductores eléctricos

El sistema de tamaños del alambre eléctrico se basa en las áreas de la sección transversal de los conductores. Debido a que los alambres son redondos, la vista desde el extremo de un corte recto a través de un alambre es un círculo. Se necesita una unidad de medición para expresar los tamaños de alambre. Debido a que las secciones transversales de los alambres son pequeñas, conviene usar una unidad de medición pequeña.

La unidad que se usa es la milésima de pulgada; esta unidad se conoce como mil, abreviatura de milipulgada. Una consideración importante en el uso de los conductores es el área de su sección transversal. El área de un círculo es proporcional al cuadrado de su diámetro. Se ha elegido el área de un círculo cuyo diámetro es un mil como la unidad para expresar el área. La unidad se llama circular mil y el uso de esta unidad da una idea más clara de la verdadera relación entre los tamaños de alambre.

1.1.2.3.2 Calibres de conductores

Los calibres de los conductores nos dan una idea de la sección o diámetro de los mismos y se designan 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^2 del área se debe hacer en forma independiente de la designación usada por la *American Wire Gage* (AWG). En nuestro caso siempre se hará referencia a los conductores de cobre.

Es conveniente notar que en el sistema de designación de los calibres de conductores usado por la AWG, a medida que el número de designación es más grande, la sección es menor. Muchas tablas de consulta que aparecen en las normas de la NEC listan más de 30 tamaños de alambres, pero la mayor parte de las instalaciones en los edificios se hacen aproximadamente con seis tamaños, los cuales son los calibres 14, 12, 10, 8, 6 y 4.

1.1.2.3.3 Capacidad de conducción

El NEC ha establecido la intensidad de corriente máxima segura para cada tamaño de alambre y cada tipo de aislamiento. Esta intensidad máxima de corriente es la capacidad en amperes del alambre. El NEC se refiere a este valor como la ampacidad del conductor (Tabla IV). En la tabla IV se da una lista parcial de las capacidades para las instalaciones eléctricas usuales.

Nótese que la ampacidad del conductor siempre debe incluir, además del tamaño del conductor, el material de que está hecho, la temperatura del aire que lo rodea y si se encuentra en un cable o al aire libre. El NEC se refiere a las dos temperaturas al especificar la ampacidad, una es la temperatura ambiente, y la otra es la temperatura nominal normal del conductor.

Tabla IV. Capacidad, calibres y sección de los conductores.

CALIBRE	SECC. COND.	AMPACIDAD DE CONDUCTORES (Cu) AISLADOS			
		AWG O MCM	plg2 (THHN)	TW (60°C)	THW (75°C)
14 *	0.0087		20	20	25
12 *	0.0117		25	25	30
10 *	0.0184		30	35	40
8 *	0.317		40	50	55
6 *	0.0519		55	65	75
4 *	0.0845		70	85	95
3	0.0995		80	100	110
2	0.1182		95	115	130
1	0.1590		110	130	150
1/0	0.1893		125	150	170
2/0 *	0.2265		145	175	195
3/0	0.2715		165	200	225
4/0 *	0.3278		195	230	260
250	0.4026		215	255	290
300	0.4669		240	285	320

* Calibres localizados en los edificios del CCU y Odontología (Paraninfo) y en el club deportivo "Los Arcos"

1.1.3 Protecciones para los motores

El Código Nacional de Electricidad (NEC), de EUA, es deliberadamente muy detallado respecto a la protección de los circuitos derivados del motor. El objetivo es evitar incendios de origen eléctrico en dichos circuitos y en los conductores de alimentación del motor. En dicho código se especifica claramente los sistemas de sobrecargas y de corto circuitos tanto para los conductores de alimentación como para los circuitos derivados, así como el calibre mínimo de los cables que deben ser utilizados para un solo motor o grupo de ellos.

El sistema de protección del circuito auxiliar contra sobrecargas, determinado en parte por la corriente en el arranque y en el tipo de motor, está proyectado para proteger a los conductores de alimentación contra sobrecargas continuadas. Esta protección en la línea es, sin embargo, más elevada que la necesaria para la protección del motor contra sobrecargas constantes en funcionamiento.

Por esto es necesario, además, proteger al propio motor contra sobrecargas operativas utilizando dispositivos de máxima, los cuales van incluidos en la carcasa del motor o bien el arrancador o en el regulador. Otros dispositivos protectores que serán considerados además de máxima, incluyen protecciones contra baja tensión y sobretensión, interrupción del campo en derivación, inversión e interrupción de fases y protecciones contra temperatura y desvío de frecuencia.

1.1.3.1 Contactor

El contactor es un dispositivo de maniobra destinado a comandar equipamiento eléctrico en estado no perturbado o bajo las sobrecargas normales de servicio, preparado para grandes frecuencias de operación.

El mismo es básicamente un interruptor que abre o cierra un circuito por la acción de una corriente de mando que activa un electroimán, siendo su característica más destacada la sencillez de su accionamiento.

Los contactores generalmente pueden operar corrientes del orden de 6 a 12 veces la intensidad nominal, soportando el arranque de motores trifásicos. Se caracterizan por su poca inercia mecánica y rapidez de respuesta; resultando elementos indispensables en las tareas de automatización.

Para la elección de un contactor es necesario conocer las siguientes características del receptor:

- La corriente de servicio (I_e) o en su defecto la potencia del circuito.
- Los lapsos de trabajo, que determinan la clase de servicio (permanente, intermitente, etcétera).
- La naturaleza de la carga, que determina la categoría de servicio (AC1, AC3, etcétera).
- La tensión nominal de funcionamiento.

Con estos valores se consultan las tablas provistas por los fabricantes para elegir el contactor más apropiado. Estas tablas dan los límites garantizados de aplicación de cada uno de los modelos de contactores, para cumplir con las normas correspondientes.

Cabe agregar que estas tablas generalmente también permiten la selección del relé térmico y el fusible adecuado para la aplicación. La vida eléctrica, expresada en ciclos de maniobra, es una condición adicional para la elección del contactor y permite prever su ciclo de mantenimiento. Por su parte, la tensión de la bobina del contactor se debe elegir según la tensión disponible en el lugar del montaje.

1.1.3.2 Fusibles

Tanto los contactores como los térmicos son aparatos valiosos, por ello deben ser protegidos para el caso de que exista una falla. El mejor medio para lograrlo, por su velocidad de actuación y por su capacidad de ruptura elevada, es usar fusibles.

Para la segunda función del fusible es muy importante seleccionar cuál es el circuito con fallas y separarlo de la red para permitir la continuidad del servicio. Para la selección de los fusibles puede emplearse una tabla que da la intensidad de los mismos en función de la intensidad de los motores a plena carga. Asimismo, hay que tener en cuenta que los fusibles deberán poseer una característica de fusión del tipo aM, con una característica especialmente "retardada".

Estos fusibles se usan especialmente para la protección de motores asíncronos con rotor en jaula, debido a que soportan los picos de corriente que estos absorben en el arranque.

Como su operación depende de la generación de calor por efecto Joule, se obtiene una característica de fusión intensidad-tiempo del tipo inversamente proporcional, de manera que ante una elevada corriente opera en un tiempo muy reducido, y ante una corriente ligeramente superior a la nominal opera en un tiempo mas prolongado. Un aspecto que no debe olvidarse al seleccionar un fusible es que su capacidad de ruptura no debe ser inferior a la calculada en su punto de utilización a la tensión nominal.

1.1.3.3 Relés térmicos para protección contra sobrecargas

Los relés térmicos (o simplemente térmicos) constituyen un método indirecto de protección, ya que operan en función de la corriente que el motor está tomando de la red. En base a ella evalúa un determinado estado de calentamiento de los arrollamientos del motor. Los relés térmicos cumplen con la protección térmica del motor contra sobrecargas y van asociadas a un contactor que es el que realiza la apertura del circuito de potencia.

Puesto que protegen solamente contra sobrecargas, los relés térmicos deben complementarse con una protección contra cortocircuitos. El relé térmico es un excelente medio de protección, pero no protege al motor cuando el calentamiento de éste se produce por causas ajenas a la corriente que está tomando de la red. El relé térmico siempre debe estar regulado al valor de funcionamiento del motor; sólo si está a plena carga al valor de chapa del motor; y nunca a un valor superior al nominal.

Los térmicos pueden tener señalización de relé disparado, botón de disparo, botón de reposición automática o bloqueo de reconexión, y dos contactos auxiliares para desconexión del contactor y para señalar a distancia la falla. En ciertos casos es conveniente que el térmico no vuelva automáticamente a su posición de "conectado" una vez que haya actuado; sobre todo en automatismos que puedan llevar a una serie de maniobras no deseadas (por ej. en bombas de elevación de agua).

Cuando el motor es controlado por medio de pulsadores, de cualquier forma debe ser puesto en marcha mediante su pulsador de arranque. En este caso, es práctico que el relé vuelva solo a su posición de conectado automáticamente. Ambas variantes están incluidas en algunos modelos. Una traba o botón permite conectarlo en automático (o sea sin reset), o bien conectarlo en manual (es decir con reset). El mismo botón permite reconectar el contactor. Como se ha dicho, el relé debe ser ajustado al valor real de consumo del motor; dicho ajuste puede realizarse durante el funcionamiento del equipo.

1.1.3.4 Protección contra pérdida de fase

Por otro lado, en el caso particular de falta de fase, el motor se calienta y hay un aumento en el consumo de corriente, lo cuál hace actuar al térmico. El dispositivo de protección contra falta de fase, incluido en algunas líneas ofrecidas en plaza, ofrece una notable mejora respecto de los térmicos convencionales. El mecanismo acelera la desconexión del motor cuando falta una fase, o sea, detecta con seguridad esta falla. Un ingenioso dispositivo de doble barra actuadora permite aumentar la sensibilidad del disparo en el momento que falta una fase. De esta manera se logra reducir a la mitad los tiempos de actuación y proteger así muy efectivamente al motor también en el caso de falta de fase.

En resumen, si la corriente del motor sobrepasa los valores admitidos, el térmico acciona a un contacto auxiliar, éste a su vez gobierna al contactor que desconecta de la red al equipo sobre exigido.

Las curvas de desconexión del térmico deben seguir lo más cerca posible las variaciones de la temperatura del motor, midiéndola a través de la corriente que éste toma de la red. Cuanto mayor es esta corriente más rápido actúan estos relés (característica de tiempo inverso como los fusibles). Para lograr una correcta desconexión debe eliminarse la influencia de la temperatura ambiente sobre los bimetales de la protección térmica; esto se logra por un dispositivo compensador. Habitualmente las curvas de desconexión son independientes de la temperatura ambiente entre -25°C y $+55^{\circ}\text{C}$.

1.1.3.5 Guardamotor

El 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 + térmico + 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.

1.1.3.6 Protección contra baja tensión

Los motores estarán protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación cuando, el arranque espontáneo del motor, puede provocar accidentes u oponerse a dicho restablecimiento o perjudicar el motor.

Dicho dispositivo puede formar parte del de protección contra las sobrecargas o del de arranque y puede proteger mas de un motor si se da una de las circunstancias siguientes:

- Los motores a proteger estan instalados en un mismo local y la suma de potencias absorbidas no es superior a 10 kW.
- Los motores a proteger estan instalados en un mismo local y cada uno de ellos queda automáticamente en el estado inicial de arranque después de una falta de tensión.

Cuando el motor arranque automáticamente en condiciones preestablecidas, no se exigirá el dispositivo de protección contra la falta de tensión, por el sistema de corte de la alimentación, pero debe quedar excluida la posibilidad de un accidente en caso de arranque espontáneo.

Si el motor tuviera que llevar dispositivos limitadores de la potencia absorbida en el arranque, será obligatorio, para quedar incluidos en la anterior excepción, que los dispositivos de arranque vuelvan automáticamente a la posición original al originarse una falta de tensión y parada del motor.

1.1.4 Subestaciones eléctricas

Una subestación eléctrica es un punto dentro del sistema de potencia en el cual se cambian los niveles de tensión y corriente con el fin de minimizar pérdidas y optimizar la distribución de la potencia por todo el sistema. Para el caso de subestaciones industriales, dentro de la clasificación general de las subestaciones eléctricas, las más utilizadas son las de tipo compacto o abiertas.

Las subestaciones llamadas abiertas son, de hecho, las subestaciones principales en la gran industria donde el consumo es considerable, en tanto que las compactas se utilizan en industrias menores, edificios de apartamentos, comercios, etc. Las compactas las podemos encontrar metidas en bóvedas, o bien, a la intemperie.

Las subestaciones compactas proporcionan las siguientes ventajas sobre las subestaciones abiertas:

- Costo relativamente bajo
- Ocupan poco espacio cuando son bancos y ocupan un menor espacio cuando utilizan transformadores trifásicos.
- Su construcción generalmente es blindada, por lo que son de frente muerto, proporcionando a ésta una mayor seguridad.

Entre las desventajas de este tipo de subestaciones se tienen:

- Su alto costo, debido a la necesidad que los equipos que la constituyen deben ser de pequeñas dimensiones
- Dificultades para efectuar trabajos de mantenimiento

Por otro lado, en una subestación eléctrica, además de bajar el nivel de voltaje, también debe proteger y controlar la energía eléctrica con que se alimenta, para lo cual lleva los siguientes elementos.

1.1.4.1 Apartarrayos y cuchillas fusible

Este equipo lo proporciona la compañía suministradora en el punto de alimentación, su ubicación depende del voltaje de alimentación, de la carga instalada, de la distancia a la red alimentadora. El apartarrayo tiene la función de proteger la instalación contra sobretensiones originadas por descargas electroatmosféricas. La cuchilla fusible es un dispositivo interruptor y protector, que además sirve para desconectar el banco de la red alimentadora y proporcionar protección contra cortocircuito. Cuando los bancos son de gran capacidad, es aconsejable agregar interruptores de aire, los cuales operan sin carga.

1.1.4.2 Equipo de medición

Este lo proporciona e instala la compañía suministradora, y se instala en el lado de alta tensión cuando la demanda de la acometida sobrepasa los 500 Kw. del lado secundario con medidores autocontenidos cuando la demanda es menor de 75 Kw.; y con equipo de medición colocado en caja tipo III cuando la demanda se encuentra comprendida entre 75 y 500 Kw.

1.1.4.3 Transformador

Es el elemento principal de la subestación, ya que cumple con la función de reducir el voltaje de alimentación a niveles de voltaje de operación. Para su selección se deben tomar en cuenta las siguientes características:

- De tipo interior o intemperie
- De montaje en poste o piso
- Potencia o capacidad en KVA
- Voltaje primario y secundario
- Número de fase
- Tipo de conexiones primarias y secundarias
- Altura sobre el nivel del mar
- Tipo de servicio
- Impedancia

1.1.5 Centro de carga

Se conocen por tableros o centro de carga al conjunto de elementos de protección y medición agrupados en un gabinete y ubicado en un determinado lugar desde donde se controla la distribución de energía eléctrica de una instalación tanto residencial como industrial. El nombre deriva de la situación que por razones de optimización, el centro de distribución debe estar ubicado en o cercano al centro de carga de la instalación.

1.1.5.1 Tableros de circuitos derivados

Como tablero eléctrico se conoce un gabinete metálico con un circuito de alimentación mediante barras que contiene los elementos necesarios para la distribución de energía eléctrica a varios circuitos derivados. El 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 principal
- 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 3 fases)
- Según la capacidad del ramal mayor, así deberá ser el tipo de interruptores que irá en el tablero
- Si se utilizará 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

1.1.5.2 Tableros generales

Estos normalmente van colocados en subestaciones o cuartos destinados exclusivamente a la colocación de centros de carga y medición. Su alimentación se realiza directamente del secundario del transformador mediante barras o conductores, generalmente son autosoportados y para su operación y mantenimiento requieren de espacio para circulación del personal de mantenimiento por la parte posterior de él.

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

- Holguras adecuadas entre las barras o partes vivas del tablero y las tapaderas del mismo
- Adecuada sección transversal de las barras para poder conducir la corriente demandada por la carga
- Soportes y aisladores lo suficientemente robustos

1.1.5.3 Condición actual

Las condiciones en que se encuentran los tableros principales de los edificios varia, ya que en el edificio del C.C.U. su estado actual es bueno y se encuentra ubicado en un lugar accesible solo para personal autorizado, mientras que el localizado en el edificio de Odontología (Paraninfo) se encuentra en muy mal estado y su ubicación no es la adecuada ya que la caseta en donde se encuentra esta en malas condiciones. En la tabla V se muestran algunas características de los diferentes tableros.

Tabla V. Características de los tableros en los edificios.

TABLERO PRINCIPAL	VOLTAJE	BARRAS	BREAKER	ESTADO	CONDUCTORES
CCU Paraninfo	Monofásico 120/240 VAC	300 A	2x300 A	Bueno	2 cal # 4/0 1 cal # 2/0
CSUCA club "Los Arcos"	Monofásico 120/240 VAC	125 A	2X40 A	Bueno	2 cal # 6 1 cal # 6
Odontología Paraninfo	Trifásico 120/208 VAC		3x200 A	Malo	3 cal # 4/0 1 cal # 8

1.2 Análisis de redes

Existen factores de calidad de servicio, que la compañía suministradora debe garantizar, para obtener un servicio que cumpla con ciertos requerimientos mínimos, de tal forma que los usuarios puedan tener la certeza de que sus equipos no sufrirán daños y funcionaran correctamente.

El consumo de energía eléctrica ha adquirido tal importancia en la sociedad moderna, que una interrupción del servicio puede causar trastornos importantes y pérdidas económicas cuantiosas. Por esta razón la preocupación primordial es la de evitar interrupciones en el suministro de la energía.

Para la medición de la calidad de energía en el edificio del CCU (Paraninfo Universitario), se utilizó un Analizador de la Calidad de Energía Modelo 3945, instalado por la Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. (EEGSA), por un periodo de 24 horas continuas durante 7 días.

1.2.1 Corrientes

La corriente que se genera mediante los alternadores o generadores de corriente alterna, aumenta hasta un pico, cae hasta cero, desciende hasta un pico negativo y sube otra vez a cero varias veces por segundo, dependiendo de la frecuencia para la que esté diseñada la máquina. Este tipo de corriente se conoce como corriente alterna monofásica.

Sin embargo, si la armadura la componen dos bobinas, montadas a 90° una de otra, y con conexiones externas separadas, se producirán dos ondas de corriente, una de las cuales estará en su máximo cuando la otra sea cero. Este tipo de corriente se denomina corriente alterna bifásica. Si se agrupan tres bobinas de armadura en ángulos de 120° , se producirá corriente en forma de onda triple, conocida como corriente alterna trifásica.

La corriente que circula por las líneas L1 y L2 durante la madrugada, es de aproximadamente de 20 a 30 amperios, mientras que en horas de la mañana hasta el medio día, la corriente tiene un valor promedio aproximado de 60 amperios, manteniéndose este valor durante la tarde. Así mismo observamos que durante la noche el valor de la corriente vuelve a descender a valores aproximados de entre 35 y 40 amperios, esto debido a que ya no hay actividades laborales dentro del CCU.

Por otro lado, el valor de la corriente, llegó a alcanzar un valor de hasta 140 amperios durante ciertas horas, esto debido a que se realizaron actividades culturales dentro del teatro del CCU, utilizándose una mayor carga de iluminación y equipos de sonido y video. Valores de hasta 140 amperios circularon en la línea 1, mas no así en la línea 2, esto debido a que a pesar de estar balanceadas las cargas, estas no se utilizaron durante el mismo lapso de tiempo, debiéndose a ello la diferencia de valores en corriente para las líneas 1 y 2. En el apéndice B se muestra la grafica para la corriente y en el CD se muestran los resultados de las mediciones.

1.2.2 Voltajes

El voltio se define como la diferencia de potencial existente entre dos puntos, cuando el trabajo necesario para mover una carga de 1 culombio de un punto a otro es igual a 1 julio. El voltio es la unidad que mide la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos.

En las mediciones de los valores de voltaje en el CCU, podemos observar que el valor más bajo fue de 110.6 Volts, mientras que el valor máximo fue de 124.2 V. Los diferentes valores de las líneas 1 y 2, fueron similares, manteniéndose un promedio aproximado de 122 voltios en ambas líneas.

Según las Normas Técnicas del Servicio de Distribución (NTSD), en su artículo 23, capítulo 2 sobre Regulación de Tensión, nos proporciona un índice de calidad de regulación de tensión, para evaluar la tensión en el punto de entrega del Distribuidor al Usuario, cuyo procedimiento es como sigue:

$$\text{Índice de Regulación de Tensión (\%)} = \Delta V_k (\%) = \frac{|V_k - V_n|}{V_n} \cdot 100$$

Donde

V_k = media de los valores eficaces (RMS) de tensión

V_n = valor de la tensión nominal

Asimismo en el Artículo 24, capítulo 2 sobre Tolerancias para la Regulación de Tensión, nos proporciona una tabla sobre la Tolerancia Admisible respecto del valor nominal en cada una de las etapas de transición y régimen como sigue:

Tabla VI. Tolerancia admisible

TENSION	TOLERANCIA ADMISIBLE RESPECTO DEL VALOR NOMINAL, EN (%)					
	ETAPA					
	TRANSICIÓN		RÉGIMEN		RÉGIMEN	
			A partir del mes 1 hasta el 12		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	TRANSICIÓN		RÉGIMEN		RÉGIMEN	
	7		6		5	

Fuente: Normas Técnicas del servicio de distribución (NTSD)

Según la anterior tabla, el edificio del CCU (Parainfo Universitario) se ubica en un régimen de Transición para una tensión media, y el índice de tolerancia admisible es del 12%, por lo que según podemos observar en las mediciones de voltaje de línea 1 y 2 que se muestran en la grafica del apéndice C y los resultados de las mediciones que se muestran en el CD, este rango de tolerancia no es sobrepasado según podemos ver en la tabla VI.

1.2.3 Potencia

La potencia es la razón de cambio del trabajo o el incremento en el trabajo por unidad de tiempo. La ecuación de potencia es

$$P = dW/dt$$

Se mide generalmente en joules por segundo (watts), pero también puede medirse en libra/pie por segundo o en caballos de fuerza (HP). Las fuentes de potencia de corriente alterna producen el flujo de corriente alterna, que es alimentado hacia circuitos eléctricos que lo consumen. El noventa por ciento de toda la potencia eléctrica consumida en el mundo es producida por corriente alterna.

Por otra parte, en cuanto a las mediciones de la calidad de energía, se obtuvieron los valores de las potencias activa, reactiva y aparente, de manera que podremos observar el comportamiento de ellas durante las horas de mayor uso.

1.2.3.1 Potencia activa

Si se hace circular una corriente directa de valor constante a través de una resistencia (R), la energía eléctrica se transforma en energía térmica. De acuerdo a la ley de Joule, la energía calorífica es igual a la potencia por unidad de tiempo "t", se tiene

$$\text{Energía calorífica} = R \cdot I^2 \cdot t = P \cdot t$$

A esta potencia "P", que interviene en el proceso de conversión de energía eléctrica a otra forma de energía (por ejemplo: calor o trabajo), se le conoce como potencia activa.

Durante las mediciones se obtuvieron valores de potencia activa del rango de 2.3kW a 4.5kW durante madrugada y noche, mientras que en el transcurso del día, se tuvieron valores de 7.5kW a 8.8kW en la línea 2, mientras que en la línea 1 se obtuvieron durante el mismo lapso, valores de 10kW a 13.5kW.

En el apéndice D se muestra la gráfica para la potencia y en el CD se muestran los resultados de las mediciones, la potencia máxima del día durante la semana de las mediciones fue de 23.013 Kw.

1.2.3.2 Potencia reactiva

En el caso de un circuito con un elemento puramente capacitivo o inductivo, la energía no cambia de forma, solo se almacena. En otras palabras, la fuente entrega energía al elemento capacitivo o inductivo, el cual la almacena y a su vez la entrega cuando la fuente se desenergiza. Si el circuito está conectado a una fuente de corriente alterna, la energía pasa de la fuente al capacitor (o inductor) en el primer cuarto de ciclo y regresa a la fuente en el siguiente.

A esta energía asociada a un capacitor ideal o a un inductor ideal se le conoce con el nombre de reactiva. De la misma manera se le llama potencia reactiva “Q” a la potencia capacitiva o inductiva que multiplicada por la unidad de tiempo produce este tipo de energía. Se le llama capacitiva cuando la corriente antecede al voltaje, e inductiva cuando el voltaje antecede a la corriente. Para ambos casos (con elementos ideales) existe un desfase de 90° con respecto a la potencia activa.

En cuanto a las mediciones de la potencia reactiva, podemos observar que los valores obtenidos para la línea 1, se mantienen constantes durante la mañana en valores promedio aproximados de 3.1kVAR a 4.1kVAR, mientras que para L2 oscilan los valores en alrededor de 2.4kVAR, aumentando durante la tarde tanto para L1 como para L2 a valores de 4.6kVAR y 2.6kVAR, hasta llegar a valores de 1.9kVar y 858Var para L1 y L2 respectivamente, durante la noche y madrugada. En el apéndice E se muestra la gráfica para la potencia reactiva y en el CD se muestran los resultados de las mediciones.

1.2.3.3 Potencia aparente

Las instalaciones eléctricas son una combinación de elementos resistivos, inductivos y capacitivos, por lo que la potencia que se requiere tiene una componente activa y una reactiva. La suma vectorial de estas dos componentes se conoce con el nombre de potencia aparente “S”.

Esta potencia es la que se utiliza para calcular las secciones de los conductores y los demás elementos de la instalación.

En cuanto a las mediciones de la potencia aparente, se puede observar que tanto para la línea 1 y línea 2, los valores por la mañana oscilan alrededor de 9.5kVA y 5.6kVA respectivamente, mientras que por la tarde empiezan a aumentar los valores de la potencia hasta llegar a valores como de 15.6kVA para L1 y 9.4kVA para L2, disminuyendo gradualmente conforme va llegando la noche, y las actividades empiezan a terminar en el CCU, a pesar de que algunas veces podemos ver en la tabla siguiente que se encuentran valores promedio de 8.3kVA y 6.7kVA en L1 y L2, ya que algunas veces se tienen programadas actividades en la sala de teatro. En el apéndice F se muestra la gráfica para la potencia aparente y en el CD se muestran los resultados de las mediciones.

1.2.4 Factor de potencia

El factor de potencia se define como el cociente de la relación de la potencia activa entre la potencia aparente; esto es:

$$\text{f.p.} = P/S$$

El factor de potencia es un término utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo. El valor ideal del factor de potencia es 1, esto indica que toda la energía consumida por los aparatos ha sido transformada en trabajo. Por el contrario, un factor de potencia menor a la unidad significa un mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil.

La potencia efectiva o real es la que en el proceso de transformación de la energía eléctrica se aprovecha como trabajo: es la potencia activa P:

Sistema monofásico: $P = V I \cos\phi$

. Sistema trifásico: $P = \sqrt{3} V I \cos\phi$

La potencia reactiva Q es la encargada de generar el campo magnético que requieren para su funcionamiento los equipos inductivos como los motores y transformadores:

Sistema monofásico: $Q = V I \operatorname{sen}\phi$

. Sistema trifásico: $Q = \sqrt{3} V I \operatorname{sen}\phi$

La potencia aparente S es la suma geométrica de las potencias activa y reactiva, o también:

Sistema monofásico: $S = V I$

. Sistema trifásico: $S = \sqrt{3} V I$

Según las normas técnicas del servicio de distribución (*NTSD*) en su capítulo III sobre el Factor de Potencia, establece un valor mínimo para el factor de potencia, de acuerdo a la potencia del usuario como sigue:

- Usuarios con potencia de hasta 11 Kw. : 0.85
- Usuarios con potencia superiores a 11 Kw. : 0.90

En el caso del edificio de Centro Cultural Universitario (Paraninfo Universitario), se tiene una carga superior a 11 Kw, por lo tanto se analizarán los resultados obtenidos para un valor de factor de potencia igual a 0.90.

Los resultados obtenidos en las mediciones nos da un valor aproximado de 0.95 tanto para L1 como para L2, en el período de mayor actividad en el CCU, que es por las mañanas y tardes, disminuyendo gradualmente por las noches a valores de 0.82 para L1 mientras que para L2 se mantiene arriba de 0.90. durante todas las mediciones, podemos observar que siempre durante la mayor actividad y por consecuente, la mayor utilización de carga en el CCU, el factor de potencia se mantiene estable para L1 y L2, con valores arriba de 0.90 para ambos, no así en los períodos de inactividad por la noche, en los que los valores disminuyen debajo de 0.90 para L1 y ocasionalmente para L2. En el apéndice G se muestra la gráfica para el factor de potencia y en el CD se muestran los resultados de las mediciones.

1.2.5 Factor K

Es un número basado en el contenido armónico de corriente de carga que determina la carga máxima segura sobre una fuente de potencia. Las normas *Underwriters laboratory* UL 1561 *Dry-Type General Purpose and Power Transformers* y UL 1562 *Transformers, Distribution, Dry-Type-Over 600 Volts*, definen un factor K (basado en la norma ANSI/IEEE C57.110) que permite ponderar el efecto de las corrientes armónicas en el calentamiento de los transformadores:

$$K = \sum_{h=1}^{h-h \max} I_h (\text{pu})^2 h^2$$

Siendo I_h el valor eficaz de la corriente de carga de la armónica "h" en pu referida a la corriente eficaz nominal del transformador. Los transformadores a los cuales se les asigna un factor K no deben ser considerados para su uso con cargas armónicas cuando el valor eficaz de cada armónica superior a la décima es mayor que $1/h$ de la corriente eficaz de la fundamental.

El factor K permite evaluar el efecto que las corrientes armónicas tienen en el calentamiento del transformador. Un factor $K=1$ indica la no presencia de armónicos. En consecuencia cuanto más alto es el factor K, mayor es el efecto de calentamiento producido por los armónicos.

Los transformadores con un factor K son diseñados para funcionar a plena carga con cualquier contenido armónico cuyo factor K resulte igual o menor al factor K declarado por el fabricante en la chapa de características del transformador.

En las mediciones del factor K, podemos observar que para la línea 1 y 2, se obtuvieron resultados similares, tanto para el horario diurno, como para el nocturno, con valores de alrededor 1.23 y 1.45 respectivamente. Pero en la fecha del 7 de Mayo, se obtuvieron valores mayores a 6 y 2 para las líneas 1 y 2 respectivamente. Aun así, como podemos observar, los valores son mayores a uno, lo que nos indica un mayor calentamiento del transformador debido a la presencia de corrientes armónicas. En el apéndice H se muestra la grafica para el factor K y en el CD se muestran los resultados de las mediciones.

1.2.6 Armónicos

Los armónicos de corriente y voltajes sobrepuestos a la onda fundamental tienen efectos combinados sobre los equipos y dispositivos conectados a las redes de distribución. Para detectar los posibles problemas de armónicos que pueden existir en las redes e instalaciones es necesario utilizar equipos de medida de verdadero valor eficaz, ya que los equipos de valor promedio sólo proporcionan medidas correctas en el caso de que las ondas sean perfectamente sinusoidales. En el caso en que la onda sea distorsionada, las medidas pueden estar hasta un 40 % por debajo del verdadero valor eficaz.

El efecto principal causado por los armónicos consiste en la aparición de voltajes no sinusoidales en diferentes puntos del sistema. Ellos son producidos por la circulación de corrientes distorsionadas a través de las líneas. Mientras mayores sean las corrientes armónicas circulantes a través de los alimentadores de un sistema eléctrico de potencia, más distorsionadas serán los voltajes en los nodos del circuito y más agudos los problemas que pueden presentarse por esta causa.

Los voltajes no sinusoidales son causantes de numerosos efectos que perjudican los equipos conectados al sistema. Entre estos efectos se pueden mencionar la reducción de la vida útil del equipamiento de potencia así como la degradación de su eficiencia y funcionamiento en general.

1.2.6.1 Distorsión armónica THDV

Las normas técnicas del servicio de distribución (NTSD), en su capítulo IV, Artículo 31, establece un índice de calidad de la Distorsión Armónica en la Tensión, expresado como un porcentaje, y se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{DATT (\%)} = \left(\sqrt{\sum V_i^2 / V_1^2} \right) \cdot 100$$

En donde:

DATT = Distorsión Armónica Total de Tensión

V_i = Componente de tensión de la armónica de orden i

V_1 = Componente de tensión de la frecuencia fundamental (60 Hz)

La tolerancia para la distorsión armónica total de tensión para baja tensión, lo establece la NTSD para un valor máximo de 8%, y considera que la energía eléctrica es de mala calidad cuando, en un lapso de tiempo mayor al cinco por ciento del correspondiente al Período de Medición, las mediciones muestran que la distorsión Armónica de Tensión ha excedido el rango de tolerancias establecidas.

En el apéndice I se muestra la gráfica para la THDV y en el CD se muestran los resultados de las mediciones en los que podemos observar que la tolerancia máxima de 8% para la distorsión armónica total de tensión, nunca es sobrepasa tanto en la línea 1 como en la línea 2, lo cual nos indica que la instalación eléctrica del edificio del CCU (Paraninfo Universitario) no presenta mayor problema en cuanto a la distorsión armónica de tensión.

1.2.6.2 Distorsión armónica THDI

La NTSD en su Artículo 41 nos da el índice de la Calidad de Distorsión Armónica de la Corriente de Carga medida en el punto de conexión, en el que para tensiones mayores de 1 kV y potencias de carga mayores de 10 Kw. se utiliza:

$$\text{DATI} = \left(\sqrt{\sum I_i^2 / I_1^2} \right) \cdot 100$$

En donde:

DATI = Distorsión Armónica Total de Corriente

I_i = Componente de la intensidad de corriente de la armónica de orden i

I_1 = Componente de la intensidad de corriente de la frecuencia fundamental (60Hz)

La NTSD en su Artículo 42 sobre la Tolerancia para la Distorsión Armónica de la Corriente de Carga, nos indica que la distorsión armónica de tensión producida por una fuente de corriente armónica dependerá de la potencia del usuario, del nivel de tensión al cual se encuentra conectado, y del orden de la armónica, por lo que establece para tensiones mayores de 1 kV y potencia de carga mayor de 10 kW una tolerancia de 20 %.

Se considera que la energía eléctrica es de mala calidad cuando en un lapso de tiempo mayor al cinco por ciento, del empleado en las mediciones en el periodo de Medición, dichas mediciones muestran que la Distorsión Armónica de la Corriente de Carga ha excedido el rango de tolerancias máxima.

Las mediciones de la Distorsión Armónica de Corriente de Carga muestra que la tolerancia del 20 % permitida por la NTSD, ha sido rebasada tanto para L1 como para L2. En el apéndice J se muestra la gráfica para la THDI y en el CD se muestran los resultados de las mediciones, lo que demuestra que las instalaciones eléctricas del CCU presentan problemas causados por los armónicos, consiste en la aparición de voltajes no sinusoidales en diferentes puntos del sistema. Ellos son producidos por la circulación de corrientes distorsionadas a través de las líneas. La circulación de estas corrientes provoca caídas de voltaje deformadas que hacen que a los nodos del sistema no lleguen voltajes puramente sinusoidales.

1.2.7 Desbalance

Un factor muy importante lo constituye el desbalance de voltaje, el cual 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 a como sucede por los efectos de las armónicas, las componentes de secuencia cero debidas a desbalance de voltajes circulan por el conductor neutral.

Las NTSD en su Artículo 27 del capítulo III, establecen un índice de Calidad del Desbalance de la Tensión Suministrada por el Distribuidor, para evaluar el Desbalance de Tensión en servicios trifásicos, el cual 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 esta expresado como un porcentaje:

$$\Delta DTD (\%) = [3 \cdot (V_{\max} - V_{\min}) / (V_a + V_b + V_c)] \cdot 100$$

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

La tolerancia para el Desbalance de Tensión por parte del Distribuidor admitida será la que se presenta a continuación:

Tabla VII. Desbalance de tensión en %

TENSIÓN	DESBALANCE DE TENSIÓN, ΔDTD EN %
	ETAPA DE RÉGIMEN, A PARTIR DEL MES 13
Baja y media	3
Alta	1

Fuente: Normas Técnicas del servicio de distribución (NTSD)

Según la tolerancia admitida por las NTSD para baja tensión, en las mediciones del Desbalance de Tensión en el edificio del Centro Cultural Universitario (Paraninfo), los valores en su totalidad son cero, y por consecuencia no existe desbalance de tensión en dicho edificio.

1.3 Iluminación

1.3.1 Revisión visual

La revisión visual de los tipos de luminarias existentes en los edificios del CCU y Odontología (Paraninfo Universitario) y del club deportivo “Los Arcos”, nos arroja una variedad de lámparas fluorescentes de 1x40w, 2x40w y 4x40w, así como la utilización de lámparas incandescentes y reflectores. En algunos casos, el estado físico de las luminarias es bastante malo e inclusive su vida útil ha expirado, dejando una mala iluminación en los diferentes ambientes en los cuales se utilizan. En la tabla VIII se da un resumen de las luminarias encontradas en los edificios anteriormente descritos.

Tabla VIII. Lámparas utilizadas en los diferentes edificios.

Tipo de luminaria	CCU	ODONTOLOGIA	LOS ARCOS
Lámpara Fluorescentes	1X40W 2X40W 4X40W	1X40W 2X40W 4X40W	1X40W 2X40W 4X40W
Lámparas Incandescentes	75W 100W	75W	50W 75W 100W
Lámparas Halógenas	150W		
Reflectores	150W		150W

1.3.2 Textura y colores de techo, piso y paredes

La reflexión de la luz sobre las paredes, piso y techo del local juega un importante papel sobre el coeficiente de utilización. De la totalidad del flujo luminoso que incide sobre las paredes, una parte se refleja, mientras que otra es absorbida y anulada, dependiendo la proporción de una y otra, del color de las paredes.

Por ejemplo, en un local pintado de blanco, el flujo total que incide sobre las paredes se ve reflejado en un 70%, mientras que un 30% es absorbido. Por el contrario, si está pintado de un color oscuro, solamente el 10% de la luz incidente es reflejada, mientras que el 90% es absorbida.

Aunque se pueden diferenciar un gran número de colores y tonalidades, para nuestro propósito será suficiente diferenciar las siguientes tonalidades, para la aplicación de los coeficientes de reflexión, según se indica en la tabla IX que mostramos a continuación:

Tabla IX. Coeficientes de reflexión.

	COLOR	COEFICIENTE DE REFLEXIÓN (%)
TECHO	Blanco	75 - 85
	Marfil	70 - 75
	Colores pálidos	60 - 70
PARED	Amarillo	55 - 65
	Café claro	45 - 55
	Verde claro	40 - 50
	gris	30 - 40
SUELO	Azul	25 - 35
	Rojo	15 - 20
	Café Oscuro	10 - 15

Así, el comportamiento del flujo total emitido por las lámparas de un local, es el siguiente: del flujo luminoso total emitido por las lámparas, solamente una parte llega directamente a la superficie de trabajo; otra parte del flujo emitido, se dirige a las paredes, donde, como ya sabemos, una fracción se absorbe y otra llega a la superficie de trabajo después de una o varias reflexiones; finalmente, otra parte del flujo luminoso se emite hacia el techo donde, como antes, una porción se absorbe y otra llega a la superficie de trabajo.

1.3.3 Medición de luxes

El efecto de la luz, al incidir sobre una superficie, constituye la iluminación o iluminancia, cuya unidad es el lux, que es la iluminancia producida por el flujo de un lumen al quedar distribuido uniformemente sobre la superficie de 1 m².

$$E \text{ (lux)} = \frac{\phi \text{ (lumen)}}{S \text{ (m}^2\text{)}}$$

Otra unidad actualmente en uso, es la bujía-pie o *foot-candle*, que equivale al flujo de un lumen sobre 1 pie cuadrado (1 *foot-candle* = 10.76 lux). Se da el nombre de luminancia (L) o brillantez a la intensidad lumínica de una fuente en una dirección dada por unidad de superficie de la misma.

La medición de luxes en los Edificios del CCU y Odontología (Paraninfo Universitario) y del club deportivo Los Arcos, se efectuó con un Fotómetro, en el cual pudimos constatar que la iluminación en ciertos ambientes es defectuosa, ya que el nivel de iluminancia establecidos de acuerdo a las normas IES no están en el rango mínimo para las diversas áreas de trabajo.

En el apéndice K se muestran los datos obtenidos en las mediciones con el Fotómetro.

1.3.4 Características de las luminarias

Los tipos de dispositivos de iluminación eléctrica utilizados con mayor frecuencia son las lámparas incandescentes, las lámparas fluorescentes y los distintos modelos de lámparas de arco y de vapor por descarga eléctrica. En la revisión visual efectuado a los edificios del CCU y Odontología (Paraninfo Universitario) y el club deportivo “Los Arcos”, constatamos que existe una variedad de lámparas incandescentes, fluorescentes y halógenas, pero las más comunes y utilizadas son las fluorescentes, debido a su bajo consumo de potencia y mejor rendimiento lumínica en comparación a las otras.

Lámparas Incandescentes: Los focos incandescentes son el tipo más familiar de luz con incontables aplicaciones en el hogar, tiendas y otros establecimientos comerciales. La luz es producida pasando corriente eléctrica a través de un filamento de alambre delgado, generalmente de tungsteno. Sus ventajas incluyen bajo costo inicial, excelentes calidad de calor, buen control óptico y versatilidad.

Lámparas Halógenas: Las lámparas halógenas producen luz pasando corriente a través de un filamento de alambre delgado pero, estos filamentos operan a temperaturas mayores, las cuales a su vez aumentan la eficacia (LPW) en más de un 20 %. La temperatura del calor es también mayor, produciendo luz “más blanca” que los focos incandescentes estándar. Las lámparas halógenas se encuentran disponibles en una variedad de formas y tamaños y pueden ser usadas de manera efectiva en una variedad de aplicaciones de iluminación, incluyendo iluminación de acentuación y de mostrador, faros delanteros de coches e iluminación proyectada exterior.

Lámparas Fluorescentes: Las lámparas fluorescentes son lámparas de descarga de mercurio de baja presión las cuales son bastantes eficientes en cuanto a energía (hasta 100 lúmenes por vatio). Cada una requiere unos balastos para encender efectivamente la lámpara y regular su operación. Con las lámparas fluorescentes, la cantidad y el color de la luz emitida depende del tipo de cubierta de fósforo aplicada al interior de la lámpara. El amplio rango de los fósforos disponibles hace posible producir muchos tonos de color diferentes (temperaturas de color) y diferentes niveles de calidad del color (como fue definido por el Índice de Cambio del Color) para satisfacer necesidades de la aplicación específica.

Debido a las áreas de superficie relativamente largas, la luz producida por las lámparas fluorescentes es más difusa y mucho menos direccional que los “recursos de punto” como los focos incandescentes, lámparas halógenas y HID. Todas estas cualidades hacen que las lámparas fluorescentes sean excelentes para la iluminación en general, iluminación orientada y atenuar paredes para aplicaciones en tiendas de detalle, oficinas, así como en aplicaciones industriales y residenciales.

1.4 Mantenimiento para instalaciones eléctricas

1.4.1 Mantenimiento de iluminación y fuerza

Los objetivos de mantenimiento en los sistemas de alumbrado tienen como mira la reducción de las pérdidas del alumbrado al mínimo posible y la de proporcionar la máxima intensidad de alumbrado tan económicamente como sea posible. Las pérdidas de iluminación pueden ser ocasionadas por acumulación de suciedad y polvo, envejecimiento de los focos, fallas de estos, mala eficiencia luminosa, focos que trabajan con voltaje menor de su tensión nominal y factores de reflexión muy bajos del acabado del techo, paredes circundantes, piso y superficie de maquinaria o muebles.

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 atender, accesibilidad de los artefactos del alumbrado y los obstáculos que pueden existir en el área afectada. Se recomienda surtir la bodega de cada edificio con los materiales para realizar el respectivo mantenimiento del alumbrado, tomacorrientes, tableros, conductores, redes de tierra y otros. Entre estos materiales están los que se presentan en el apéndice O1, así como también tener en inventario tubos para lámparas fluorescentes de 40w, interruptores simples, tomacorrientes y breakers de 1x20A, los cuales son los más comunes en las instalaciones eléctricas.

En el apéndice O se detallan los equipos, materiales a utilizar, su aplicación y recomendaciones para el período de mantenimiento.

1.5 Motores eléctricos

1.5.1 Prueba de aislamiento

Para llevar a cabo esta prueba se procede de la manera como se detalla en el capítulo 1.1 de Instalaciones, en su sección 1.1.2.1 Resistencia de Aislamiento, en la cual se realizó las pruebas a los conductores de alimentación de los motores existentes en los edificios de Odontología (Paraninfo Universitario) y del club deportivo Los Arcos. En el apéndice A (tablas de la A6 a la A10) se detallan los resultados de las mediciones.

2. ANÁLISIS TEÓRICO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES

2.1 Cálculo de conductores

Cuando hablamos de calculo de conductores, nos referimos a una de las tareas más importantes en el diseño de una instalación eléctrica.

Específicamente, nos referimos al cálculo de la sección de los alimentadores, o específicamente, a los conductores que nos suministraran la energía eléctrica a nuestra carga.

Enseguida nos dedicaremos a analizar los métodos para encontrar la sección transversal de los conductores, con la finalidad de escoger los calibres adecuados para los conductores a utilizar en los edificios.

2.1.1 Cálculo de alimentadores con cargas distribuidas

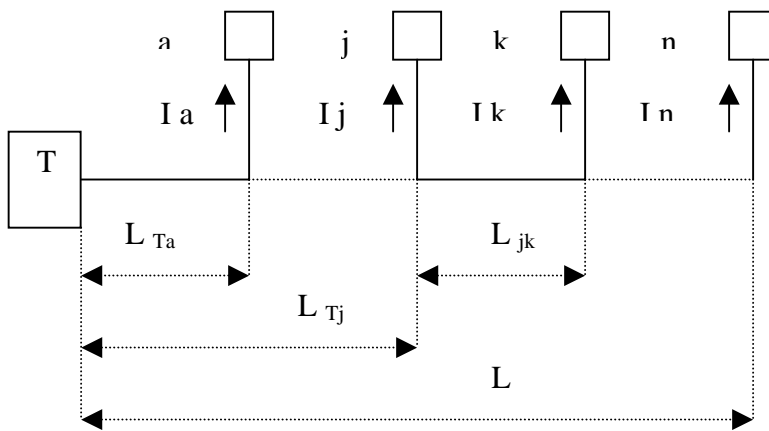
Es muy comun que un circuito derivado tenga cargas distribuidas a lo largo de su extensión. Es practica normal que el calibre de las ultimas unidades sea menor que el calibre con el que sale del tablero de distribución.

Lo que no es tan común es realizar un cálculo exacto de la sección de los conductores del circuito, considerando la carga, la distancia y la caída de voltaje en los tramos respectivos. A continuación veremos dos métodos para el cálculo exacto del calibre de los conductores.

2.1.2 Densidad de corriente constante y líneas ramificadas

La expresión para la densidad de corriente entre dos puntos consecutivos de la figura 1 es:

Figura 1. Carga Distribuida en un alimentador



$$\frac{I_{jk}}{S_{cu\,jk}} = \delta = \text{constante} \quad (\text{ec. 2.1})$$

$S_{cu\,jk}$

Donde:

$$k = j + 1$$

$S_{cu\,jk}$ = sección transversal del conductor de cobre entre j y k.

I_{jk} = corriente que circula entre los puntos j y k.

$$S_{CU} = \frac{2 \cdot c \cdot L \cdot I}{e \cdot V} \quad (\text{ec. 2.2})$$

Entonces tenemos que la caída de voltaje será:

$$e = \sum_{j=T}^{j=n-1} e_{jk} = \frac{2 \cdot c}{V} \delta \sum_{j=T}^{j=n-1} L_{jk} \quad (\text{ec. 2.3})$$

Con este método debemos respetar los criterios para el cálculo de la sección. Sobre todo es importante vigilar que el ultimo tramo del circuito quede protegido por el interruptor seleccionado. La revisión final de la caída total de voltaje la realizaremos con la siguiente formula:

$$e = \frac{2 \cdot c}{V^2} \sum_{j=T}^{j=n-1} L_{jk} \cdot \frac{P_{jk}}{S_{jk}} \quad (\text{ec. 2.4})$$

En el caso de líneas con finales ramificadas, este es otro método de mucha aplicación en instalaciones eléctricas. En este caso se trata de un tramo inicial común, que luego se ramifica, utilizándose entonces secciones distintas. En una línea de este tipo se podría hacer una repartición arbitraria de la pérdida de voltaje admisible, calculando las secciones de cada tramo bajo estas suposiciones. Sin embargo, de esta manera no se lograría el diseño más económico, que obtendremos solamente aplicando los principios matemáticos correspondientes. Entonces para este método aplicamos la siguiente formula:

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot L}{K \cdot e} \quad (\text{ec. 2.5})$$

Entonces, para nuestros cálculos utilizaremos el método por caída de tensión y el método de líneas ramificadas, con las siguientes fórmulas mencionadas anteriormente.

$$e_v = \frac{2 \cdot c \cdot \sum L \cdot P}{S \cdot V^2} \qquad S = \frac{2 \cdot I \cdot L}{K \cdot e_v}$$

2.1.2.1 Cálculo de caída de tensión y calibre de conductor para tomacorrientes

Datos:

- Circuito : # 1 Tablero TD-03 C.C.U.
- Tomacorrientes 110v: 6
- Tomacorrientes: del 1-1 al 1-6
- Carga considerada en tomacorrientes: 180 VA
- Voltaje nominal: 120V
- Caída permitida de voltaje: 3%
- Sección de conductor de cobre calibre #10: 5.26 mm²
- Distancias entre tomacorrientes:
d₁₋₂ = 8.05m d₂₋₃ = 8.10m
d₃₋₄ = 5.10m d₄₋₅ = 14.5m
d₅₋₆ = 8.50m d_{1-T} = 6.02m

Con los datos anteriores, podemos obtener la caída de voltaje mediante la ecuación (2.4), lo cual nos da como resultado lo siguiente:

$$e = \frac{4 \cdot 180}{5.26 \cdot 120^2} [8.5 \cdot 1 + 14.5 \cdot 2 + 5 \cdot 3 + 8 \cdot 4 + 8 \cdot 5 + 6 \cdot 6] = 1.52 \%$$

$$e = 1.52 \% \text{ (calibre \#10)}$$

Este resultado es satisfactorio ya que nuestra caída de tensión permitida es del 3%, y nuestro calibre de conductor será #10. En apéndice L se muestran el total de resultados.

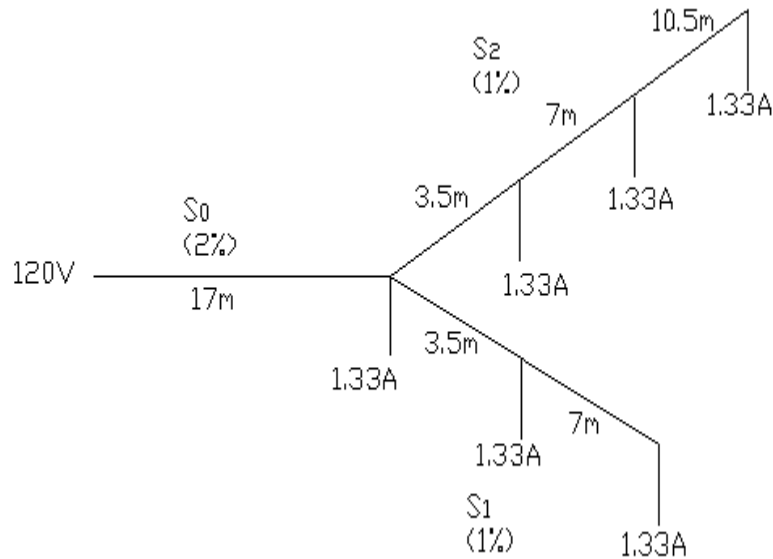
2.1.3 Cálculo de conductores de iluminación

Datos:

- Edificio de Odontología (paraninfo)
- Circuito: # 4
- Voltaje nominal: 120V
- Número de tubos de 40 watts: 36
- Número de lámparas de 4x40 watts: 9
- Descripción: lámparas de la 19 a la 27
- Caída permitida de voltaje: 3%
- Resistencia específica del cobre: $0.0175 \Omega\text{-mm}^2/\text{m}$
- Inverso de Resistencia específica del cobre K: 57

Con los datos anteriores, podemos iniciar nuestro cálculo de los diferentes calibres para nuestro circuito de iluminación. Basándonos en el diagrama unifilar de la figura 2, en el cual podemos observar las longitudes de los diferentes ramales, así como la corriente consumida por cada una de las cargas y su respectivo porcentaje de caída de tensión.

Figura 2. Diagrama Unifilar



Seleccionamos los porcentajes de caída de tensión para S₀ del 2% y para S₁ y S₂ del 1%, para que nos dé una caída de tensión total del 3% requerida para nuestro calculo de calibres de conductores.

Después de haber seleccionado los diferentes porcentajes de caídas de tensión para los diferentes ramales, calcular su valor como sigue:

Para la sección de conductor S₀ con una caída de tensión del 2%, tenemos que

$$e V_0 = (120 \text{ V}) \cdot (2/100) = 2.4 \text{ volts}$$

Para la sección de conductor S₁ y S₂, con una caída de tensión del 1%, para cada uno, tenemos que

$$e V_1 = (120 \text{ V}) \cdot (1/100) = 1.2 \text{ volts}$$

$$e V_2 = (120 \text{ V}) \cdot (1/100) = 1.2 \text{ volts}$$

Utilizando la ecuación 2.5, para los ramales S_0 , S_1 y S_2 tenemos que los calibres recomendados serán

$$S_0 = \frac{2}{(57)(2.4V)} [(7.98 \text{ A})(17 \text{ m})] = 1.98 \text{ mm}^2$$

Lo cual nos da como resultado el calibre #14. Según las normas, el calibre mínimo debería de ser de #12, por lo tanto escogemos el calibre #12 para el anterior ramal.

$$S_1 = \frac{2}{(57)(1.2V)} [(1.33 \text{ A})(3.5\text{m} + 7\text{m} + 10.50\text{m})] = 0.61 \text{ mm}^2$$

En este ramal nos dio como resultado el calibre #20. En este caso también escogeremos el calibre # 12 para nuestro ramal.

$$S_2 = \frac{2}{(57)(1.2V)} [(1.33 \text{ A})(20.50\text{m} + 2.40\text{m})] = 0.41 \text{ mm}^2$$

Para nuestro último cálculo, nos dio como resultado el calibre #22, el cual sustituiremos por norma por el calibre #12. En el apéndice M se muestran los resultados finales.

2.2 Cálculo de tuberías

2.2.1 Canalizaciones eléctricas

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

2.2.2 Número de conductores en tubo conduit

El número de conductores que podremos alojar dentro de un tubo conduit o canaletas deberá de ser limitado de forma tal que permita un arreglo físico de los conductores de acuerdo a la sección transversal circular del tubo conduit o la sección transversal rectangular de la canaleta, de manera que se facilite el alojamiento y manipulación durante la instalación de los conductores y se considere también la cantidad de aire necesaria para que los conductores se mantengan a temperaturas adecuadas en base a un buen enfriamiento.

Cuando deseamos alojar conductores del mismo calibre en tubería conduit, debemos de seleccionar el diámetro de tubería en pulgadas, según su calibre y la cantidad de conductores, observando la tabla X para conductores con columna A= aislante THW y TW y columna B= aislante THHN y THWN..

Tabla X. Número de conductores en tubería

CALIBRE AWG O MCM	DIAMETRO DE TUBERIA															
	1/2"		3/4"		1"		1 1/4"		1 1/2"		2"		2 1/2"		3"	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
16	6	9	10	16	17	27	30	47	41	64	68	106	98	151	150	
14	4	8	6	15	10	24	18	43	25	58	41	96	58	137	90	
12	3	6	5	11	8	18	15	32	21	43	34	71	50	102	76	158
10	1	4	4	7	7	11	13	20	17	27	29	45	41	65	64	100
8	1	2	3	4	4	6	7	11	10	16	17	26	25	37	38	58
6	1	1	1	2	3	4	4	7	6	9	10	16	15	23	23	35
4	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	8	9	12	14	18	21
3			1	1	1	2	3	3	4	5	7	8	10	12	16	18
2			1	1	1	1	3	3	3	4	6	7	9	10	14	15
1			1	1	1	1	1	2	3	3	4	5	7	7	10	11
1/0					1	1	1	2	2	2	4	4	6	6	9	9
2/0					1	1	1	1	1	2	3	3	5	5	8	8
3/0					1	1	1	1	1	3	3	4	4	7	7	
4/0							1	1	1	2	2	3	3	6	6	
250							1	1	1	1	2	3	3	5	5	
300							1	1	1	1	1	3	3	4	4	

Fuente: Basado en NEC-1971

2.2.3 Cálculo de tubería para conductores de diferentes calibres

Cuando en nuestra instalación debemos de colocar en una tubería, varios conductores de diferentes calibres, debemos de utilizar un método diferente para calcular el diámetro adecuado de los tubos.

El número de conductores en una tubería lo conseguimos estableciendo una relación adecuada entre las secciones del tubo o canaleta y los conductores la cual llamaremos como factor de relleno y se da la forma como sigue:

$$F = s / A . \quad (\text{ec. 2.6})$$

Donde:

F = factor de relleno

A = el área interior del tubo en mm^2 o plg^2

S = el área total de los conductores

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

Tabla XI. Factor de relleno para conductores.

FACTOR DE RELLENO	
53 %	para un conductor
31 %	para dos conductores
43 %	para tres conductores
40 %	para cuatro o más conductores

Fuente: Gilberto Enríquez Harper, Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales, página 85

2.2.4 Procedimiento para el cálculo de tubo conduit para conductores de diferente calibre

Datos:

- Edificio CCU 1er. Nivel (Paraninfo)
- Circuitos: 1, 2 y 3
- Cantidad de conductores: 6
- Calibres: 4 # 12 y 2 #10
- Sección transversal: calibre #12 = 0.0117plg^2 y calibre #10 = 0.0184plg^2 , ver tabla IV de la sección 1.1.2.3.3 sobre Capacidad de conducción.

Solución:

Ya que tenemos 3 circuitos con dos conductores cada uno, entonces tenemos un total de 6 conductores. El área equivalente para el calibre # 12 es 0.0117 plg^2 y para el calibre #10 es de 0.0184 plg^2 , entonces tenemos que

$$S = (4 \cdot 0.0117 \text{ plg}^2) + (2 \cdot 0.0184 \text{ plg}^2) = 0.0836 \text{ plg}^2$$

Para nuestro caso, tenemos seis conductores, y por lo tanto seleccionamos un factor de relleno de 0.40, con lo cual el área del tubo conduit será de

$$A = \frac{S}{F} = \frac{0.0836}{0.40} = 0.209 \text{ plg}^2$$

La tubería será de $\frac{3}{4}$ " para 4 conductores #12 THHN y 2 conductores #10 THHN.

2.3 Cálculo de lúmenes

Este cálculo se utiliza únicamente para el cálculo de alumbrado de interiores y está basado en la definición de lux, que es igual a un lumen por metro cuadrado. Con la información del fabricante sobre la emisión luminosa inicial de cada lámpara, la cantidad instalada y el área de la zona considerada (en metros cuadrados) podemos obtener el número de lúmenes por metro cuadrado o luxes:

$$E = \frac{\phi_e}{S} = \frac{\text{lúmenes emitidos}}{\text{Area en m}^2} = \text{luxes} \quad \text{ec. 2.7}$$

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

2.3.1 Cálculo de Lúmenes Propuesto

Datos:

Local: Comedor C.C.U

L = 7.65 m

W = 5 m

H = 5.30 m

E = 235 luxes propuesto

El área del local es de $S = (7.65)(5) = 38.25 \text{ m}^2$ y un nivel de luxes propuesto de 235, entonces utilizando la ecuación 2.1 tenemos que:

$$\phi_e = E \cdot S = (235 \text{ luxes})(38.25 \text{ m}^2) = 8988.75 \text{ lúmenes}$$

2.4 Cálculo de iluminación

En nuestra propuesta para el cálculo de iluminación requerida en los edificios del Centro Cultural Universitario (Paraninfo) y el club Los Arcos, utilizaremos el método de Cavidad Zonal, el cual asume que cada local está constituido por tres diferentes zonas o cavidades.

Cada una de ellas las trataremos en conjunto debido a que tienen un efecto directo en cada una de las otras cavidades para lograr producir iluminación uniforme. Con este método calculamos niveles de iluminación promedio horizontales a través de un espacio.

2.4.1 Método de cavidad zonal

Este método es también conocido como método de lumen, el cual divide el local en tres cavidades separadas. Estas son

- Cavidad de techo
- Cavidad de local
- Cavidad de piso

2.4.2 Cavidad de techo

Es el área medida desde el plano del luminario al techo. Cuando tengamos luminarias colgantes existirá una cavidad de techo, pero si las luminarias están colocadas directamente en el techo o empotradas en el mismo, entonces no existirá cavidad de techo.

2.4.3 Cavidad de local

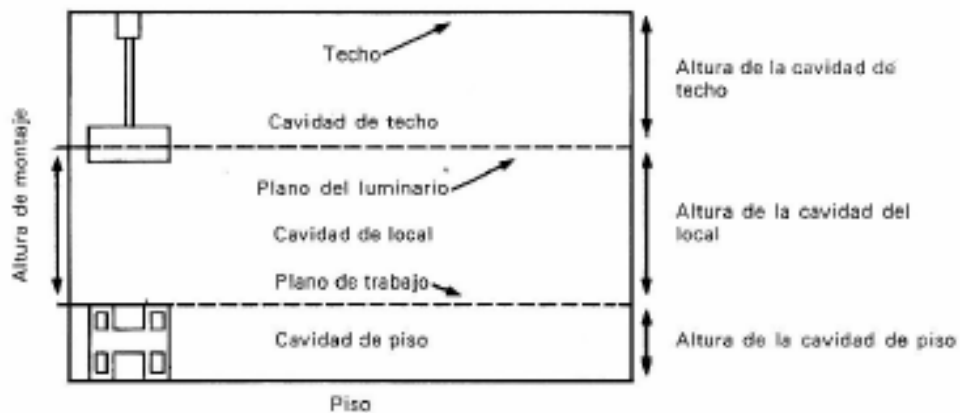
La cavidad de local es el espacio entre el plano de trabajo donde se desarrolla la tarea y la parte inferior del luminario; el plano de trabajo se encuentra localizado normalmente arriba del nivel del piso. Cuando el plano de trabajo lo consideramos a nivel del piso, entonces el espacio desde la luminaria al piso se considera como cavidad de local.

En el lenguaje de iluminación la distancia desde el plano de trabajo a la parte inferior de la luminaria es llamada altura de montaje de la luminaria.

2.4.4 Cavidad de piso

Esta cavidad la consideramos desde el piso a la parte superior del plano de trabajo, o bien, el nivel donde se realiza la tarea específica. Cuando el trabajo o tarea la realizamos a nivel del piso, entonces no existe la cavidad de piso. En la figura 3 se muestra el espaciamiento relativo de las cavidades del local, techo y piso, así como también la altura de montaje de la luminaria.

Figura 3. Cavidades de techo, piso y local



Para nuestros cálculos, nos referiremos a las tres cavidades por los símbolos normalmente usados para describirlos:

- h_{cc} = Altura de la cavidad de techo
- h_{rc} = Altura de cavidad del local
- h_{fc} = Altura de cavidad de piso

2.4.5 Teoría del método de cavidad zonal

La teoría básica considerada en este método de cálculo de iluminación que utilizaremos, es que la luz producida por una lámpara o luminaria es reflejada por todas las superficies del área.

Las reflectancias múltiples de la luz desde el luminario y desde las superficies del local actúan para producir la luz en el plano de trabajo. Debido a esto, es muy importante que determinemos lo siguiente:

- 1) Las dimensiones del local
- 2) Las reflectancias del local referente a:
 - Techo
 - Paredes
 - Piso
- 3) Características de la lámpara
- 4) Características del luminario
- 5) Efectos ambientales
- 6) Mantenimiento planeado del sistema de iluminación

2.4.6 Determinación del nivel de iluminación requerido

El nivel de iluminación requerida depende del tipo de actividad a realizar en el local. La intensidad de iluminación se puede obtener de tablas generadas por sociedades especializadas en el estudio de esta rama de la ingeniería; en el caso de Estados Unidos de Norteamérica la *Illuminating Engineering Society* (IES) publica los valores recomendados (ver anexo 1), ya que no todos los trabajos requieren el mismo nivel lumínico.

2.4.7 Determinación del coeficiente de utilización (CU)

El coeficiente de utilización es el cociente de los lúmenes que llegan al plano de trabajo y los totales generados por la lámpara. Este factor toma en cuenta la eficacia y la distribución de la luminaria, su altura de montaje, las dimensiones del local y las reflectancias de las paredes y techo, el cual podemos ver en la tabla I del anexo 2.

A causa de las múltiples reflexiones que tienen lugar dentro de un local, una parte de luz pasa hacia abajo a través del plano imaginario de trabajo más de una vez, por lo que en algunas circunstancias el coeficiente de utilización puede sobrepasar la unidad.

2.4.8 Determinación del factor de pérdidas totales (FPT)

El factor de pérdidas totales es el resultado final por la presencia de todos los factores parciales. Se define como el cociente de la iluminación cuando alcanza su nivel más bajo en el plano de trabajo (antes de efectuar una acción correctora) entre el nivel nominal de iluminación de las lámparas (sin considerar factores parciales de pérdidas).

Los factores parciales de pérdida que deben considerarse se detallan a continuación. Algunos de ellos solo pueden estimarse de manera aproximada; otros pueden evaluarse a través de pruebas o ensayos. Estos ocho factores son:

- a) Características de funcionamiento de la balastro o reactor. La Asociación de Fabricantes de Balastros de E.U.A. especifica que las lámparas fluorescentes requieren una balastro con una reactancia tal que la lámpara emita el 95% de la luminosidad que proporciona cuando funciona con una reactancia patrón utilizada para establecer el valor nominal. En las lámparas de filamento (incandescentes) no hay pérdidas por este factor.

- b) Tensión de alimentación de las luminarias. La tensión de servicio en la luminaria es difícil de predecir. En las reactancias de salida regulada, la emisión luminosa de la lámpara es independiente de la tensión primaria. Los lúmenes emitidos por una lámpara fluorescente varían aproximadamente un 1% por cada 2.5% de variación en la tensión.

- c) Variaciones de la reflectancia de la luminaria. Este efecto es normalmente pequeño, pero después de un periodo de tiempo largo puede ser significativo en las luminarias con acabados (o plásticos) de baja calidad. No se dispone de datos precisos.

- d) Lámparas fundidas. La pérdida de iluminación es proporcional al porcentaje de lámparas fuera de servicio.

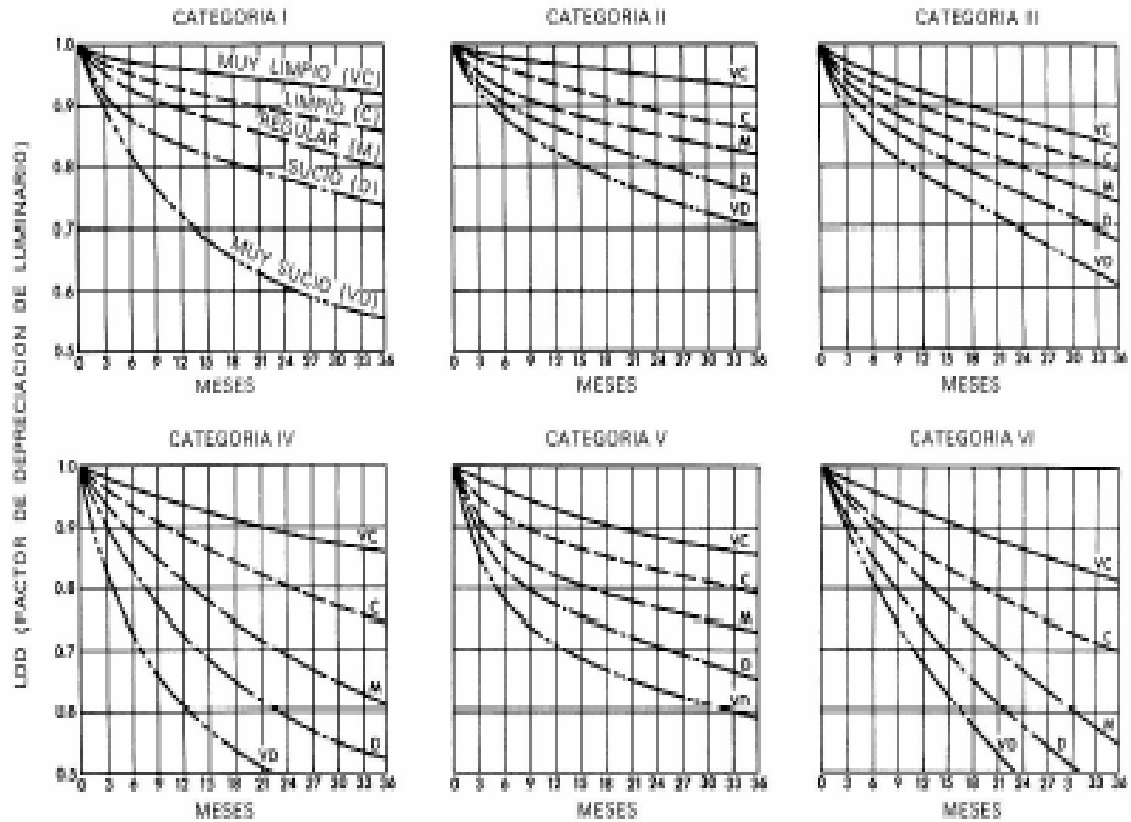
- e) Temperatura ambiente. Las variaciones de temperatura no tienen una influencia determinante en las lámparas de filamento ni de mercurio. Las lámparas fluorescentes se calibran fotométricamente a 25°C por lo que desviaciones significativas de esta temperatura (hacia arriba o hacia abajo) pueden significar pérdidas sustantivas de la emisión luminosa; no se dispone de datos de ensayos extensivos.

- f) Luminarias con intercambio de calor. Existen luminarias cuyo diseño permite que se utilicen como parte del sistema de ventilación o aire acondicionado. Estas luminarias se calibran fotométricamente sin paso de aire. Por tanto, cuando son instaladas y se extrae o inyecta aire a través de ellas, su eficiencia aumenta, a veces hasta un 20%.

- g) Degradación luminosa de la lámpara. La reducción gradual de la luminosidad producida por el paso del tiempo es diferente para cada tipo y calidad de lámpara. Para el 70% de vida estimada, la disminución aproximada de los lúmenes emitidos es de 8% para lámparas fluorescentes, 8.5% para las de filamento y de 6.5% para las de vapor de mercurio.

- h) Disminución de emisión luminosa por suciedad. Este factor varía con el tipo de luminaria y el ambiente en que trabaja. En el anexo 2 (tabla I) se presentan ciertos tipos de luminarias clasificadas en categorías y en la figura 4 aparecen las gráficas de los factores de degradación por suciedad correspondientes a estas categorías.

Figura 4. Factor de degradación por suciedad



Fuente: Eduardo Campero, Instalaciones eléctricas, página 32

Una vez que el concepto de las cavidades del método zonal sea comprendido, es posible calcular las relaciones numéricas llamadas rangos de cavidad, que pueden ser usados para determinar la reflectancia efectiva del techo y piso y después encontrar el coeficiente de utilización.

Existen cuatro pasos básicos para el cálculo de nivel de iluminancia que son:

1. Determinar el rango de cavidad
2. Determinar las reflectancias de cavidad efectivas
3. Seleccionar el coeficiente de utilización
4. Computar el nivel de iluminancia promedio

PASO 1:

Los rangos de cavidad pueden ser determinados mediante el cálculo de las siguientes fórmulas:

$$\text{Rango de Cavidad de Techo (RCT)} = \frac{5 h_{cc} (L + W)}{L \times W}$$

$$\text{Rango de Cavidad de Local (RCL)} = \frac{5 h_{rc} (L + W)}{L \times W}$$

$$\text{Rango de Cavidad de Piso (RCP)} = \frac{5 h_{fc} (L + W)}{L \times W}$$

donde

- h_{cc} = Altura de la cavidad de techo
- h_{rc} = Altura de cavidad del local
- h_{fc} = Altura de cavidad de piso
- L = Largo del local
- W = Ancho del local

Una fórmula alterna para calcular cualquier rango de cavidad para locales con formas irregulares es:

$$\text{Rango de Cavidad} = \frac{2.5(\text{altura cavidad})(\text{perímetro cavidad})}{\text{Área de la base de la cavidad}}$$

PASO 2:

Las reflectancias de cavidad efectivas deben ser determinadas para las cavidades de techo y de piso. Estas pueden localizarse en la tabla 1 del anexo 3 bajo la combinación aplicable de rango de cavidad y la reflectancia actual del techo, paredes y piso. Hay que tomar en cuenta que si la luminaria es para montaje en hueco o de superficie, o si el piso es el plano de trabajo, el RCT o el RCP serán cero, y entonces la reflectancia actual del techo o el piso será también la reflectancia efectiva.

Los valores de reflectancia efectivos encontrados serán entonces pcc (reflectancia de cavidad de techo efectiva) y pfc (reflectancia de cavidad de piso efectiva).

PASO 3:

Con los valores de pcc y pw (reflectancia de pared) y conociendo el rango de cavidad del cuarto (RCL), previamente calculado, encontramos el coeficiente de utilización de la tabla de (CU) coeficiente de utilización del luminario. Ya que la tabla es lineal, se pueden hacer interpolaciones lineales para rangos de cavidad exactos o combinaciones de reflectancia.

PASO 4:

La fórmula básica para determinar el número de luminarias necesarias para producir un nivel de iluminación deseado para un espacio conocido es como sigue:

$$N = \frac{E \cdot A}{L \cdot \Phi \cdot CU \cdot FPT}$$

donde:

N = Número de luminarias

E = Iluminación requerida (luxes)

A = Área del local

Φ = flujo luminoso por lámpara

L = Número de lámparas por luminaria

CU = coeficiente de utilización

FPT = factor de pérdidas totales

2.4.9 Determinación del acomodo de las luminarias

La colocación de las luminarias depende de la arquitectura general, de las dimensiones del edificio, del tipo de luminaria y de la ubicación de las tomas de energía existentes.

Para conseguir una distribución uniforme de iluminación sobre una zona, se recomienda respetar la separación resultante al usar los factores que aparecen en la nota "Separación no superior a" que aparece en el anexo 2 de la tabla I y que esta en función de la altura de montaje (al plano de trabajo).

En la mayoría de los casos, resulta necesario colocarlas más próximas a fin de obtener los niveles de iluminación requeridos. Frecuentemente los equipos fluorescentes deben montarse en filas continuas.

2.4.10 Coeficiente de reflexión

Uno de los factores primordiales para la visibilidad es la luminancia. La de un objeto depende de la intensidad de la luz que incide sobre él y de la proporción de esta que se refleja en dirección del ojo. Una superficie blanca tendrá un brillo mucho mayor que la misma iluminación, sin embargo añadiendo suficiente luz a una superficie oscura, es posible hacerla tan brillante como una blanca, cuanto más oscuro es un objeto o una labor visual, más grande es la iluminación necesaria para conseguir igual brillo y en ciertas circunstancias parecidas, para la misma visibilidad.

Para el cálculo de iluminación de interiores, necesitamos no solo las dimensiones y uso del ambiente, sino también los colores de piso, techo y paredes, y para ello utilizamos el coeficiente de reflexión que observamos en la tabla XII:

Tabla XII. Coeficiente de reflexión (%)

	Color	Coeficiente de reflexión (%)
Techo	Blanco o muy claro	75-85
	claro	70-75
	medio	60-70
Paredes	claro	55-65
	medio	45-55
	oscuro	30-50
Suelo	claro	25-35
	oscuro	10-15

2.4.11 Ejemplo de Cálculo

Salón: Marimba universitaria

Primer nivel del Centro Cultural Universitario C.C.U.

Cuando deseamos determinar el alumbrado de un ambiente en particular, debemos de considerar varios factores importantes como lo son, el largo, ancho y altura del ambiente a iluminar. En este caso específico deseamos determinar el alumbrado de un salón cuyas dimensiones son:

Dimensiones de la oficina:

1. Largo (L): 9.80m
2. Ancho (A): 7.60m
3. Altura (H): 5.30m

Asimismo, consideramos el porcentaje de reflexión, el cual es sumamente variable, ya que depende no solo del color sino de la textura del material considerado. Para la aplicación de los coeficientes de reflexión nos basaremos en la tabla XII de coeficientes de reflexión.

Reflectancias:

1. Techo: 80%
2. Pared: 50%
3. Piso: 30%

Ahora obtenemos tres cavidades o espacios zonales y la altura del plano de trabajo:

Altura de Trabajo (H_T): 0.85m

Altura de cavidad del local (HCL): 4.45m

Altura de cavidad del techo (HCT): 0

Altura de cavidad del piso (HCP): 0.85m

Factor de Pérdidas Totales (FPT):

Lámpara Categoría V, 4 lámparas F32T8/TL830 WARM-3000K.

Envoltura prismática de 60 cm, ancha.

Rendimiento del Reactor: 0.88 (Tabla 1 del Anexo 4).

Factor de Caída de Tensión: 1

Factor por variaciones de reflectancia de la luminaria: 0.98

Factor de intercambio de calor: 1

Factor por disminución de emisión luminosa de la lámpara: 0.93 (Tabla 1 del anexo 4).

Degradación de suciedad: 0.86 (Figura 4)

$FPT = 0.88 \times 1 \times 0.98 \times 1 \times 0.93 \times 0.86 = 0.72$

$FPT = 0.69$

Lumen inicial = 3000 (Tabla 2 del Anexo 4).

Procedimiento:

Ahora con los datos recopilados anteriormente, podemos obtener la relación de cavidad local, la relación de cavidad del techo y la relación de cavidad del piso como sigue,

$$RCL = \frac{5(HCL)(L+A)}{L \cdot A} = \frac{5(4.45)(9.8+7.60)}{(9.8 \cdot 7.60)} = 5.19$$

$$RCT = \frac{5(HCT)(L+A)}{L*A} = \frac{5(0)(9.8+7.60)}{(9.8+7.60)} = 0$$

$$RCP = \frac{5(RCT)(L+A)}{L*A} = \frac{5(0.85)(9.8+7.60)}{(9.8*7.60)} = 0.98$$

Ahora para obtener la reflectancia efectiva del techo tenemos que para una reflectancia base del techo de 80% y reflectancia base de paredes del 50%, la reflectancia efectiva del techo sería de 80% para una relación de cavidad de techo igual a RCT=0.

Con este dato ahora podemos obtener el Coeficiente de Utilización de la Tabla I anexo 2, utilizando lámpara Categoría V, por medio de una interpolación como sigue: con una reflectancia efectiva de la cavidad del techo del 80% y una reflectancia efectiva de la pared de 50%, con RCL = 5.19, tenemos:

INTERPOLACIÓN:

RCL	C.U.
5	0.43
5.19	C.U.
6	0.39

$$C.U. = 0.43 + \frac{(0.39 - 0.43)(5.19 - 5)}{(6 - 5)} = 0.42$$

Ahora con respecto a la reflectancia efectiva del piso, lo podemos obtener, con una reflectancia base del piso de 30% y una reflectancia base del techo de 50%, por medio de interpolación obtenemos la reflectancia efectiva del piso ya que no existe una columna para la relación de cavidad de 0.989, entonces:

INTERPOLACIÓN

RCP	%
0.8	28
0.989	%
1.0	27

$$\text{R.EF.PISO} = 28 + \frac{(27 - 28)(0.989 - 0.8)}{(1.0 - 0.8)} = 27.05 \%$$

Cuando los valores de reflectancia del piso estén cerca de 10% (menos de 15%) o cerca de 30% (mas de 25%), conviene corregir el coeficiente de utilización C.U. Debido a que la reflectancia efectiva del piso dio por resultado un 27.05%, es conveniente corregir el C.U por medio de la tabla 1 del anexo 5.

Por consiguiente, para una reflectancia efectiva de la cavidad del techo del 80%, una reflectancia de pared de 50% y una relación de cavidad local RCL= 5.19, interpolando obtenemos el factor de corrección (F.C.) como sigue:

INTERPOLACIÓN

RCL	F.C.
5.0	1.04
5.19	F.C.
6.0	1.03

$$F.C. = 1.04 + \frac{(1.03 - 1.04)(5.19 - 5.0)}{(6.0 - 5.0)} = 1.0382$$

Ahora podemos obtener nuestro C.U. corregido por medio de la multiplicación del C.U. con el factor de corrección F.C., como sigue:

$$C.U. \text{ inicial} = 0.42$$

$$F.C. = 1.0382$$

$$C.U. * F.C. = (0.42)(1.04) = 0.44$$

$$\mathbf{C.U. \text{ corregido} = 0.44}$$

NÚMERO DE LUMINARIAS:

Para encontrar el número de luminarias para el salón de Marimba Universitaria, utilizaremos la siguiente formula:

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

Donde

N = Número de luminarias o unidades de alumbrado.

E = Iluminación requerida.

S = Superficie.

Φ = Flujo luminoso por lámpara.

I = Número de lámparas por luminaria.

Entonces con los datos obtenidos anteriormente tenemos que,

$$E = 200 \text{ luxes}$$

$$S = (9.8\text{m})(7.60\text{m}) = 74.48 \text{ m}^2$$

$$\Phi = 3000 \text{ lumen (inicial)}$$

$$I = \text{número de lámparas por luminaria}$$

$$N = \frac{(200)(74.97)}{(4)(3000)(0.44)(0.72)} = 4.08 \approx \mathbf{4 \text{ Lámparas de } 4 \times 40 \text{ Watts}}$$

En el apéndice N se pueden observar los resultados finales para el número de lámparas en todos los ambientes de los edificios del Paraninfo Universitario y el club deportivo “Los Arcos”.

2.5 Diseño de red de tierras

2.5.1 Puesta a tierra de los equipos eléctricos

En una instalación eléctrica, el propósito de la puesta a tierra es eliminar los potenciales de toque que pudieran poner en peligro la vida de las personas y las propiedades, y así lograr que operen las protecciones por sobrecorriente de los equipos. La puesta a tierra significa el aterramiento físico o la conexión de un equipo a través de un conductor hacia tierra.

La tierra está compuesta por muchos materiales, los cuales pueden ser buenos o malos conductores de la electricidad, pero la tierra como un todo se considera como un buen conductor. Por esta razón y como punto de referencia, al potencial de tierra se le asume cero.

La resistencia de un electrodo de tierra, medido en ohmios, determina que tan rápido y a que potencial, la energía se equipara. De esta manera, la puesta a tierra es necesaria para mantener el potencial de los objetos al mismo nivel de tierra.

2.5.2 Medición de la resistividad del terreno

La resistividad del terreno se mide fundamentalmente para encontrar la profundidad y grueso de la roca en estudios geofísicos, así como para encontrar los puntos óptimos para localizar la red de tierras de una subestación, sistema electrónico, planta generadora o transmisora de radiofrecuencia. Asimismo puede ser empleada para indicar el grado de corrosión de tuberías subterráneas.

En general, los lugares con resistividad baja tienden a incrementar la corrosión. 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. Los terrómetros deben inyectar una corriente de frecuencia que no sea de 60 Hz para evitar se midan voltajes y corrientes que no se deban al aparato sino a ruidos eléctricos.

Por ejemplo, si estamos cerca de una subestación o de una línea en servicio, y vamos a realizar mediciones de resistividad y resistencia de tierra, con un aparato de 60 Hz, dichos sistemas van a inducir corrientes por el suelo debido a los campos electromagnéticos de 60 Hz y darán una lectura errónea. De igual manera sucede 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.

Los terrómetros son analógicos o digitales y deben contener 4 carretes de cable calibre 14 AWG normalmente. Para enrollamiento rápido se recomienda construir un sistema devanador que permita reducir el tiempo de la medición. También traen 4 electrodos de material con la dureza suficiente para ser hincados en la tierra con marro. Son de una longitud aproximada de 60 cm y un diámetro de 16 mm. Además de lo anterior se hace necesario contar con una cinta no metálica de 50 m aproximadamente.

Los terrómetros tienen cuatro terminales (figura 5) 2 de corriente (C1, C2) y 2 de potencial (P1, P2) y están numerados en el aparato C1 P1 P2 C2. Los terrómetros deben estar certificados y probados en el campo con una resistencia antes de realizar las mediciones.

Figura 5. Megger de Cuatro Terminales.



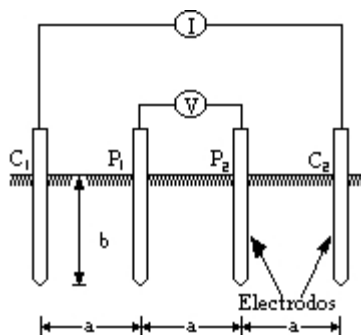
Fuente: AVO International.

2.5.3 Método de Werner

En 1915, el Dr. Frank Werner del *U.S. Bureau of Standards* desarrolló la teoría de este método de prueba, y la ecuación que lleva su nombre. 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 C1 y C2 mientras que el potencial que aparece se mide entre dos electrodos P1 y P2. 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 6. Colocación de los electrodos para realizar la prueba.



En la figura 6 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:

$$\rho = \frac{4\pi A \cdot R}{[1 + [2A / (A^2 + 4B^2)^{0.5}] - 2A / (4 A^2 + 4B^2)^{0.5}] }$$

donde

ρ = 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:

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot A \cdot R \quad (\text{ec. 2.8})$$

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.

A continuación se tabulan los resultados de las mediciones de resistividad del terreno efectuadas por parte del Centro de Investigaciones de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, efectuadas el día 21 y 22 de Febrero del año 2006 en el Centro Cultural Universitario (Paraninfo) y el club deportivo “Los Arcos”.

Tabla XIII. Medición de la resistividad en el CCU

RESULTADOS RESISTIVIDAD DE TERRENO EN CENTRO CULTURAL UNIVERSIRARIO	
Distancia entre electrodos	5 metros
Resistencia del terreno	2.16 ohms
Resistividad del terreno	67.86 ohms x metro

Tabla XIV. Medición de la resistividad en el club “Los Arcos”

RESULTADOS RESISTIVIDAD DE TERRENO EN CLUB DEPORTIVO “LOS ARCOS”	
Distancia entre electrodos	6 metros
Resistencia del terreno	1.63 ohms
Resistividad del terreno	61.45 ohms x metro

2.5.4 Mallas de tierra

Las mallas de tierra se usan especialmente donde el suelo es poco profundo; se entierra cable a profundidad mínima de 15 cm, espaciamiento de 3 a 4 metros, interconectados todos los cruces sólidamente, generalmente se usa cable calibre #2. Para un diseño aproximado se puede utilizar el método basado en la fórmula de Laurent-Niemann:

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} \quad \text{ec. 2.9}$$

donde:

R es la resistencia a tierra en ohmios

ρ es la resistividad específica en ohm-metro

r es el radio en metros de un círculo de área equivalente a la malla

L es la longitud del cable enterrado en metros

En realidad, el segundo término de la fórmula anterior (ρ/L) tiene un valor relativamente pequeño, por lo que podemos hacer un primer 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 9 metros.

Calculamos la longitud total de los cables y verificamos la fórmula. Si el valor de resistencia es mayor que el máximo aceptable, se repite el proceso con un radio, y por lo tanto con un área mayor. Un dato muy importante a tomar en cuenta es que debido a que se trata de instalaciones en edificios, con voltajes menores de 15 KV, no hace falta considerar voltajes de paso o contacto.

2.5.4.1 Cálculo de la malla de tierra para el C.C.U.

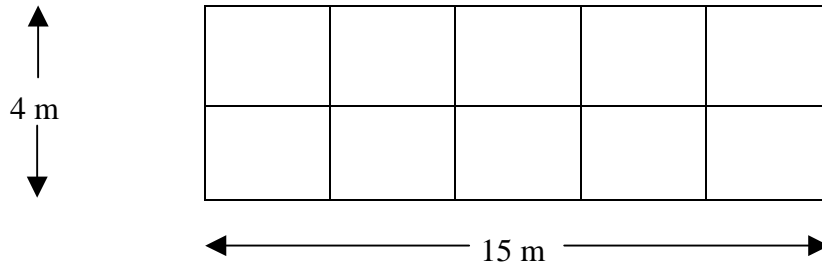
Para nuestro cálculo de la malla de tierra, elegimos el valor de la resistencia a tierra que deseamos obtener, la cual escogemos de un valor de 5 ohms y la configuración y medidas de nuestra malla que deseamos. Con el valor de la resistencia, las medidas de nuestra malla y los datos obtenidos en la medición de la resistividad de del terreno del C.C.U. podemos aplicar el primer tanteo como sigue:

Datos:

$$\rho = 67.86 \text{ ohm-m}$$

$$R = 5 \text{ ohms}$$

Figura 7. Configuración de la malla de tierra (1er. Tanteo)



Aplicando la ecuación 2.9 para el primer tanteo, tenemos que

$$R = \frac{\rho}{4r} \quad \text{despejando para encontrar } r$$

$$r = \frac{\rho}{4R} = \frac{67.86}{4 \cdot 5} = 3.39 \text{ m}$$

Ahora encontramos el radio equivalente como sigue:

$$r' = r + 10\% = 3.39\text{m} + 0.339\text{m} = 3.73 \text{ m}$$

El área será de

$$A = \Pi \cdot r'^2 = \Pi \cdot 3.73^2 = 43.68 \text{ m}^2$$

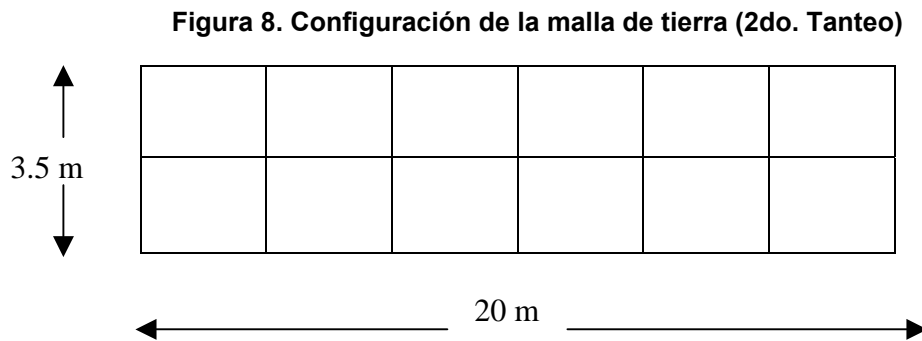
La longitud del cable es

$$L = 3 \cdot 15 + 6 \cdot 4 = 69 \text{ m y}$$

Sustituyendo en la fórmula completa como

$$R = \frac{67.86}{4 \cdot 3.73} + \frac{67.86}{69} = 5.53 \text{ ohm}$$

El cual nos dio un valor de resistencia más alto al valor deseado, por consiguiente realizamos un segundo tanteo con un radio 10% mayor al anterior: $r'' = 3.73\text{m} + 0.373\text{m} = 4.103\text{ m}$ y una configuración de malla como se ve en la figura 8:



Ahora calculamos la nueva longitud del cable como:

$$L = 3 \cdot 20 + 7 \cdot 3.5 = 84.5 \text{ m}$$

Y aplicamos de nuevo la fórmula completa:

$$R = \frac{67.86}{4 \cdot 4.10} + \frac{67.86}{84.5} = 4.94 \text{ ohm}$$

El cual es un valor menor al valor deseado de 5 ohms, para nuestra malla de tierra del edificio del C.C.U. Los resultados para la malla de tierras del club deportivo “Los Arcos” los presentamos a continuación:

Tabla XV. Resultados de la red de tierras en el club “Los Arcos”

Resistencia deseada = 5 ohms	Resistividad del terreno $\rho = 67.86$ ohm-m
1er. Tanteo	Resultados
r	3.07 m
r´	3.38 m
L	69 m
R	5.43 ohms
2do tanteo	Resultados
r	3.38 m
r´´	3.72 m
L	84.5 m
R	4.85 ohms

2.5.5 Cálculo de pararrayos

2.5.5.1 Efectos del rayo

La información estadística conocida nos indica que de un modo permanente se forman cerca de 5.000 tormentas alrededor del globo terráqueo, con el consiguiente peligro para bienes y personas. La intensidad media mundial de la descarga de un rayo se estima en 20.000 amperios, pero se llegan a contabilizar rayos de hasta 200.000 amperios.

Naturalmente la orografía de cada país determina el número y la intensidad de las tormentas que se producen, riesgo que varía dentro de un mismo país. El conocimiento de las zonas de riesgo es una información importante para determinar eficazmente el tipo de protección contra el rayo más adecuado. Los efectos de un rayo pueden ser ocasionados por un impacto directo o por causas indirectas.

Mientras que un impacto directo puede tener consecuencias catastróficas para estructuras, personas o animales, los daños por causas indirectas suelen ser más numerosos con cuantiosas pérdidas económicas. Causas indirectas son la caída de rayos en las inmediaciones o sobre tendidos aéreos o inducciones en estos conductores.

2.5.5.2 Evaluación del riesgo del rayo

La decisión de dotar a una estructura de un adecuado Sistema de Protección Contra el Rayo (SPCR) depende de factores como la probabilidad de caídas de rayo en la zona, su gravedad y consecuencias para personas, maquinaria u operatividad en empresas. La evaluación del riesgo del rayo está hecha conforme al siguiente método:

2.5.5.2.1 Frecuencia aceptable de un rayo directo sobre un edificio (Nd)

El promedio anual de la frecuencia Nd de un rayo directo sobre un edificio está calculado usando la siguiente ecuación:

$$Nd = Ng \max \cdot Ae \cdot c1 \cdot e^{-6} / \text{año}$$

Donde $N_{g \max} = 2N_g$

N_g : significa la densidad anual de relámpagos en la región donde está ubicado el edificio (número de caída de rayos / año / Km^2). En el caso que no se disponga de un mapa de N_g , se puede también obtener usando el nivel cerámico (N_k), utilizando la siguiente fórmula:

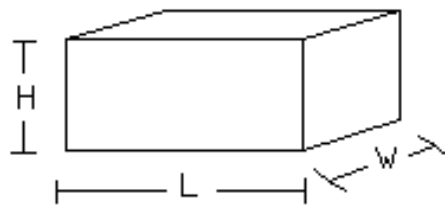
$$N_{g \max} = N_k/10$$

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 un relámpago directo, que un edificio.

Para estructuras rectangulares (ver figura 9) con largo L , ancho W y altura H , el área de captura es igual a:

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

Figura 9. Edificio rectangular



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 , según la tabla XVI.

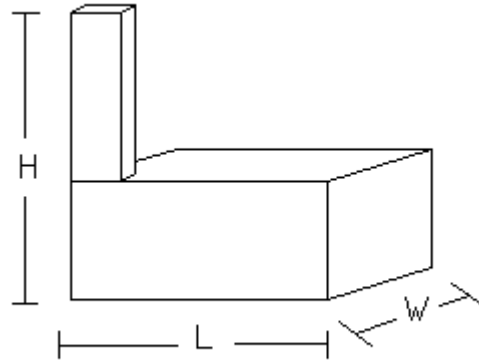
Tabla XVI. Coeficiente ambiental C_1

Situación relativa a la estructura	C1
Estructura situada en un espacio donde hay otras estructuras o árboles de la misma altura o más alto	0.5
Estructura rodeada de estructuras más bajas: no hay otras estructuras en una distancia menor de 3H	0.75
Estructura aislada:	1
Estructura aislada situada sobre una colina o promontorio	2

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 esta traslapada, la correspondiente área de colección común es considerada como un área de colección sencilla. Otros sofisticados métodos pueden ser utilizados para evaluar el área de captura equivalente con mayor exactitud. Para edificios con partes prominentes (ver figura 11), el área equivalente de la parte prominente encierra todo o parcialmente la parte baja será:

$$A_e = 9\pi H^2$$

Figura 11. Edificio rectangular con una parte predominante.



2.5.5.2.2 Frecuencia Nc aceptable de un rayo sobre un edificio

Los valores de Nc se equiparan a través del análisis de riesgo de daño, tomando en cuenta los factores aprobados como:

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

La frecuencia Nc aceptable esta calculada usando la siguiente ecuación:

$$N_c = 5.5e^{-3} / c_2 \cdot c_3 \cdot c_4 \cdot c_5 \text{ en donde}$$

C2 representa el tipo de construcción

C3 representa el material y equipo contenido en el edificio

C4 representa la ocupación de un edificio

C5 representa las consecuencias de la caída de un rayo

A continuación se presentan las tablas de la XVII a la XX de los cuatro anteriores coeficientes.

Tabla XVII. Coeficiente de estructura

C2 Coeficiente de estructura			
Estructura	Techo		
	Metal	Común	Inflamable
Metal	0.5	1	2
Común	1	1	2.5
Inflamable	2	2.5	3

Tabla XVIII. Contenido de la estructura

C3 Contenido de la estructura	
Sin valor o no inflamable	0.5
Valor común o normalmente inflamable	2
Gran valor o particularmente inflamable	5
Valor excepcional, irremplazable o muy inflamable, explosivo	10

Tabla XIX. Ocupación de la estructura

C4 Ocupación de la estructura	
No ocupada	0.5
Ocupada normalmente	3
De difícil evacuación o riesgo de pánico	7

Tabla XX. Consecuencias sobre el entorno

C5 Consecuencias sobre el entorno	
Sin necesidad de continuidad en el servicio y alguna consecuencia sobre el entorno	1
Necesidad de continuidad en el servicio y alguna consecuencia sobre el entorno	5
Consecuencias para el entorno	10

El resultado de la comparación de N_c y N_d es usado para decidir si un sistema de protección contra rayos es requerido y el nivel de protección que deberá de ser usado.

- Si $N_d \leq N_c$ el sistema de protección contra rayos no es requerimiento obligatorio
- Si $N_d \geq N_c$ el sistema de protección de rayos de rendimiento $E \geq 1 - N_c/N_d$ debe de ser instalado y asociado el nivel de protección seleccionado de la tabla XXI.

Tabla XXI. Nivel de protección

E Inefectivo calculado	Nivel de protección asociado	Corriente pico I(KA)	Distancia de iniciación D (metros)
$E < 0.98$	Nivel I + medidas adicionales	---	---
$0.95 < E \leq 0.98$	Nivel I	2.8	20
$0.80 < E \leq 0.95$	Nivel II	9.5	45
$0 < E \leq 0.80$	Nivel III	14.7	60

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 de ser tomadas las medidas de protección adicionales. Las medidas típicas de protección son:

- Limitar el paso de contacto de voltaje
- Restricción de propagación de fuego
- Reducción de los efectos de fuentes de voltaje inducidos por un rayo en equipos sensitivos

2.5.5.3 Cálculo de pararrayos en el edificio de odontología

Datos:

Edificio de Odontología (Parainfo Universitario)

L = 61 mts.

W = 34 mts

H = 6 mts

R = 35 mts

Con los datos anteriores encontramos el área de captura equivalente del edificio y la densidad anual de relámpagos en la region usando la ecuación es

$$A_e = LW + 6H(L+W) + 9\pi H^2 = (61 \cdot 34) + (6 \cdot 6)(61+34) + 9\pi (6)^2$$

$$A_e = 6511.88 \text{ m}^2$$

$$NK=69$$

$$N_g = NK/10 = 69/10 = 6.9$$

Y el promedio anual de la frecuencia N_d de un rayo será, utilizando de la tabla XVI de coeficientes de $c_1=0.25$

$$N_d = N_g \max \cdot A_e \cdot c_1 e^{-6} = (6.9)(6511.88)(0.25e^{-6}) = 0.011$$

Y la frecuencia Nc aceptable de un rayo sobre un edificio será, utilizando de las tablas (XVII a la XX) de coeficientes

$$c_2 = c_3 = c_4 = c_5 = 1$$

$$N_c = \frac{5.5e^{-3}}{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1} = 0.0055$$

Comparando los valores obtenidos de Nd y Nc tenemos que:

$N_d > N_c$ y por consiguiente nuestro edificio necesita de una protección de pararrayos.

Por último necesitamos saber el nivel de protección requerido para nuestro caso, el cual será según la tabla XXI:

$$E \geq 1 - N_c/N_d = 1 - (0.0055/0.011) = 0.5$$

$E \geq 0.5$ y nuestro nivel de protección requerido será de Nivel III

Por nuestra parte, recomendamos entre las varias opciones de pararrayos, el de Ingesco PDC, en el cual la función específica es la de producir una ionización dirigida hacia la nube, canalizando desde su origen, la posible descarga eléctrica. Para seleccionar el pararrayos conveniente, según nuestros resultados obtenidos, debemos aplicar la tabla XXII. Los radios de protección de los distintos modelos de puntas Ingesco PDC son considerados con un mástil de 6 metros de altura.

Tabla XXII. Radios de protección del pararrayos Ingesco PDC

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
Referencia	101000	101001	101003	101005	101008

Fuente: Catalogo Ingesco. Radios de protección según las normas UNE 21186 y NF C17-102

D = distancia de cebado

Radio de protección dentro de un plano horizontal, localizado a una distancia vertical h de la punta del Ingesco PDC

Por lo tanto, para nuestros propósitos, escogemos el pararrayos Ingesco PDC 3.1 Nivel de protección III, para un radio de 35 mts. y una distancia de cebado de 60 mts. En la tabla XXIII se muestran los resultados para los demás edificios.

Tabla XXIII. Cálculo de pararrayos para los edificios.

Edificio	Largo	Ancho	Altura	Radio	Ae	Ng	Nd	Nc	Protecc.	Nivel de	Pararrayos
	L (m)	W (m)	H (m)	R (m)	m ²	max.			Nd > Nc	Protecc. (E)	
Odontología	61	34	6	35	6511.88	6.9	0.011	0.0055	sí	III	Ingesco PDC 3.1
CCU	104	51	6	59	11901.88	6.9	0.0205	0.0055	sí	III	Ingesco PDC 3.3
club "Los Arcos"	24.5	12.5	3	-	1226.72	6.9	0.0021	0.0055	no	-	-
C1= 0.25											
C2=C3=C4=C5=1											

3 DIAGRAMAS UNIFILARES

Los diagramas unifilares representan todas las partes que componen a un sistema de potencia de modo gráfico, completo, tomando en cuenta las conexiones que hay entre ellos, para lograr así una visualización completa del sistema de la forma más sencilla. Ya que un sistema trifásico balanceado siempre se resuelve como un circuito equivalente monofásico, o por fase, compuesto de una de las tres líneas y un neutro de retorno, es rara vez necesario mostrar más de una fase y el neutro de retorno cuando se dibuja un diagrama del circuito.

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 de un sistema eléctrico se le llama diagrama unifilar o de una línea. Éste indica, por una sola línea y por símbolos estándar, cómo 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. Los interruptores y relevadores no se mostrarían en el diagrama si su función primaria fuera la de proveer información para tal estudio.

3.1 Diagrama unifilar de la red eléctrica general

Figura 11. Red eléctrica general del C.C.U. (Paraninfo Universitario)

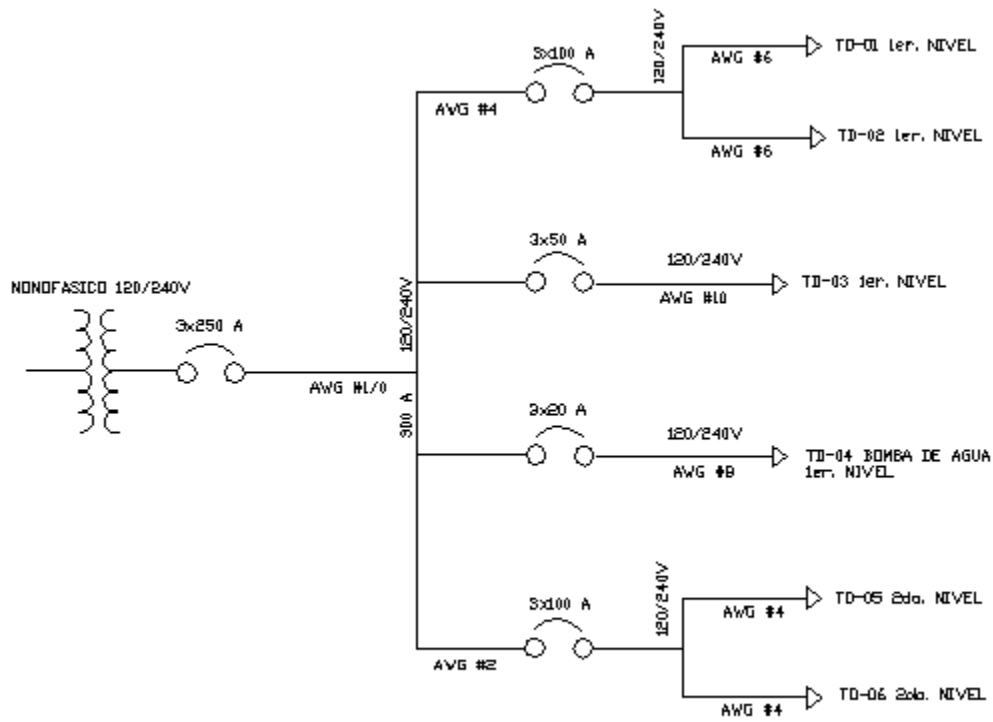
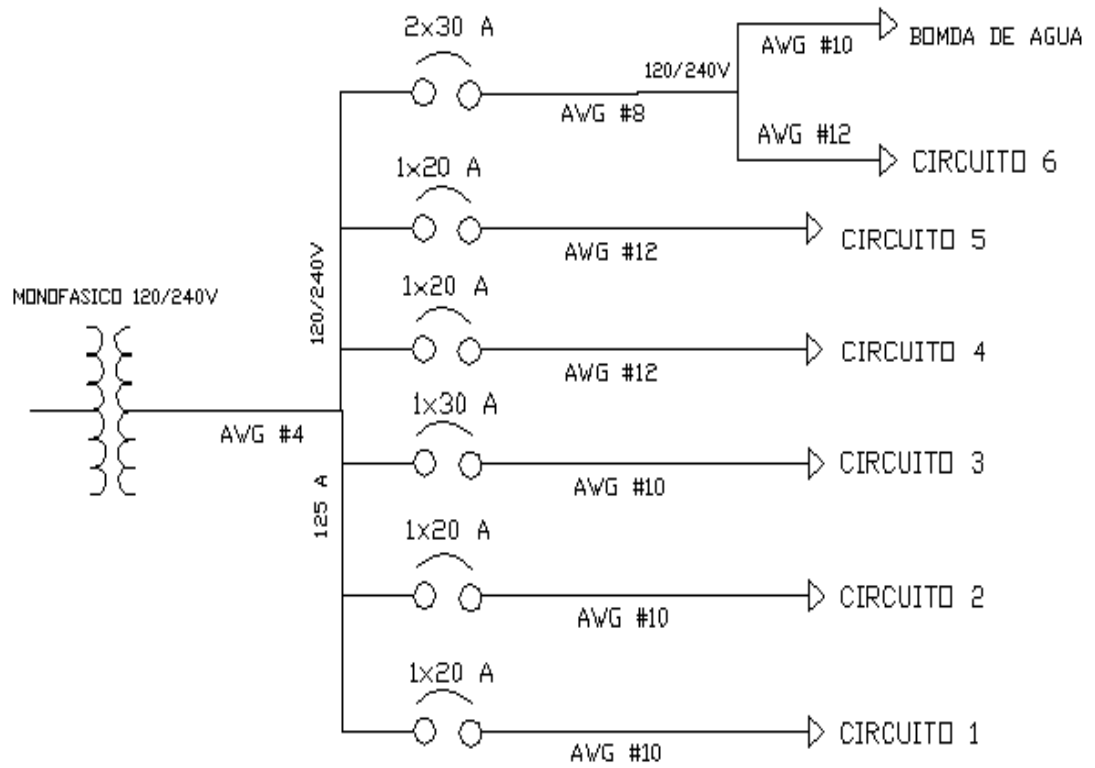


Figura 12. Red eléctrica general del club deportivo “Los Arcos” edificio “A”



3.2 Diagrama unifilar de la sub red eléctrica

Figura 13. Diagrama unifilar de tableros del edificio del C.C.U. (Parainfo Universitario)

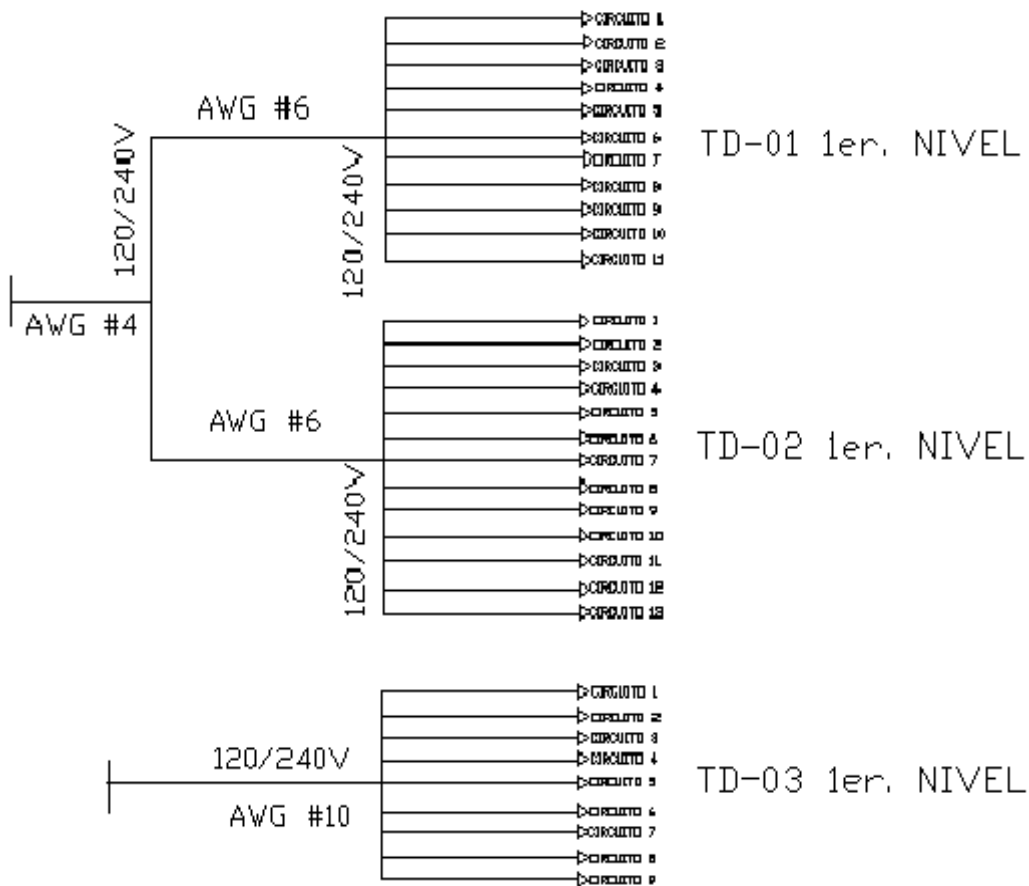


Figura 14. Diagrama unifilar de tableros del edificio del CCU (Paraninfo Universitario)

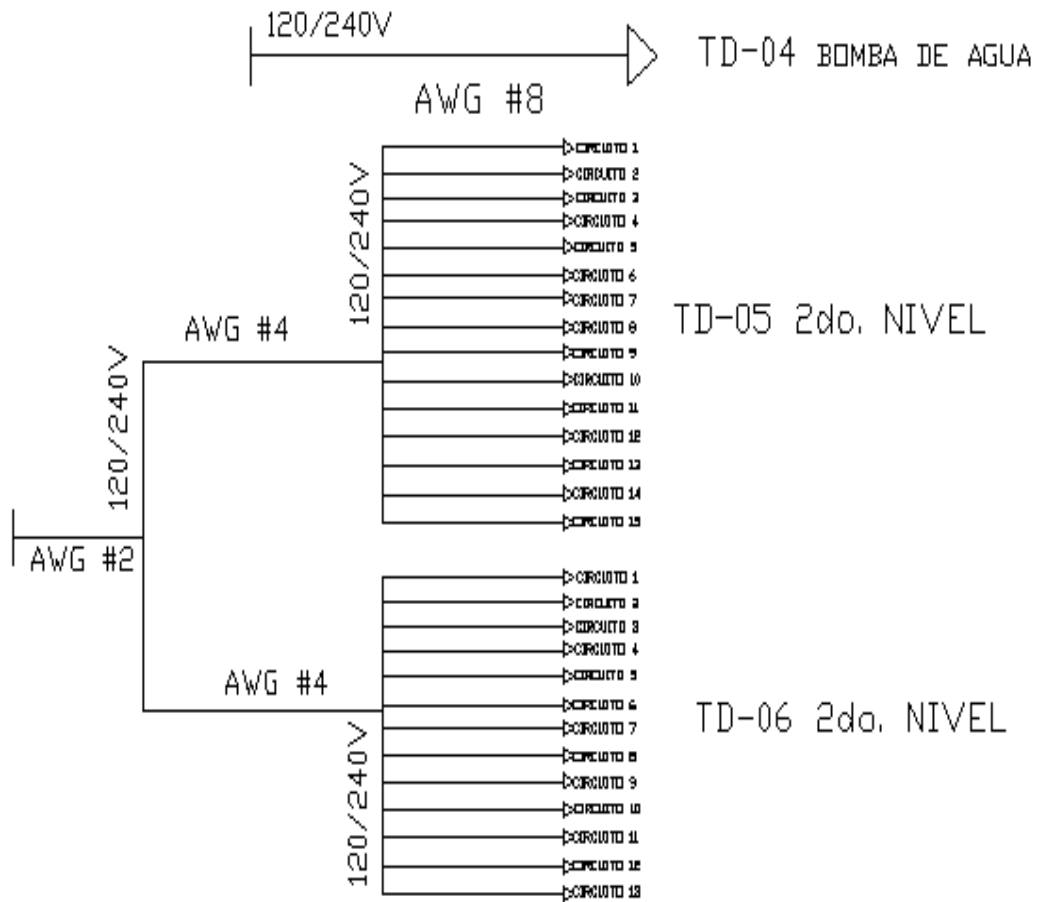


Figura 15. Diagrama unifilar de tableros del edificio de Odontología (Paraninfo Universitario)

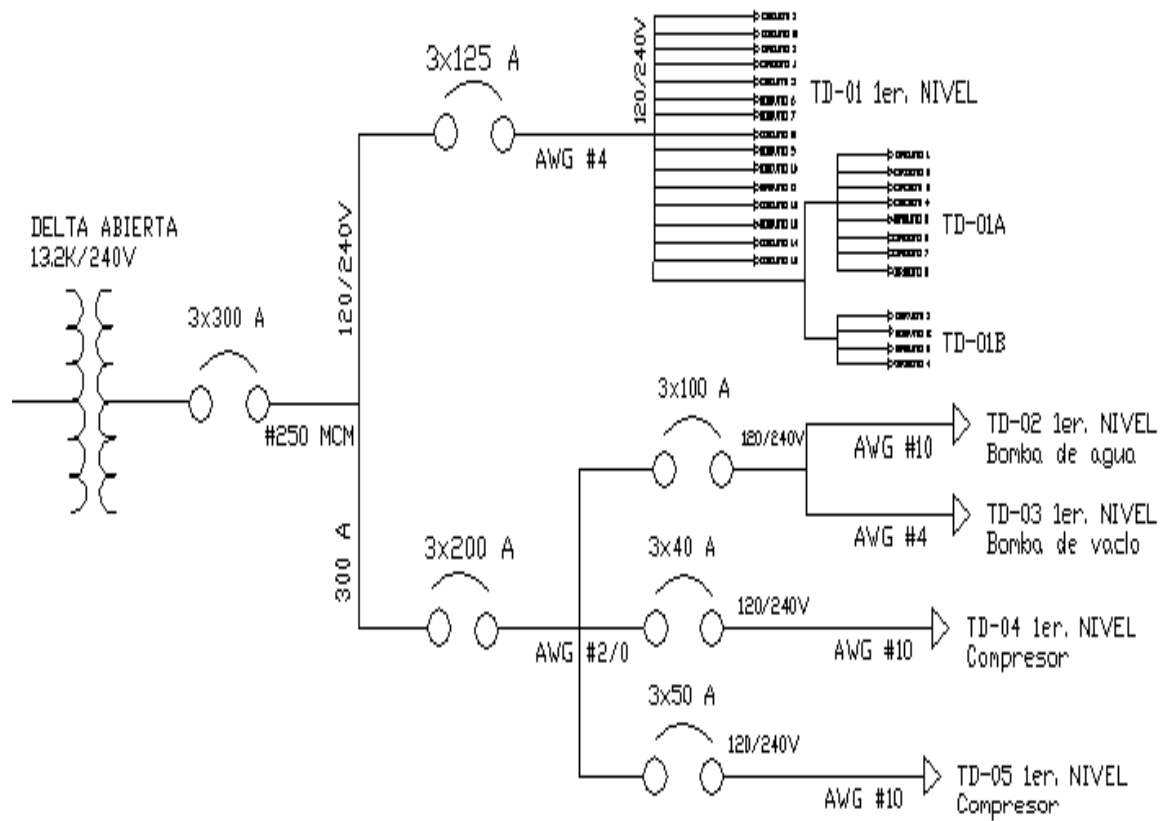
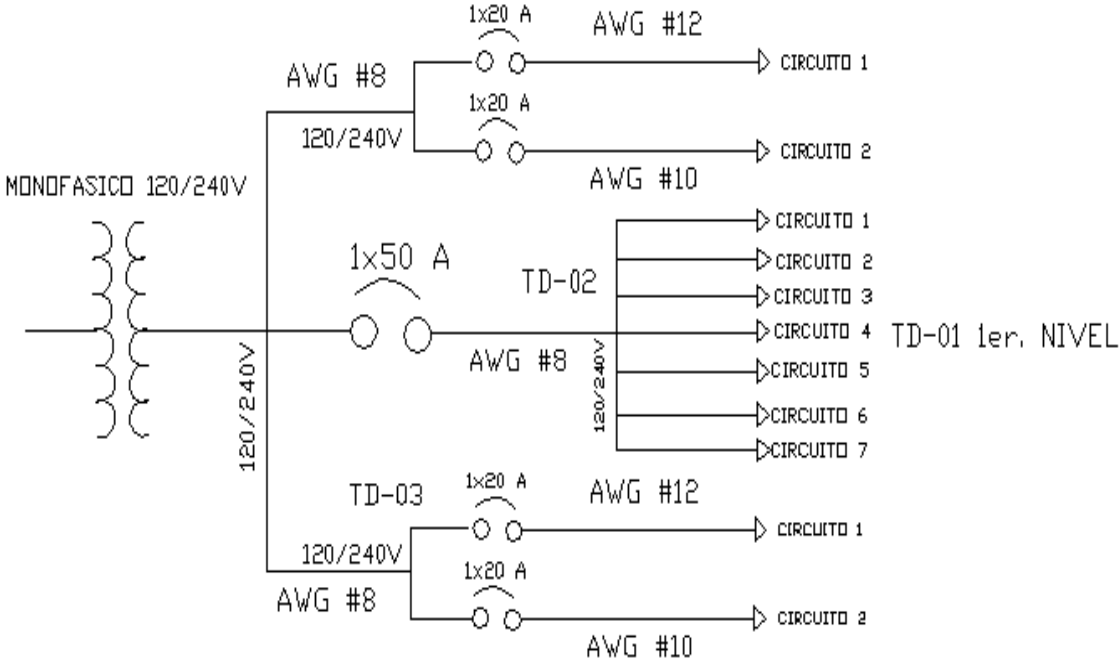


Figura 16. Diagrama unifilar de tableros del edificio del CSUCA del club deportivo “Los Arcos”



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

La comparación de los resultados obtenidos en los cálculos de iluminación, nos dan como resultado una variación en la cantidad de lámparas instaladas actualmente y las propuestas en los cálculos anteriores, esto debido a que actualmente muchas de las lámparas instaladas están fuera de servicio debido a la falta de mantenimiento y al deterioro normal por el paso del tiempo, así mismo por los criterios utilizados en su diseño original y las normas utilizadas en la actualidad. Por otra parte, en cuanto a la medición de los luxes, estos nos dieron algunos valores por debajo de los recomendados en las normas técnicas utilizadas actualmente en el diseño de iluminación. A continuación se presentan las comparaciones en el número de luminarias y en la cantidad de luxes.

4.1 Comparación del número de lámparas de los edificios del Paraninfo Universitario

Tabla XXIV. Clínicas del edificio de odontología

Clínicas de Odontología 1er. NIVEL		
AMBIENTE	LÁMPARAS ACTUALES	LÁMPARAS CALCULADAS
Secretaria	1 de 2x40W	2 de 2x40W
Laboratorio	1 de 2x40W	2 de 2x40W
Modulo 1	1 de 2x40W	1 de 2x40W
Modulo 2	1 de 2x40W	1 de 2x40W
Modulo 3	1 de 2x40W	1 de 2x40W
Sanitario	1 foco 75W	1 de 2x40W
Pasillo	1 de 1x40W	1 de 2x40W
Lab. 2	1 de 1x40W	1 de 2x40W
2do. NIVEL		
Secretaria	2 de 2x40W	4 de 2x40W
Comedor	1 de 2x40W	4 de 2x40W
Bodega	1 foco 75W	1 de 2x40W

Tabla XXV. Edificio de odontología 1er. nivel

AMBIENTE	LÁMPARAS ACTUALES	LÁMPARAS CALCULADAS
1er. Nivel		
Salón 121	2 de 2x40W	3 de 2x40W
Salón 122	2 de 2x40W	3 de 2x40W
Lab. Odont.	4 de 4x40W	24 de 4x40W
Oficina 3	1 de 2x40W	2 de 2x40W
Salón 4	1 de 2x40W	2 de 2x40W
Comedor	4 de 4x40W	4 de 4x40W
Almacén 1	4 de 1x40W	4 de 1x40W
Almacén 2	2 de 1x40W	4 de 1x40W
Pasillo 2	0	2 de 1x40W
Roent. 1	2 de 1x40W	3 de 2x40W
Roent. 2	1 de 1x40W	3 de 2x40W
Pasillo 1	4 de 1x40W	9 de 1x40W
Salón 1	1 de 1x40W	4 de 4x40W
Salón 2	1 de 4x40W	4 de 4x40W
Pasillo 3	2 de 1x40W	3 de 1x40W
Lobby	0	6 de 4x40W
Auditorium	15 de 1x40W	8 de 2x40W

Tabla XXVI. Edificio de odontología 2do. nivel

AMBIENTE	LÁMPARAS ACTUALES	LÁMPARAS CALCULADAS
Oficina 1	1 de 2x40W	4 de 2x40W
Comedor	2 de 2x40W	3 de 2x40W
Pasillo 1	6 de 2x40W	7 de 1x40W
Pasillo 2	0	2 de 1x40W
Pasillo 3	0	2 de 1x40W
Aula 6	2 de 1x40W	3 de 2x40W
Aula 1	1 de 1x40W	3 de 2x40W
Aula 3	2 de 2x40W	3 de 2x40W
Aula 7	2 de 2x40W	3 de 2x40W
Aula 4	2 de 2x40W	3 de 2x40W
Aula 5	2 de 2x40W	3 de 2x40W

Tabla XXVII. Edificio C.C.U. 1er. Nivel

AMBIENTE	LÁMPARAS ACTUALES	LÁMPARAS CALCULADAS
Canal 33	8 de 4x40W	9 de 4x40W
Aula 1	6 de 2x40W	6 de 4x40W
Salón Marimba	4 de 4x40W	4 de 4x40W
Salón Danza	4 de 4x40W	6 de 4x40W
Danza Vestidor 1	1 de 2x40W	2 de 1x40W
Danza Vestidor 2	2 Incandes.	2 de 1x40W
Ensayo Estudiantina	2 Halog. 100W	4 de 4x40W
Sanitario Hombres	1 de 2x40W	2 de 2x40W
Pasillos	4 Halog. 100W	8 de 1x40W
Cinemateca of. 1	1 de 4x40W	2 de 2x40W
Cátedra II	6 de 2x40W	6 de 4x40W
Asoc.Coral	4 de 2x40W	6 de 4x40W
Cinemateca	2 de 2x40W	3 de 2x40W
Aula 2	6 de 2x40W	6 de 4x40W
Cátedra I	6 de 2x40W	6 de 4x40W
Sanitario Mujeres	2 de 2x40W	2 de 2x40W
Salón Estudiantina	1 de 2x40W	3 de 2x40W
Cinemateca of. II	1 de 4x40W	2 de 2x40W
Lobby Salón Mayor	4 Halog. 100W	8 de 2x40W
Butacas Salón Mayor	6 incand. 100W	8 de 2x32W
Entrada Artistas	1 de 2x40W	2 de 2x40W
Pasillos Salón Mayor	6 incand. 100W	4 de 2x32W

Tabla XXVIII. Edificio C.C.U. 2do. nivel

AMBIENTE	LÁMPARAS ACTUALES	LÁMPARAS CALCULADAS
Of. DGEU	4 de 4x40W	9 de 4x40W
Of. TAU	2 de 4x40W	6 de 4x40W
EPSUM	4 de 4x40W	8 de 4x40W
Tesorería EPSUM	1 de 4x40W	4 de 2x40W
Teatro 2do. N.	5 de 4x40W	8 de 4x40W
Pasillos	4 Halog. 100W	8 de 1x40W
Salón Recepciones	4 de 2x40W	6 de 2x40W
Sanitario Hombres	2 de 2x40W	1 de 1x40W
Jefatura	2 de 2x40W	4 de 2x40W
Oficinas de Jefatura	4 de 2x40W	6 de 4x40W
Director DGEU	1 de 4x40W	4 de 4x40W
Sanitario Mujeres	2 de 2x40W	1 de 1x40W
Comedor	2 de 2x40W	3 de 4x40W

4.2 Comparación del número de lámparas de los edificios del club deportivo “Los Arcos”

Tabla XXIX. Edificio “A” club “Los Arcos”

AMBIENTE	LÁMPARAS ACTUALES	LÁMPARAS CALCULADAS
Salón Conf.	1 de 4x40W	3 de 2x40W
Secretaría	2 de 4x40W	2 de 2x40W
Oficina 1	1 de 2x40W	1 de 2x40W
Cocina	1 de 1x40W	1 de 2x40W
Pasillo 1	3 de 2x40W	2 de 2x40W
Oficina 4	1 de 4x40W	1 de 2x40W
Bodega	1 de 1x40W	1 de 2x40W
Baño Hombres	2 de 1x40W	2 de 2x40W
Baño Mujeres	1 de 1x40W	2 de 2x40W
Oficina 2-1	1 de 2x40W	2 de 2x40W
Oficina 2-2	1 de 2x40W	1 de 2x40W
Oficina 3	1 de 2x40W	2 de 2x40W
Baño 1	incand. 50W	1 de 1x40W
Sala espera	incand 100W	1 de 2x40W
Vestidor Hombres	3 de 1x40W	5 de 1x40W
Vestidor Mujeres	2 de 1x40W	4 de 1x40W

Tabla XXX. Edificio 1, CSUCA 1er. nivel

AMBIENTE	LÁMPARAS ACTUALES	LÁMPARAS CALCULADAS
Oficina 1	2 de 4x40W	1 de 4x40W
Oficina 2	1 de 4x40W	2 de 4x40W
Secretaria	1 de 4x40W	2 de 4x40W
Pasillo	1 de 2x40W	1 de 1x40W
Baño Mujeres	1 de 2x40W	1 de 1x40W
Baño Hombres	1 de 2x40W	1 de 1x40W
Almacén	1 foco 75W	1 de 1x40W
Sanitario 1	1 de 2x40W	1 de 1x40W
Oficina 3	1 de 2x40W	2 de 2x40W
2do. Nivel		
Sala espera	2 de 4x40W	4 de 2x40W
Sanitario	1 de 4x40W	1 de 1x40W
Oficina Principal	3 de 4x40W	1 de 4x40W
Pasillo	1 de 4x40W	1 de 1x40W

Tabla XXXI. Edificio 2, CSUCA

AMBIENTE	LÁMPARAS ACTUALES	LÁMPARAS CALCULADAS
Oficina 1	1 de 2x40W	2 de 2x40W
Oficina 2	1 de 2x40W	2 de 2x40W
Oficina 3	1 de 2x40W	2 de 2x40W
Oficina 4	1 de 2x40W	2 de 2x40W
Oficina 5	1 de 2x40W	2 de 2x40W
Oficina 6	1 de 2x40W	2 de 2x40W
Oficina 7	1 de 2x40W	2 de 2x40W
Sala Espera	1 de 2x40W	2 de 2x40W
Archivo 1	1 de 2x40W	1 de 2x40W
Archivo 2	1 de 2x40W	1 de 2x40W
Sala Conferencia	1 de 2x40W	2 de 2x40W
Comedor	1 de 2x40W	1 de 2x40W
Pasillos	3 de 2x40W	6 de 1x40W
Baño Hombres	1 de 2x40W	1 de 1x40W
Baño Mujeres	1 de 2x40W	1 de 1x40W

Tabla XXXII. Edificio 3, CSUCA

AMBIENTE	LÁMPARAS ACTUALES	LÁMPARAS CALCULADAS
Almacén 1	2 de 2x40W	2 de 2x40W
Almacén 2	2 de 2x40W	2 de 2x40W
Comedor	2 de 2x40W	4 de 1x40W
Vestidor Mujeres	2 de 2x40W	3 de 1x40W
Vestidor Hombres	2 de 2x40W	3 de 1x40W

4.3 Comparación del nivel lumínico de los edificios del Paraninfo Universitario

Tabla XXXIII. Edificio de odontología 1er. nivel

AMBIENTE	LUXES MEDIDOS	LUXES PROPUESTO
Salón 121	215.2	275
Salón 122	322.8	275
Lab.Odont.	96.84	485
Oficina 3	161.4	375
Salón 4	86.08	280
Comedor	376.6	235
Almacén 1	150.64	170
Almacén 2	107.6	165
Pasillo 2	32.28	105
Roent. 1	96.84	315
Roent. 2	75.32	315
Oficina 1	118.36	335
Oficina 2	129.12	250
Pasillo 1	43.04	130
Salón 5	96.84	365
Pasillo 3	32.28	120
Lobby	129.12	310
Auditórium	43.04	100

Tabla XXXIV. Edificio de odontología 2do. nivel

AMBIENTE	LUXES MEDIDOS	LUXES PROPUESTO
Oficina 1	96.84	400
Comedor	118.36	240
Pasillo 1	32.28	130
Pasillo 2	43.04	95
Pasillo 3	32.28	85
Aula 6	129.12	300
Aula 1	107.6	260
Aula 3	96.84	280
Aula 7	107.6	280
Aula 4	118.36	345
Aula 5	86.08	260

Tabla XXXV. Edificio del C.C.U. 1er. nivel

AMBIENTE	LUXES MEDIDOS	LUXES PROPUESTO
Canal 33	236.72	365
Salón Marimba	129.12	200
Danza	129.12	225
Danza Vestidor	107.6	105
Ensayo Estudiantina	96.84	205
Sanitario Hombres	86.08	125
Pasillos	64.56	55
Cinemateca of. 1	107.6	165
Cátedra II	118.36	300
Asoc. Coral	96.84	300
Cinemateca	107.6	185
Aula 2	139.88	300
Cátedra I	129.12	300
Sanitario Mujeres	86.08	160
Salón Estudiantina 1	107.6	125
Lobby Salón Mayor	64.56	100
Butacas Salón Mayor	64.56	105
Pasillos Salón Mayor	32.28	65

Tabla XXXVI. Edificio del C.C.U. 2do. nivel

AMBIENTE	LUXES MEDIDOS	LUXES PROPUESTO
Of. DGEU	107.6	375
Of. TAU	96.84	300
EPSUM	107.6	370
Tesorería EPSUM	129.12	200
Teatro 2do. N.	118.36	200
Pasillos	86.08	65
Salón de Recepciones	129.12	175
Sanitario Hombres	75.32	125
Jefatura	139.88	175
Oficinas de Jefatura	172.16	310
DGEU	161.4	370
Sanitario Mujeres	75.32	110
Comedor	118.36	340
Pasillos Salón Mayor	32.28	65

Tabla XXXVII. Edificio de odontología

Clínicas de Odontología 1er. NIVEL		
AMBIENTE	LUXES MEDIDOS	LUXES PROPUESTO
Secretaria	107.6	300
Laboratorio	118.36	400
Modulo 1	193.68	225
Modulo 2	376.6	225
Modulo 3	215.2	225
Sala espera	225.96	200
Laboratorio 2	118.36	500
2do. NIVEL		
Secretaria	86.08	350
Comedor	75.32	335
Bodega	86.08	160

4.4 Comparación del nivel lumínico de los edificios del club deportivo “Los Arcos”

Tabla XXXVIII. Edificio 1, CSUCA 1er. nivel

AMBIENTE	LUXES MEDIDOS	LUXES PROPUESTO
Oficina 1	204.44	475
Oficina 2/Secre.	161.4	375
Pasillo	118.36	100
Baño Mujeres	118.36	130
Baño Hombres	107.6	130
Almacén	96.84	150
Oficina 3	150.64	360
2do.Nivel		
Sala espera	150.64	375
Sanitario	182.92	175
Oficina Principal	193.68	475
Pasillo	96.84	170

Tabla XXXIX. Edificio 2, CSUCA

AMBIENTE	LUXES MEDIDOS	LUXES PROPUESTO
Oficina 1	193.68	345
Oficina 2	150.64	345
Oficina 3	129.12	345
Oficina 4	161.4	345
Oficina 5	182.92	345
Oficina 6	215.2	345
Oficina 7	193.68	345
Sala Espera	118.36	190
Archivo 1	129.12	175
Archivo 2	172.16	175
Sala Conferencia	193.68	345
Comedor	161.4	175
Pasillos	150.64	160
Baño Hombres	236.72	125
Baño Mujeres	247.48	125

Tabla XL. Edificio “A” club “Los Arcos

AMBIENTE	LUXES MEDIDOS	LUXES PROPUESTO
Salón Conf.	182.92	265
Secretaría	215.2	165
Oficina 1	204.44	165
Cocina	172.16	175
Pasillo 1	129.12	140
Oficina 4	150.64	185
Bodega	107.6	250
Baño Hombres	129.12	325
Baño Mujeres	150.64	325
Oficina 2-1	118.36	310
Oficina 2-2	118.36	275
Oficina 3	129.12	225
Sala espera	150.64	190
Vestidor Hombres	161.4	190
Vestidor Mujeres	129.12	115

5. ANÁLISIS DE DEMANDA

5.1 Demanda máxima

La demanda es 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 en 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.

Figura 17. Demanda Máxima en Kw.

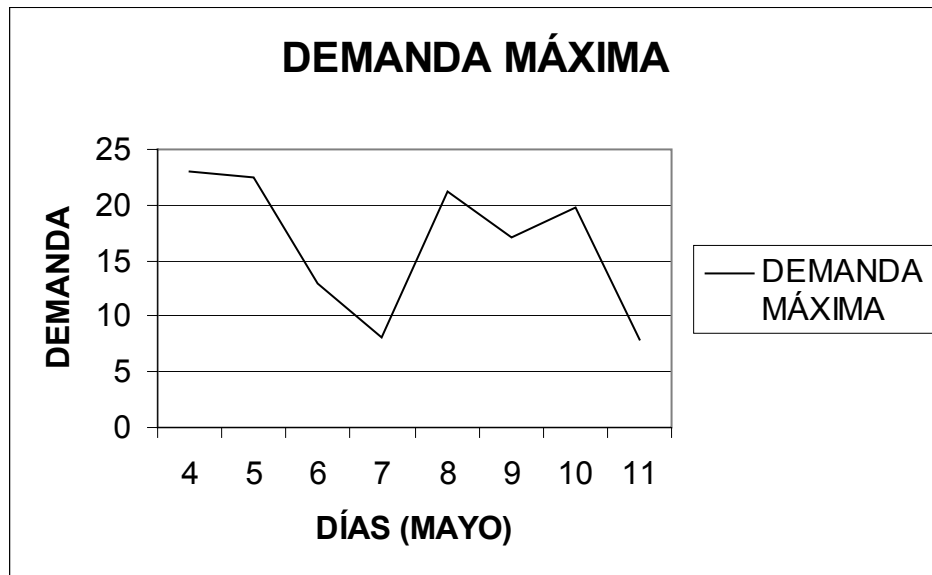
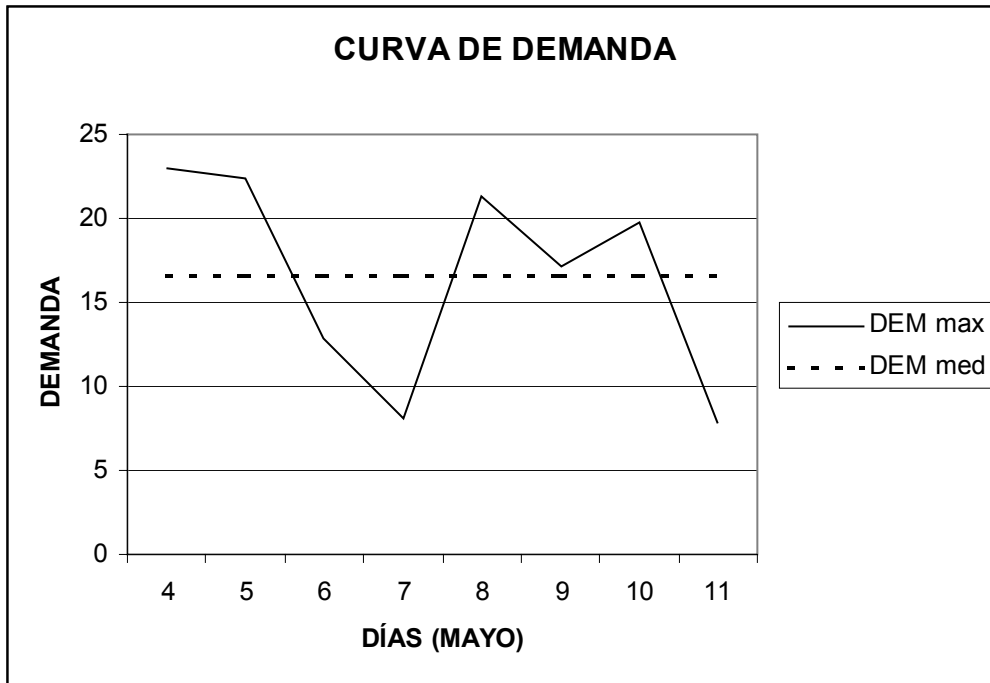


Figura 18. Demanda Máxima y Media.



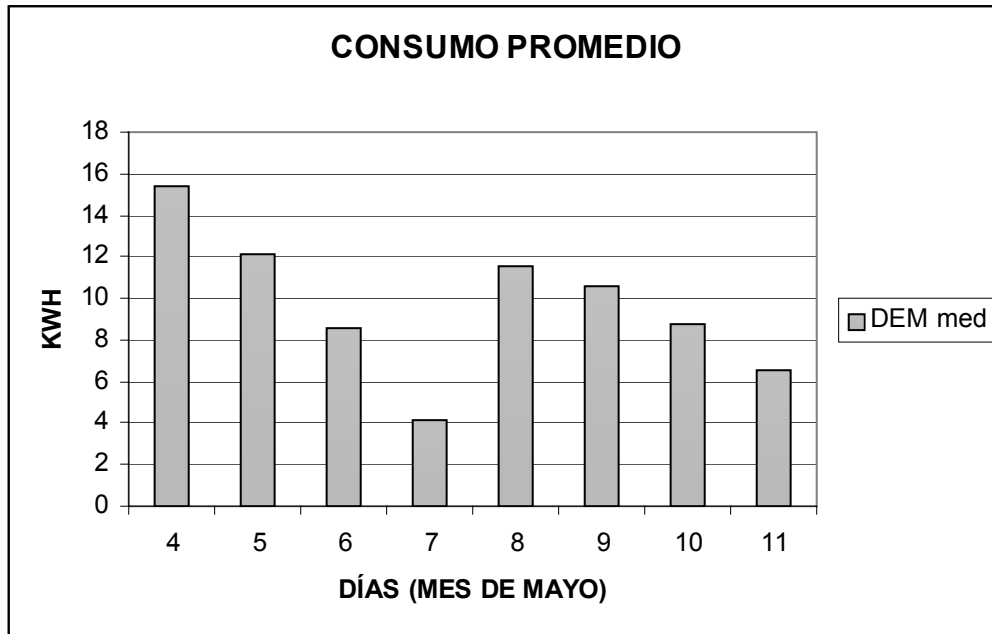
5.2 Demanda media

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

$$D_m = [\int D(t) dt] / T$$

Donde D_m es la demanda media y T es el periodo de la curva de carga diaria, en 24 horas como se dijo anteriormente. Obsérvese que la demanda media es directamente proporcional a la energía.

Figura 19. Demanda Media



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;

$$f_c = D_m / D_{max}$$

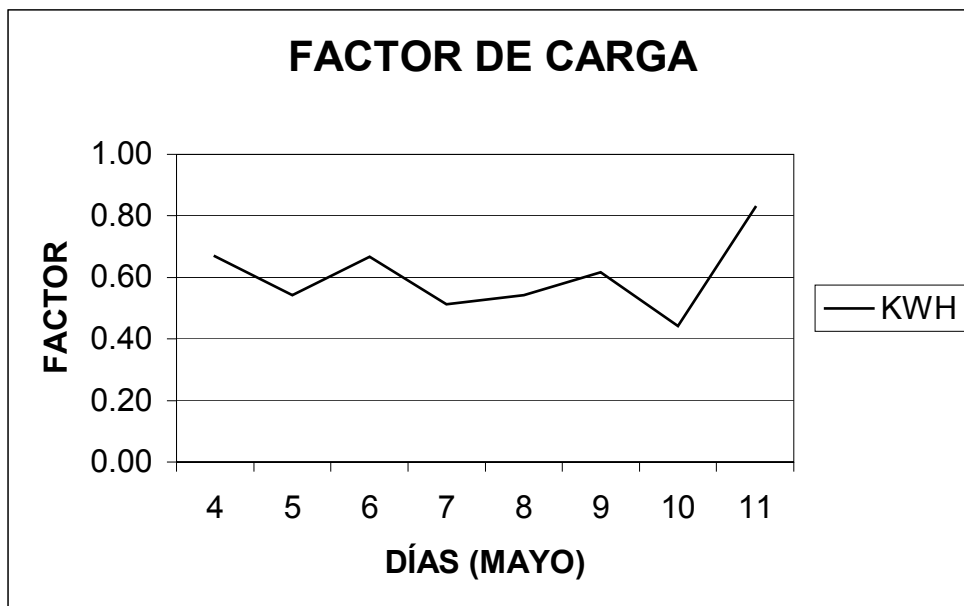
sustituyendo D_m por su expresión matemática:

$$f_c = E / T D_{max}$$

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 curva de carga cuya demanda máxima es constante en todo el periodo. Un factor de carga bajo indica que la curva es muy picuda o de una energía muy baja. El valor mínimo del factor 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 una carga dada si se conoce la energía consumida y el periodo en el que se consumió. Esto es posible siempre que el factor de carga corresponda a la carga mencionada.

Figura 20. Factor de Carga



5.4 Análisis de las curvas de demanda

Los datos de la tabla XLI fueron obtenidos a partir de las mediciones realizadas en el edificio del C.C.U. (Paraninfo Universitario) en la fecha del 4 al 11 de Mayo del año 2006.

Tabla XLI. Demanda media y máxima

DIA	DEM med	POT max
	KWH	KW
4	15.399	23.013
5	12.151	22.4
6	8.592	12.884
7	4.135	8.07
8	11.569	21.297
9	10.571	17.119
10	8.751	19.764
11	6.537	7.895

El consumo promedio de los anteriores días se mantuvo estable, disminuyendo únicamente el día domingo 7 de Mayo día en el que no hay actividades en el C.C.U. Como podemos observar en la factura de la EEGSA (Anexo 6) se muestra el consumo promedio por día durante los últimos meses. En las figuras 21 y 22 podemos observar la demanda máxima por día durante la semana de las mediciones, en la cual obtuvimos una máxima de 23.013 KW en el primer día de mediciones, con lo cual según las Normas Técnicas del Servicio de Distribución (NTSD) se aplicara un factor de potencia de 0.90 debido a que la demanda es mayor a 11KW normado por las NTSD. Así mismo veremos en el capítulo 7 la no factibilidad de ingresar al Mercado Mayorista debido a la demanda que se tiene en el C.C.U.

Figura 21. Demanda Máxima por día

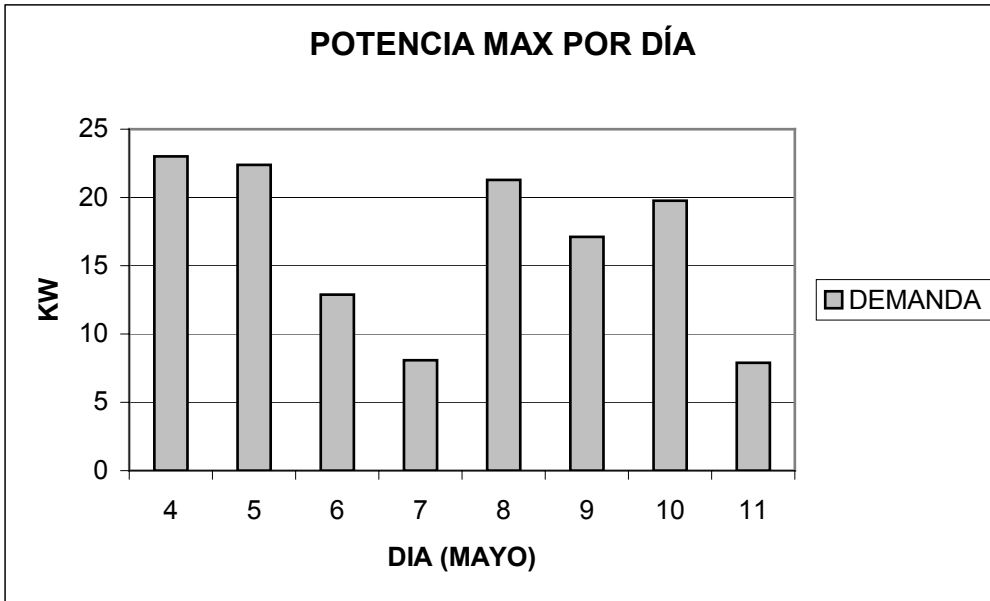
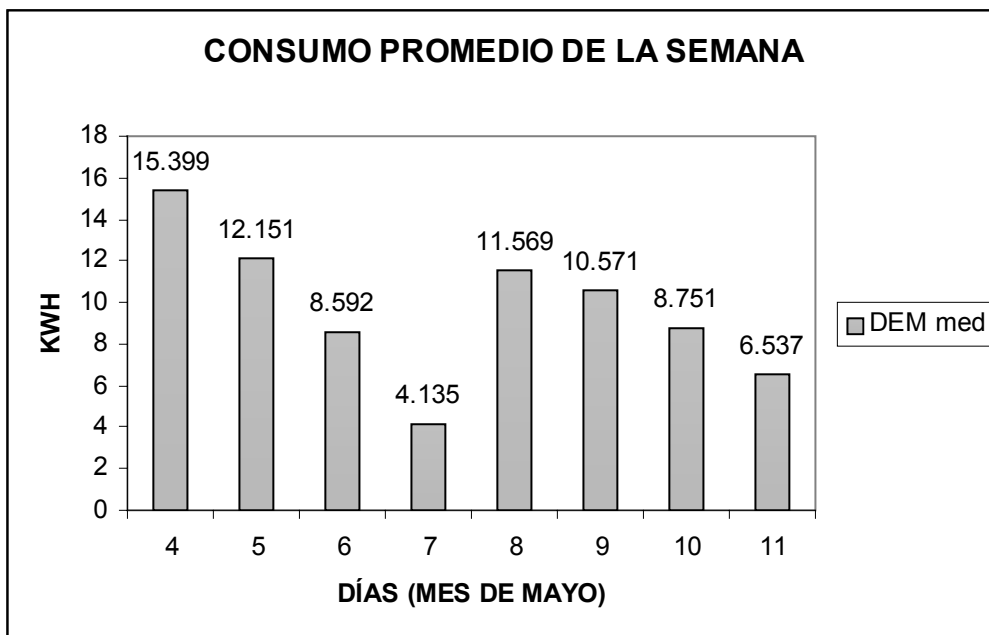


Figura 22. Consumo promedio durante la semana



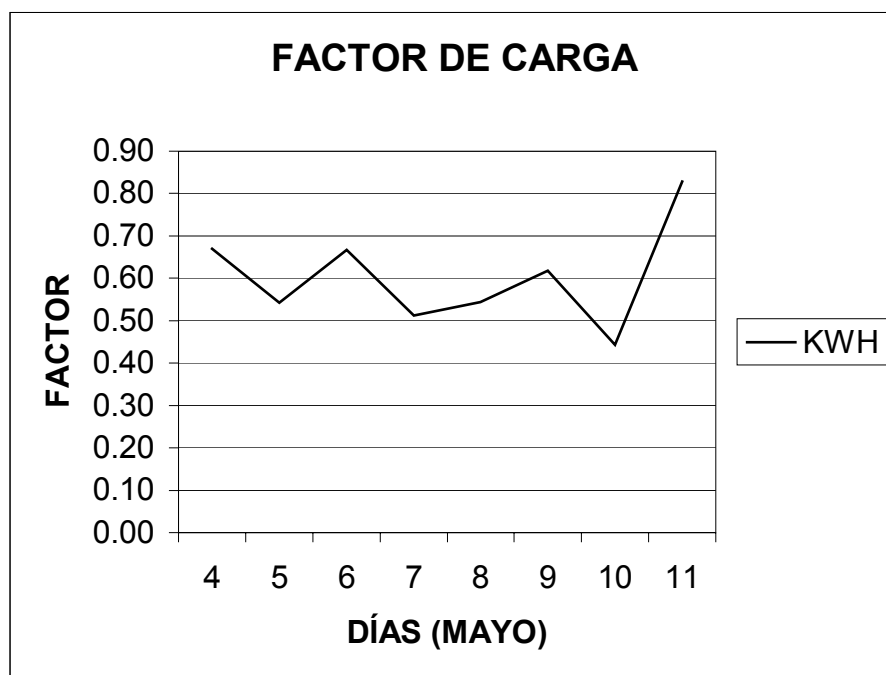
En la tabla XLII podemos observar los factores de carga del edificio del Centro Cultural Universitario (Paraninfo Universitario).

Tabla XLII. Factor de Carga del edificio del CCU

DIA	DEM med	POTENCIA max	F.C.
	KWH	KW	Dmed/Dmax
4	15.399	23.013	0.669
5	12.151	22.4	0.542
6	8.592	12.884	0.667
7	4.135	8.07	0.512
8	11.569	21.297	0.543
9	10.571	17.119	0.618
10	8.751	19.764	0.443
11	6.537	7.895	0.828

En cuanto a al factor de carga, podemos observar que la curva de carga mantiene al inicio y al final de las mediciones un consumo un poco alto en comparación a los días intermedios, aun así podemos decir que el consumo es bajo ya que el factor de carga en los días intermedios se mantiene en un valor aproximado de 0.51, y en los extremos podemos observar un factor de carga arriba de 0.8 lo que se traduce en alto consumo, esto quizás debido a la utilización de la mayoría de carga instalada en el Paraninfo y a la utilización del teatro del CCU, pero según vemos en la grafica del factor de carga, podemos considerar que la curva es de una energía baja, ya que se pueden observar picos durante las mediciones.

Figura 23. Factor de carga vrs. día



5.5 Aplicación de las tarifas

El rubro energético más costoso en algunos procesos industriales es la electricidad. La generación de energía eléctrica necesita mayor inversión de capital y considerables gastos de operación. Debido a esto, las compañías de energía eléctrica han elaborado programas de tarifas que tienden a conseguir una justa tasa de retorno del capital invertido. 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 consumo de energía (kWh), asimismo se les puede cobrar un cargo fijo por medidor.

En muchos casos, se realiza un ajuste por combustible dependiendo de sí los actuales costos del combustible son mayores que los costos proyectados incluidos en la estructura tarifaria. En los edificios del C.C.U (Paraninfo Universitario) y club deportivo “Los Arcos”, se realiza un cargo por tarifa simple sin demanda.

El cargo por consumo se basa en la cantidad de energía eléctrica usada por un consumidor en términos de KILOVATIO-HORA (Kwh.). A medida que una compañía eléctrica genera más electricidad, el aumento del costo por unidad producida disminuye hasta cierto punto; de ahí el uso de la tasa de bloque o global al determinar una tasa tarifaria; la compañía eléctrica estima lo que tiene que gastar en combustible para generar electricidad, lo cual podemos observar en la factura de la EEGSA (Anexo 6), en el renglón de cargos por generación y transporte. Mientras que en el renglón de cargos por distribución, se basan en el costo que se tienen la instalación de equipo y cableado y su posterior mantenimiento hasta la acometida de la instalación a servir.

6 DIMENSIONAMIENTO DE LOS TRANSFORMADORES

6.1 Transformadores

Como su nombre lo dice sirven para transformar la energía que viaja por líneas de alta, media y baja tensión, por las subestaciones distribuyéndola por las ciudades. Existen diversos tipos de transformadores, varían según su potencia, capacidad, el uso o aplicación; a continuación se presentan algunos:

Transformador de Potencia: Se utilizan para subtransmisión y transmisión de energía eléctrica en alta y media tensión. Son de aplicación en subestaciones transformadoras, centrales de generación y en grandes usuarios.

Transformador de Distribución: Se denomina transformadores de distribución, generalmente los transformadores de potencias iguales o inferiores a 500 kVA y de tensiones iguales o inferiores a 67 000 V, tanto monofásicos como trifásicos. Aunque la mayoría de tales unidades están proyectadas para montaje sobre postes, algunos de los tamaños de potencia superiores, por encima de las clases de 18 kV, se construyen para montaje en estaciones o en plataformas. Las aplicaciones típicas son para alimentar a granjas, residencias, edificios o almacenes públicos, talleres y centros comerciales.

6.2 Cálculo de la capacidad de los transformadores

La capacidad de los transformadores dependerá de las cargas instaladas en los edificios de Odontología y Centro Cultural Universitario (Paraninfo Universitario) y el club deportivo “Los Arcos”, con la cual se determinará el tipo de banco de transformadores a instalar. En el caso de bancos monofásicos, para determinar la capacidad de los transformadores a instalar, se debe de considerar la carga estimada en KW, utilizando un factor de potencia de 0.95 para cargas monofásicas y de 0.80 para cargas trifásicas, según la siguiente fórmula:

$$\text{KVA (demanda)} = \frac{\text{kW}}{\text{Factor de potencia}} \quad . \quad \text{Ec. 6.1}$$

En tanto que para bancos trifásicos, se debe determinar el tipo de instalación y debemos considerar la proporción que existe entre la carga monofásica y la carga trifásica, para adecuar a cada caso la conexión ideal, que puede ser delta abierta o delta cerrada. En el caso del edificio de Odontología (Paraninfo Universitario), se tiene una carga instalada en cada uno de los tableros secundarios como se ve en la tabla XLIII:

Tabla XLIII. Carga Instalada en los tableros

TABLERO	KW	UTILIZACIÓN
T1	46.84	Iluminación y Fuerza
T2	2.238	Bomba de vacío
T3	18.65	Compresor
T4	3.73	Compresor
T6	7.4	Bomba de vacío
TOTAL	78.46	

La potencia total es la sumatoria de las potencias de cada tablero lo cual nos da igual a 78.46 kW, para cargas que son predominantemente trifásicas, tenemos un factor de potencia igual a 0.8 y entonces según la ecuación 6.1, tenemos que:

$$\text{KVA (demanda)} = \frac{\text{kW}}{\text{Factor de potencia}} = \frac{46.84 \text{ kW}}{0.95} = 49.30 \text{ kVA}$$

$$\text{KVA (demanda)} = \frac{\text{kW}}{\text{Factor de potencia}} = \frac{32.01 \text{ kW}}{1.73 \times 0.8} = 23.12 \text{ kVA}$$

Entonces tenemos que para nuestro cálculo de la capacidad de los transformadores, se debe de utilizar transformadores de 50KVA cada uno en conexión delta abierta.

6.3 Ventajas y desventajas de la conexión actual

6.3.1 Ventajas de la conexión delta abierta

Es más apropiada para casos en los que la carga monofásica es comparable o mayor que la carga trifásica. Es aun más recomendable donde la carga monofásica sea más del doble que la carga trifásica. La conexión delta abierta permite que un banco de transformadores continúe en operación con solo dos de sus transformadores, permitiendo que fluya cierta cantidad de potencia aun cuando se haya removido una fase dañada.

Cuando se retira al banco uno de sus transformadores, pareciera que se podría suministrar el banco dos tercios de su potencia aparente nominal puesto que estan presentes solo dos tercios de sus transformadores, sin embargo, la realidad es que debido a que la corriente nominal es la misma en cada transformador si hay dos o tres de ellos, y el voltaje también es el mismo, así que la relación de la potencia de la salida disponible del banco en delta abierta y la potencia de salida disponible del banco trifásico normal es:

$$P_{\text{DELTA ABIERTA}} = \frac{\sqrt{3} V_{\phi} I_{\phi}}{3 V_{\phi} I_{\phi} \sqrt{3}} = \frac{1}{3} = 0.333$$

La potencia de salida disponible en el banco en delta abierta es 33.3% de la nominal del banco original. Una forma alternativa de ver la potencia en la conexión en delta abierta es que puede utilizarse el 86.6% de la potencia nominal de los dos transformadores restantes.

6.3.2 Desventajas de la conexión delta abierta

En este tipo de banco resultan voltajes secundarios desbalanceados que tienden a dañar cierto equipo trifásico, si se usa donde la carga es predominante trifásica. En estos casos hay también mucha fluctuación debido a la mala regulación. Actualmente en el edificio de Odontología (Paraninfo Universitario), se encuentra instalada una carga trifásica predominante sobre la carga monofásica, lo cual puede derivar en daños al equipo trifásico instalado, como lo son las bombas de vacío y los compresores utilizados en las clínicas odontológicas.

6.3.3 Servicio monofásico 120/240V

El servicio prestado actualmente en el Centro Cultural Universitario (Paraninfo Universitario) es el Monofásico 120/240V, el cual no presenta problema alguno ya que según las mediciones realizadas sobre la calidad de la energía, nos arroja una carga consumida de aproximadamente 23 KW para un factor de potencia de 0.90 según las normas NTSD. En el caso de las instalaciones del club deportivo Los Arcos, el mismo servicio monofásico de 120/240V sería utilizado en la nueva propuesta.

6.4 Propuesta para una nueva conexión del banco de transformadores

Tabla XLIV. Conexión actual y propuesta

EDIFICIO	CONEXIÓN ACTUAL	CONEXIÓN PROPUESTA
ODONTOLOGIA (Paraninfo Universitario)	Delta Abierta	Delta Abierta
C.C.U. (Paraninfo Universitario)	Monofásico 120/240 V	Monofásico 120/240 V
CLUB DEPORTIVO "LOS ARCOS "	Monofásico 120/240 V	Monofásico 120/240 V

6.4.1 Ventajas de la conexión delta abierta

Es mas apropiada para casos en los que la carga monofásica es comparable o mayor que la carga trifásica. Es aun más recomendable donde la carga monofásica sea más del doble que la carga trifásica. La conexión delta abierta permite que un banco de transformadores continúe en operación con solo dos de sus transformadores, permitiendo que fluya cierta cantidad de potencia aun cuando se haya removido una fase dañada.

Debido a que en el edificio de Odontología (Paraninfo Universitario) la carga monofásica es ligeramente mayor a la carga trifásica, esta conexión que actualmente se tiene en el edificio es la mas apropiada, por lo que seria recomendable dejar la mencionada conexión, aun más sabiendo que la carga trifásica del edificio, como lo son los compresores y bombas de vació, no se utilizan periódicamente.

7 EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE LOS EDIFICIOS DEL C.C.U Y ODONTOLOGÍA (PARANINFO UNIVERSITARIO) Y CLUB DEPORTIVO “LOS ARCOS” AL MERCADO MAYORISTA

En 1996, el Gobierno de la República de Guatemala puso en marcha el ordenamiento de la industria eléctrica del país, emitiendo la Ley General de Electricidad, Decreto No. 93-96 y su reglamento en el acuerdo gubernativo No. 256-97. En el artículo 44 de la Ley se crea el Administrador del Mercado Mayorista (AMM), una entidad privada, sin fines de lucro, cuyas funciones son:

- a) La coordinación de la operación de centrales generadoras, interconexiones internacionales y líneas de transporte al mínimo costo para el conjunto de operaciones del mercado mayorista, en un marco de libre contratación de energía eléctrica entre agentes del mercado mayorista.
- b) Establecer precios de mercado de corto plazo para las transferencias de potencia y energía entre generadores, comercializadores, distribuidores, importadores y exportadores; específicamente cuando no correspondan a contratos libremente pactados.
- c) Garantizar la seguridad y abastecimiento de energía eléctrica en el país.

7.1 Agentes del mercado mayorista

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 según la tabla XLV:

Tabla XLV. Requisitos del mercado Mayorista

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

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.

7.2 Requisitos para participar en el mercado mayorista

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

1 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:

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

1.2 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.

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

2 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.

3 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..

4 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..

5 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.

6 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.

En las mediciones con el analizador de la calidad de energía (modelo 3945) arrojó un consumo aproximado de 23 KW en el edificio del CCU (Parainfo Universitario), el cual no cumple con el requisito mínimo de 100 kW para su incorporación al Mercado Mayorista.

CONCLUSIONES

1. Debido al paso del tiempo, las condiciones de uso y el mantenimiento, muchas de las instalaciones eléctricas de los edificios del Paraninfo Universitario y del club “Los Arcos”, se encuentran en malas condiciones, tal el caso de centros de carga y aislamiento de conductores.
2. Con la medición de la calidad de la energía en el edificio del CCU, se pudo establecer que en las instalaciones eléctricas no existe desbalance de tensión y se cumple con el factor de potencia según las NTSD.
3. La gran mayoría de ambientes de trabajo presentan niveles de iluminación en un rango mínimo aceptado por las normas IES, según las mediciones realizadas en cada ambiente de trabajo.
4. Para que una instalación eléctrica sea segura para los usuarios y para los equipos que alimenta, se diseñó una red de tierras y pararrayos en los diferentes edificios, debido a la falta de los mismos.
5. En la evaluación para la incorporación de cada uno de los edificios al Mercado Mayorista, no se cumplió con el requisito mínimo de 100 Kw. para participar como gran usuario del mismo.

RECOMENDACIONES

1. Debido al uso y al paso del tiempo, las instalaciones eléctricas actuales de los edificios del CCU y Odontología (Parainfo Universitario) y del club “Los Arcos” necesitan cambiar muchos centros de cargas que se encuentran en mal estado y por su antigüedad ya no se encuentran del mismo modelo en el mercado.
2. Muchos de los ambientes del C.C.U. presentan ambientes con lámparas tanto fluorescentes como incandescentes, recomendándose la utilización únicamente de lámparas fluorescentes debido a su mayor vida útil y mejor rendimiento en cuanto a lúmenes/watts.
3. Debido a que no existe actualmente un sistema de red de tierras y pararrayos en los diferentes edificios, es necesario instalar redes de tierra en todos los edificios y pararrayos en los edificios del CCU y Odontología (Parainfo Universitario) para la seguridad de los usuarios y del equipo existente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Enríquez Harper, Gilberto. **Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales.** México: Editorial Limusa, 1987. 460 pp.
2. Bratu Serbán, Neagu y Eduardo Campero Littlewood. **Instalaciones eléctricas.** 2da. ed. México: Editorial Alfaomega, 1992. 227 pp.
3. Enríquez Harper, Gilberto. **El ABC de las instalaciones eléctricas industriales.** México: Editorial Limusa, 1985.
4. Fink, Donald G. y H. Wayne Beaty. **Manual de ingeniería eléctrica.** 13 ed. (volumen 2) México: Editorial McGraw Hill, 1996.
5. Foley, Joseph. **Fundamentos de instalaciones eléctricas.** México: McGraw Hill, 1983. 322 pp.
6. Méndez Celis, Luis Alfonso. Guía para el diseño de instalaciones eléctricas. Tesis Ing. Electricista. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1977. 98 pp.
7. Arriaga López, Oscar Enrique. Guía para el laboratorio de instalaciones eléctricas. Tesis Ing. Electricista. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1979. 282 pp.

8. Molina Castañeda, José Estuardo. Criterios para selección, diseño, montaje y comparación de costos en pararrayos para edificaciones aplicados en Guatemala. Tesis Ing. Electricista. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 108 pp.
9. Camarena, Pedro M. **Instalaciones eléctricas industriales**. México: Editorial Continental, 1979. 293 pp.
10. Richter, H. P. **Manual de instalaciones eléctricas**. México: Editorial Continental, 1986. 583 pp.
11. Tao, William K. Y. y Richard R. Janis. **Manual de instalaciones eléctricas y mecánicas en edificios**. (volumen 2) México: Editorial Prentice Hall, 1998.
12. Enríquez Harper, Gilberto. **El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales**. México: Editorial Limusa, 1989.

APÉNDICE A

TABLA A1. Resultados de las mediciones de aislamiento

TABLERO:TD-01 ODONTOLOGIA (PARANINFO)		
# Circuito	Resistencia entre Linea y Neutro (Ohms)	Condición del Aislamiento
1	200M	Bueno
2	100K	Defectuoso
3	0.6	Defectuoso
4	150M	Bueno
5	14M	Bueno
6	150M	Bueno
7	150M	Bueno
8	0.60M	Bueno
9	40M	Bueno
10	75M	Bueno
11	60M	Bueno
12	----	----
13	500M	Bueno
14	0.25M	Defectuoso
15	0.2M	Defectuoso
16	----	----
17	0.05M	Defectuoso
18	100K	Defectuoso
19	0.1M	Defectuoso
20	0.05M	Defectuoso
21	0.05M	Defectuoso
22	500M	Bueno
23	----	----
24	125M	Bueno
25	500M	Bueno
26	----	----
27	500M	Bueno
28	500M	Bueno

TABLA A2. Resultados de las mediciones de aislamiento

TABLERO:TD-06		
ODONTOLOGIA (PARANINFO)		
# Circuito	Resistencia entre Linea y Neutro (Ohms)	Condición del Aislamiento
1	500M	Bueno
2	500M	Bueno
3	500M	Bueno
4	0.2M	Defectuoso
5	500M	Bueno

TABLA A3. Resultados de las mediciones de aislamiento

TABLERO:TD-07		
ODONTOLOGIA (PARANINFO)		
# Circuito	Resistencia entre Linea y Neutro (Ohms)	Condición del Aislamiento
1	35M	Bueno
2	35M	Bueno
3	100M	Bueno

TABLA A4. Resultados de las mediciones de aislamiento

TABLERO:TD-08		
ODONTOLOGIA (PARANINFO)		
# Circuito	Resistencia entre Linea y Neutro (Ohms)	Condición del Aislamiento
1	1M	Bueno
2	500M	Bueno
3	500M	Bueno
4	500M	Bueno
5	500M	Bueno

TABLA A5. Resultados de las mediciones de aislamiento

TABLERO: LAB.ODONTOLOGIA ODONTOLOGIA (PARANINFO)		
# Circuito	Resistencia entre Linea y Neutro (Ohms)	Condición del Aislamiento
1	500M	Bueno
2	----	----
3	3	Defectuoso
4	500	Defectuoso
5	20M	Bueno
6	1.1	Defectuoso
7	500M	Bueno
8	1.5	Defectuoso

TABLA A6. Resultados de las mediciones de aislamiento

BOMBA DE VACIO 1 ODONTOLOGIA (PARANINFO)		
# FASE	Resistencia entre Linea y Neutro (Ohms)	Condición del Aislamiento
L1-N	INFINITO	Bueno
L2-N	INFINITO	Bueno
L3-N	INFINITO	Bueno

TABLA A7. Resultados de las mediciones de aislamiento

COMPRESOR 1 ODONTOLOGIA (PARANINFO)		
# FASE	Resistencia entre Linea y Neutro (Ohms)	Condición del Aislamiento
L1-N	INFINITO	Bueno
L2-N	INFINITO	Bueno
L3-N	INFINITO	Bueno

TABLA A8. Resultados de las mediciones de aislamiento

COMPRESOR 2 ODONTOLOGIA (PARANINFO)		
# FASE	Resistencia entre Linea y Neutro (Ohms)	Condición del Aislamiento
L1-N	INFINITO	Bueno
L2-N	INFINITO	Bueno
L3-N	INFINITO	Bueno

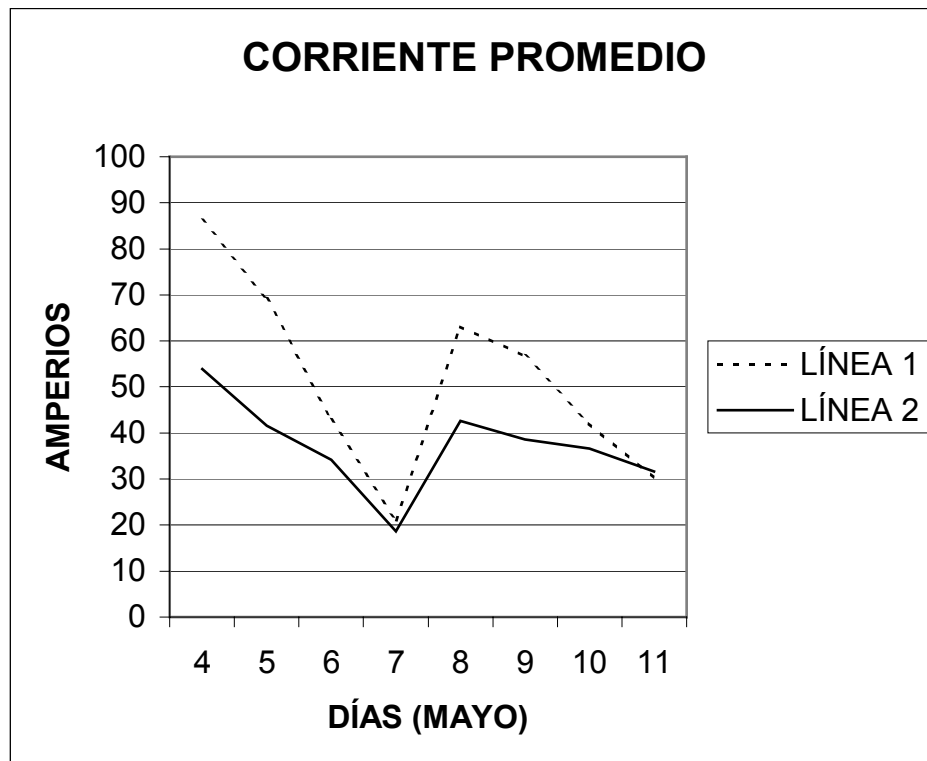
TABLA A9. Resultados de las mediciones de aislamiento

BOMBA DE AGUA 1 ODONTOLOGIA (PARANINFO)		
# FASE	Resistencia entre Linea y Neutro (Ohms)	Condición del Aislamiento
L1-N	1.5M	Bueno

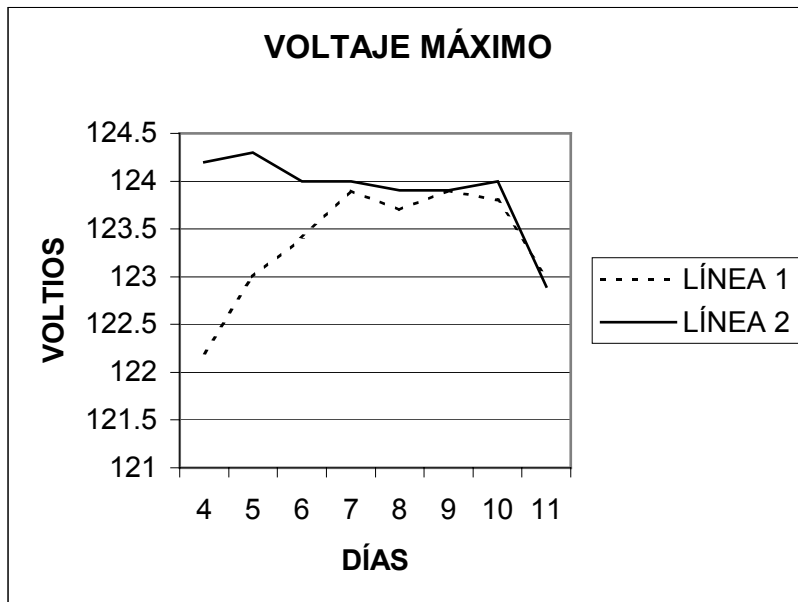
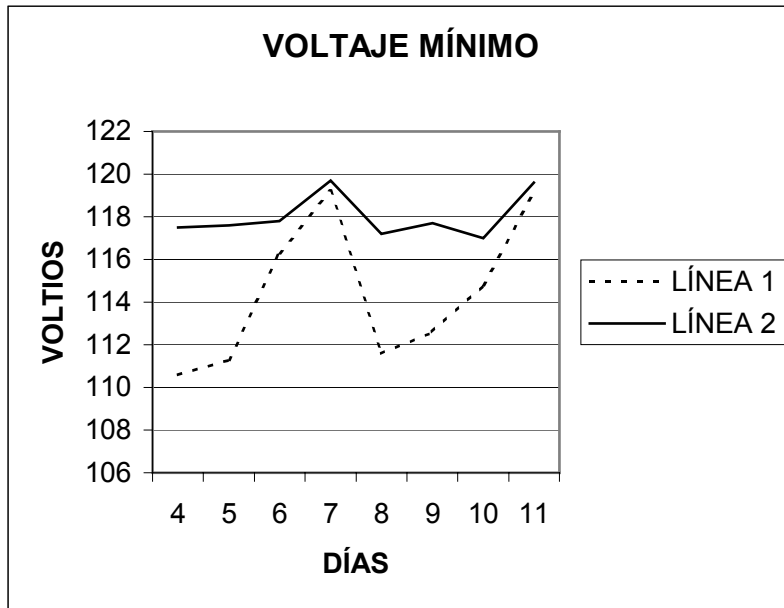
TABLA A10. Resultados de las mediciones de aislamiento

BOMBA DE AGUA CLUB LOS ARCOS		
# FASE	Resistencia entre Linea y Neutro (Ohms)	Condición del Aislamiento
L1-N	5M	Bueno

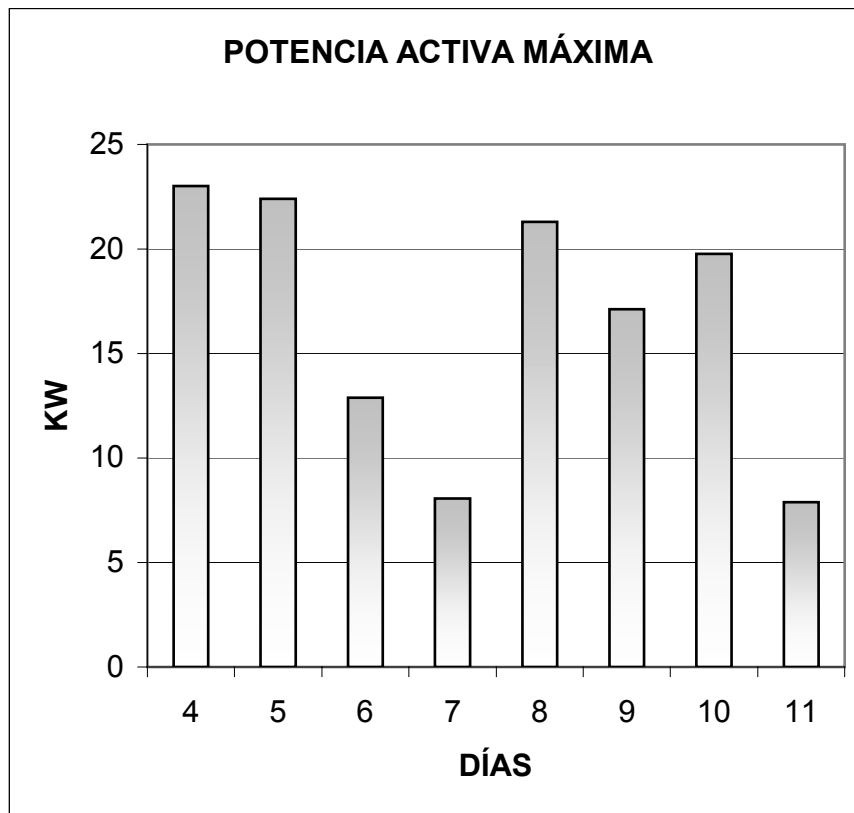
APÉNDICE B



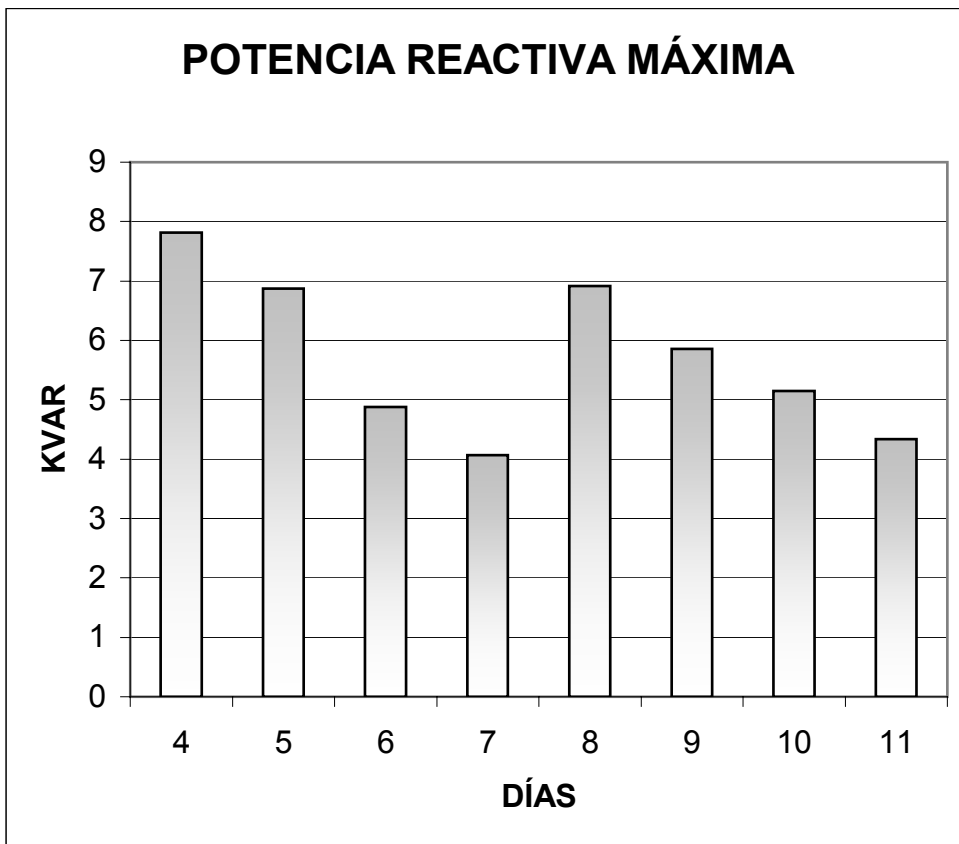
APÉNDICE C



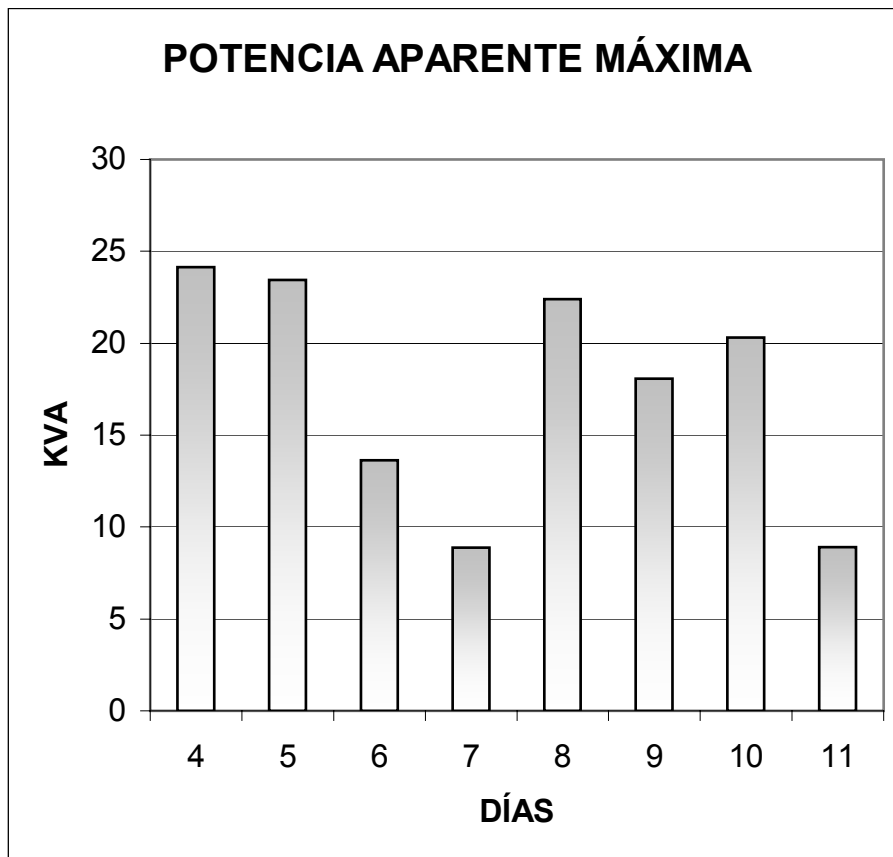
APÉNDICE D



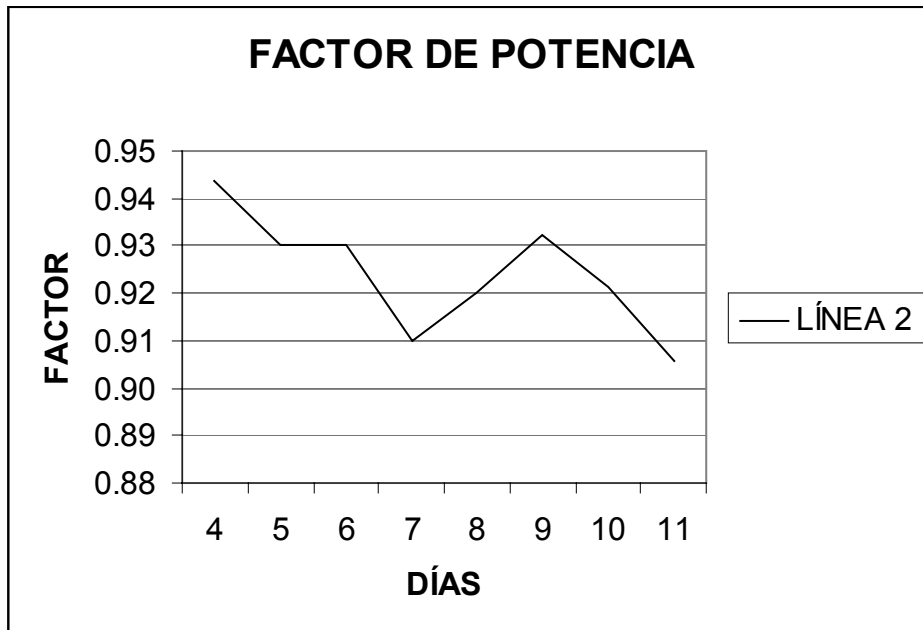
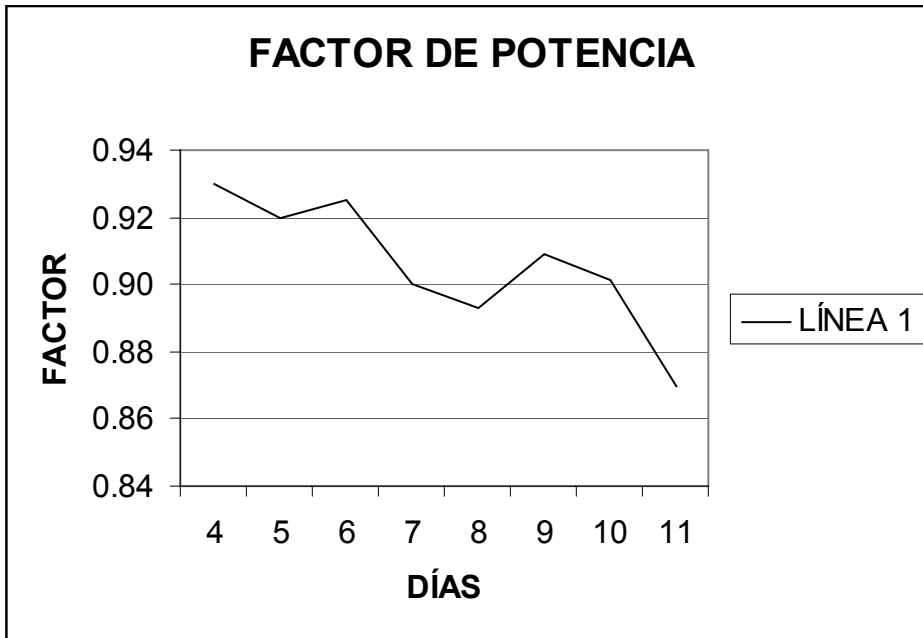
APÉNDICE E



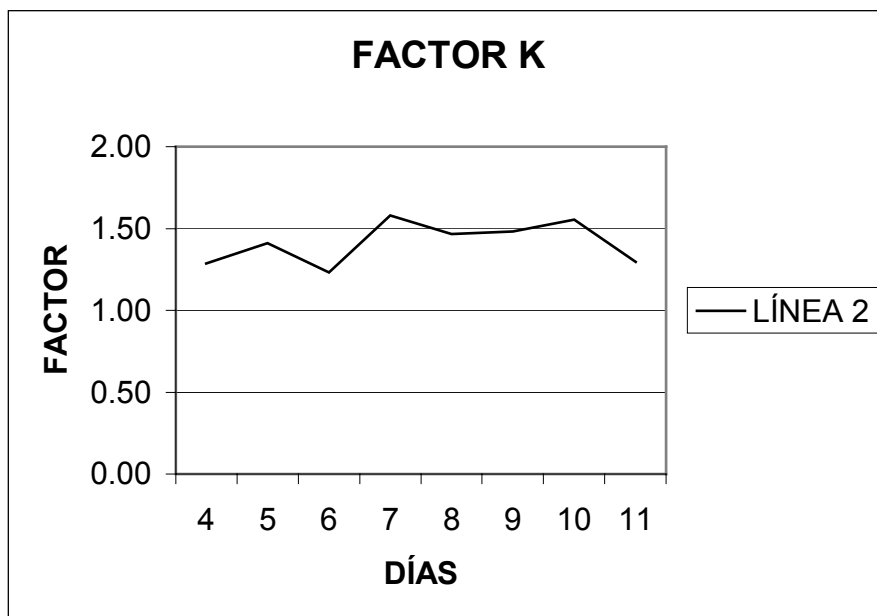
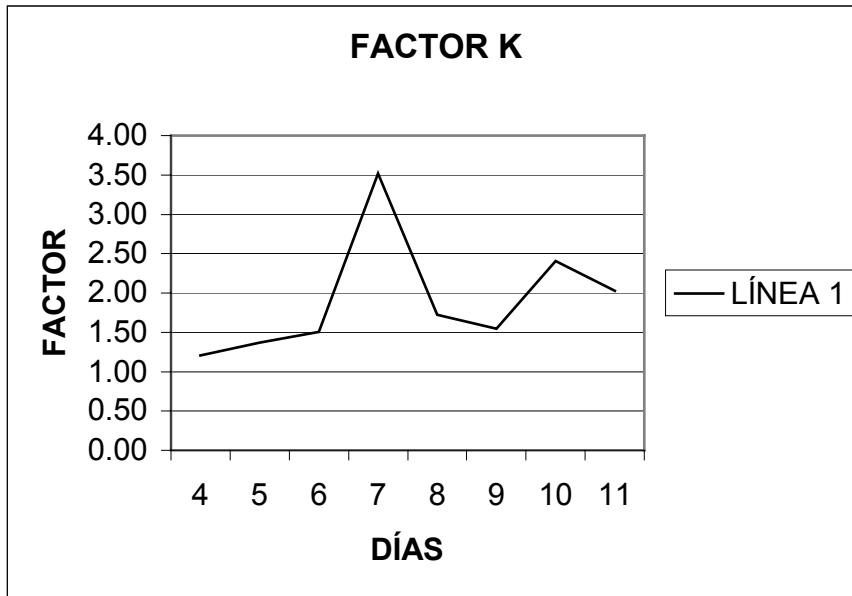
APÉNDICE F



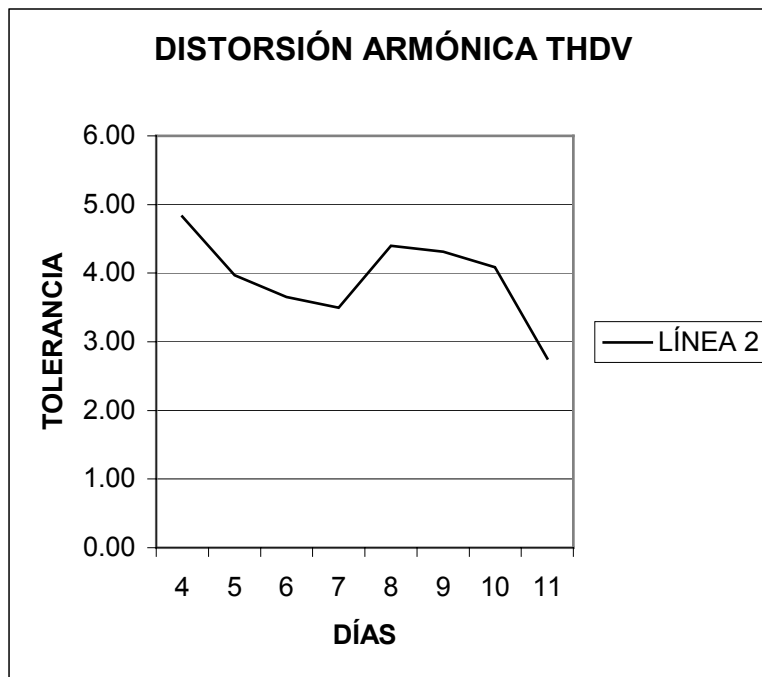
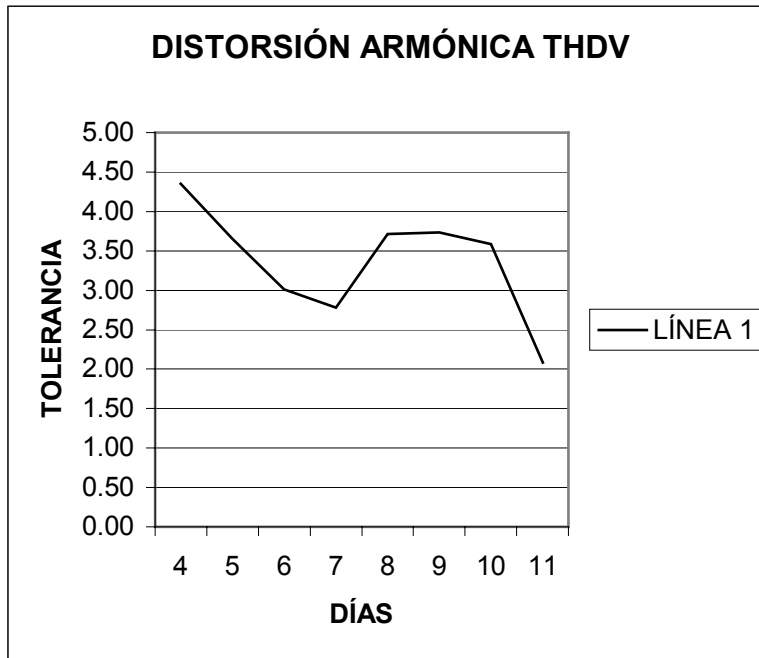
APÉNDICE G



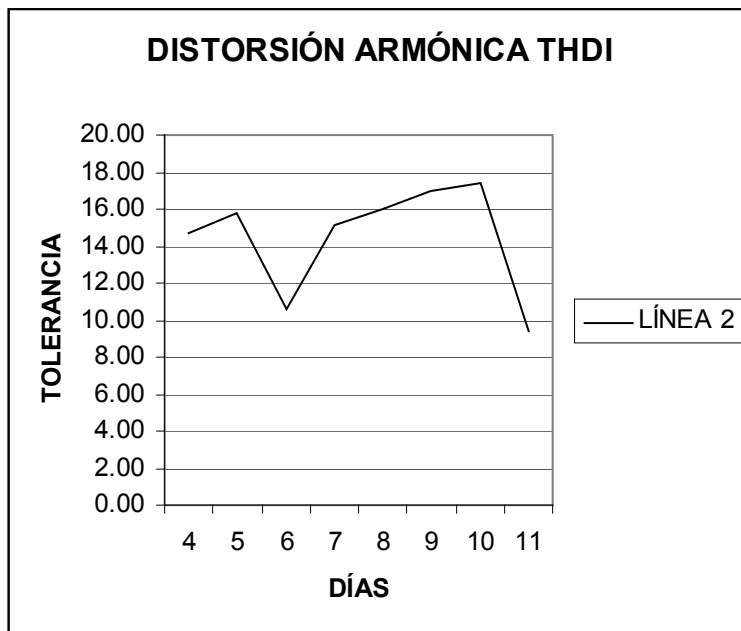
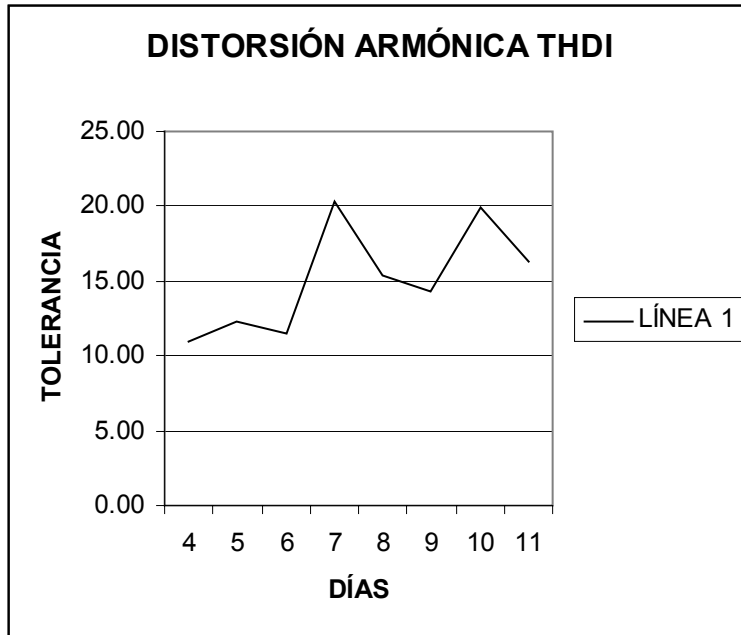
APÉNDICE H



APÉNDICE I



APÉNDICE J



APÉNDICE K

TABLA K1. Medición de luxes por medio de fotómetro.

EDIFICIO CCU		
1er. NIVEL		
AMBIENTE	FOOT-CANDLE	LUXES
Canal 33	22	236.72
Aula 1	11	118.36
Salón Marimba	12	129.12
Danza	12	129.12
Danza Vestidor 1	10	107.6
Danza Vestidor 2	10	107.6
Ensayo Estudiantina	9	96.84
Sanitario Hombres	8	86.08
Pasillos	6	64.56
Cinemateca of. 1	10	107.6
Catedra II	11	118.36
Asoc. Coral	9	96.84
Cinemateca	10	107.6
Aula 2	13	139.88
Cátedra I	12	129.12
Sanitario Mujeres	8	86.08
Salón Estudiantina	10	107.6
Cinemateca of. II	10	107.6
Lobby Salón Mayor	6	64.56
Butacas Salón Mayor	6	64.56
Pasillos Salón Mayor	3	32.28

TABLA K2. Medición de luxes por medio de fotómetro.

EDIFICIO CCU		
2do. NIVEL		
AMBIENTE	FOOT-CANDLE	LUXES
Of. DGEU	10	107.6
Of. TAU	9	96.84
EPSUM	10	107.6
Tesorería EPSUM	12	129.12
Bodega EPSUM	10	107.6
Teatro 2do. N.	11	118.36
Pasillos	8	86.08
Salón de Recepciones	12	129.12
Sanitario Hombres	7	75.32
Jefatura	13	139.88
Oficinas de Jefatura	16	172.16
DGEU	15	161.4
Sanitario Mujeres	7	75.32
Comedor	11	118.36
Pasillos Salón Mayor	3	32.28

TABLA K3. Medición de luxes por medio de fotómetro.

EDIFICIO ODONTOLOGIA		
Clínicas de Odontología 1er. NIVEL		
AMBIENTE	FOOT-CANDLE	LUXES
Secretaria	10	107.6
Laboratorio	11	118.36
Modulo 1	18	193.68
Modulo 2	35	376.6
Modulo 3	20	215.2
Sanitario	24	258.24
Pasillo	10	107.6
Sala espera	21	225.96
Laboratorio 2	11	118.36
2do. NIVEL		
Secretaria	9	96.84
Comedor	7	75.32
bodega	8	86.08

TABLA K4. Medición de luxes por medio de fotómetro.

EDIFICIO ODONTOLOGIA		
1er. NIVEL		
AMBIENTE	FOOT-CANDLE	LUXES
Salón 121	20	215.2
Salón 122	30	322.8
Lab.Odont.	9	96.84
Oficina 3	15	161.4
Salón 4	8	86.08
Comedor	35	376.6
Almacén 1	14	150.64
Almacén 2	10	107.6
Pasillo 2	3	32.28
Roent. 1	9	96.84
Roent. 2	7	75.32
Of. 1	11	118.36
Of. 2	12	129.12
Pasillo 1	4	43.04
Salón 5	9	96.84
Pasillo 3	3	32.28
Lobby	12	129.12
Auditorium	4	43.04
Salon 3	21	225.96
Salón 1	18	193.68
Salón 2	20	215.2
Cuarto Maq.	8	86.08

TABLA K5. Medición de luxes por medio de fotómetro.

EDIFICIO CSUCA 3		
AMBIENTE	FOOT-CANDLE	LUXES
Almacén 1	10	10.76
Almacén 2	8	86.08
Comedor	14	150.64
Vestidor 1	11	118.36
Vestidor 2	12	129.12

TABLA K6. Medición de luxes por medio de fotómetro.

EDIFICIO ODONTOLOGIA		
2do. NIVEL		
AMBIENTE	FOOT-CANDLE	LUXES
Oficina 1	9	96.84
Comedor	11	118.36
Pasillo 1	3	32.28
Pasillo 2	4	43.04
Pasillo 3	3	32.28
Aula 6	12	129.12
Aula 1	10	107.6
Aula 3	9	96.84
Aula 7	10	107.6
Aula 4	11	118.36
Aula 5	8	86.08
Aula 2	10	107.6

TABLA K7. Medición de luxes por medio de fotómetro.

EDIFICIO "A" club Los Arcos		
1er. NIVEL		
AMBIENTE	FOOT-CANDLE	LUXES
Salón Conf.	17	182.92
Secretaría	20	215.2
Oficina 1	19	204.44
Cocina	16	172.16
Pasillo 1	12	129.12
Oficina 4	14	150.64
Bodega	10	107.6
Baño Hombres	12	129.12
Baño Mujeres	14	150.64
Oficina 2-1	11	118.36
Oficina 2-2	11	118.36
Oficina 3	12	129.12
Baño 1	10	107.6
Sala espera	14	150.64
Vestidor Hombres	15	161.4
Vestidor Mujeres	12	129.12

TABLA K8. Medición de luxes por medio de fotómetro.

EDIFICIO CSUCA 1		
1er. Nivel		
AMBIENTE	FOOT-CANDLE	LUXES
Oficina 1	19	204.44
Oficina 2	15	161.4
Secretaria	14	150.64
Pasillo	11	118.36
Baño Mujeres	11	118.36
Baño Hombres	10	107.6
Almacén	9	96.84
Sanitario 1	10	107.6
Oficina 3	14	150.64
2do. Nivel		
Sala espera	14	150.64
Sanitario	17	182.92
Oficina Principal	18	193.68
Pasillo	9	96.84

TABLA K9. Medición de luxes por medio de fotómetro.

EDIFICIO CSUCA 2		
AMBIENTE	FOOT-CANDLE	LUXES
Oficina 1	18	193.68
Oficina 2	14	150.64
Oficina 3	12	129.12
Oficina 4	15	161.4
Oficina 5	17	182.92
Oficina 6	20	215.2
Oficina 7	18	193.68
Sala Espera	11	118.36
Archivo 1	12	129.12
Archivo 2	16	172.16
Sala Conferencia	18	193.68
Comedor	15	161.4
Pasillos	14	150.64
Baño Hombres	22	236.72
Baño Mujeres	23	247.48

APÉNDICE L

Tabla L1. Calibres para tomacorrientes.

Edificio CCU 1er. Nivel (Tomacorrientes)					
Tomacorrientes de 110V.					
Tablero	No. de	Total	Sección del	Caída Tensión	Calibre
	circuito	Tomacorrientes	conductor	e %	seleccionado
TD-01	1	5	5.26 mm2	1.94	# 10
	2	4	5.26 mm2	1.72	# 10
	3	3	5.26 mm2	1.61	# 10
	4	4	5.26 mm2	2.37	# 10
	5	5	5.26 mm2	1.54	# 10
	6	5	5.26 mm2	2.18	# 10
	7	4	5.26 mm2	2.45	# 10
	8	4	5.26 mm2	2.34	# 10
	9	3	5.26 mm2	2.18	# 10
TD-02	7	6	5.26 mm2	1.27	# 10
	8	8	5.26 mm2	1.96	# 10
	9	9	5.26 mm2	2.49	# 10
	10	5	5.26 mm2	2.2	# 10
	11	4	5.26 mm2	1.68	# 10
	12	6	5.26 mm2	2.5	# 10
	13	5	5.26 mm2	2.72	# 10
TD-02	6	6	5.26 mm2	1.52	# 10
	7	8	5.26 mm2	1.95	# 10
	8	10	5.26 mm2	2.21	# 10
	9	6	5.26 mm2	2.9	# 10

Tabla L2. Calibres para tomacorrientes.

Edificio CCU 2do. Nivel (Tomacorrientes)					
Tomacorrientes de 110V.					
Tablero	No. de	Total	Sección del	Caída Tensión	Calibre
	circuito	Tomacorrientes	conductor	e %	seleccionado
TD-01	6	5	5.26 mm2	2.33	# 10
	7	6	5.26 mm2	1.5	# 10
	8	8	5.26 mm2	2.82	# 10
	9	5	5.26 mm2	1.25	# 10
	10	8	5.26 mm2	2.99	# 10
	11	6	5.26 mm2	2.48	# 10
	12	5	5.26 mm2	1.73	# 10
	13	4	5.26 mm2	1.88	# 10
TD-05	6	8	5.26 mm2	1.34	# 10
	7	6	5.26 mm2	1.02	# 10
	8	6	5.26 mm2	1.47	# 10
	9	7	5.26 mm2	2.69	# 10
	10	6	5.26 mm2	2.23	# 10
	11	8	5.26 mm2	2.73	# 10
	12	6	5.26 mm2	2.3	# 10
	13	6	5.26 mm2	2.36	# 10
	14	6	5.26 mm2	2.77	# 10
	15	6	5.26 mm2	1.73	# 10

Tabla L3. Calibres para tomacorrientes.

Edificio Odontología 1er. Nivel (Tomacorrientes)					
Tomacorrientes de 110V.					
Tablero	No. de	Total	Sección del	Caída Tensión	Calibre
	circuito	Tomacorrientes	conductor	e %	seleccionado
TD-01	1	8	5.26 mm2	2.56	# 10
	2	7	5.26 mm2	1.88	# 10
	3	11	5.26 mm2	2.15	# 10
	4	11	5.26 mm2	1.63	# 10
	5	8	5.26 mm2	1.51	# 10
	6	6	5.26 mm2	2.47	# 10
	7	8	5.26 mm2	2.31	# 10
	8	8	5.26 mm2	2.38	# 10
	9	7	5.26 mm2	2.84	# 10
	10	10	5.26 mm2	2.8	# 10
TD-1A	1	7	5.26 mm2	2.49	# 10
	2	8	5.26 mm2	2.85	# 10
	3	8	5.26 mm2	2.99	# 10
	4	8	5.26 mm2	2.06	# 10
	5	8	5.26 mm2	1.75	# 10
TD-1B	1	7	5.26 mm2	1.64	# 10
	2	8	5.26 mm2	1.68	# 10

Tabla L4. Calibres para tomacorrientes.

Edificio Odontología 2do. Nivel (Tomacorrientes)					
Tomacorrientes de 110V.					
Tablero	No. de	Total	Sección del	Caída Tensión	Calibre
	circuito	Tomacorrientes	conductor	e %	seleccionado
TD-01	19	7	5.26 mm2	2.77	# 10
	20	7	5.26 mm2	1.7	# 10
	21	7	5.26 mm2	2.38	# 10
	22	5	5.26 mm2	1.67	# 10
TD-1B	3	7	5.26 mm2	1.5	# 10

Tabla L5. Calibres para tomacorrientes.

Edificio CSUCA, club "Los Arcos" 1er. Nivel (Tomacorrientes)					
Tomacorrientes de 110V.					
Tablero	No. de	Total	Sección del	Caída Tensión	Calibre
	circuito	Tomacorrientes	conductor	e %	seleccionado
TD-01	1	11	5.26 mm2	2.63	# 10
TD-02	3	8	5.26 mm2	2.16	# 10
	4	4	5.26 mm2	0.99	# 10
	5	7	5.26 mm2	1.71	# 10
	6	11	5.26 mm2	1.96	# 10
	7	7	5.26 mm2	1.78	# 10
TD-03	1	11	5.26 mm2	2.5	# 10

Tabla L6. Calibres para tomacorrientes.

Edificio CSUCA, club "Los Arcos" 2do. Nivel (Tomacorrientes)					
Tomacorrientes de 110V.					
Tablero	No. de	Total	Sección del	Caída Tensión	Calibre
	circuito	Tomacorrientes	conductor	e %	seleccionado
TD-01	2	11	5.26 mm2	2.01	# 10

Tabla L7. Calibres para tomacorrientes.

Edificio "A", club "Los Arcos" (Tomacorrientes)					
Tomacorrientes de 110V.					
Tablero	No. de	Total	Sección del	Caída Tensión	Calibre
	circuito	Tomacorrientes	conductor	e %	seleccionado
TD-01	1	9	5.26 mm2	1.68	# 10
	2	9	5.26 mm2	1.92	# 10
	3	9	5.26 mm2	2.62	# 10

APÉNDICE M

TABLA M1. Calibres de conductores para cada circuito.

Edificio CCU 1er. Nivel (Iluminación) Voltaje Nominal: 120V												
Tablero	CIRCUITO	eVo	eV1	eV2	eV3	eV4	S0 (# cal.)	S1 (#cal.)	S2 (3cal.)	S3 (# cal.)	S4 (cal.)	
TD-01	#	%	%	%	%	%	teo/calc	teo/calc	teo/calc	teo/calc	teo/calc	
		V	V	V	V	V						
	10	2.5	0.5	0.5	-	-	#14 / #12	#16 / #12	#16 / #12	-	-	
		3	0.6	0.6	-	-						
	11	2	1	1	-	-	#16 / #12	#14 / #12	#16 / #12	-	-	
2.4		1.2	1.2	-	-							
TD-02	1	1.5	1.5	1.5	-	-	#16 / #12	#18 / #12	#20 / #12	-	-	
		1.8	1.8	1.8	-	-						
	2	1	2	2	-	-	#14 / #12	#20 / #12	#20 / #12	-	-	
		1.2	2.4	2.4	-	-						
	3	2	1	1	-	-	#14 / #12	#20 / #12	#20 / #12	-	-	
		2.4	1.2	1.2	-	-						
	4	2.5	0.5	0.25	0.25	0.25	#10 / #12	#18 / #12	#12 / #12	#14 / #12	#12 / #12	
		3	0.6	0.6	-	-						
	5	1.5	1.5	1.5	-	-	#12 / #12	#20 / #12	#18 / #12	-	-	
		1.8	1.8	1.8	-	-						
	6	2.5	0.5	0.5	-	-	#12 / #12	#20 / #12	#20 / #12	-	-	
		3	0.6	0.6	-	-						
	TD-03	1	1.5	1.5	1.5	-	-	#16 / #12	#18 / #12	#20 / #12	-	-
			1.8	1.8	1.8	-	-					
2		1.5	1.5	0.75	0.75	0.75	#16 / #12	#20 / #12	#16 / #12	#20 / #12	#20 / #12	
		1.8	1.8	0.9	0.9	0.9						
3		2.5	0.5	0.25	0.25	0.25	#10 / #10	#18 / #12	#12 / #12	#14 / #12	#12 / #12	
		3	0.6	0.3	0.3	0.3						
4		1.5	1.5	1.5	-	-	#12 / #12	#20 / #12	#18 / #12	-	-	
		1.8	1.8	1.8	-	-						
5		2.5	0.5	0.5	-	-	#14 / #12	#20 / #12	#20 / #12	-	-	
		3	0.6	0.6	-	-						

TABLA M2. Calibres de conductores para cada circuito.

Edificio CCU 2do. Nivel (Iluminación)												
Voltaje Nominal: 120V												
Tablero	CIRCUITO	eVo	eV1	eV2	eV3	eV4	S0 (# cal.)	S1 (#cal.)	S2 (#cal.)	S3 (# cal.)	S4 (#cal.)	
TD-04	#	%	%	%	%	%	teo/calc	teo/calc	teo/calc	teo/calc	teo/calc	
		V	V	V	V	V						
	1	2	1	1	-	-	#18 / #12	#20 / #12	#20 / #12	-	-	
		2.4	1.2	1.2	-	-						
	2	2	1	1	-	-	#14 / #12	#20 / #12	#20 / #12	-	-	
		2.4	1.2	1.2	-	-						
	3	2.5	0.5	0.25	0.25	0.25	#10 / #12	#18 / #12	#12 / #12	#14 / #12	#12 / #12	
		3	0.6	0.6	-	-						
	4	2	1	1	-	-	#20 / #12	#20 / #12	#18 / #12	-	-	
		2.4	1.2	1.2	-	-						
	5	2.5	0.5	0.5	-	-	#20 / #12	#20 / #12	#20 / #12	-	-	
		3	0.6	0.6	-	-						
	TD-05	1	1	2	2	1	0.5	#12 / #12	#20 / #12	#20 / #12	#16 / #12	#18 / #12
			1.2	2.4	2.4	1.2	0.6					
2		2.5	0.5	0.5	-	-	#12 / #12	#20 / #12	#14 / #12	-	-	
		3	0.6	0.6	-	-						
3		2.5	0.5	0.5	0.5	-	#10 / #12	#14 / #12	#18 / #12	-	-	
		3	0.6	0.6	0.6	-						
4		2	1	1	-	-	#20 / #12	#20 / #12	#18 / #12	-	-	
		2.4	1.2	1.2	-	-						
5		2.5	0.5	0.5	-	-	#20 / #12	#20 / #12	#20 / #12	-	-	
		3	0.6	0.6	-	-						

TABLA M3. Calibres de conductores para cada circuito.

Edificio Odontología 1er. Nivel (Iluminación)												
Voltaje Nominal: 120V												
Tablero	CIRCUITO	eVo	eV1	eV2	eV3	eV4	S0 (# cal.)	S1 (#cal.)	S2 (#cal.)	S3 (# cal.)	S4 (#cal.)	
TD-01	#	%	%	%	%	%	teo/calc	teo/calc	teo/calc	teo/calc	teo/calc	
		V	V	V	V	V						
	11	1	2	1.5	0.25	0.5	#12 / #12	#20 / #12	#18 / #12	#12 / #12	#20 / #12	
		1.2	2.4	1.8	0.3	0.6						
	12	1.5	1	1	0.5	0.5	#20 / #12	#20 / #12	#20 / #12	#20 / #12	#20 / #12	
		1.8	1.2	1.2	0.6	0.6						
	13	1.5	1.5	1	0.5	0.25	#18 / #12	#20 / #12	#18 / #12	#20 / #12	#14 / #12	
		1.8	1.8	1.2	0.6	0.3						
	14	1.5	1.5	1.5	-	-	#20 / #12	#20 / #12	#20 / #12	-	-	
		1.8	1.8	1.8	-	-						
	15	1	2	1.5	0.5	0.5	#14 / #12	#20 / #12	#18 / #12	#16 / #12	#20 / #12	
		1.2	2.4	1.8	0.6	0.6						
	16	2	1	1	-	-	#12 / #12	#18 / #12	#20 / #12	-	-	
		2.4	1.2	1.2	-	-						
	TD-1A	6	2	1	0.5	0.5	0.5	#14 / #12	#20 / #12	#16 / #12	#18 / #12	#18 / #12
			2.4	1.2	0.6	0.6	0.6					
7		2	1	1	1	-	#12 / #12	#20 / #12	#20 / #12	#20 / #12	-	
		2.4	1.2	1.2	1.2	-						
8		2.5	0.5	0.5	0.5	-	#12 / #12	#16 / #12	#18 / #12	#16 / #12	-	
		3	0.6	0.6	0.6	-						
TD-1B	4	1.5	1.5	1.5	-	-	#20 / #12	#22 / #12	#24 / #12	-	-	
		1.8	1.8	1.8	-	-						

TABLA M4. Calibres de conductores para cada circuito.

Edificio Odontología 2do. Nivel (Iluminación)											
Voltaje Nominal: 120V											
Tablero	CIRCUITO	eVo	eV1	eV2	eV3	eV4	S0 (# cal.)	S1 (#cal.)	S2 (#cal.)	S3 (# cal.)	S4 (#cal.)
TD-01	#	%	%	%	%	%	teo/calc	teo/calc	teo/calc	teo/calc	teo/calc
		V	V	V	V	V					
	17	2	1	0.5	0.5	0.5	#16 / #12	#20 / #12	#14 / #12	#20 / #12	#20 / #12
		2.4	1.2	1.2	0.6	0.6					
	18	2	1	0.5	0.5	0.5	#18 / #12	#22 / #12	#14 / #12	#18 / #12	#16 / #12
		2.4	1.2	0.6	0.6	0.6					
TD-1B	5	2	1	1	-	-	#18 / #12	#22 / #12	#22 / #12	-	-
		2.4	1.2	1.2	-	-					

TABLA M5. Calibres de conductores para cada circuito.

Edificio CSUCA, club "Los Arcos" 2do. Nivel (Iluminación)							
Voltaje Nominal: 120V							
Tablero	CIRCUITO	eVo	eV1	eV2	S0 (# cal.)	S1 (#cal.)	S2 (#cal.)
TD-01	#	%	%	%	teo/calc	teo/calc	teo/calc
		V	V	V			
	4	1.5	1.5	1.5	#18 / #12	#20 / #12	#20 / #12
		1.8	1.8	1.8			

TABLA M6. Calibres de conductores para cada circuito.

Edificio CSUCA, club "Los Arcos" 1er. Nivel (Iluminación)													
Voltaje Nominal: 120V													
Tablero	CIRCUITO	eVo	eV1	eV2	eV3	eV4	eV5	S0 (# cal.)	S1 (#cal.)	S2 (#cal.)	S3 (# cal.)	S4 (#cal.)	S5 (#cal.)
TD-01	#	%	%	%	%	%	%	teo/calc	teo/calc	teo/calc	teo/calc	teo/calc	teo/calc
		V	V	V	V	V	V						
	3	1.5	1.5	1	0.5	0.5	0.5	#20 / #12	#28 / #12	#20 / #12	#24 / #12	#22 / #12	#22 / #12
		1.8	1.8	1.2	0.6	0.6	0.6						
TD-02	1	2	1	0.5	0.5	0.5	-	#20 / #12	#28 / #12	#22 / #12	#22 / #12	#20 / #12	-
		2.4	1.2	0.6	0.6	0.6	-						
	2	1	2	1	1	0.5	0.5	#16 / #12	#24 / #12	#18 / #12	#22 / #12	#18 / #12	#22 / #12
		1.2	2.4	1.2	1.2	0.6	0.6						
TD-03	2	1.5	1.5	1.5	-	-	-	#20 / #12	#28 / #12	#22 / #12	-	-	-
		1.8	1.8	1.8	-	-	-						

TABLA M7. Calibres de conductores para cada circuito.

Edificio "A", club "Los Arcos" (Iluminación)													
Voltaje Nominal: 120V													
Tablero	CIRCUITO	eVo	eV1	eV2	eV3	eV4	eV5	S0 (# cal.)	S1 (#cal.)	S2 (#cal.)	S3 (# cal.)	S4 (#cal.)	S5 (#cal.)
TD-01	#	%	%	%	%	%	%	teo/calc	teo/calc	teo/calc	teo/calc	teo/calc	teo/calc
		V	V	V	V	V	V						
	4	1	2	1	1	1	-	#16 / #12	#22 / #12	#20 / #12	#24 / #12	#18 / #12	-
		1.2	2.4	1.2	1.2	1.2	-						
	5	2	1	0.5	0.5	0.3	0.25	#18 / #12	#22 / #12	#14 / #12	#18 / #12	#14 / #12	#16 / #12
		2.4	1.2	0.6	0.6	0.3	0.3						

APÉNDICE N

TABLA N1. Número total de lámparas calculadas.

Edificio del CCU (Paraninfo Universitario)															
AMBIENTE	L (m)	A (m)	H (m)	S (m ²)	HT (m)	HCL (m)	HCP (m)	FPT	LUMEN	ESPAC.	RCL	RCP	CU	E (lux)	No. LAMP.
1er. Nivel									INICIAL	MAX. (m)					
Canal 33	9.57	10.6	5.3	101.44	0.85	4.45	0.85	0.72	3000	5.34	4.42	0.85	0.48	365	9 de 4x40W
Salón Marimba	9.8	7.65	5.3	74.97	0.85	4.45	0.85	0.72	3000	5.3	5.18	0.99	0.44	200	4 de 4x40W
Danza	10.6	9.57	5.3	101.44	0	5.3	0	0.72	3000	6.36	5.27	0.00	0.44	225	6 de 4x40W
Danza Vestidor	4.69	7	5.3	32.83	0.85	4.45	0.85	0.72	3200	5.34	7.92	1.51	0.37	105	4 de 1x40W
Ensayo Estudiantina	9.8	7.65	5.3	74.97	0.85	4.45	0.85	0.72	3000	5.3	5.19	0.99	0.44	205	4 de 4x40W
Sanitario Hombres	4.65	4.37	5.3	20.32	0.85	4.45	0.85	0.72	3200	5.4	9.21	1.89	0.27	125	2 de 2x40W
Pasillos	32.43	3.52	5.3	114.15	0	5.3	0	0.72	3200	4.52	8.35	0.00	0.36	55	8 de 1x40W
Cinemateca 1	5.4	4.37	5.3	23.60	0.85	4.45	0.85	0.72	3200	5.4	9.21	1.76	0.28	165	3 de 2x40W
Cátedra II	7.65	10	5.3	76.50	0.8	4.5	0.8	0.72	3000	5.4	5.20	0.92	0.44	300	6 de 4x40W
Asoc. Coral	7.65	10	5.3	76.50	0.8	4.5	0.8	0.72	3000	5.4	5.20	0.92	0.44	300	6 de 4x40W
Cinemateca 2	4.69	7	5.3	32.83	0.85	4.45	0.85	0.72	3200	5.34	7.92	1.51	0.33	185	4 de 2x40W
Aula 2	7.65	10	5.3	76.50	0.8	4.5	0.8	0.72	3000	5.4	5.20	0.92	0.44	300	6 de 4x40W
Cátedra I	7.65	10	5.3	76.50	0.8	4.5	0.8	0.72	3000	5.4	5.20	0.92	0.44	300	6 de 4x40W
Sanitario Mujeres	5.4	4.37	5.3	23.60	0.85	4.45	0.85	0.72	3200	5.4	9.21	1.76	0.28	160	2 de 2x40W
Salón Estudiantina 1	4.65	4.37	5.3	20.32	0.85	4.45	0.85	0.72	3200	5.4	9.21	1.89	0.27	125	2 de 2x40W
Lobby Salón Mayor	15.3	4.3	8.7	65.79	0	5.3	0	0.72	3200	6.36	7.89	0.00	0.33	100	4 de 2x40W
Butacas Salón Mayor	20	8.45	8.7	169.00	0	4.35	0	0.69	3000	5.22	3.66	0.00	0.53	105	8 de 2x32W
Pasillos Salón Mayor	20	3.95	5.3	79.00	0	5.3	0	0.69	3000	5.22	8.03	0.00	0.41	65	3 de 2x32W
Maquillaje	7.55	4.5	5.3	33.98	0.85	4.45	0.85	0.72	3000	5.22	7.89	1.51	0.33	250	3 de 4x40W
Entrada/ingreso artistas	4.5	7	5.3	31.50	0.85	4.45	0.85	0.72	3200	5.34	8.12	1.55	0.32	185	4 de 2x40W

TABLA N2. Número total de lámparas calculadas.

Edificio del CCU (Parainfo Universitario)															
AMBIENTE	L (m)	A (m)	H (m)	S (m2)	HT (m)	HCL (m)	HCP (m)	FPT	LUMEN	ESPAC.	RCL	RCP	CU	E (lux)	No. LAMP.
2do. Nivel									INICIAL	MAX. (m)					
Direcc. DGEU	7.5	4.7	5.3	35.25	0.85	4.45	0.85	0.72	3000	5.34	7.70	1.47	0.48	375	4 de 4x40W
EPSUM	10.6	9.57	5.3	101.44	0.85	4.45	0.85	0.72	3000	5.34	4.42	0.85	0.48	370	9 de 4x40W
Tesorería EPSUM	7.5	4.7	5.3	35.25	0.85	4.45	0.85	0.72	3200	5.34	7.70	1.47	0.38	200	4 de 2x40W
Pasillos	32.43	3.52	5.3	114.15	0	5.3	0	0.72	3200	4.52	8.35	0.00	0.36	65	9 de 1x40W
Salón de Recepciones	9.4	7.5	5.3	70.50	0.85	4.45	0.85	0.72	3200	5.34	5.33	1.02	0.45	175	6 de 2x40W
Sanitario Hombres	4.65	4.37	5.3	20.32	0.85	4.45	0.85	0.72	3200	5.4	9.21	1.89	0.27	125	2 de 2x40W
Jefatura	7.65	4.69	5.3	35.88	0.85	4.45	0.85	0.72	3200	5.34	7.65	1.46	0.34	175	4 de 2x40W
Oficinas de Jefatura	7.5	9.74	5.3	73.05	0.85	4.45	0.85	0.72	3000	5.34	5.25	1.00	0.44	310	6 de 4x40W
DGEU	10.6	9.57	5.3	101.44	0.85	4.45	0.85	0.72	3000	5.34	4.42	0.85	0.48	370	9 de 4x40W
Sanitario Mujeres	5.4	4.37	5.3	23.60	0.85	4.45	0.85	0.72	3200	5.4	9.21	1.76	0.28	110	2 de 2x40W
Comedor	7.65	4.7	5.3	35.96	0.85	4.45	0.85	0.72	3000	5.34	7.64	1.46	0.35	340	3 de 4x40W
Pasillos Salón Mayor	20	3.95	5.3	79.00	0	5.3	0	0.69	3000	5.22	8.03	0.00	0.41	65	3 de 2x32W
Teatro	19.6	7.65	5.3	149.94	0	5.3	0	0.72	3000	5.34	4.82	0.00	0.44	200	8 de 4x40W
Of. TAU	7.65	10	5.3	76.50	0.8	4.5	0.8	0.72	3000	5.4	5.20	0.92	0.44	300	6 de 4x40W

TABLA N3. Número total de lámparas calculadas.

Edificio de Odontología (Paraninfo Universitario)															
Clínicas de Odontología															
AMBIENTE	L (m)	A (m)	H (m)	S (m2)	HT (m)	HCL (m)	HCP (m)	FPT	LUMEN	ESPAC.	RCL	RCP	CU	E (lux)	No. LAMP.
1er. NIVEL									INICIAL	MAX. (m)					
Secretaria	4	3.7	2.75	14.80	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.28	4.94	2.21	0.49	300	2 de 2x40W
Laboratorio	2.8	3	2.75	8.40	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.28	6.56	2.93	0.37	400	2 de 2x40W
Modulo 1	2	3.7	2.75	7.40	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.28	7.32	3.27	0.35	225	1 de 2x40W
Modulo 2	2	3.7	2.75	7.40	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.28	7.32	3.27	0.35	225	1 de 2x40W
Modulo 3	2	3.7	2.75	7.40	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.28	7.32	3.27	0.35	225	1 de 2x40W
Sala espera	3.7	2.2	2.75	8.14	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.28	6.89	3.08	0.35	200	1 de 2x40W
Laboratorio 2	2.5	1.8	2.75	4.50	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	3.04	9.08	4.06	0.49	500	1 de 2x40W
2do. NIVEL															
Secretaria	7.5	3.6	2.75	27.00	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.28	3.91	1.75	0.52	350	4 de 2x40W
Comedor	8	3.6	2.75	28.80	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.28	3.83	1.71	0.52	335	4 de 2x40W
Bodega	3.3	2.4	2.75	7.92	0	2.75	0	0.72	3200	2.28	9.90	0.00	0.27	160	1 de 2x40W

TABLA N4. Número total de lámparas calculadas.

Edificio de Odontología (Paraninfo Universitario)															
AMBIENTE	L (m)	A (m)	H (m)	S (m2)	HT (m)	HCL (m)	HCP (m)	FPT	LUMEN	ESPAC.	RCL	RCP	CU	E (lux)	No. LAMP.
1er. Nivel									INICIAL	MAX. (m)					
Salón 121	6.2	5.9	2.75	36.58	0.85	1.9	0.85	0.8	3200	3.04	3.14	1.41	0.64	275	3 de 2x40W
Salón 122	6.2	5.9	2.75	36.58	0.85	1.9	0.85	0.8	3200	3.04	3.14	1.41	0.64	275	3 de 2x40W
Lab.Odont.	19.6	11.9	5.7	233.24	0.85	4.85	0.85	0.72	3000	5.82	3.28	0.57	0.54	485	24 de 4x40W
Oficina 3	4.1	2.2	2.75	9.02	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.28	6.64	2.97	0.37	375	2 de 2x40W
Salón 4	4.1	3.5	2.75	14.35	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.28	5.03	2.25	0.44	280	2 de 2x40W
Comedor	7.9	7.7	5.5	60.83	0.85	4.65	0.85	0.72	3000	5.58	5.96	1.09	0.41	235	4 de 4x40W
Almacén 1	8.9	3.9	2.75	34.71	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.28	3.50	1.57	0.63	170	4 de 1x40W
Almacén 2	8.9	4.1	2.75	36.49	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.28	3.38	1.51	0.64	165	4 de 1x40W
Pasillo 2	6.4	2.8	2.75	17.92	0	2.75	0	0.72	3200	3.3	7.06	0.00	0.41	105	2 de 1x40W
Roent. 1	7.7	3.8	2.75	29.26	0.85	1.9	0.85	0.8	3200	3.04	3.73	1.67	0.6	315	3 de 2x40W
Roent. 2	7.7	3.8	2.75	29.26	0.85	1.9	0.85	0.8	3200	3.04	3.73	1.67	0.6	315	3 de 2x40W
Of. 1	3.9	2.9	2.75	11.31	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.28	5.71	2.56	0.41	335	2 de 2x40W
Of. 2	2.9	2.2	2.75	6.38	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.28	7.59	3.40	0.34	250	1 de 2x40
Pasillo 1	27.1	2.9	2.75	78.59	0	2.75	0	0.72	3200	3.3	5.25	0.00	0.5	130	9 de 1x40W
Salón 5	4.1	4.25	2.75	17.43	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.28	4.55	2.04	0.46	365	3 de 2x40W
Pasillo 3	7.9	3.7	2.75	29.23	0	2.75	0	0.72	3200	3.3	5.46	0.00	0.49	120	3 de 1x40W
Lobby	10	6.7	5.7	67.00	0.85	4.85	0.85	0.72	3000	5.82	6.04	1.06	0.4	310	6 de 4x40W
Auditorium	19.6	8	5.5	156.80	0	5.5	0	0.72	3200	5.82	4.84	0.00	0.42	100	8 de 2x40W
Salón 3	8.4	3.9	2.75	32.76	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.28	3.57	1.60	0.62	350	8 de 1x40W
Salón 1	6.2	5.9	5.5	36.58	0.85	4.65	0.85	0.72	3000	2.28	7.69	1.41	0.55	400	4 de 4x40W
Salón 2	6.2	5.9	5.5	36.58	0.85	4.65	0.85	0.72	3000	2.28	7.69	1.41	0.55	400	4 de 4x40W
Cuarto maq.	10	7.5	2.75	75	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.28	2.22	0.99	0.58	425	6 de 4x40W

TABLA N5. Número total de lámparas calculadas.

Edificio de Odontología (Parainfo Universitario)															
AMBIENTE	L (m)	A (m)	H (m)	S (m2)	HT (m)	HCL (m)	HCP (m)	FPT	LUMEN	ESPAC.	RCL	RCP	CU	E (lux)	No. LAMP.
2do. Nivel									INICIAL	MAX. (m)					
Oficina 1	7.95	2.61	2.75	20.75	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.28	4.83	2.16	0.45	400	4 de 2x40W
Comedor	7.95	3.75	2.75	29.81	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.65	3.73	1.67	0.52	240	3 de 2x40W
Pasillo 1	26.6	2.95	2.75	78.47	0	2.75	0	0.72	3200	4.4	5.18	0.00	0.64	130	7 de 1x40W
Pasillo 2	7.8	2.5	2.75	19.50	0	2.75	0	0.72	3200	4.4	7.26	0.00	0.4	95	2 de 1x40W
Pasillo 3	6.9	3.1	2.75	21.39	0	2.75	0	0.72	3200	4.4	6.43	0.00	0.38	85	2 de 1x40W
Aula 6	5.9	4.15	2.75	24.49	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.28	3.90	1.74	0.52	300	3 de 2x40W
Aula 1	6.3	5.9	2.75	37.17	0.85	1.9	0.85	0.8	3200	3.04	3.12	1.39	0.63	260	3 de 2x40W
Aula 3	8.4	3.98	2.75	33.43	0.85	1.9	0.85	0.8	3200	3.04	3.52	1.57	0.61	280	3 de 2x40W
Aula 7	8.4	3.98	2.75	33.43	0.85	1.9	0.85	0.8	3200	3.04	3.52	1.57	0.61	280	3 de 2x40W
Aula 4	5.7	3.3	2.75	18.81	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.28	4.55	2.03	0.47	345	3 de 2x40W
Aula 5	4.15	6.6	2.75	27.39	0.85	1.9	0.85	0.72	3200	2.28	3.73	1.67	0.52	260	3 de 2x40W
Aula 2	6.3	5.9	2.75	37.17	0.85	1.9	0.85	0.8	3200	3.04	3.12	1.39	0.63	260	3 de 2x40W

TABLA N6. Número total de lámparas calculadas.

Edificio "A" club Los Arcos															
AMBIENTE	L (m)	A (m)	H (m)	S (m2)	HT (m)	HCL (m)	HCP (m)	FPT	LUMEN	ESPAC.	RCL	RCP	CU	E (lux)	No. LAMP.
									INICIAL	MAX. (m)					
Salón Conf.	5.6	4.8	2.98	26.88	0.85	2.13	0.85	0.72	3200	2.56	4.12	1.64	0.5	255	3 de 2x40W
Secretaría	5.3*	8.33**	2.98	22.06	0.85	2.13	0.85	0.72	3200	3	2.36	0.75	0.98	165	2 de 2x40W
Oficina 1	5.3*	8.33**	2.98	22.06	0.85	2.13	0.85	0.72	3200	3	2.36	0.75	0.98	165	1 de 2x40W
Cocina	3.44	2.45	2.98	8.43	0.85	2.13	0.85	0.72	3200	2.56	7.44	2.97	0.34	175	1 de 2x40W
Pasillo 1	7	3.3	2.98	23.10	0	2.98	0	0.72	3200	3.57	6.64	0.00	0.35	140	2 de 2x40W
Oficina 4	3.44	2.45	2.98	8.43	0.85	2.13	0.85	0.72	3200	2.56	7.44	2.97	0.34	185	1 de 2x40W
Bodega	2.98	1.67	2.98	4.98	0.85	2.13	0.85	0.72	3200	2.56	9.95	3.97	0.27	250	1 de 2x40W
Baño Hombres	4	2.55	2.98	10.20	0.85	2.13	0.85	0.72	3200	2.56	6.84	2.73	0.36	325	2 de 2x40W
Baño Mujeres	4	2.55	2.98	10.20	0.85	2.13	0.85	0.72	3200	2.56	6.84	2.73	0.36	325	2 de 2x40W
Oficina 2-1	3.95	2.95	2.98	11.65	0.85	2.13	0.85	0.72	3200	2.56	6.31	2.52	0.39	310	2 de 2x40W
Oficina 2-2	2.2	2.1	2.98	4.62	0.85	2.13	0.85	0.72	3200	2.56	9.91	3.96	0.27	275	1 de 2x40W
Oficina 3	4.65	3.95	2.98	18.37	0.85	2.13	0.85	0.72	3200	2.56	4.99	1.99	0.44	225	2 de 2x40W
Sala espera	3.93	1.97	2.98	7.74	0.85	2.13	0.85	0.72	3200	2.55	8.12	3.24	0.32	190	1 de 2x40W
Vestidor Hombres	10.9	3.65	2.98	39.79	0.85	2.13	0.85	0.72	3200	3.12	3.89	1.55	0.66	190	5 de 1x40W
Vestidor Mujeres	8.37	3.65	2.98	30.55	0.85	2.13	0.85	0.72	3200	3.12	4.19	1.67	0.51	115	4 de 1x40W
* Área															
** Perimetro															

TABLA N7. Número total de lámparas calculadas.

Edificio 1 CSUCA															
AMBIENTE	L (m)	A (m)	H (m)	S (m2)	HT (m)	HCL (m)	HCP (m)	FPT	LUMEN	ESPAC.	RCL	RCP	CU	E (lux)	No. LAMP.
									INICIAL	MAX. (m)					
1er. Nivel															
Oficina 1	3.75*	11.78**	2.92	22.09	0.85	2.07	0.85	0.72	3200	2.04	2.27	1.17	0.6	475	1 de 4x40W
Secre./Of. 2	7.32	3	2.92	21.96	0.85	2.07	0.85	0.72	3200	2.48	4.86	2.00	0.45	375	4 de 2x40W
Pasillo	3.72	2	2.47	7.44	0	2.47	0	0.72	3200	2.96	9.49	0.00	0.32	100	1 de 1x40W
Baño Mujeres	2.62	2	2.47	5.24	0.85	1.62	0.85	0.72	3200	2.96	7.14	3.75	0.3	130	1 de 1x40W
Baño Hombres	2.62	2	2.47	5.24	0.85	1.62	0.85	0.72	3200	2.96	7.14	3.75	0.3	130	1 de 1x40W
Almacén	3.2	1.53	2.92	4.90	0.85	2.07	0.85	0.72	3200	2.96	10.00	4.11	0.31	150	1 de 1x40W
Oficina 3	4.2	2.65	2.47	11.13	0.85	1.62	0.85	0.72	3200	2.48	4.99	2.62	0.44	360	2 de 2x40W
2do. Nivel															
Sala espera	7.32	3	2.49	21.96	0.85	1.64	0.85	0.72	3200	2.48	3.85	2.00	0.45	375	4 de 2x40W
Sanitario	2.17	2.02	2.49	4.38	0.85	1.64	0.85	0.72	3200	2.96	7.84	4.06	0.33	175	1 de 1x40W
Oficina Principal	3.75*	11.78**	2.92	22.09	0.85	2.07	0.85	0.72	3200	2.04	2.27	1.17	0.6	475	1 de 4x40w
Pasillo	2.24	2.01	2.49	4.50	0.85	1.64	0.85	0.72	3200	2.96	7.74	4.01	0.33	170	1 de 1x40W
* Area															
** Perimetro															

TABLA N8. Número total de lámparas calculadas.

Edificio 2 CSUCA															
AMBIENTE	L (m)	A (m)	H (m)	S (m2)	HT (m)	HCL (m)	HCP (m)	FPT	LUMEN	ESPAC.	RCL	RCP	CU	E (lux)	No. LAMP.
									INICIAL	MAX. (m)					
Oficina 1	3.8	2.82	2.8	10.72	0.85	1.95	0.85	0.72	3200	2.34	6.02	2.63	0.4	345	2 de 2x40W
Oficina 2	3.8	2.82	2.8	10.72	0.85	1.95	0.85	0.72	3200	2.34	6.02	2.63	0.4	345	2 de 2x40W
Oficina 3	3.8	2.82	2.8	10.72	0.85	1.95	0.85	0.72	3200	2.34	6.02	2.63	0.4	345	2 de 2x40W
Oficina 4	3.8	2.82	2.8	10.72	0.85	1.95	0.85	0.72	3200	2.34	6.02	2.63	0.4	345	2 de 2x40W
Oficina 5	3.8	2.82	2.8	10.72	0.85	1.95	0.85	0.72	3200	2.34	6.02	2.63	0.4	345	2 de 2x40W
Oficina 6	3.8	2.82	2.8	10.72	0.85	1.95	0.85	0.72	3200	2.34	6.02	2.63	0.4	345	2 de 2x40W
Oficina 7	3.8	2.82	2.8	10.72	0.85	1.95	0.85	0.72	3200	2.34	6.02	2.63	0.4	345	2 de 2x40W
Sala Espera	3.8	2.82	2.8	10.72	0.85	1.95	0.85	0.72	3200	2.34	6.02	2.63	0.44	190	2 de 1x40W
Archivo 1	3.8	2.82	2.8	10.72	0.85	1.95	0.85	0.72	3200	2.34	6.02	2.63	0.4	175	1 de 2x40W
Archivo 2	3.8	2.82	2.8	10.72	0.85	1.95	0.85	0.72	3200	2.34	6.02	2.63	0.4	175	1 de 2x40W
Sala Conferencia	3.8	2.82	2.8	10.72	0.85	1.95	0.85	0.72	3200	2.34	6.02	2.63	0.4	345	2 de 2x40W
Comedor	3.8	2.82	2.8	10.72	0.85	1.95	0.85	0.72	3200	2.34	6.02	2.63	0.4	175	1 de 2x40W
Pasillos	16.92	1.8	2.8	30.46	0	2.8	0	0.72	3200	3.36	8.61	0.00	0.35	160	6 de 1x40W
Sanitarios	3.6	2.92	2.8	10.51	0.85	1.95	0.85	0.72	3200	2.3	6.05	2.64	0.57	125	1 de 1x40W

TABLA N9. Número total de lámparas calculadas.

Edificio 3 CSUCA															
AMBIENTE	L (m)	A (m)	H (m)	S (m2)	HT (m)	HCL (m)	HCP (m)	FPT	LUMEN	ESPAC.	RCL	RCP	CU	E (lux)	No. LAMP.
									INICIAL	MAX. (m)					
Almacén 1	4.5	3.89	2.8	17.51	0.85	1.95	0.85	0.72	3200	2.34	4.67	2.04	0.46	245	2 de 2x40W
Almacén 2	4.5	4.5	2.8	20.25	0.85	1.95	0.85	0.72	3200	2.34	4.33	1.89	0.49	225	2 de 2x40W
Comedor	8.39	2.85	2.8	23.91	0.85	1.95	0.85	0.8	3200	3.12	4.58	2.00	0.51	220	4 de 1x40W
Vestidor 1	8.39	3.28	2.8	27.52	0.85	1.95	0.85	0.72	3200	2.34	4.13	1.80	0.55	140	3 de 1x40W
Vestidor 2	8.39	3.28	2.8	27.52	0.85	1.95	0.85	0.72	3200	2.34	4.13	1.80	0.55	140	3 de 1x40W

APÉNDICE O

TABLA O1. Equipos para mantenimiento y su aplicación.

EQUIPO	USO O APLICACIÓN
Escaleras	para personal gracias a su poco peso y mayor maniobrabilidad
Andamiajes portátiles	de mayor movilidad que las escaleras ya que pueden llevar equipo y herramienta mas completos
Aspiradores y sopladores	para retirar el polvo y la suciedad de los artefactos y reflectores del alumbrado
Jabones o detergentes no abrasivos o ásperos	para lavar y limpiar pantallas reflectores y otros equipos similares
Megger de Aislamiento	para comprobar el estado del aislamiento de los conductores de la instalación eléctrica
Tubos fluorescentes de 40W	recambio para situaciones en que acaba la vida útil de los tubos fluorescentes
Interruptores simples	recambio para posibles fallos en el encendido y apagado de las lámparas
Tomacorrientes de 110V	recambio para posibles fallos
Breakers de 1x20A	cuando se presenta cortocircuitos y así no se interrumpe la energía durante mucho tiempo
Multimetro digital	para mediciones de corriente, voltaje y Continuidad
Cinta de aislar	para casos en los que se necesite
Destornilladores	para usos en las instalaciones eléctricas
Esponja y waibe	para limpieza general

TABLA O2. Periodos y beneficios del mantenimiento.

MANTENIMIENTO	MATERIALES	PERIODO	BENEFICIOS
Rejillas del artefacto de alumbrado	esponja y cepillo	cada 3 meses	Eliminación de polvo
Tubos fluorescentes	jabón, esponja y agua	cada 3 meses	Eliminación de polvo
Parte superior y exterior de los artefactos de alumbrado	aspiradora, cepillo y esponja	cada 3 meses	Remoción de suciedad y adherencia de polvo
Parte interior de los artefactos de alumbrado	Brocha comun aspiradora y waipe	cada 3 meses	Remoción de suciedad y adherencia de polvo
Terminales de los interruptores	Destornilladores	cada año	Falsos contactos
Terminales de los tomacorrientes	Destornilladores	cada año	Falsos contactos
Aislamiento de los conductores	Megger de aislamiento	cada año	Estado del aislamiento, evitar posibles corto circuitos.
Terminales de varillas de tierra	cepillo y lija	cada 6 meses	Remoción de suciedad y sarro en las terminales
Tableros	cepillo, soplador y waipe	cada 3 meses	Remoción de suciedad y adherencia de polvo

ANEXO 1


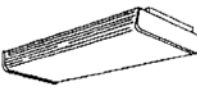
TABLA 1. Rangos de iluminancia en LUX.

RANGO	LUXES	DESCRIPCIÓN
A	20-30-50	Áreas públicas, alrededores oscuros
B	50-75-100	Áreas de orientación, corta permanencia
C	100-150-200	Trabajos ocasionales simples
D	200-300-500	Trabajos de gran contraste o tamaño.
		Lectura de originales y fotocopias buenas.
		Trabajo sencillo de inspección o de banco.
E	500-750-1000	Trabajos de contraste medio o tamaño pequeño.
		Lectura a lápiz, fotocopias pobres, trabajos
		Moderadamente difíciles de montaje o banco.
F	1000-1500-2000	Trabajos de poco contraste o muy pequeño
		Tamaño, ensamblaje difícil, etc.
G	2000-3000-5000	Lo mismo durante periodos prolongados.
		Trabajo muy difícil de ensamble, inspección o de banco.
H	5000-7500-10000	Trabajos muy exigentes y prolongados.
I	10000-15000-20000	Trabajos muy especiales, salas de cirugía.

Fuente: Normas IES de los Estados Unidos.

ANEXO 2

TABLA 1. Coeficientes de utilización.

Separación no superior a: "h" por altura de montaje.		Techo			80%			70%			50%		
		Pared	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%		
Categoría V  2 lámparas T-12 430 mA. Envoltura prismática 30 cm ancha.	h = 1.2	RCL*											
		1	0.68	0.65	0.63	0.65	0.63	0.61	0.61	0.60	0.58		
		2	0.60	0.56	0.53	0.58	0.55	0.52	0.55	0.52	0.49		
		3	0.54	0.49	0.45	0.52	0.48	0.45	0.50	0.46	0.43		
		4	0.49	0.43	0.40	0.47	0.43	0.39	0.45	0.41	0.38		
		5	0.44	0.38	0.34	0.43	0.38	0.34	0.40	0.36	0.33		
		6	0.40	0.34	0.30	0.38	0.34	0.30	0.37	0.32	0.29		
		7	0.36	0.31	0.27	0.35	0.30	0.26	0.33	0.29	0.26		
		8	0.32	0.27	0.24	0.32	0.27	0.23	0.30	0.26	0.23		
		9	0.29	0.24	0.21	0.28	0.24	0.20	0.27	0.23	0.20		
10	0.27	0.22	0.18	0.26	0.21	0.18	0.25	0.21	0.18				
Categoría V  4 lámparas T-12 430 mA. Envoltura prismática 60 cm ancha.	h = 1.2	1	0.66	0.64	0.61	0.64	0.62	0.60	0.61	0.59	0.57		
		2	0.59	0.55	0.52	0.57	0.54	0.51	0.55	0.52	0.49		
		3	0.53	0.48	0.45	0.52	0.48	0.44	0.49	0.46	0.43		
		4	0.48	0.43	0.39	0.47	0.42	0.39	0.45	0.41	0.38		
		5	0.43	0.38	0.34	0.42	0.37	0.34	0.40	0.36	0.33		
		6	0.39	0.34	0.30	0.38	0.34	0.30	0.36	0.32	0.29		
		7	0.35	0.30	0.26	0.34	0.30	0.26	0.33	0.29	0.26		
		8	0.32	0.27	0.23	0.31	0.26	0.23	0.30	0.26	0.23		
		9	0.28	0.24	0.20	0.28	0.23	0.20	0.27	0.23	0.20		
		10	0.26	0.21	0.18	0.25	0.21	0.18	0.25	0.20	0.17		

Pcc ... Pw ... RCR	80				70				50		
	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10
0	1.07	1.07	1.07	1.07	1.01	1.01	1.01	1.01	.91	.91	.91
1	.94	.88	.82	.78	.88	.83	.78	.74	.74	.71	.67
2	.84	.74	.67	.60	.79	.70	.63	.58	.63	.57	.53
3	.75	.64	.55	.48	.71	.61	.53	.46	.54	.48	.42
4	.68	.56	.47	.40	.64	.53	.45	.38	.48	.41	.35
5	.63	.50	.40	.34	.59	.47	.39	.32	.42	.35	.30
6	.57	.44	.35	.29	.54	.42	.34	.28	.38	.31	.26
7	.53	.40	.31	.25	.50	.38	.30	.24	.34	.27	.22
8	.49	.36	.28	.22	.46	.34	.27	.21	.31	.24	.20
9	.46	.33	.25	.19	.43	.31	.24	.19	.28	.22	.17
10	.43	.30	.22	.17	.40	.29	.22	.17	.26	.20	.16

ANEXO 3

TABLA 1. Reflectancias efectivas de cavidad.

Reflectancia base de piso o techo de 30%															
Ref pared %	Relación de cavidad														
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
90	31	31	32	32	33	34	35	36	37	38	38	39	39	40	40
80	31	31	31	31	32	33	33	32	33	33	33	33	33	33	32
70	30	30	30	30	30	30	29	29	29	29	28	28	27	26	24
50	29	29	28	28	27	25	24	24	22	21	21	19	18	16	14
30	29	28	26	25	24	22	20	18	17	15	14	13	11	09	08
10	28	26	25	23	22	18	16	14	12	10	09	08	06	04	03
0	27	25	23	22	20	17	14	12	10	09	07	05	04	02	01
Reflectancia base de piso o techo de 20%															
Ref pared %	Relación de cavidad														
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
90	21	22	23	24	25	26	28	29	30	32	33	35	36	37	37
80	20	21	21	22	23	24	25	26	27	27	28	29	30	30	29
70	20	20	21	21	22	22	23	23	23	23	23	24	24	23	22
50	20	20	19	19	19	18	18	18	17	17	17	16	16	15	13
30	19	19	18	18	17	16	16	14	13	12	11	10	10	08	07
10	19	18	17	16	15	13	11	10	09	08	07	06	05	03	03
0	17	16	15	14	13	11	09	08	07	05	07	04	02	01	01

ANEXO 4

TABLA 1. Datos de lámparas fluorescentes y de balastos.

Lamp Type	Typical Lamp Number	Lamp Wattage	# of Lamps	Ballast Type	Sound Rating	Typical Input Wátage	120V Nominal Current	277V Nominal Current	Harmonics	Ballast Factor	Starting Temperature	HLI Ballast Codes	
T12 MAGNETIC													
Trigger Start	F20T12	20	1	Standard-NPF	A	26	0.58	N/A	<30	0.72	50	N	
	F20T12	20	2	Standard-NPF	A	40	0.55	N/A	<30	0.73	50	N	
	F20T12	20	1	Standard	A	26	0.27	0.12	<20	0.78	50	S	
	F20T12	20	2	Standard	A	53	0.47	0.2	<30	0.73	0	S	
Rapid Start	F40T12	40	1	STD.-NPF	A	35	0.65	N/A	<10	0.7	50	N	
	F40T12	40	2	STD.-NPF	A	65	0.58	N/A	<20	0.7	50	R	
	F40T12	40	1	Standard	A	56	0.48	0.2	<30	0.95	50	S	
	F40T12	40	2	Standard	A	96	0.8	0.36	<30	0.95	50	S	
	F40T12	40	1	Energy Saving	A	50	0.43	0.2	<20	0.95	50	E	
	F40T12	40	2	Energy Saving	A	86	0.73	0.32	<20	0.95	50	E	
	F40T12	34	1	STD.-NPF	A	35	0.65	N/A	<10	0.7	50	N	
	F40T12	34	2	STD.-NPF	A	65	0.58	N/A	<20	0.7	50	R	
	F40T12	34	1	Standard	A	48	0.48	0.2	<30	0.88	50	S	
	F40T12	34	2	Standard	A	79	0.8	0.36	<30	0.88	60	S	
	F40T12	34	1	Energy Saving	A	38	0.38	0.16	<10	0.88	60	E	
	F40T12	34	2	Energy Saving	A	72	0.63	0.27	<10	0.88	60	E	
Slimline	F48T12	39	1	Standard	C	61	0.55	0.92	<30	0.95	0	S	
	F48T12	39	1	Standard	B	102	0.92	0.39	<30	0.95	50	S	
	F72T12	57	1	Energy Saving	C	72	0.85	0.35	<30	0.9	0	E	
	F72T12	57	2	Energy Saving	C	142	1.35	0.6	<30	0.95	50	E	
	F96T12	75	1	Standard	C	90	0.85	0.35	<30	0.93	0	S	
	F96T12	75	2	Standard	B	180	1.65	0.67	<30	0.93	50	S	
High Output	F48T12HO	60	1	Standard	C	82	0.75	0.32	<20	0.95	50	S	
	F48T12HO	60	2	Standard	B	138	1.17	0.56	<20	0.96	50	S	
	F48T12HO	60	1	Standard	C	80	0.68	0.32	<20	0.91	0	L	
	F48T12HO	60	2	Standard	B	138	1.4	0.56	<20	0.94	0	L	
	F72T12HO	87	1	Standard	C	105	1.3	0.6	<15	0.94	-20	S	
	F72T12HO	87	2	Standard	C	192	1.65	0.72	<15	0.92	-20	S	
High Output	F96T12HO	112	1	Standard	C	135	1.3	0.6	<15	0.94	-20	S	
	F96T12HO	112	2	Standard	B	257	2.15	0.93	<20	0.98	-20	S	
	F96T12HO	112	2	Standard	C	237	2.05	0.88	<20	0.96	-20	E	
	F96T12HO	95	1	Standard	B	112	1.1	0.48	<20	0.9	60	S	
	F96T12HO	95	2	Standard	B	227	2.05	0.88	<20	0.92	60	S	
	F96T12HO	95	2	Energy Saving	C	207	1.85	0.8	<20	0.92	60	E	
	F96T12HO	215	1	Standard	D	230	2.1	0.88	<20	0.93	50	S	
	F96T12HO	215	2	Standard	D	375	3.3	1.35	<20	0.98	-20	S	
	T12 ELECTRONIC												
	Rapid Start	F40T12	40	1	Electronic	A	38	0.33	0.14	<20	0.95	60	A
F40T12		40	2	Electronic	A	72	0.61	0.27	<20	0.95	60	A	
F40T12		40	3	Electronic	A	107	0.91	0.39	<20	0.95	60	A	
F40T12		34	1	Electronic	A	31	0.27	0.12	<20	0.95	60	A	
F40T12		34	2	Electronic	A	60	0.51	0.22	<20	0.95	60	A	
F40T12		34	3	Electronic	A	91	0.77	0.33	<20	0.95	60	A	
Slimline	F72T12	57	1	Electronic	A	70	0.62	0.27	<20	1.1	50	A	
	F72T12	57	2	Electronic	A	110	0.95	0.41	<20	0.92	50	A	
	F96T12	75	1	Electronic	A	85	0.75	0.32	<20	1.05	50	A	
	F96T12	75	2	Electronic	A	132	1.12	0.49	<20	0.85	50	A	
	F96T12	60	1	Electronic	A	70	0.62	0.27	<20	1.05	60	A	
High Output	F96T12	60	2	Electronic	A	107	0.39	0.39	<20	0.85	60	A	
	F72T12HO	85	2	Electronic	A	164	1.4	0.61	<20	0.9	-20	A	
	F96T12HO	110	2	Electronic	A	170	1.74	0.76	<20	0.85	-20	A	
F96T12HO	95	2	Electronic	A	205	1.44	0.63	<20	0.85	50	A		

TABLA 2. Datos de lámparas fluorescentes y de balastos.

Lamp Type	Typical Lamp Number	Lamp Wattage	# of Lamps	Ballast Type	Sound Rating	Typical Input Wattage	120V Nominal Current	277V Nominal Current	Harmonics	Ballast Factor	Starting Temperature	HLI Ballast Codes
T8 ELECTRONIC												
	F17T8	17	2	Electronic	A	34	0.29	0.12	<30	0.98	50	B
	F17T8	17	3	Electronic	A	52	0.46	0.2	<30	0.98	50	B
	F17T8	17	4	Electronic	A	62	0.54	0.24	<30	0.92	50	B
	F17T8	17	1	Electronic	A	20	0.18	0.07	<10	0.88	0	T
	F17T8	17	2	Electronic	A	34	0.3	0.13	<10	0.88	0	T
	F17T8	17	3	Electronic	A	47	0.45	0.19	<10	0.88	0	T
	F17T8	17	4	Electronic	A	62	0.55	0.24	<10	0.88	0	T
	F17T8	17	1	Electronic	A	21	0.19	0.08	<10	0.85	50	4
	F17T8	17	2	Electronic	A	36	0.31	0.15	<10	0.85	50	4
	F17T8	17	3	Electronic	A	50	0.43	0.2	<10	0.85	50	4
	F32T8	32	1	Electronic	A	32	0.28	0.12	<20	0.92	50	B
	F32T8	32	2	Electronic	A	58	0.49	0.21	<20	0.88	50	B
	F32T8	32	3	Electronic	A	88	0.75	0.32	<20	0.9	50	B
	F32T8	32	4	Electronic	A	110	0.95	0.41	<20	0.85	50	B
	F32T8	32	1	Electronic	A	33	0.31	0.13	<10	0.88	0	T
	F32T8	32	2	Electronic	A	59	0.51	0.22	<10	0.88	0	T
	F32T8	32	3	Electronic	A	85	0.77	0.34	<10	0.88	0	T
	F32T8	32	4	Electronic	A	112	1.01	0.44	<10	0.88	0	T
	F32T8	32	1	Electronic	A	34	0.29	0.12	<10	0.88	50	2
	F32T8	32	2	Electronic	A	62	0.52	0.22	<10	0.88	50	2
	F32T8	32	3	Electronic	A	95	0.8	0.35	<10	0.88	50	2
	F96T8	96	1	Electronic	A	70	0.62	0.27	<30	1.1	50	B
	F96T8	96	2	Electronic	A	110	0.94	0.41	>20	0.95	50	B
High Output	F96T8HO	86	2	Electronic	A	160	1.36	0.6	<30	0.88	50	B

TABLA 3. Datos del rendimiento de la lámpara fluorescente.

Length (Feet)	Lamp	Color	Wattage	Initial Lumens	Mean Lumens	Rated Life ¹	Lamp Lumen Depreciation ²	CRI ³	HLI Lamp Code
T8 ELECTRONIC									
4	F32T8/TL730	WARM-3000K	32	2800	2550	20,000	.91	75	3G
4	F32T8/TL735	MID-3500K	32	2800	2550	20,000	.91	75	3I
4	F32T8/TL741	COOL-4100K	32	2800	2550	20,000	.91	75	3H
4	F32T8/TL830	WARM-3000K	32	3000	2800	20,000	.93	85	3T
4	F32T8/TL835	MID-3500K	32	3000	2800	20,000	.93	85	3U
4	F32T8/TL841	COOL-4100K	32	3000	2800	20,000	.93	85	3S
8	F96T8/TL730	WARM-3000K	59	5700	5190	15,000	.91	75	
8	F96T8/TL735	MID-3500K	59	5700	5190	15,000	.91	75	
8	F96T8/TL741	COOL-4100K	59	5700	5190	15,000	.91	75	
8	F96T8/TL830	WARM-3000K	59	5900	5490	15,000	.93	85	
8	F96T8/TL835	MID-3500K	59	5900	5490	15,000	.93	85	
8	F96T8/TL841	COOL-4100K	59	5900	5490	15,000	.93	85	
8	F96T8/TL730HO	WARM-3000K	86	7900	7100	18,000	.90	75	
8	F96T8/TL735HO	MID-3500K	86	7900	7100	18,000	.90	75	
8	F96T8/TL741HO	COOL-4100K	86	7900	7100	18,000	.90	75	
8	F96T8/TL830HO	WARM-3000K	86	8200	7625	18,000	.93	85	
8	F96T8/TL835HO	MID-3500K	86	8200	7625	18,000	.93	85	
8	F96T8/TL841HO	COOL-4100K	86	8200	7625	18,000	.93	85	
T12									
1 1/2	F15T12/WW	WARM-3000K	15	800	670	9000	.84	53	
1 1/2	F15T12/CW	COOL-4100K	15	800	695	9000	.87	62	
2	F20T12/WW	WARM-3000K	20	1250	1100	9000	.88	53	
2	F20T12/CW	COOL-4100K	20	1200	1050	9000	.88	62	
3	F30T12/WW/RS	WARM-3000K	30	2300	1950	18,000	.85	53	
3	F30T12/CW/RS	COOL-4100K	30	2250	1900	18,000	.84	62	
4	F40SPEC30	WARM-3000K	40	3200	2880	20,000+	.90	70	
4	F40SPEC35	MID-3500K	40	3200	2880	20,000+	.90	73	
4	F40SPEC41	COOL-4100K	40	3200	2880	20,000+	.90	70	
4	F40WW/RS/EW	WARM-3000K	34	2700	2350	20,000+	.87	53	3D
4	F40LW/RS/EW	LITE-4100K	34	2750	2400	20,000+	.87	51	3E

1. Hours of rated life at three hours per start.
2. Lamp Lumen Depreciation (LLD) is a percent of initial output at 40% of rated life (three hours per start.)
3. CRI designates color rendering index.

ANEXO 5

TABLA 1. Factores de corrección del coeficiente de utilización para reflectancias efectivas de cavidad del suelo diferentes del 20%.

Reflectancia efectiva de la cavidad del techo de 80%										
Ref pared	Relación de cavidad del local									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50%	1.08	1.07	1.05	1.05	1.04	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02
30%	1.08	1.06	1.04	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01
10%	1.07	1.05	1.03	1.02	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 del local									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50%	1.07	1.06	1.05	1.04	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02
30%	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01
10%	1.06	1.04	1.03	1.02	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 del local									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50%	1.05	1.04	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
30%	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01
10%	1.04	1.03	1.02	1.02	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 del local									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50%	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
30%	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
10%	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

ANEXO 6

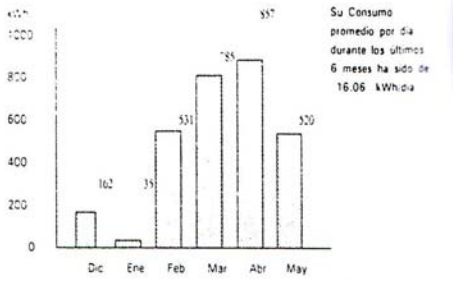
TABLA 1. Factura y tarifas de la EEGSA, edificio del C.C.U. (Paraninfo Universitario)



Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A.
6a Avenida 8-14 Zona 1
TELESERVICIO 2277-7000
NIT 32644-5

Datos del Cliente	
Nombre	CENTRO CULTURAL
Dirección de Cobro	GUATEMALA-01, 2 AVENIDA 12-40 Zona 01
Municipio	Guatemala
Departamento	GUATEMALA
Ruta	605-60420-000 721
NIT	255117-9

Historial de Consumo	
Dirección del Servicio	GUATEMALA-01, 2 AVENIDA 12-40 Zona 1
Municipio	Guatemala
Departamento	GUATEMALA



Datos de Factura y Tarifas	
Factura No.	JX-089823753
Fecha de Emisión	08/05/06
Contador	0-10378
Correlativo	658378
Tipo de Servicio	Gobierno
Tarifa	Tarifa Simple Sin Demanda
Tarifa Vigente	Mayo - Julio 2006

Datos de Lecturas			
Fecha de Lectura	Lectura kWh	Lectura kVAh	Potencia Máxima del Mes kW
Actual			
08.05.06	9933	0	0.0
Anterior			
06.04.06	9413	0	

Sujeto a pagos trimestrales (No retener ISR) Factor de Potencia 0.0000
Le hemos servido durante 32 días

Detalle de Cargos Q.			
	Precios	Consumos	Importe Q.
GENERACION Y TRANSPORTE (cobro por cuenta de terceros)			
Energía: Cargo por Generación y Transporte (Sin IVA)	1.1326 Q/kWh	520 kWh	588.35
Potencia Máxima: Cargo por Generación y Transporte (Sin IVA)	0.0000 Q/kW	0.0 kW	0.00
Total Cargo por Generación y Transporte Q. (Sin IVA)			588.35
Total Cargo Por Generación y Transporte Q. (Con IVA)			659.62
DISTRIBUCION			
Cargo Fijo por Cliente (Sin IVA)	8.4060 Q/usuario-mes		8.41
Energía: Cargo por Distribución (Sin IVA)	0.2992 Q/kWh	520 kWh	155.58
Potencia Máxima: Cargo por Distribución (Sin IVA)	0.0000 Q/kW	0.0 kW	0.00
Potencia Contratada: Cargo por Distribución (Sin IVA)	0.0000 Q/kW	0.0 kW	0.00
Total Cargo por Distribución Q. (Sin IVA)			163.99
Total Cargo por Distribución Q. (Con IVA)			183.67
Penalización por Incumplimiento a NTSD (Con IVA)			0.00
Tasa Municipal (cobro por cuenta de terceros) (Sin IVA)	Municipalidad de Guatemala		0.00
TOTAL CARGOS DEL MES Q.			843.29
Saldo Anterior de 00 meses)			0.00
I+Mora por Saldo Anterior (Con IVA)	1.00% Mensual		0.00
Total Saldo Anterior			0.00
I+Indemnización por Incumplimiento a NTSD (Con IVA)			0.00
TOTAL A PAGAR			843.29

Si cancela esta factura después del 07/06/06 tendrá un recargo por mora de Q. 8.43