

CAPITULO 3

FACULTAD DE QUIMICA, EDIFICIO A

3-1 HISTORIA

Calculada para 1200 alumnos le fue asignada a la Escuela Nacional de Ciencias Químicas, actualmente facultad de química, una fracción al sur de la gran plaza, la solución dada al programa de la escuela fue de un cuerpo principal formado por dos volúmenes que se interceptarían y al que irían ligados por medio de pórticos, otros dos edificios entre los que vendría a formarse el patio mayor, los dos volúmenes del cuerpo principal, rectangulares, contrastarían con la altura, pues sería bajo el desarrollado de norte a sur y alto, de 5 plantas, el de oriente a poniente.

Este volumen fue creado para contener los despachos y locales correspondientes a la dirección, consejo técnico, secretaria, oficinas administrativas, biblioteca para 1500 ejemplares, intendencia y casilleros para alumnos. Al sótano de esta parte fue acondicionado para el almacén.

El volumen alto de esta planta fue distribuido en sus dos terceras partes entre el vestíbulo y un pórtico, con los servicios de circulación vertical, y en lo restante a dos salones de dibujo para 30 alumnos cada uno y un local para la revista y la sociedad de alumnos.

Las cuatro plantas tipo de ese cuerpo fueron distribuidas entre 24 laboratorios con los anexos correspondientes, y 12 aulas de demostración a manera de que cada una diera servicio a los dos laboratorios. La iluminación de este cuerpo fue dada por ventanales con vista hacia el norte por lo que la circulación horizontal quedo hacia el sur. El inmueble inició actividades en el año de 1954, desde esta fecha la mayor parte de la instalación eléctrica sigue en funcionamiento sin haber sufrido cambios relevantes al diseño inicial.



DATOS GENERALES

Dependencia: Facultad de Química, Edificio A

Tipo de obra: Obra construida

Domicilio: Av. Universidad #3000

Delegación: Coyoacán

CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION

Tensión Eléctrica: 6000-220 / 127 V

Tipo de Suministro: Subestación tipo interior y Tableros Derivados en baja tensión

Capacidad del transformador: 500 KVA

Subestación: Tipo Interior con 2 tableros distribución en el local

PLANOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE EDIFICIO A, FACULTAD DE QUIMICA

1. IEA-01 Instalación Eléctrica Alumbrado de Planta baja
2. IEA-02 Instalación Eléctrica Alumbrado de Planta baja, Química General
3. IEA-03 Instalación Eléctrica Alumbrado de Planta baja, Química General, paso cubiertos
4. IEA-04 Instalación Eléctrica Alumbrado del Nivel 1
5. IEA-06 Instalación Eléctrica Alumbrado del Nivel 2
6. IEA-06 Instalación Eléctrica Alumbrado del Nivel 3
7. IEA-07 Instalación Eléctrica Alumbrado del Nivel 4
8. IEC-08 Instalación Eléctrica Contactos de Planta Baja
9. IEC-09 Instalación Eléctrica Contactos de Planta Baja, Química General
10. IEC-10 Instalación Eléctrica Contactos del Nivel 1
11. IEC-11 Instalación Eléctrica Contactos del Nivel 2
12. IEC-12 Instalación Eléctrica Contactos del Nivel 3
13. IEC-13 Instalación Eléctrica Contactos del Nivel 4
14. IECR-14 Instalación Eléctrica Contactos Regulados del Nivel 4
15. CC-15 Cuadros de Carga de Planta Baja
16. CC-16 Cuadros de Carga del Nivel 1
17. CC-17 Cuadros de Carga del Nivel 2
18. CC-18 Cuadros de Carga del Nivel 3
19. CC-19 Cuadros de Carga del Nivel 4
20. CC-20 Cuadros de Carga del Tablero de Distribución General
21. DU-21 Diagrama Unifilar

3-2 DIAGRAMA UNIFILAR

La subestación cuenta con un gabinete de distribución en el local y uno más en un local anexo que se encuentra debajo de las escaleras del edificio A, desde ambos se distribuye energía a los 110 tableros derivados de distribución que se encuentran instalados en la dependencia, los cuales se encargan de proveer energía al sistema de alumbrado, contactos y fuerza.

La función del diagrama unifilar es esquematizar la distribución de tableros, equipos instalados en la dependencia. Así como mostrar datos principales de los circuitos alimentadores como son calibres de conductores, caída de tensión, longitudes, diámetros de tuberías y características de equipos.

En el apéndice se muestra el plano DU-21 con el fin de obtener una visión general de la instalación eléctrica de esta dependencia.

3-3 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

La subestación eléctrica de la dependencia está ubicada frente al estacionamiento del edificio A de la facultad de Química, cuenta con una puerta corrediza que se encuentra en mal estado debido a que presenta dificultad para abrir y cerrar, así mismo el art. 924-7 menciona que debe estar señalado el sentido de apertura, el piso está hecho de concreto y las tapas de los registros se encuentran en lugares que permiten el libre paso del personal (art. 924-6).

El suministro de energía eléctrica se realiza por medio de la red subterránea de ciudad universitaria con cable aislado clase 6 kV tipo distribución subterránea, conductor de cobre con aislamiento XLPE y pantalla electrostática de alambres conectada sólidamente a tierra a través de terminales. En la entrada de la acometida se emplea como protección cuchillas desconectoras sin carga y fusibles marca Westinghouse tipo BA, 7.5 kV, 200 A, estilo 1585389-A. lo cual satisface los requerimientos del art. 924-10, esta línea subterránea finaliza en el transformador. Ver Fig. 1



Fig. 1

El local aloja un Transformador en aire marca IEM tipo ASN clase AA, asilamiento clase B, 500 kVA, 6000-220/127 V, por el lado de baja tensión se alimenta al equipo de medición ubicado a no más de tres metros en un tablero autosoportado marca Square D lo que permite que el dispositivo no tenga un dispositivo de protección contra sobrecorriente (art. 240.21 b); del equipo de medición se alimenta un interruptor general con capacidad de 3x1600A como medio de protección contra sobrecorriente del Tablero General de Baja Tensión "TG". Ver Fig. 2



Fig. 2

El transformador proveerá energía eléctrica a una carga instalada de 314.95 kW, considerando un factor de potencia de 0.9 tenemos una carga demandada de 349.94 kVA.

La capacidad del transformador es de 500 kVA. Calculando la corriente demandada actual en el secundario del transformador:

$$I = \frac{349.94 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 220 * 0.9} = 1020.40A$$

Para dicho valor de corriente se dimensionan soleras de cobre de 76x13 mm cuya capacidad es de 1500 A aproximadamente.

El alumbrado de la subestación se compone de 4 luminarios de 2 x 75 W distribuidos en el área del local; de los cuales sólo 3 están en funcionamiento. Así mismo y de acuerdo con el art. 924-5 b) y e) se debe contar con al menos un luminario de emergencia y un circuito derivado independiente para el alumbrado y contactos de la subestación. Se realizaron medidas de niveles de iluminación de los planos de trabajo obteniendo los datos mostrados en la tabla A.

Tipo de lugar	Iluminacia [Lx]
Frente a tableros de control	300
Áreas de maniobra	296
Equipo de medición	160

Tabla A
Niveles de iluminación en subestación

De acuerdo con el art. 924-5 los niveles de iluminación mínima sobre la superficie de trabajo son: frente a tableros de control 270 lx, área de maniobra 110 lx y equipo de medición 270 lx, por lo que la zona frente al equipo de medición no cuenta con el nivel de iluminación requerido.

La subestación no cuenta con equipo contra incendio como lo marca el art. 924-8.

El Tablero de distribución "TG", cuenta con el espacio apropiado para que el operador pueda trabajar y tener fácil acceso a los dispositivos de control conforme se establece en el artículo 924-9. Ver Fig. 3



Fig. 3

La subestación no cuenta con sistema de tierras, se utiliza la pantalla metálica de la acometida, artículo 230 Más adelante en este capítulo se propone una malla de tierra para dicha subestación la cual cumplirá con los requerimientos mínimos que establece el art. 921.

CUARTO ELÉCTRICO

El local se encuentra ubicado debajo de las escaleras principales del edificio “A”, el cual resguarda tableros autosoportados marca Square D de tecnología obsoleta, presentan partes faltantes, dañadas, suciedad, los cuales actualmente se encuentran en funcionamiento y representan un riesgo para la instalación eléctrica. De acuerdo con el art. 110-12 c) nos menciona lo siguiente: Las partes internas de los equipos eléctricos, como las barras colectoras, terminales de cables, aisladores y otras superficies, no deben estar dañadas o contaminadas por materias extrañas como restos de pintura, yeso, limpiadores, abrasivos o corrosivos. No debe haber partes dañadas que puedan afectar negativamente al buen funcionamiento. Ver Fig. 4



Fig. 4

El acceso se encuentra obstruido por lo que impide el abatimiento correcto de las puertas del local (Art 110-33); Dicho local sólo cuenta con un foco incandescente de 75 W el cual no es suficiente para dar el nivel de iluminación mínimo requerido de acuerdo al art. 924-5 b)

Tipo de lugar	Iluminacia [Lx]
Frente a tableros de control	10
Áreas de maniobra	35
Equipo de medición	85

Tabla B
Niveles de iluminación en cuarto eléctrico

De acuerdo con el art. 924-5 no se cuenta con los niveles de iluminación mínimos para poder operar de forma segura y correcta en los tableros del cuarto eléctrico.

3-4 TABLEROS DERIVADOS

La dependencia cuenta con 110 tableros derivados distribuidos en 5 niveles.

Tableros Eléctricos del Edificio "A" de la Facultad de Química									
PB	Ubicación	Nivel 1	Ubicación	Nivel 2	Ubicación	Nivel 3	Ubicación	Nivel 4	Ubicación
A	Servicios escolares	1A	Encubadora	2A	Lab. "A"	3A	Lab. "A"	4A	Lab. "A"
B	Pasillo servicios escolares	1B	Laboratorio "A"	2B	Lab. "A" Anexo	3B	Lab. "A" Anexo	4B	Lab. "A"
B1	Coordinación de carreras	1C	Anexos Lab. "A"	2C	Lab. "A" Anexo	3C	Lab. "A" Anexo	4C	Lab. "A" Anexo
C	Imprenta	1D	Anexos Lab. "A"	2D	Lab. "B" Entrada	3D	Lab. "A", área cómputo	4D	Lab. "A" Anexo
D	Lab. Física I	1E	Anexos Lab. "A"	2E	Lab. "B"	3E	Lab. "B" Entrada	4E	Lab. "B" Entrada
E	Lab. Física I	1F	Lab. "B" Entrada	2F	Lab. "B" Anexo	3F	Lab. "B"	4F	Lab. "B"
F	Metrología	1G	Lab. "B"	2G	Lab. "B" Anexo	3G	Lab. "B" Anexo	4G	Lab. "B" Anexo
G	Lab. Física II	1H	Lab "B" Anexos	2H	Lab. "C"	3H	Lab. "B" Anexo	4H	Lab. "B" Anexo
H	Cubículo estudiantil	1I	Lab "B" Anexos	2I	Lab. "C" Anexo	3I	Lab. "C"	4I	Lab. "C"
I	Reloj checador	1J	Lab. "C"	2J	Lab. "C" Anexo	3J	Lab. "C" Anexo	4J	Lab. "C" Anexo
J	Físico Química	1K	Anexos Lab. "C"	2K	Lab. "D" Entrada	3K	Lab. "C" Anexo	4K	Lab. "C" Anexo
K	Entrada farmacia	1L	Anexos Lab. "C"	2L	Lab. "D"	3L	Lab. "C" Anexo	4L	Lab. "D" Entrada
L	Química general	1M	Anexos Lab. "C"	2M	Lab. "D" Anexo	3M	Lab. "D" Entrada	4M	Lab. "D"
M	Farmacia	1N	Lab. "D" Entrada	2N	Lab. "D" Anexo	3N	Lab. "D"	4N	Lab. "D" Anexo
N	Farmacia	1O	Lab. "D"	2O	Lab. "D" Anexo	3O	Lab. "D" Anexo	4Ñ	Lab. "D" Anexo
O	Enfermería	1P	Lab "D" Anexos	2P	Lab. "E"	3P	Lab. "D" Anexo	4O	Lab. "E"
P	Regaderas	1Q	Lab "D" Anexos	2Q	Lab. "E" Anexo	3Q	Lab. "E"	4P	Lab. "E" Anexo
		1R	Baños Hombres Escaleras	2R	Lab. "E" Anexo	3R	Lab. "E" Anexo	4Q	Lab. "E" Anexo
		1S	Lab. "E"	2S	Lab. "F" Entrada	3S	Lab. "E" Anexo	4R	Lab. "F" Entrada
		1T	Lab. "E" Anexos	2T	Lab. "F"	3T	Lab. "F" Entrada	4S	Lab. "F"
		1U	Lab. "E" Anexos	2U	Lab. "F" Anexo	3U	Lab. "F"	4T	Lab. "F" Anexo
		1V	Lab. "E" Entrada	2V	Lab. "F" Anexo	3V	Lab. "F" Anexo	4U	Lab. "F" Anexo
		1W	Lab. "F"			3W	Lab. "F" Anexo	4V	Lab. "F" Anexo
		1X	Lab. "F" Anexos						
		1Y	Lab. "F" Anexos						

Tabla No.1
Tableros eléctricos del edificio A

Los tableros no están conectados al sistema de tierra física y tampoco cuentan con barra de tierra para los circuitos derivados. Varios tableros eléctricos y tuberías presentan corrosión, esto se debe a que se encuentran en laboratorios usados, como bodegas, o están cerca de residuos químicos; por otra parte ya tienen más de 50 años de servicio, por lo que están deteriorados, además hay tableros que presentan saturación de circuitos.

La mayoría de los tableros del edificio A presentan un considerable desbalance entre sus fases, esto se debe a una mala distribución de las cargas; el desbalance puede provocar caídas de tensión en las fases, calentamiento en conductores, interruptores y circuitos derivados. Véase Tabla No.2.

Tableros que presentan desbalance entre sus líneas																									
Tableros planta baja	A	B	B1	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P								
Desbalance (%)	62.5	42.3	14.3	96	60.7	12.7	43.1	38.4	35.7	33.6	43.6	81	68.7	8.37	18.8	100	82.3								
Tableros Nivel 1	1A	1B	1C	1D	1E	1F	1G	1H	1I	1J	1K	1L	1M	1O	1P	1Q	1R	1S	1T	1U	1V	1W	1X	1Y	1Z
Desbalance (%)	53.9	36	37.5	100	15.7	14.1	56.5	36.4	63.9	6.68	52.2	78.7	23.4	42.2	41.5	58.4	19.8	7.14	57.4	37.5	41.2	59.5	42.1	66.7	71.4
Tableros Nivel 2	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G	2H	2I	2J	2K	2L	2M	2O	2P	2Q	2R	2S	2T	2U	2V	2W			
Desbalance (%)	24.5	59.8	76.8	47.9	18.8	53.8	33.3	14.2	69.1	41.3	18.7	27.4	36.1	66.7	51.8	58.4	89.6	19.7	24.4	65.3	60	41.2			
Tableros Nivel 3	3A	3B	3C	3D	3E	3F	3G	3I	3J	3K	3L	3M	3N	3O	3P	3Q	3R	3S	3T	3U	3V	3W			
Desbalance (%)	5.88	46.6	75.5	41.9	52.1	18.8	69.1	47.4	33.7	53.7	25	54	18.8	60.9	56.1	13.3	81.8	68	42.6	30	76.7	71.7			
Tableros Nivel 4	4A	4B	4C	4D	4E	4F	4G	4H	4I	4J	4K	4L	4M	4N	4Ñ	4O	4P	4Q	4R	4S	4T	4U	4V	4W	
Desbalance (%)	23.1	100	23	47.3	44.2	19.1	40.6	53.7	53.8	65.3	66.5	43.7	29.4	100	50	20	71.4	65.4	20.3	33.3	45.9	38.1	76.7	71.7	

Tabla No.2
Desbalance de tableros

En los tableros derivados se registran circuitos con mayor carga que la capacidad de los interruptores, esto provoca disparos continuos y fallas en la energía, véase Tabla No.3.

CARGA > CAP INTERRUPTOR	
TABLERO	CIRCUITOS
J	7, 8, 11
P	1, 2
1G	10
1R	13, 16, 18, 20
1V	3
3T	16
3V	3
4E	3, 8

Tabla No.3
Carga mayor que la capacidad interruptiva

En algunos tableros los conductores en su trayectoria de salida están desordenados, esto crea campos electromagnéticos innecesarios que provocan calentamientos y deterioro de los aislantes que pueden ocasionar fallas y mal funcionamiento de la instalación.

En la Tabla No.4 a continuación se muestran tableros donde los interruptores no protegen a los conductores instalados es decir, la capacidad del conductor es menor que la del interruptor, por lo que este último no se dispara aun cuando el conductor llegue al límite máximo de su capacidad. Esto puede ocasionar calentamiento y corto circuito entre conductores.

La Capacidad del interruptor no protege al conductor									
Tablero	Circuitos	Tablero	Circuitos	Tablero	Circuitos	Tablero	Circuitos	Tablero	Circuitos
<i>Planta baja</i>		<i>Nivel 1</i>		<i>Nivel 2</i>		<i>Nivel 3</i>		<i>Nivel 4</i>	
A	1,5,10,12,15	1A	(19,21,23)	2B	TODOS	3B	TODOS	4B	(1,3,5)
D	2,4,6,8,10,12,14,16	1E	TODOS	2C	TODOS	3C	TODOS	4C	1,2,3,4,5,6,7,8,9 10,11,12,13,15,17
E	(8,10)11,12	1I	2,4,6,14,16,18	2G	TODOS	3G	TODOS	4J	TODOS
G	1,3,5,7,9,11,12,14,16 18,20,(22,24,26)	1L	TODOS	2I	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 (13,15,17)	3J	TODOS	4K	1,2,3,4,11
H	3	1M	(1,3,5)	2J	TODOS	3O	TODOS	4N	12
K	1	1Q	2,4,6,8,10,12,16,18	2O	5,14,16,18	3P	1,3,4,6,7,8,9,10,11,12,17	4P	1,3,5,7,9
L	3	1X	TODOS	2Q	TODOS	3S	TODOS	4U	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 11,12,13,(14,16,18)
M	38			2V	TODOS	3V	TODOS		
N	8,9,11,12			3W	TODOS	3W	TODOS		

Tabla No.4
Capacidad del interruptor no protege al conductor

En el edificio A hay varios tableros obstruidos por equipo de laboratorio, cajas, sustancias químicas o equipo de cómputo, lo que dificulta realizar maniobras en caso de emergencia, es importante que estén libres de acuerdo a las disposiciones de la NOM.

En la tabla No.5 se presenta un resumen de las anomalías que presenta cada tablero de la dependencia que es indispensable corregir para el buen funcionamiento de la instalación eléctrica.

TABLERO DESCRIPCIÓN	
A	Mal peinado, sin datos, inadecuado.
B	Tapa y tablero no corresponden.
D	Mal peinado.
E	Mal peinado, sin protección general.
F	Sucio, mal peinado, sin protección general.
I	Despeinado.
J	Obsoleto, saturado, despeinado, empalme dentro del tablero.
K	Sin tapa, sucio.
L	S/ Int. gral., bornes quemados, hilos despeinados, saturado.
M	Mal peinado, sin barra de tierra.
N	Hay empalmes dentro del tablero.
1C	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG.
1D	S/Neutro, sin interruptor general.
1F	Tablero obsoleto, sucio.
1H	Totalmente obstruido.
1I	Cables aterrizados al gabinete, obsoleto.
1J	Sucio, protecciones y calibres viejos, obsoleto.
1K	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG.
1M	Obstruido por químicos.
1O	Obsoleto, mal peinado, sucio.
1P	Obstruido.
1S	Obsoleto, sucio.
1T	Obsoleto, mal peinado, sucio.
1U	Obstruido.
1V	Obsoleto.
1W	Obsoleto, mal peinado, sucio.
1X	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG, S/Int. gral., obsoleto.
1Y	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG, S/Int. gral., mal peinado.
1Z	S/Int. gral., mal peinado, se aterrizan al gabinete los cables de tierra.
2D	Sucio.
2E	S/Tapa.
2F	Tablero sucio, obsoleto.
2I	Falta peinar, sucio.
2K	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG, obsoleto.
2N	Sin interruptor general.
2O	Obsoleto.
2Q	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG, obsoleto, sucio.
2R	Obstruido.
2T	Obsoleto.
3A	Sucio.
3B	Sucio.
3E	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG, S/Int. gral.
3G	Sucio, algo obstruido.
3H	Obstruido.
3J	Sucio.
3Q	S/Tapa.
3R	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG, S/Int. gral., obsoleto, sucio.
3S	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG, S/Int. gral., obsoleto, sucio.
3W	S/Tapa, obsoleto.
4D	Mal peinado.
4E	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG, S/Int. gral.
4G	Sucio, mal peinado.
4H	Sucio, mal peinado.
4I	Sucio, mal peinado.
4M	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG, S/Int. gral.
4Ñ	Corrosión, obstruido.
4O	Empalme incorrecto y dentro del tablero 300kCM A 2/0 AWG, S/Int. gral.
4Q	Cables sueltos dentro del tablero.
4S	Sucio, mal peinado.

Tabla No.5
Descripción de tableros

3-5 CONTACTOS Y FUERZA

La carga de fuerza y contactos es de 574, 811.32 kW y está distribuida como se muestra en la tabla No.6 Los contactos representan el 95.95% de total de la carga de fuerza y contactos.

Carga	Potencia en Watts	Cantidad					Total	Total Watts	Porcentaje
		PB	N1	N2	N3	N4			
Contactos monofásicos	180.00	312	510	463	507	500	2292	412,560.00	71.77%
Contactos bifásicos	500.00	22	7	112	30	17	188	94,000.00	16.35%
Contactos trifásicos	1,000.00	22	3	7	4	9	45	45,000.00	7.83%
Extractor 1/4 HP	186.50	19				1	20	3,730.00	0.65%
Extractor 1/3 HP	248.67		5	2		3	10	2,486.70	0.43%
Extractor 1 HP	746.00			10			10	7,460.00	1.30%
Extractor 1.5 HP	171.45				2		2	342.90	0.06%
Extractor 3/4 HP	559.50	1					1	559.50	0.10%
Extractor 100 W	100.00	1					1	100.00	0.02%
Extractor 1/8 HP	93.25	1					1	93.25	0.02%
Motor 3 HP	2,238.00					1	1	2,238.00	0.39%
Motor 1/4 HP	186.50					2	2	373.00	0.06%
Ventilador 172 W	172.00					3	3	516.00	0.09%
Secador 1/4 HP	186.50		8				8	1,492.00	0.26%
Secador 1930 W	1,930.00	2					2	3,860.00	0.67%
								574,811.35	100.00%

Tabla No.6
Contactos y fuerza

Algunos cubículos y laboratorios cuentan con equipo de cómputo e instrumentos electrónicos que son muy sensibles a fallas eléctricas (corto circuito, carga estática, caída de tensión, variación de tensión). Los fabricantes y proveedores de estos equipos no hacen valida la garantía si no se cumplen con requisitos como la conexión a tierra física aislada, línea regulada, etc.

3-6 ALIMENTADORES

En el edificio A de la Facultad de Química se verificó de manera visual que la alimentación de cada tablero no es independiente, sino que se derivan de un solo alimentador el cual proviene de un solo interruptor del tablero general de la subestación.

Cálculo de los Alimentadores por Ampacidad

<i>De TG</i>	<i>A: Tab</i>	<i>Potencia en Watts</i>	$I_{3\phi}$	<i>f. T.</i>	<i>f.a</i>	<i>f.n</i>	$I_{correctada}$	<i>Calibre alimentador AWG</i>	<i>Int Instalado</i>	<i>Calibre Recomendado</i>	<i>Int Recomendado</i>
5.B TG, 3-300 MCM, 3x300 A, 14E1294	1F	4133.10	12.05	1	1	1.25	15.06	4/0	3x100	10	3x20
	1G	7582.50	22.11	1	1	1.25	27.64	1/0	3x50	10	3x30
	1B	5044.75	14.71	1	1	1.25	18.39	2/0	3x100	10	3x20
	2 ^a	6369.83	18.57	1	1	1.25	23.22	1/0	3x100	10	3x30
	2D	5483.10	15.99	1	1	1.25	19.99	1/0	3x100	10	3x20
	2E	4095.00	11.94	1	1	1.25	14.93	1/0	3x50	10	3x20
	2J	4880.00	14.23	1	1	1.25	17.79	1/0	3x100	10	3x20
	3 ^a	4815.00	14.04	1	1	1.25	17.55	1/0	3x100	10	3x20
	3E	6570.00	19.16	1	1	1.25	23.95	1/0	Z	10	3x30
	3F	4095.00	11.94	1	1	1.25	14.93	1/0	NI	10	3x20
	4 ^a	7503.00	21.88	1	1	1.25	27.35	2/0	3x100	10	3x30
	4B	967.20	2.82	1	1	1.25	3.53	6	3x70	10	3x15
4E	7278.75	21.22	1	1	1.25	26.53	6	Z	10	3x30	
4F	4395.00	12.82	1	1	1.25	16.02	1/0	3x100	10	3x20	
5.B TG, 3-300 MCM, 3x300 A, 14E1293	1C	3600.00	10.50	1	1	1.25	13.12	2/0	3x100	10	3x20
	1D	1695.00	4.94	1	1	1.25	6.18	8	NI	10	3x15
	2C	5600.00	16.33	1	1	1.25	20.41	3/0	3x100	10	3x30
	2B	4160.00	12.13	1	1	1.25	15.16	4/0	3x100	10	3x20
	3B	3220.00	9.39	1	1	1.25	11.74	1/0	3x100	10	3x15
	4C	4926.00	14.36	1	1	1.25	17.95	1/0	3x100	10	3x20
5.B TG, 3-300 MCM, 3x250 A,	1E	5680.00	16.56	1	1	1.25	20.70	4/0	3x100	10	3x30
	3C	9000.00	26.24	1	1	1.25	32.80		3x100	8	3x40
	3D	2880.00	8.40	1	1	1.25	10.50	8	3x70	10	3x15
	4D	6851.50	19.98	1	1	1.25	24.97	1/0	3x100	10	3x30
5.B TG, 3-300 MCM, 3x600 A,	1H	4500.00	13.12	1	1	1.25	16.40			10	3x20
	2F	3612.00	10.53	1	1	1.25	13.17	300 Kcm	3x100	10	3x15
	3G	4920.00	14.35	1	1	1.25	17.93	1/0	3x100	10	3x20
	4G	4240.00	12.36	1	1	1.25	15.45	1/0	3x100	10	3x20

5.C,3x2 75 A 14E193 300 MCM	A	15980.7	46.60	1	1	1.25	58.25	6		4	3x70
	C	6097.50	17.78	1	1	1.25	22.22	4	3x125	10	3x30
5.E,3x10 0 A 14E193 3-2 AWG	B	8265.00	24.10	1	1	1.25	30.12	3/0	Z	8	3x40
	B1		0.00	1	1	1.25	0.00	8	3x100		
5.E,3x25 0 A 14E192 3/0 AWG	1 ^a	1038.00	3.03	1	1	1.25	3.78	3/0	3x225	10	3x15
3H-300 KCM 3x275 A	2U	4240.00	12.36	1	1	1.25	15.45	1/0	3x100	10	3x30
	1X	5495.00	16.02	1	1	1.25	20.03	1/0	3x100	10	3x30
	3V	4920.00	14.35	1	1	1.25	17.93	1/0	3x100	10	3x30
	4T	6770.00	19.74	1	1	1.25	24.68	2/0	3x100	10	3x30
	4U	7406.00	21.60	1	1	1.25	26.99	6	3x100	10	3x30
3H-300 KCM 3x275 A	3W	4015.00	11.71	1	1	1.25	14.63	1/0	3x100	10	3x30
	2V	3620.00	10.56	1	1	1.25	13.19	1/0	3x100	10	3x30
	1Y	1800.00	5.25	1	1	1.25	6.56	1/0	3x100	10	3x30
3H-300 KCM 3x255 A	4S	3607.50	10.52	1	1	1.25	13.15	2/0	3x50	10	3x30
	4R	5232.90	15.26	1	1	1.25	19.07	2/0	3x100	10	3x30
	4 ^o	4275.00	12.47	1	1	1.25	15.58	300 KCM	3x50	10	3x30
	3U	2340.00	6.82	1	1	1.25	8.53	1/0	3x50	10	3x30
	3T	6675.00	19.46	1	1	1.25	24.33	1/0	3x100	10	3x30
	3Q	4095.00	11.94	1	1	1.25	14.93	1/0	3x50	10	3x30
	2P	5587.00	16.29	1	1	1.25	20.36	1/0	3x100	10	3x30
	2T	6247.00	18.22	1	1	1.25	22.77	1/0	3x50	10	3x30
	2S	5370.60	15.66	1	1	1.25	19.58	1/0	3x100	10	3x30
	1Z	2160.00	6.30	1	1	1.25	7.87	8	-	10	3x30
	1W	4104.83	11.97	1	1	1.25	14.96	1/0	3x50	10	3x30
	1V	7330.40	21.37	1	1	1.25	26.72	1/0	3x100	10	3x30
1S	3900.00	11.37	1	1	1.25	14.22	1/0	3x50	10	3x30	

3H-300 KCM 3x275 A	4Ñ	3060.00	8.92	1	1	1.25	11.15	1/0	3x100	10	3x30
	3°	4420.00	12.89	1	1	1.25	16.11	1/0	3x100	10	3x30
	2N	720.00	2.10	1	1	1.25	2.62	8	-	10	3x30
	2M	4640.00	13.53	1	1	1.25	16.91	8	3x100	10	3x30
	1P	8435.00	24.60	1	1	1.25	30.74	8	3x100	8	3x40
3H-300 KCM 3x275 A	4N	540.00	1.57	1	1	1.25	1.97	1/0	3x100	10	3x30
	3P	3380.00	9.86	1	1	1.25	12.32	1/0	3x100	10	3x30
	1Q	3412.50	9.95	1	1	1.25	12.44	1/0	3x100	10	3x30
	2°	1260.00	3.67	1	1	1.25	4.59	1/0	3x100	10	3x30
3H-300 KCM 3x275 A	4P	2340.00	6.82	1	1	1.25	8.53	2/0	3x100	10	3x30
	3R	3042.90	8.87	1	1	1.25	11.09	2	3x100	10	3x30
	1T	3488.67	10.17	1	1	1.25	12.72	2/0	3x100	10	3x30
	2Q	2620.00	7.64	1	1	1.25	9.55	2/0	3x100	10	3x30
3H-300 KCM 3x275 A	4Q	3620.00	10.56	1	1	1.25	13.19	1/0	3x100	10	3x30
	3S	4380.00	12.77	1	1	1.25	15.96	1/0	3x100	10	3x30
	2R	3200.00	9.33	1	1	1.25	11.66	1/0	3x100	10	3x30
	1U	3600.00	10.50	1	1	1.25	13.12	1/0	3x100	10	3x30
5.A TG, 3H-300 MCM, 3 x 600 A, DB25	1L	3380	9.86	1	1	1.25	12.32	2/0	-	10	3 x 20
	1M	6127.5	17.87	1	1	1.25	22.33	8	1 x 50	10	3 x 30
	3K	8760	25.54	1	1	1.25	31.93	1/0	3 x 100	8	3 x 40
	3L	1260	3.67	1	1	1.35	4.59	8	3 x 100	10	3 x 15
	4K	5740	16.74	1	1	1.25	20.92	4/0	3 x 100	10	3 x 30
5.B TG, 3H-300 MCM, 3 x 300 A, 14E1294	D	7760	22.63	1	1	1.25	28.28	6	3 x 50	10	3 x 30
	E	8093.75	23.60	1	1	1.25	29.50	8	NI	10	3 x 30
	F	2523.75	7.36	1	1	1.25	9.20	10	NI	10	3 x 15
	G	11392	33.22	1	1	1.25	41.52	6	3 x 100	6	3 x 50
	1J	5268.75	15.36	1	1	1.25	19.20	1/0	3 x 50	10	3 x 20
	10	7665	22.35	1	1	1.25	27.94	1/0	3 x 50	10	3 x 30
	1N	3145.9	9.17	1	1	1.25	11.47	2/0	3 x 100	10	3 x 20
	2H	5587	16.29	1	1	1.25	20.36	1/0	3 x 50	10	3 x 30

	2K	5190.6	15.14	1	1	1.25	18.92	1/0	3 x 100	10	3 x 20
	2L	6517	19.00	1	1	1.25	23.75	1/0	3 x 50	10	3 x 30
	3L	4095	11.94	1	1	1.25	14.93	1/0	3 x 50	10	3 x 15
	3M	6127	17.87	1	1	1.25	22.33	2/0	3 x 100	10	3 x 30
	3N	4095	11.94	1	1	1.25	14.93	1/0	3 x 50	10	3 x 15
	4I	6630	19.33	1	1	1.25	24.17	300 KCM	3 x 50	10	3 x 30
	4L	5515	16.08	1	1	1.25	20.10	2/0	3 x 50	10	3 x 30
5.A TG, 3H- 300 MCM, 3 x 275 A, 14E1293	1K	1940	5.66	1	1	1.25	7.07	2/0	3 x 100	10	3 x 15
	2L	3840	11.20	1	1	1.25	14.00	1/0	3 x 100	10	3 x 15
	3J	5060	14.75	1	1	1.25	18.44	2	3 x 100	10	3 x 20
	4J	1580	4.61	1	1	1.25	5.76	1/0	3 x 100	10	3 x 15
	4M	4095	11.94	1	1	1.25	14.93	1/0	3 x 50	10	3 x 15
MCM, 3 x 250, 14E1292	1I	3380	9.86	1	1	1.25	12.32	2/0	3 x 100	10	3 x 15
	2G	1260	3.67	1	1	1.25	4.59	1/0	3 x 100	10	3 x 15
	4H	8140	23.74	1	1	1.25	29.67	1/0	3 x 100	10	3 x 30

Tabla No. 7
Alimentadores por ampacidad

Calculo de alimentadores por caída de tensión

NIVEL	DE GABINETE	A TABLERO	PRIMER TRAMO						SEGUNDO TRAMO						CONDUCTOR CALCULADO				
			POTENCIA TOTAL	I TRIFASICA	LONGITUD	CONDUCTOR	S (mm2)	CAIDA DE TENSION	POTENCIA TABLERO	VOLTAJE	I TRIFASICA	LONGITUD	CONDUCTOR	S (mm2)	CAIDA DE TENSION	LONGITUD	S (e%=2)	CONDUCTOR SELECCIONADO	CAIDA DE TENSION
PLANTA BAJA	SUBESTACION	A	32308.75	94.21	47.00	300 KCM	152.00	0.46	15890.75	218.99	46.34	13.00	6 AWG	13.30	0.72	60.00	21.89	2 AWG	1.30
	SUBESTACION	B	10605.00	30.92	22.00	2 AWG	33.60	0.32	8265.00	219.30	24.10	13.50	3/0 AWG	85.00	0.06	35.50	6.74	8 AWG	1.61
	SUBESTACION	B1	10605.00	30.92	22.00	2 AWG	33.60	0.32	2340.00	219.30	6.82	19.00	8 AWG	8.37	0.24	41.00	2.20	8 AWG	0.53
	SUBESTACION	C	32308.75	94.21	13.00	300 KCM	152.00	0.13	6098.00	219.72	17.78	7.00	4 AWG	21.20	0.09	20.00	2.80	8 AWG	0.67
	SUBESTACION	D	89605.75	261.28	19.50	300 KCM	152.00	0.53	7760.00	218.84	22.63	11.00	6 AWG	13.30	0.30	30.50	5.43	8 AWG	1.30
	SUBESTACION	E	89605.75	261.28	19.50	300 KCM	152.00	0.53	8093.75	218.84	23.60	11.50	8 AWG	8.37	0.51	31.00	5.76	8 AWG	1.38
	SUBESTACION	F	89605.75	261.28	13.00	300 KCM	152.00	0.35	2523.75	219.23	7.36	12.00	10 AWG	5.26	0.27	25.00	1.45	8 AWG	0.35
	SUBESTACION	G	89605.75	261.28	30.00	300 KCM	152.00	0.81	13392.50	218.21	39.05	8.25	6 AWG	13.30	0.38	38.25	11.76	6 AWG	1.77
	CUARTO ELEC	H	5035.00	14.68	10.50	300 KCM	152.00	0.02	5035.00	219.96	14.68	8.00	8 AWG	8.37	0.22	18.50	2.14	8 AWG	0.51
	CUARTO ELEC	I	42635.60	124.32	30.50	300 KCM	152.00	0.39	6710.00	219.14	19.57	14.00	8 AWG	8.37	0.52	44.50	6.85	8 AWG	1.64
	CUARTO ELEC	J	42635.60	124.32	41.50	300 KCM	152.00	0.53	17644.00	218.82	51.45	11.00	1/0 AWG	53.50	0.17	52.50	21.27	2 AWG	1.27
	CUARTO ELEC	K	42635.60	124.32	41.50	300 KCM	152.00	0.53	5705.00	218.82	16.64	28.20	6 AWG	13.30	0.56	69.70	9.13	6 AWG	1.37
	CUARTO ELEC	L	42635.60	124.32	41.50	300 KCM	152.00	0.53	3806.50	218.82	11.10	27.50	1/0 AWG	53.50	0.09	69.00	6.03	6 AWG	0.91
	CUARTO ELEC	M	38947.00	113.57	41.50	350 KCM	177.00	0.42	35463.00	219.08	103.41	24.30	1/0 AWG	53.50	0.74	65.80	53.57	2/0 AWG	1.59
	CUARTO ELEC	N	38947.00	113.57	41.50	350 KCM	177.00	0.42	3484.00	219.08	10.16	24.80	1/0 AWG	53.50	0.07	66.30	5.30	8 AWG	1.27
	CUARTO ELEC	O	42635.60	124.32	41.50	300 KCM	152.00	0.53	2512.50	218.82	7.33	62.00	10 AWG	5.26	1.37	103.50	5.97	8 AWG	1.43
CUARTO ELEC	P	42635.60	124.32	41.50	300 KCM	152.00	0.53	6257.60	218.82	18.25	45.00	8 AWG	8.37	1.55	86.50	12.43	6 AWG	1.87	

Tabla No. 8
Alimentadores por caída de tensión planta baja

NIVEL	DE GABINETE	A TABLERO	PRIMER TRAMO						SEGUNDO TRAMO						CONDUCTOR CALCULADO				
			POTENCIA TOTAL	I TRIFASICA	LONGITUD	CONDUCTOR	S (mm2)	CAIDA DE TENSION	POTENCIA TABLERO	VOLTAJE	I TRIFASICA	LONGITUD	CONDUCTOR	S (mm2)	CAIDA DE TENSION	LONGITUD	S (e%=2)	CONDUCTOR SELECCIONADO	CAIDA DE TENSION
PRIMER NIVEL	SUBESTACION	1A	1038.00	3.03	10.00	3/0 AWG	85.00	0.01	1038.00	219.99	3.03	81.50	3/0 AWG	85.00	0.05	91.50	2.18	8 AWG	0.52
	SUBESTACION	1B	73392.23	214.01	10.00	300 KCM	152.00	0.22	5044.75	219.51	14.71	63.00	1/0 AWG	53.50	0.27	73.00	8.45	8 AWG	2.02
	SUBESTACION	1C	23201.50	67.65	10.00	300 KCM	152.00	0.07	3600.00	219.85	10.50	63.00	2/0 AWG	67.40	0.15	73.00	6.03	8 AWG	1.44
	SUBESTACION	1D	23201.50	67.65	10.00	300 KCM	152.00	0.07	1695.00	219.85	4.94	62.50	8 AWG	8.37	0.58	72.50	2.82	8 AWG	0.67
	SUBESTACION	1E	24411.50	71.18	10.00	300 KCM	152.00	0.07	5680.00	219.84	16.56	77.00	2/0 AWG	67.40	0.30	87.00	11.34	6 AWG	1.71
	SUBESTACION	1F	73392.23	214.01	10.00	300 KCM	152.00	0.22	4133.10	219.51	12.05	50.50	1/0 AWG	53.50	0.18	60.50	5.74	8 AWG	1.37
	SUBESTACION	1G	73392.23	214.01	10.00	300 KCM	152.00	0.22	7582.50	219.51	22.11	49.50	1/0 AWG	53.50	0.32	59.50	10.36	6 AWG	1.56
	SUBESTACION	1H	17272.00	50.36	10.00	300 KCM	152.00	0.05	4500.00	219.89	13.12	33.00	1/0 AWG	53.50	0.13	43.00	4.44	8 AWG	1.06
	SUBESTACION	1I	12780.00	37.27	10.00	300 KCM	152.00	0.04	3380.00	219.92	9.86	46.00	2/0 AWG	67.40	0.11	56.00	4.35	8 AWG	1.04
	SUBESTACION	1J	91609.55	267.13	10.00	300 KCM	152.00	0.28	5268.75	219.39	15.36	18.50	1/0 AWG	53.50	0.08	28.50	3.45	8 AWG	0.82
	SUBESTACION	1K	15435.00	45.01	10.00	300 KCM	152.00	0.05	1940.00	219.90	5.66	19.00	2/0 AWG	67.40	0.03	29.00	1.29	8 AWG	0.31
	SUBESTACION	1L	23220.00	67.71	10.00	300 KCM	152.00	0.07	3380.00	219.85	9.86	32.50	8 AWG	8.37	0.60	42.50	3.30	8 AWG	0.79
	SUBESTACION	1M	23220.00	67.71	10.00	300 KCM	152.00	0.07	4080.00	219.85	11.90	32.00	1/0 AWG	53.50	0.11	42.00	3.93	8 AWG	0.94
	SUBESTACION	1N	91609.55	267.13	10.00	300 KCM	152.00	0.28	3147.90	219.39	9.18	18.50	2/0 AWG	67.40	0.04	28.50	2.06	8 AWG	0.49
	SUBESTACION	1O	91609.55	267.13	10.00	300 KCM	152.00	0.28	7665.00	219.39	22.35	18.00	1/0 AWG	53.50	0.12	28.00	4.93	8 AWG	1.18
	CUARTO ELEC	1P	21095.00	61.51	10.00	300 KCM	152.00	0.06	8435.00	219.86	24.60	20.50	1/0 AWG	53.50	0.15	30.50	5.91	8 AWG	1.41
	CUARTO ELEC	1Q	8592.50	25.05	10.00	300 KCM	152.00	0.03	3412.50	219.94	9.95	33.00	1/0 AWG	53.50	0.10	43.00	3.37	8 AWG	0.80
	CUARTO ELEC	1R	13002.10	37.91	10.00	300 KCM	152.00	0.04	13002.10	219.91	37.91	17.00	2/0 AWG	67.40	0.15	27.00	8.06	8 AWG	1.93
	CUARTO ELEC	1S	29328.83	85.52	10.00	300 KCM	152.00	0.09	3900.00	219.81	11.37	38.00	1/0 AWG	53.50	0.13	48.00	4.30	8 AWG	1.03
	CUARTO ELEC	1T	11491.57	33.51	10.00	300 KCM	152.00	0.03	3488.67	219.92	10.17	34.00	2/0 AWG	67.40	0.08	44.00	3.52	8 AWG	0.84
CUARTO ELEC	1U	14800.00	43.16	10.00	300 KCM	152.00	0.04	3600.00	219.90	10.50	21.00	1/0 AWG	53.50	0.06	31.00	2.56	8 AWG	0.61	
CUARTO ELEC	1V	29328.83	85.52	10.00	300 KCM	152.00	0.09	7330.00	219.81	21.37	51.50	1/0 AWG	53.50	0.32	61.50	10.35	6 AWG	1.56	
CUARTO ELEC	1W	29328.83	85.52	10.00	300 KCM	152.00	0.09	4104.83	219.81	11.97	51.00	1/0 AWG	53.50	0.18	61.00	5.75	8 AWG	1.37	
CUARTO ELEC	1X	28837.00	84.09	10.00	300 KCM	152.00	0.09	5495.00	219.81	16.02	64.50	1/0 AWG	53.50	0.30	74.50	9.40	6 AWG	1.41	
CUARTO ELEC	1Y	9435.00	27.51	10.00	300 KCM	152.00	0.03	1800.00	219.94	5.25	51.00	1/0 AWG	53.50	0.08	61.00	2.52	8 AWG	0.60	

Tabla No. 9

Alimentadores por caída de tensión primer nivel

NIVEL	DE GABINETE	A TABLERO	PRIMER TRAMO						SEGUNDO TRAMO						CONDUCTOR CALCULADO				
			POTENCIA TOTAL	I TRIFASICA	LONGITUD	CONDUCTOR	S (mm2)	CAIDA DE TENSION	POTENCIA TABLERO	VOLTAJE	I TRIFASICA	LONGITUD	CONDUCTOR	S (mm2)	CAIDA DE TENSION	LONGITUD	S (e%=2)	CONDUCTOR SELECCIONADO	CAIDA DE TENSION
SEGUNDO NIVEL	SUBESTACION	2A	73392.23	214.01	15.00	300 KCM	152.00	0.33	6369.83	219.27	18.57	81.50	1/0 AWG	53.50	0.45	96.50	14.11	4 AWG	1.33
	SUBESTACION	2B	23201.50	67.65	15.00	300 KCM	152.00	0.11	4160.00	219.77	12.13	63.00	3/0 AWG	85.00	0.14	78.00	7.45	8 AWG	1.78
	SUBESTACION	2C	23201.50	67.65	15.00	300 KCM	152.00	0.11	5600.00	219.77	16.33	63.00	4/0 AWG	107.00	0.15	78.00	10.03	6 AWG	1.51
	SUBESTACION	2D	73392.23	214.01	15.00	300 KCM	152.00	0.33	5483.10	219.27	15.99	62.50	1/0 AWG	53.50	0.30	77.50	9.76	6 AWG	1.47
	SUBESTACION	2E	73392.23	214.01	15.00	300 KCM	152.00	0.33	4095.00	219.27	11.94	77.00	1/0 AWG	53.50	0.27	92.00	8.65	6 AWG	1.30
	SUBESTACION	2F	17272.00	50.36	15.00	300 KCM	152.00	0.08	3612.00	219.83	10.53	50.50	300 KCM	152.00	0.06	65.50	5.43	8 AWG	1.30
	SUBESTACION	2G	12780.00	37.27	15.00	300 KCM	152.00	0.06	1260.00	219.87	3.67	49.50	1/0 AWG	53.50	0.05	64.50	1.87	8 AWG	0.45
	SUBESTACION	2H	91609.55	267.13	15.00	300 KCM	152.00	0.42	5587.00	219.09	16.29	33.00	1/0 AWG	53.50	0.16	48.00	6.16	8 AWG	1.47
	SUBESTACION	2I	15435.00	45.01	15.00	300 KCM	152.00	0.07	2760.00	219.85	8.05	46.00	1/0 AWG	53.50	0.11	61.00	3.87	8 AWG	0.92
	SUBESTACION	2J	73392.23	214.01	15.00	300 KCM	152.00	0.33	4880.00	219.27	14.23	18.50	1/0 AWG	53.50	0.08	33.50	3.75	8 AWG	0.90
	SUBESTACION	2K	91609.55	267.13	15.00	300 KCM	152.00	0.42	5190.60	219.09	15.14	19.00	1/0 AWG	53.50	0.08	34.00	4.05	8 AWG	0.97
	SUBESTACION	2L	91609.55	267.13	15.00	300 KCM	152.00	0.42	6517.00	219.09	19.00	32.50	1/0 AWG	53.50	0.18	47.50	7.11	8 AWG	1.70
	CUARTO ELEC	2M	21095.00	61.51	15.00	300 KCM	152.00	0.10	4460.00	219.79	13.00	32.00	8 AWG	8.37	0.78	47.00	4.81	8 AWG	1.15
	CUARTO ELEC	2N	21095.00	61.51	15.00	300 KCM	152.00	0.10	720.00	219.79	2.10	18.50	8 AWG	8.37	0.07	33.50	0.55	8 AWG	0.13
	CUARTO ELEC	2O	8592.50	25.05	15.00	300 KCM	152.00	0.04	1260.00	219.91	3.67	18.00	1/0 AWG	53.50	0.02	33.00	0.95	8 AWG	0.23
	CUARTO ELEC	2P	29328.83	85.52	15.00	300 KCM	152.00	0.13	5587.00	219.71	16.29	20.50	1/0 AWG	53.50	0.10	35.50	4.55	8 AWG	1.09
	CUARTO ELEC	2Q	11491.57	33.51	15.00	300 KCM	152.00	0.05	2620.00	219.89	7.64	33.00	1/0 AWG	53.50	0.07	48.00	2.89	8 AWG	0.69
	CUARTO ELEC	2R	14800.00	43.16	15.00	300 KCM	152.00	0.07	3200.00	219.85	9.33	17.00	1/0 AWG	53.50	0.05	32.00	2.35	8 AWG	0.56
	CUARTO ELEC	2S	31746.00	92.57	15.00	300 KCM	152.00	0.14	5370.60	219.68	15.66	38.00	1/0 AWG	53.50	0.18	53.00	6.53	8 AWG	1.56
	CUARTO ELEC	2T	29328.83	85.52	15.00	300 KCM	152.00	0.13	6247.00	219.71	18.22	34.00	1/0 AWG	53.50	0.18	49.00	7.03	8 AWG	1.68
	CUARTO ELEC	2U	28837.00	84.09	15.00	300 KCM	152.00	0.13	4240.00	219.71	12.36	21.00	1/0 AWG	53.50	0.08	36.00	3.50	8 AWG	0.84
	CUARTO ELEC	2V	9435.00	27.51	15.00	300 KCM	152.00	0.04	3620.00	219.91	10.56	51.50	1/0 AWG	53.50	0.16	66.50	5.53	8 AWG	1.32

Tabla No. 10
Alimentadores por caída de tensión segundo nivel

NIVEL	DE GABINETE	A TABLERO	PRIMER TRAMO						SEGUNDO TRAMO						CONDUCTOR CALCULADO				
			POTENCIA TOTAL	I TRIFASICA	LONGITUD	CONDUCTOR	S (mm2)	CAIDA DE TENSION	POTENCIA TABLERO	VOLTAJE	I TRIFASICA	LONGITUD	CONDUCTOR	S (mm2)	CAIDA DE TENSION	LONGITUD	S (e%=2)	CONDUCTOR SELECCIONADO	CAIDA DE TENSION
TERCER NIVEL	SUBESTACION	3A	72992.23	212.84	20.00	300 KCM	152.00	0.44	4815.00	219.03	14.04	43.00	1/0AWG	53.50	0.18	63.00	6.96	8 AWG	1.66
	SUBESTACION	3B	23201.50	67.65	20.00	300 KCM	152.00	0.14	3220.00	219.69	9.39	43.00	1/0 AWG	53.50	0.12	63.00	4.66	8 AWG	1.11
	SUBESTACION	3C	24411.50	71.18	20.00	300 KCM	152.00	0.15	9000.00	219.68	26.24	55.00	SIN	-	-	75.00	15.50	4 AWG	1.46
	SUBESTACION	3D	24411.50	71.18	20.00	300 KCM	152.00	0.15	2880.00	219.68	8.40	55.00	8 AWG	8.37	0.87	75.00	4.96	8 AWG	1.18
	SUBESTACION	3E	72992.23	212.84	20.00	300 KCM	152.00	0.44	6750.00	219.03	19.68	30.00	1/0AWG	53.50	0.17	50.00	7.75	8 AWG	1.85
	SUBESTACION	3F	72992.23	212.84	20.00	300 KCM	152.00	0.44	4095.00	219.03	11.94	29.00	1/0AWG	53.50	0.10	49.00	4.61	8 AWG	1.10
	SUBESTACION	3G	17272	50.36	20.00	300 KCM	152.00	0.10	4920.00	219.77	14.35	11.00	1/0AWG	53.50	0.05	31.00	3.50	8 AWG	0.84
	SUBESTACION	3I	91608.00	267.12	20.00	300 KCM	152.00	0.55	4095.00	218.78	11.94	30.00	1/0AWG	53.50	0.11	50.00	4.70	8 AWG	1.12
	SUBESTACION	3J	14435.00	42.09	20.00	300 KCM	152.00	0.09	5060.00	219.81	14.75	35.00	2 AWG	33.60	0.24	55.00	6.39	8 AWG	1.53
	SUBESTACION	3K	23220.00	67.71	20.00	300 KCM	152.00	0.14	8760.00	219.69	25.54	10.00	1/0 AWG	53.50	0.08	30.00	6.03	8 AWG	1.44
	SUBESTACION	3L	23220.00	67.71	20.00	300 KCM	152.00	0.14	1260.00	219.69	3.67	11.00	8 AWG	8.37	0.08	31.00	0.90	8 AWG	0.21
	SUBESTACION	3M	91608.80	267.12	20.00	300 KCM	152.00	0.55	6127.50	218.78	17.87	42.00	2/0 AWG	67.40	0.18	62.00	8.72	6 AWG	1.31
	SUBESTACION	3N	91608.80	267.12	20.00	350 KCM	152.00	0.55	4095.00	218.78	11.94	41.00	1/0 AWG	53.50	0.14	61.00	5.73	8 AWG	1.37
	CUARTO ELEC	3O	21095.00	61.51	20.00	350 KCM	152.00	0.13	4420.00	219.72	12.89	21.00	1/0 AWG	53.50	0.08	41.00	4.16	8 AWG	0.99
	CUARTO ELEC	3P	8592.00	25.05	20.00	300 KCM	152.00	0.05	3380.00	219.89	9.86	34.00	1/0 AWG	53.50	0.16	54.00	4.19	8 AWG	1.00
	CUARTO ELEC	3R	11441.57	33.36	20.00	300 KCM	152.00	0.07	3042.90	219.85	8.87	36.00	2 AWG	33.60	0.09	56.00	3.91	8 AWG	0.93
	CUARTO ELEC	3S	14800.00	43.16	20.00	300 KCM	152.00	0.09	4380.00	219.80	12.77	22.00	1/0 AWG	53.50	0.08	42.00	4.22	8 AWG	1.01
	CUARTO ELEC	3T	61074.83	178.09	20.00	300 KCM	152.00	0.37	6675.00	219.19	19.46	57.00	1/0 AWG	53.50	0.33	77.00	11.80	6 AWG	1.77
CUARTO ELEC	3U	61074.83	178.09	20.00	300 KCM	152.00	0.37	2340.00	219.19	6.82	55.00	1/0 AWG	53.50	0.11	75.00	4.03	8 AWG	0.96	
CUARTO ELEC	3V	28837.00	84.09	20.00	300 KCM	152.00	0.17	4920.00	219.62	14.35	65.00	1/0 AWG	53.50	0.27	85.00	9.60	6 AWG	1.44	
CUARTO ELEC	3W	9435.00	27.51	20.00	300 KCM	152.00	0.06	4015.00	219.87	11.71	51.00	1/0 AWG	53.50	0.18	71.00	6.54	8 AWG	1.56	

Tabla No. 11
Alimentadores por caída de tensión tercer nivel

NIVEL	DE GABINETE	A TABLERO	PRIMER TRAMO						SEGUNDO TRAMO						CONDUCTOR CALCULADO				
			POTENCIA TOTAL	I TRIFASICA	LONGITUD	CONDUCTOR	S (mm2)	CAIDA DE TENSION	POTENCIA TABLERO	VOLTAJE	I TRIFASICA	LONGITUD	CONDUCTOR	S (mm2)	CAIDA DE TENSION	LONGITUD	S (e%=2)	CONDUCTOR SELECCIONADO	CAIDA DE TENSION
CUARTO NIVEL	SUBESTACION	4A	72992.23	212.84	25.00	300 KCM	152.00	0.55	7503.00	218.79	21.88	43.00	2/0 AWG	67.40	0.22	68.00	11.71	6 AWG	1.76
	SUBESTACION	4B	72992.23	212.84	25.00	300 KCM	152.00	0.55	967.20	218.79	2.82	42.50	6 AWG	13.30	0.14	67.50	1.50	8 AWG	0.36
	SUBESTACION	4C	23201.50	67.65	25.00	300 KCM	152.00	0.18	4926.50	219.61	14.37	42.00	1/0 AWG	53.50	0.18	67.00	7.58	8 AWG	1.81
	SUBESTACION	4D	24411.5	71.18	25.00	300 KCM	152.00	0.18	6851.50	219.59	19.98	55.50	1/0 AWG	53.50	0.33	80.50	12.66	6 AWG	1.90
	SUBESTACION	4E	72992.23	212.84	25.00	300 KCM	152.00	0.55	7278.75	218.79	21.22	29.50	6 AWG	13.30	0.75	54.50	9.11	6 AWG	1.37
	SUBESTACION	4F	72992.23	212.84	25.00	300 KCM	152.00	0.55	4395.00	218.79	12.82	29.00	1/0 AWG	53.50	0.11	54.00	5.45	8 AWG	1.30
	SUBESTACION	4G	17272	50.36	25.00	300 KCM	152.00	0.13	4240.00	219.71	12.36	13.00	1/0 AWG	53.50	0.05	38.00	3.70	8 AWG	0.88
	SUBESTACION	4H	12780	37.27	25.00	300 KCM	152.00	0.10	8140.00	219.79	23.74	25.00	1/0 AWG	53.50	0.17	50.00	9.34	6 AWG	1.41
	SUBESTACION	4I	91608.80	267.12	25.00	300 KCM	152.00	0.69	6630.00	218.48	19.33	28.50	300 KCM	152.00	0.06	53.50	8.14	6 AWG	1.22
	SUBESTACION	4J	14435.00	42.09	25.00	300 KCM	152.00	0.11	1580.00	219.76	4.61	24.50	1/0 AWG	53.50	0.03	49.50	1.80	8 AWG	0.43
	SUBESTACION	4K	23220.00	67.71	25.00	300 KCM	152.00	0.18	5740.00	219.61	16.74	13.00	SIN	-		38.00	5.01	8 AWG	1.20
	SUBESTACION	4L	91608.80	267.12	25.00	300 KCM	152.00	0.69	5515.80	218.48	16.08	42.00	2/0 AWG	67.40	0.16	67.00	8.48	6 AWG	1.28
	SUBESTACION	4M	14435.00	42.09	25.00	350 KCM	152.00	0.11	4095.00	219.76	11.94	41.50	1/0 AWG	53.50	0.15	66.50	6.25	8 AWG	1.49
	CUARTO ELEC	4N	8592.00	25.05	25.00	350 KCM	152.00	0.06	540.00	219.86	1.57	32.00	1/0 AWG	53.50	0.01	57.00	0.71	8 AWG	0.17
	CUARTO ELEC	4Ñ	21095.00	61.51	25.00	300 KCM	152.00	0.16	3060.00	219.65	8.92	19.00	SIN	-		44.00	3.09	8 AWG	0.74
	CUARTO ELEC	4O	61074.83	178.09	25.00	300 KCM	152.00	0.46	4275.00	218.99	12.47	31.00	1/0 AWG	53.50	0.11	56.00	5.50	8 AWG	1.31
	CUARTO ELEC	4P	11441.57	33.36	25.00	300 KCM	152.00	0.09	2340.00	219.81	6.82	32.00	2/0 AWG	67.40	0.05	57.00	3.06	8 AWG	0.73
	CUARTO ELEC	4Q	14800.00	43.16	25.00	300 KCM	152.00	0.11	3620.00	219.75	10.56	20.00	1/0 AWG	53.50	0.06	45.00	3.74	8 AWG	0.89
	CUARTO ELEC	4R	61074.83	178.09	25.00	300 KCM	152.00	0.46	5382.90	218.99	15.70	51.00	1/0 AWG	53.50	0.24	76.00	9.39	6 AWG	1.41
	CUARTO ELEC	4S	61074.83	178.09	25.00	300 KCM	152.00	0.46	3607.50	218.99	10.52	62.00	2/0 AWG	67.40	0.15	87.00	7.21	8 AWG	1.72
CUARTO ELEC	4T	28837.00	84.09	25.00	300 KCM	152.00	0.22	6676.00	219.52	19.47	64.00	4 AWG	21.20	0.93	89.00	13.64	4 AWG	1.29	

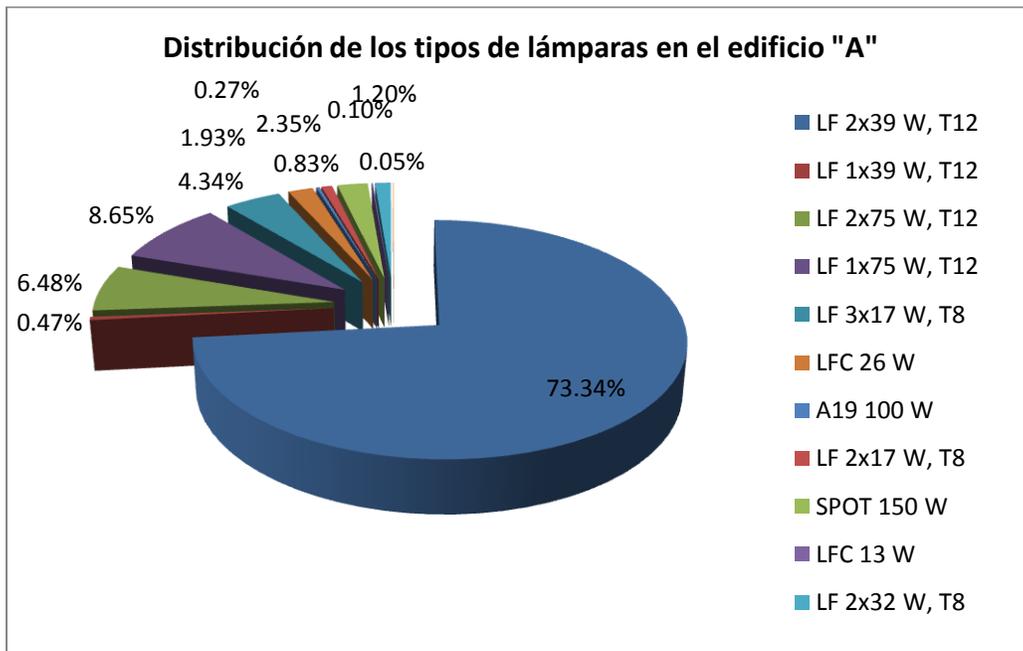
Tabla No. 12
Alimentadores por caída de tensión cuarto nivel

3-7 SISTEMA DE ILUMINACIÓN

La carga de alumbrado está distribuida de la siguiente manera: siendo la más representativa las lámparas de 2 x 39 W con el 76%.

<i>Lámparas instaladas</i>			
<i>Lámparas</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Watts</i>	<i>Porcentaje</i>
LF 2x39 W, T12	1394	135,859.50	73.34%
LF 1x39 W, T12	18	877.50	0.47%
LF 2x75 W, T12	64	12,000.00	6.48%
LF 1x75 W, T12	171	16,031.25	8.65%
LF 3x17 W, T8	150	8,032.50	4.34%
LFC 26 W	131	3,576.30	1.93%
A19 100 W	5	500.00	0.27%
LF 2x17 W, T8	43	1,535.10	0.83%
SPOT 150 W	29	4,350.00	2.35%
LFC 13 W	13	177.45	0.10%
LF 2x32 W, T8	33	2,217.60	1.20%
LF 2x32 W, U, T12	1	97.50	0.05%
TOTAL:		185,254.70	100.00%

Tabla No.13
Lámparas instaladas



Grafica 3-1
Distribución de lámparas

La mayor cantidad de lámparas instaladas son del tipo convencional, esta tecnología ya es vieja y a punto de desaparecer, además contribuyen a un gran consumo de energía eléctrica, como se observa en el apéndice Tabla PECNOM-007 Facultad de Química Edificio A.

3-8 OBSERVACIONES

1. Varios tableros del edificio cuentan con más de 50 años de servicio por lo cual ya se encuentran deteriorados y en mal estado. Véase Fig.5



Fig.5

2. Los tableros no están conectados al sistema de tierra física y tampoco cuentan con una barra de tierra. Ver Fig. 6.

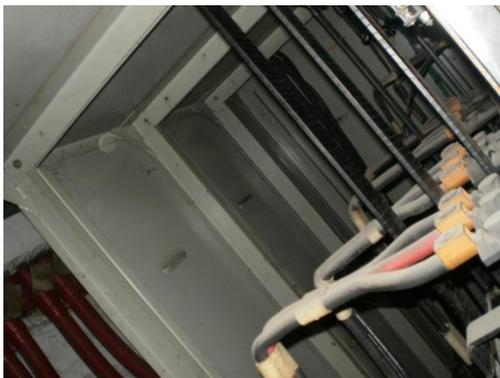


Fig.6

3. Conductores se encuentran empalmados dentro de los tableros y con conductores de diferentes calibres. Ver Fig. 7. Se debe observar el Art. 354-6 que nos menciona que *los empalmes y derivaciones se deben hacer únicamente en cajas de empalme.*



Fig. 7

4. Como se observa en la Fig. 8; el gabinete se encuentra en mal estado y lleno de polvo. De acuerdo con el art. 110-12 c) *Las partes internas de los equipos eléctricos, como las barras colectoras, terminales de cables, aisladores y otras superficies, no deben estar dañadas o contaminadas por materias extrañas.*



Fig. 8

5. Acceso a cuarto eléctrico se encuentra obstruido lo cual impide el correcto abatimiento de las puertas. Véase Fig. 9 *Se debe observar que en el Art, 110-33 nos menciona que la salida y entrada no debe estar obstruida.*



Fig. 9

6. Cuarto Eléctrico no cumple con los niveles de iluminación mínimos requeridos, ver Fig. 10. *El Art. 924-5 b) nos menciona los niveles de iluminación mínima sobre el área de trabajo.*



Fig. 10

7. Cajas instaladas en el exterior sin tapa como se muestra en la Fig. 11. *Observar Art. 370-25 que pide que una vez terminadas las instalaciones todas las cajas o condulets deben tener una tapa.*



Fig. 11

8. Los luminarios de la dependencia se encuentran en mal estado debido a la falta de limpieza en ellos, tal como se menciona en *Art. 410-4 el cual habla de que en lugares húmedos y mojados la instalación de luminarios debe hacerse de modo que no se acumule agua ni polvo. Ver fig. 12*



Fig. 12

9. Varios de los tableros que se encuentran instalados presentan corrosión, en las barras y en las zapatas, lo cual implica un riesgo en la instalación. De acuerdo con el *Art. 110-12 c) No debe haber partes dañadas que puedan afectar negativamente al buen funcionamiento o a la resistencia mecánica de los equipos, como piezas rotas, dobladas, cortadas, deterioradas por la corrosión o por acción química o sobrecalentamiento o contaminadas por materiales extraños como pintura, yeso, limpiadores o abrasivos. Ver Fig. 13.*



Fig. 13

10. Hay equipos sin tapa, saturados por conductores, en mal estado y carecen de mantenimiento. Ver Fig. 14.



Fig. 14

11. Faltan tapas de registro en el cuarto eléctrico así como limpieza de las trincheras, de acuerdo con *Art. 924-6* Ver Fig. 15



Fig. 15

12. La mayoría de los conductores instalados presentan una degradación en su aislamiento en forma excesiva, lo cual representa un riesgo de corto circuito. Ver fig. 16



Ver Fig. 16

13. Hay luminarias que se encuentran instaladas en lugares donde se encuentran vapores y sustancias químicas, las cuales carecen de un gabinete adecuado. *Art. 410-49 el cual habla de que en lugares húmedos y mojados la instalación de luminarios debe hacerse de modo que no se acumule agua ni polvo.*

3-9 RECOMENDACIONES PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACION ELECTRICA.

Del levantamiento realizado así como del análisis de la información recopilada se mencionan algunas recomendaciones para mejorar la instalación eléctrica lo cual coadyuvará al uso eficiente de la energía.

- ✓ Se recomienda dar mantenimiento en general a todo el equipo eléctrico instalado tal como tableros, luminarios, contactos, apagadores y transformador, por personal calificado.
- ✓ La utilización de sistemas que conjugan la iluminación natural con la artificial es una de las estrategias más eficaces para implementarse en laboratorios que cuentan con grandes ventanales, en pasillos y escaleras.
- ✓ Las lámparas y luminarios eficientes pueden reducir la potencia del sistema de iluminación mientras que los controles pueden reducir el tiempo de uso de esa potencia.
- ✓ Instalación de fotoceldas para tener un control más adecuado de la iluminación en pasillos y escaleras debido a que actualmente este procedimiento se realiza manualmente por las noches al cerrar la dependencia.
- ✓ Para evitar la desenergización parcial o total de tableros derivados de un mismo alimentador y prescindir de empalmes se recomienda usar tableros de distribución por nivel.
- ✓ Como se mencionó anteriormente un bajo factor de potencia causará que la corriente eléctrica sea más elevada de forma innecesaria, produciendo así pérdidas en cables, transformadores y, en general, en cualquier parte de la instalación por donde circula esta corriente.

Una forma de conocer el comportamiento del factor de potencia es realizando un monitoreo de la calidad de la energía, para realizar las acciones concretas para disminuir este problema.

- ✓ La instalación de una malla de tierra la cual proveerá las condiciones de seguridad recomendadas por la norma oficial y la norma NRF-11 de CFE. A continuación se hace una propuesta para dicha malla.

CALCULO DEL SISTEMA DE TIERRA DE LA SUBESTACIÓN.

El sistema de tierra de la subestación está diseñado de acuerdo a lo que establece el artículo 921-25 Puesta a tierra en su inciso d) referente a Subestaciones, donde se indica que el cable que forme el perímetro exterior del sistema debe ser continuo de manera que se encierre el área en donde se encuentre el equipo de la subestación.

La compañía suministradora provee una tensión de 6.6 kV y para el punto de conexión aportará una potencia de corto circuito de 250 MVA.

La corriente de corto circuito aportada por el sistema se calcula de la siguiente manera:

Calculando la impedancia del sistema en por unidad.

$$X_s = \frac{S_{base}}{S_{cc3}} = \frac{500kVA}{250MVA} = 0.002 p. u.$$

La impedancia del transformador está referida a sus datos de placa que por conveniencia son los valores que se han utilizado para el análisis.

$$Z_t = 0.061 p. u.$$

Obteniendo el valor de la corriente de corto circuito trifásica por medio de la siguiente ecuación (1.3):

$$I_{cc3} = \frac{S_B}{\sqrt{3} * V_B * Z_{eq}}$$

$$I_{cc3} = \frac{300kVA}{\sqrt{3} * 220 * 0.063}$$

$$I_{cc3} = 20827 [A]$$

Cálculo de la sección transversal del conductor de la malla para tierra.

Datos	Valor	Unidades
Corriente de corto circuito (I)	20827	[A]
Tiempo de duración de la falla (Ts)	0.3	[s]
Temperatura ambiente (Ta)	30	[°C]
Temperatura máxima permisible para conector soldable ©	450	[°C]

$$A = 101,914 \text{ CM}$$

Como el resultado obtenido se encuentra en Circular Mils se utilizara un factor de conversión para obtener la sección transversal en mm² apoyándonos en la ecuación (1.4).

$$A = (CM) \frac{0.0005067mm^2}{1CM} = 51.6 \text{ mm}^2$$

Del resultado obtenido observamos que se puede utilizar un conductor calibre 1/0 AWG con sección transversal de 53.5 mm² pero por razones mecánicas se propone un conductor calibre 4/0AWG.

Se llevo a cabo la medición de la resistividad del terreno por el método de los cuatro electrodos conocido como el método de wenner, se realizaron dos mediciones, una en forma rectangular y dos en forma radial arrojando los siguientes resultados:

NUMERO DE MEDICION	RESISTENCIA [Ω]
1	0.35
2	0.99
3	0.97
4	1.53

NUMERO DE MEDICION	RESISTENCIA [Ω]
5	1.59
6	1.29
7	1.64
8	1.49
9	1.65
10	1.83
PROMEDIO	1.33

Con el valor promedio de resistencia se calculo la resistividad del terreno arrojando el siguiente valor:

$$\sigma = 1.33 \times 2\pi \times 4 = 34 \text{ } [\Omega\text{m}]$$

Datos	Valor	Unidades
Resistividad del terreno (σ)	34	[Ωm]
I_{ccf-t}	20827	[A]
X''/R	20	
Tiempo de falla (t_{falla})	0.3	[s]
Largo de la malla (b)	12	[m]
Ancho de la malla (a)	12	[m]
Resistividad del material contenedor (σ_s)	10,000	[Ωm]
Espesor del material (h_s)	0.2	[m]
Profundidad de la red (h)	0.6	[m]
Longitud de la varilla (l_v)	3	[m]
Diámetro de la varilla	0.0159	[m]
Calibre del conductor	4/0	AWG
Diámetro del conductor (d)	0.0134	[m]
Factor de decremento (D_f)	1.085	
Factor de proyección (F_p)	1	
Número de conductores verticales (cv)	13	

Datos	Valor	Unidades
Número de conductores horizontales (ch)	13	
Separación entre conductores (D)	1	[m]
Número de varillas (#v)	8	
Profundidad de referencia (h ₀)	1	[m]

Utilizando la ecuación (1.6) la corriente de falla máxima a tierra en la malla es:

$$I_{max\ cc} = 20827 \times 1.085 \times 1 = 22,597.30 \text{ [A]}$$

Para el factor de reflexión (K) utilizamos la ecuación (1.7)

$$k = \frac{34 - 10000}{34 + 10000} = -0.99$$

El Factor de reducción (F_r) se obtiene utilizando la ecuación (1.8)

$$F_r = 1 - \frac{0.09(1 - \frac{34}{10000})}{2 \times 0.2 + 0.09} = 0.82$$

Potenciales tolerable para el cuerpo humano con un peso corporal de 70 [Kg] se calculan utilizando las ecuaciones (1.9) y (1.10) respectivamente.

$$E_{contacto} = \frac{(1000 + 1.5 \times 0.82 \times 10000)0.157}{\sqrt{0.3}} = 3799.22[V]$$

$$E_{paso} = \frac{(1000 + 6 \times 0.82 \times 10000)0.157}{\sqrt{0.5}} = 14336.96 [V]$$

Longitud total de las varillas (L_{vt})

$$L_{vt} = (\#v)(lv) = 3 \times 8 = 24 \text{ [m]}$$

Longitud total de la malla (L_T) considerando longitud total de las varillas (l_{vt}); (las varillas estarán ubicadas en las esquinas de la malla), utilizando la ecuación (1.11)

$$L_T = (12 \times 13) + (12 \times 13) + 24 = 336[m]$$

Área de la malla (A_m) la obtenemos utilizando la ecuación (1.12)

$$A_m = a \times b = 12 \times 12 = 144 \text{ [m}^2\text{]}$$

Resistencia de la malla (R_g)

Utilizando la fórmula de Sverak para redes de tierra de una subestación recomendada por IEEE, ecuación (1.13)

$$R_g = 34 \left(\frac{1}{336} + \left(\frac{1}{\sqrt{20 \times 144}} \right) \times \left(1 + \frac{1}{1 + \left(0.6 \times \sqrt{\frac{20}{150}} \right)} \right) \right) = 1.25[\Omega]$$

Para esta subestación de distribución la resistencia debe ser menor a 10 $[\Omega]$ para un voltaje de 6.6 kV y una capacidad del transformador de 500kVA conforme se establece en el artículo 921-25 b).

Factor de esparcimiento para la tensión de malla (km), ecuación (1.14)

$$km = \frac{1}{2\pi} \left(\ln \left(\frac{D^2}{16hd} + \frac{(D + 2h)^2}{8hd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{k_{ii}}{k_h} \ln \left(\frac{8}{\pi(2n - 1)} \right) \right)$$

Donde: $k_{ii} = 1$ para mallas con varillas de aterrizaje en sus esquinas.

Utilizando la ecuación (1.15) obtenemos la longitud total del conductor en la malla.

$$L_c = (c_v \times a) + (c_h \times b) = 312[m]$$

Utilizando la ecuación (1.16) obtenemos la longitud perimetral de la malla

$$L_p = (2 \times a) + (2 \times b) = 48 [m]$$

$$n = \frac{2 \times L_c}{L_p} = \frac{2 \times 312}{48} = 13$$

$$kh = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}} = \sqrt{1 + \frac{0.6}{1}} = 1.26$$

Entonces se obtiene el valor km.

$$k_m = \frac{1}{2\pi} \left(\ln \left(\frac{1^2}{16 * 0.6 * 0.0134} + \frac{(1 + 2 * 0.6)^2}{8 * 0.6 * 0.0134} - \frac{0.6}{4 * 0.0134} \right) + \frac{1}{1.26} \ln \left(\frac{8}{\pi(2 * 13 - 1)} \right) \right)$$

$$k_m = 0.39$$

El termino k_i se obtiene de la ecuación (1.20)

$$k_i = 0.645 + (0.172 \times 13) = 2.881$$

Donde k_i es el factor de corrección para la geometría de la malla.

Se calculan los potenciales de paso utilizando la ecuación (1.23) y de contacto de la malla con la ecuación (1.21):

$$E_{contacto} = \frac{\sigma * k_m * k_i * I_{cc}}{L_T} = \frac{34 * 0.39 * 2.881 * 22597}{336} = 2588.16$$

$$k_s = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2 * 0.6} + \frac{1}{1 + 0.6} + \frac{1}{1(1 - 0.5^{13-1})} \right) = 0.78$$

$$E_{paso} = \frac{\sigma * k_s * k_i * I_{cc}}{0.75L_c + 0.85Lvt} = \frac{34 * 0.78 * 2.881 * 22597}{0.75 * 312 + 0.85 * 24} = 6809.20$$

Conclusiones de la malla:

Potencial	Cálculo de la Malla [V]		Potenciales Tolerables
Paso	2588.16	<	3799.22
Contacto	6809.20	<	14336.96

Por lo que el diseño de la malla puede disipar la corriente de corto circuito y garantiza las condiciones de seguridad para los usuarios.

3-10 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

Se llevó a cabo el monitoreo de parámetros eléctricos en la dependencia por un periodo de una semana, enfocándonos en los días hábiles donde se presenta la demanda de energía máxima, los resultados se presentan a continuación:

3-10-1 Demanda Total

Como se puede observar en la grafica 3-2 la demanda máxima tiene un promedio de duración de 50 minutos, se presenta entre las 15:30hrs y las 17:00hrs, esto se debe que en estas horas se presenta la mayor afluencia en salones y laboratorios por ser la primera clase del turno vespertino. La demanda mínima ocurre en la madrugada donde el consumo tiene un valor promedio de 54kW; con base en el levantamiento eléctrico esta demanda se debe a los equipos de refrigeración de los laboratorios y parte del sistema de alumbrado.

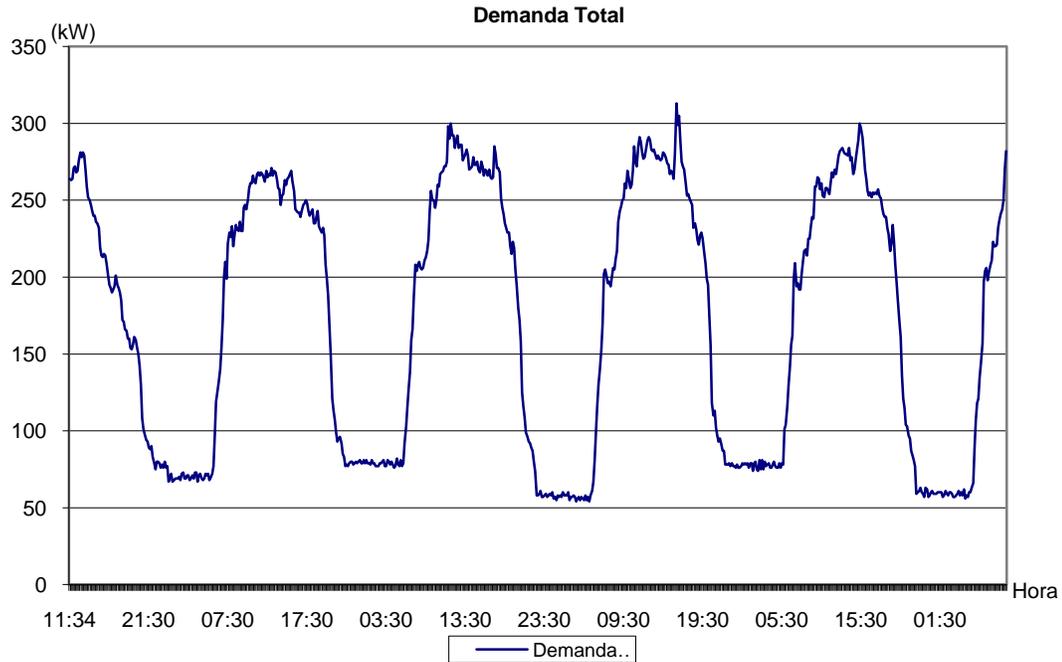
El cambio de la demanda mínima a la promedio se realiza en un periodo de una hora la cual se presenta entre las 06:30 hrs y las 07:30hrs esto debido a que se presenta el inicio de actividades del turno matutino.

Con la demanda máxima y la promedio se procede a calcular el factor de carga y las pérdidas en los alimentadores principales:

Factor de carga:

$$FC = \frac{408.16}{850.00} = 0.4802$$

**SUBESTACIÓN QUÍMICA A, INTERRUPTOR PRINCIPAL 1600 A,
PERIODO DEL 01-OCTUBRE AL 08 OCTUBRE DEL 2010.**



Grafica 3-2

Demanda total

Nota: La demanda máxima registrada es de 300 Kw, la demanda mínima es de 54Kw, la demanda promedio es de 172.33Kw

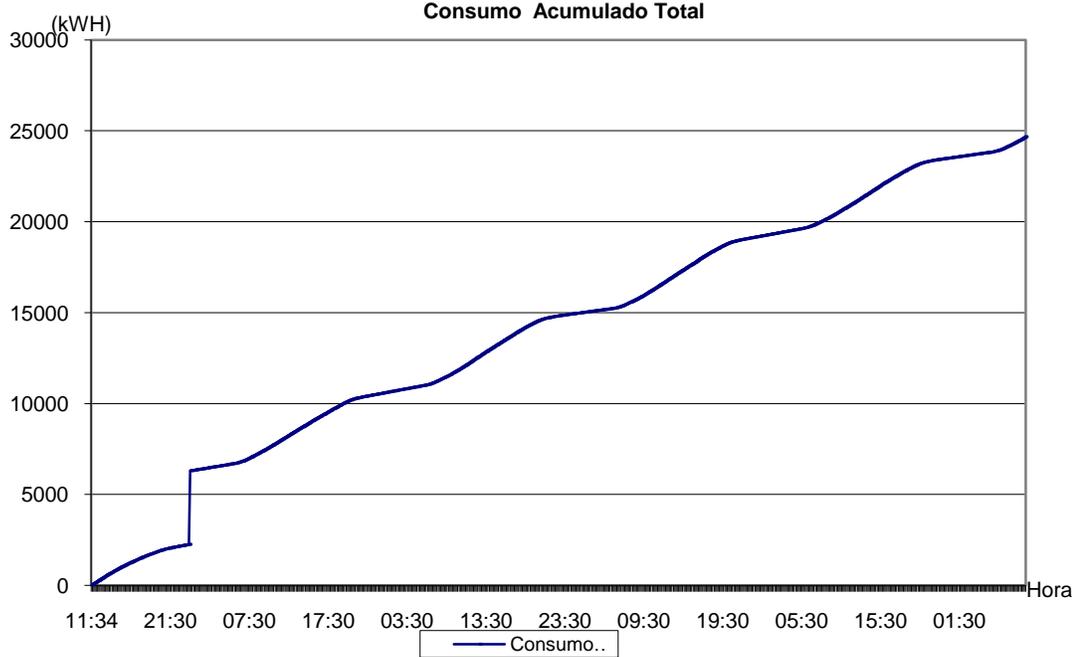
3-10-2 Consumo Acumulado Total

Como se puede observar en la gráfica 3-3 el consumo acumulado por una semana es de 25,000 kWh, con la gráfica se puede hacer una estimación más precisa del consumo anual y por consiguiente se puede calcular pérdidas por efecto joule anuales de forma que se aproxime a lo facturado anualmente.

De las mediciones eléctricas se determinó que la demanda máxima es de 300 kW con un consumo mensual de 98,000 kWh su índice de consumo es de 77.06 kWh/m²-año.

Con esta gráfica nos podemos apoyar para calcular los kWh de pérdidas que presenta la dependencia anualmente y así calcular el costo aproximado de dichas pérdidas.

**SUBESTACIÓN QUÍMICA A, INTERRUPTOR PRINCIPAL 1600 A,
PERIODO DEL 01-OCTUBRE AL 08 OCTUBRE DEL 2010.**



Grafica 3-3
Consumo acumulado total

NOTA: Con el consumo acumulado total se puede estimar el consumo acumulado total anual

3-10-3 Cálculo de pérdidas en los alimentadores principales

Al igual que en el capítulo anterior a continuación se muestra el resumen del cálculo de las pérdidas totales en los alimentadores en el edificio A de la Facultad de Química, tomando las mismas consideraciones.

NIVEL	PERDIDAS [kWh]
ALIMENTADORES GRLS	3,835.22
PLANTA BAJA	1,085.43
PRIMER NIVEL	354.94
SEGUNDO NIVEL	331.39
TERCER NIVEL	247.51
CUARTO NIVEL	308.54
TOTAL	6,163.03

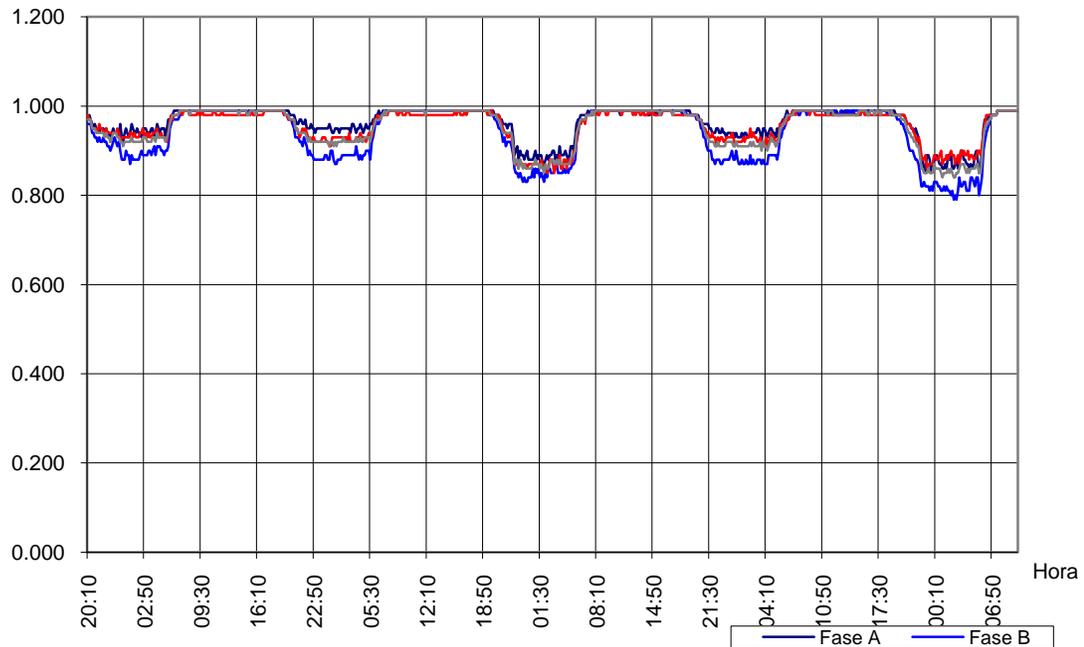
$$\text{Costo pérdidas} = 6163.03 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \times 1.74 \frac{\$}{\text{kWh}}$$

$$10723.67 \frac{\$}{\text{año}}$$

3-10-4 Factor de Potencia

Un alto consumo de energía reactiva se debe a los equipos de refrigeración, que hay instalados en la dependencia y que operan las 24 horas de día, y es la carga predominante en el horario nocturno por tal motivo se observa que el factor de potencia decrece en el periodo comprendido entre las 23 horas y las 05:30 horas. Véase grafica 3-4.

**SUBESTACIÓN QUÍMICA A, INTERRUPTOR PRINCIPAL 1600 A,
PERIODO DEL 01-OCTUBRE AL 08 OCTUBRE DEL 2010.**
Factor de Potencia

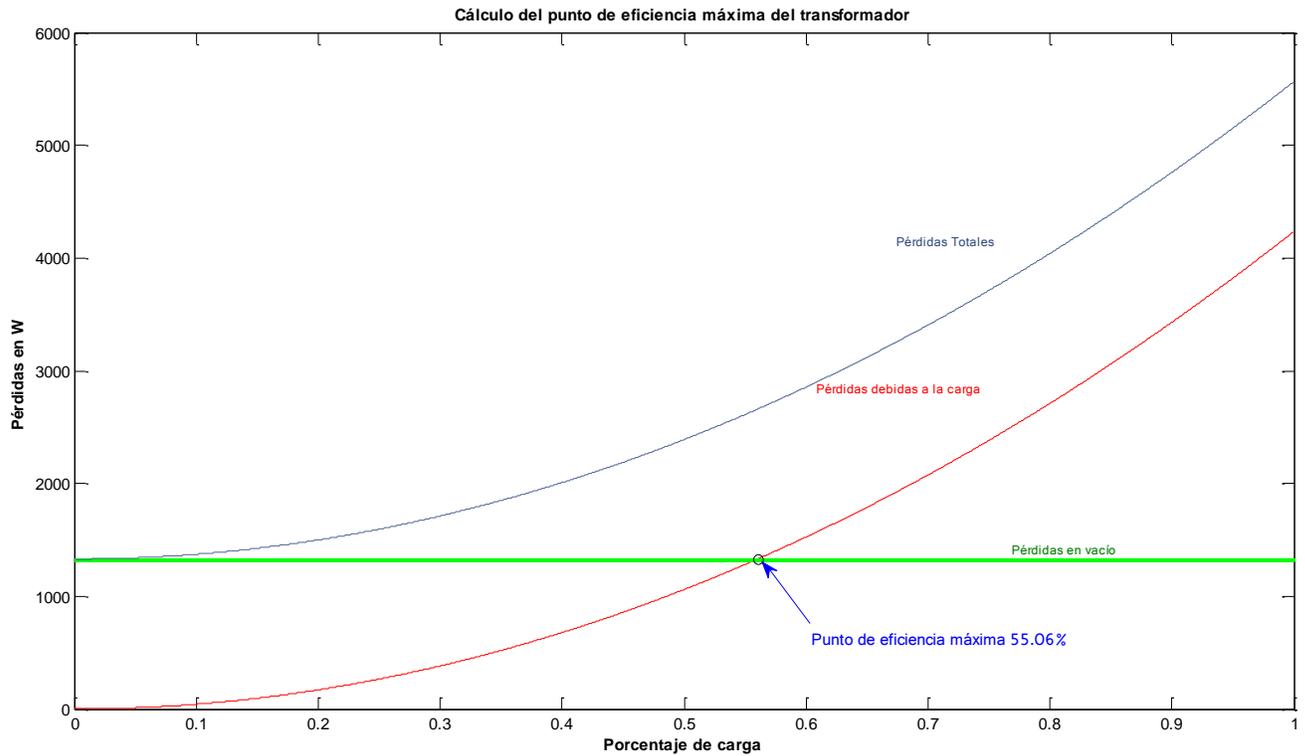


Grafica 3-4
Factor de potencia

NOTA: Se presentan valores entre el 0.81 y el 0.99

3-10-5 Cálculo del punto de eficiencia máxima del transformador

A continuación se presenta el análisis del punto de eficiencia máxima del transformador, de manera similar al realizado en la facultad de derecho.



Grafica 3-5

Punto de operación con eficiencia máxima, se puede observar que el punto de eficiencia máxima ocurre cerca del 50% de la capacidad máxima del transformador.

Teóricamente:

$$P_T - P_0 = 5561 - 1330 = 4231 [W] = P_c$$

$$C_{\eta\text{máx}} = \sqrt{\frac{1330}{4231}} = 56.06\%$$

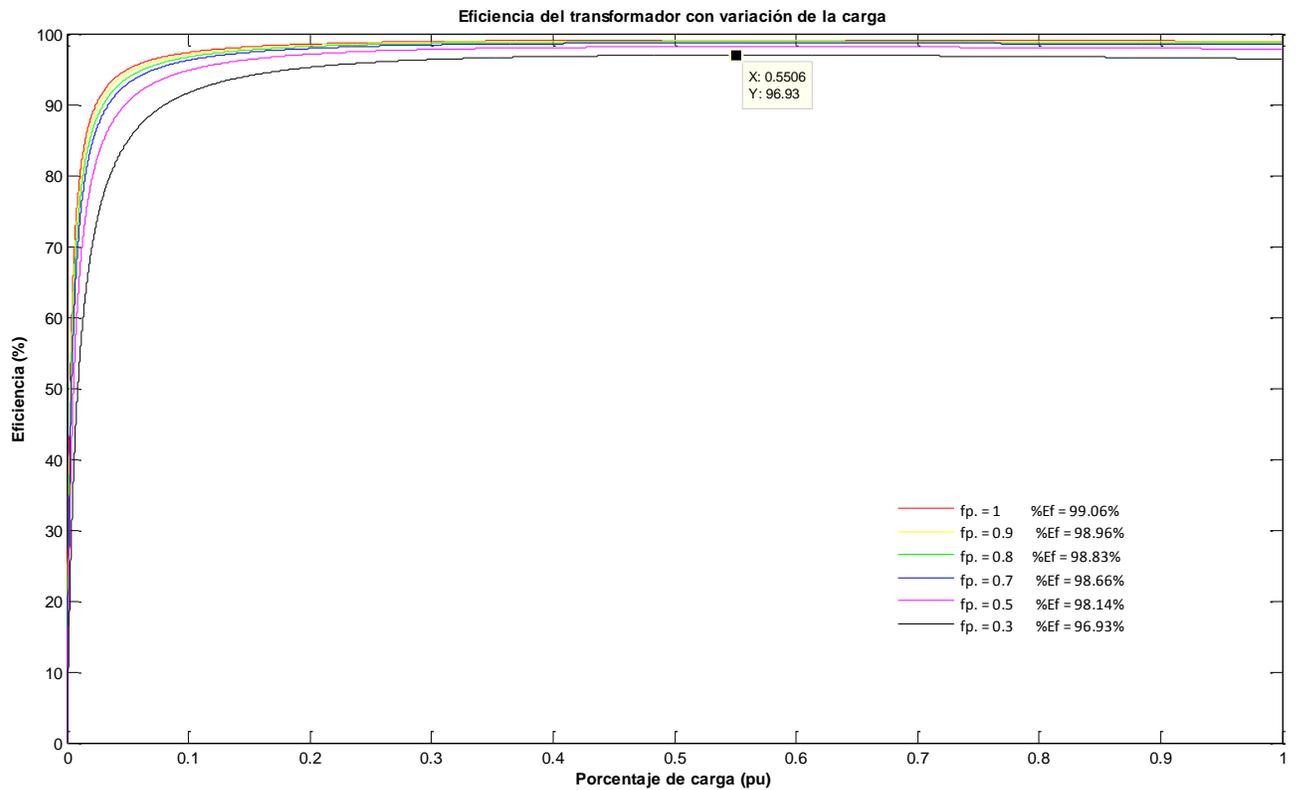
Eficiencia máxima operando el transformador al 56.06% de su capacidad nominal (potencias en kW)

$$\eta = \frac{0.5606 \times 500 \times 0.9}{0.5606 \times 500 \times 0.9 + 1.33 + 4.231 \times 0.5606^2} = 98.9\%$$

Este valor es el recomendado como mínimo por la tabla 1 de la NOM-002-SEDE-2007.

3-10-6 Eficiencia máxima del transformador operando con diferentes factores de potencia

Calculando el punto de eficiencia máxima para distintos factores de potencia se corrobora que este punto de eficiencia máxima es independiente del factor de potencia, el valor que varía es el porcentaje de eficiencia de operación.



Grafica 3-6

Con un factor de potencia unitario se logra la máxima eficiencia de 99.06%,
 con 0.9 se tiene 98.96%; con 0.8, tenemos 98.83%; con 0.7, 98.66%;
 con 0.5, 98.14% y con 0.3, 96.93%.

El punto de operación en que se tiene la máxima eficiencia al 55.06% de su capacidad nominal, correspondiente a una carga demandada es de 275.3 kVA.

3-10-7 Cálculo de la eficiencia de operación del transformador con demanda promedio

Para esta dependencia, la demanda promedio se obtuvo del día donde se presentó la mayor demanda como se muestra en la gráfica 3-7. Dicho valor es de 177.4 kW (197.11 kVA con un f.p. de 0.9) lo que representa un porcentaje de carga del 39.42%. Se observa que el transformador no opera cerca del punto de máxima eficiencia para un factor de potencia de 0.9



Para un factor de potencia de 0.9

$$\eta_{m\acute{a}x} = 98.96\%$$

Eficiencia real del transformador:

$$\eta_{real} = \frac{177.40}{177.40 + 1.33 + 4.231 \times 0.3942^2} = 98.89\%$$

De acuerdo con este análisis podemos calcular el costo que tienen las pérdidas con la operación del transformador al 39.42% de su capacidad:

- Costo por mantener energizado el transformador (costo por pérdidas en vacío):

$$Costo_{Po} = P_0[kW] \times \frac{h}{año} \times 1.74 \frac{\$}{kWh}$$

$$Costo_{Po} = 1.33 \times 24 \times 365 \times 1.74 = 20,272.4 \frac{\$}{año}$$

- Costo por pérdidas debidas a la carga:

$$Costo_{Pcc} = P_c \frac{kWh}{año} \times 1.74 \frac{\$}{kWh}$$

$$Costo_{Pcc} = (4.231 \times 0.3348^2 \times 365 \times 24) \frac{kWh}{año} \times 1.74 \frac{\$}{kWh} = 7,228.81 \frac{\$}{año}$$

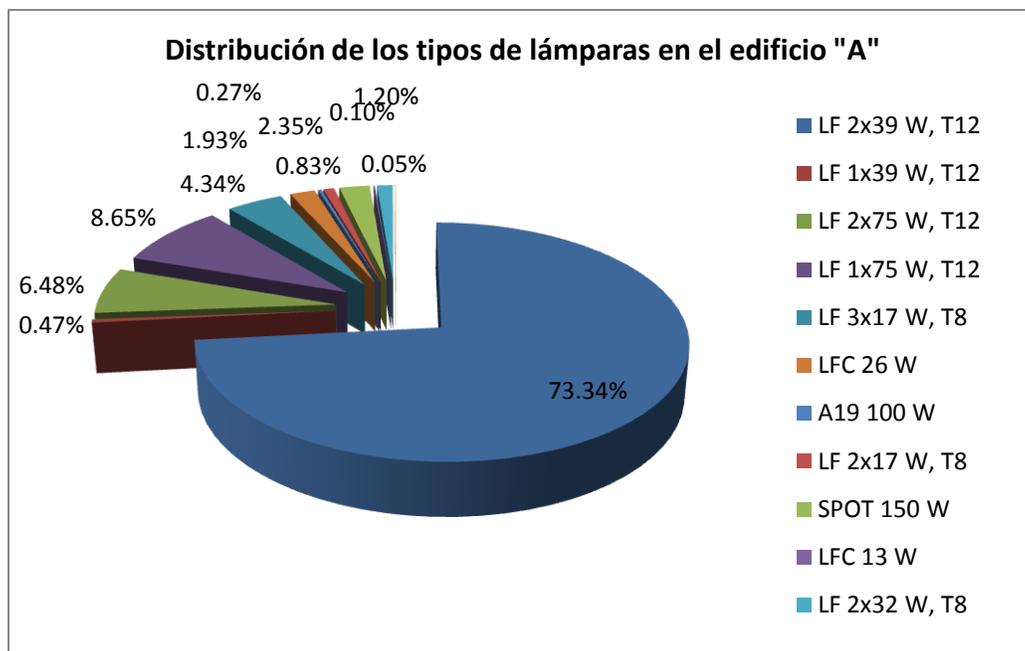
Como puede observarse en los cálculos y en las gráficas obtenidas el transformador de la dependencia se encuentra operando antes del punto de eficiencia máxima.

3-10-8 Análisis de la sustitución de lámparas convencionales por otras más eficientes y ahorradoras

En el edificio A se tiene el siguiente tipo y cantidad de luminarias:

Lámparas instaladas			
Lámparas	Cantidad	Watts	Porcentaje
LF 2x39 W, T12	1394	135,859.50	73.34%
LF 1x39 W, T12	18	877.50	0.47%
LF 2x75 W, T12	64	12,000.00	6.48%
LF 1x75 W, T12	171	16,031.25	8.65%
LF 3x17 W, T8	150	8,032.50	4.34%
LFC 26 W	131	3,576.30	1.93%
A19 100 W	5	500.00	0.27%
LF 2x17 W, T8	43	1,535.10	0.83%
SPOT 150 W	29	4,350.00	2.35%
LFC 13 W	13	177.45	0.10%
LF 2x32 W, T8	33	2,217.60	1.20%
LF 2x32 W, U, T12	1	97.50	0.05%
TOTAL:		185,254.70	100.00%

Tabla No.13
Lámparas instaladas



Grafica 3-1
Distribución de lámparas

Al reemplazar las lámparas instaladas por lámparas de nueva tecnología, más eficientes y ahorradoras de energía, atendiendo las necesidades de iluminación en las diferentes áreas y según las recomendaciones indicadas en las normas vigentes, la carga instalada disminuye de 185, 254.70 a 135, 044.2 kW instalados.

La siguiente Tabla muestra la carga instalada que se tendría al sustituir el alumbrado en el Edificio A de la Facultad de Química.

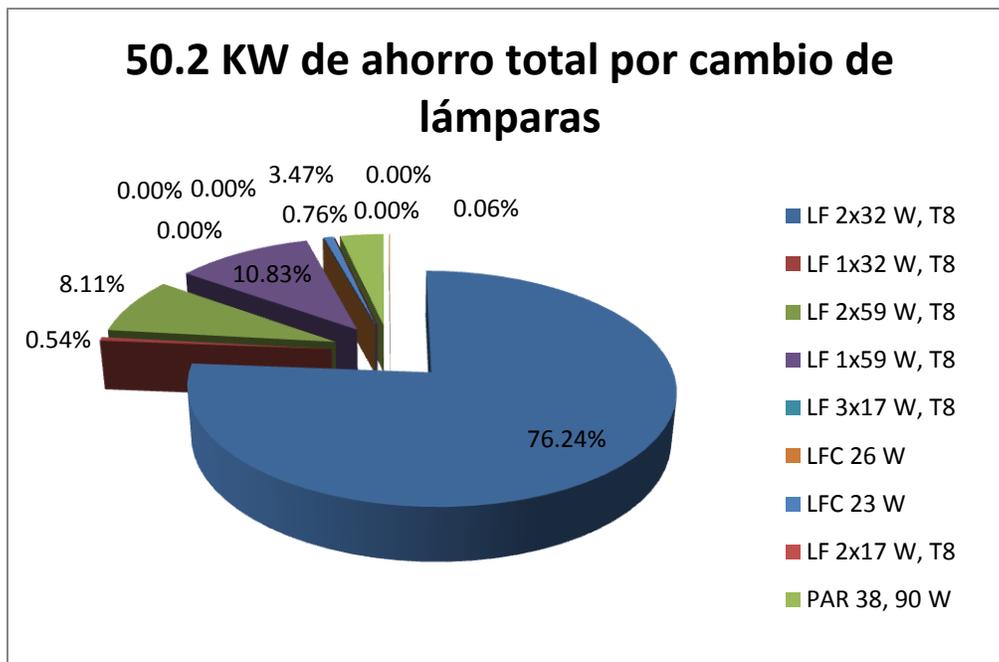
Lámparas propuestas			
Lámparas	Cantidad	Watts	Porcentaje
LF 2x32 W, T8	1394	97,580.00	72.26%
LF 1x32 W, T8	18	604.80	0.45%
LF 2x59 W, T8	64	7,929.60	5.87%
LF 1x59 W, T8	171	10,593.45	7.84%
LF 3x17 W, T8	150	8,032.50	5.95%
LFC 26 W	131	3,576.30	2.65%
LFC 23 W	5	120.75	0.09%
LF 2x17 W, T8	43	1,535.10	1.14%
PAR 38, 90 W	29	2,610.00	1.93%
LFC 13 W	13	177.45	0.13%
LF 2x32 W, T8	33	2,217.60	1.64%
LF 2x32 W, U, T8	1	67.20	0.05%
TOTAL:		135,044.75	100.00%

Tabla No. 14 Lámparas propuestas con mayor eficiencia

Se debe considerar las características técnicas de las lámparas propuestas para que proporcionen los niveles de iluminación requeridos y que permitan el mejor uso de las instalaciones eléctricas.

Lámparas actuales	Lámparas propuestas	Ahorro [KW]	Porcentaje
LF 2x39 W, T12	LF 2x32 W, T8	38.28	76.24%
LF 1x39 W, T12	LF 1x32 W, T8	0.27	0.54%
LF 2x75 W, T12	LF 2x59 W, T8	4.07	8.11%
LF 1x75 W, T12	LF 1x59 W, T8	5.44	10.83%
LF 3x17 W, T8	LF 3x17 W, T8	0	0.00%
LFC 26 W	LFC 26 W	0	0.00%
A19 100 W	LFC 23 W	0.38	0.76%
LF 2x17 W, T8	LF 2x17 W, T8	0	0.00%
SPOT 150 W	PAR 38, 90 W	1.74	3.47%
LFC 13 W	LFC 13 W	0	0.00%
LF 2x32 W, T8	LF 2x32 W, T8	0	0.00%
LF 2x32 W, U, T12	LF 2x32 W, U, T8	0.03	0.06%
Total:		50.21	100.00%

Tabla No.15 Lámparas que se sustituyen y las nuevas propuestas



Gráfica 3-7 Se muestra el ahorro obtenido en kW instalados al realizar la sustitución de lámparas convencionales por otras de nueva tecnología ahorradoras de energía.

A continuación se presenta el análisis económico de la propuesta para la sustitución de lámparas.

Primero se muestra la tabla con el costo de la energía con la tecnología actual y posteriormente con la tecnología propuesta. Se consideraron 7 horas de operación diaria, y 22 días al mes.

Tecnología Actual				
	Cantidad	W	kWh	\$/mes
LF 2x39 W, T12	1394	135,859.50	951.02	36,404.91
LF 1x39 W, T12	18	877.50	13.16	503.86
LF 2x75 W, T12	64	12,000.00	180.00	6,890.40
LF 1x75 W, T12	171	16,031.25	240.47	9,205.14
LF 3x17 W, T8	150	8,032.50	120.49	4,612.26
LFC 26 W	131	3,576.30	53.64	2,053.51
A19 100 W	5	500.00	7.50	287.10
LF 2x17 W, T8	43	1,535.10	23.03	881.45
SPOT 150 W	29	4,350.00	65.25	2,497.77
LFC 13 W	13	177.45	2.66	101.89
LF 2x32 W, T8	33	2,217.60	33.26	1,273.35
LF 2x32 W, U, T12	1	97.50	1.46	55.98
			Total	64,767.64

Tecnología propuesta				
	Cantidad	W	kWh	\$/mes
LF 2x32 W, T8	1394	97,580.00	683.06	26,147.54
LF 1x32 W, T8	18	604.80	4.23	162.06
LF 2x59 W, T8	64	7,929.60	55.51	2,124.82
LF 1x59 W, T8	171	10,593.45	74.15	2,838.62
LF 3x17 W, T8	150	8,032.50	56.23	2,152.39
LFC 26 W	131	3,576.30	25.03	958.31
LFC 23 W	5	120.75	0.85	32.36
LF 2x17 W, T8	43	1,535.10	10.75	411.35
PAR 38, 90 W	29	2,610.00	18.27	699.38
LFC 13 W	13	177.45	1.24	47.55
LF 2x32 W, T8	33	2,217.60	15.52	594.23
LF 2x32 W, U, T8	1	67.20	0.47	18.01
			Total	36,186.59

Tablas 16 y 17 comparativo de costos para lámparas con tecnología actual y la tecnología propuesta.

Como puede observarse el costo con la tecnología propuesta es de 36 186.59 \$/mes

Ahorro en costo de la energía (ACE) es = \$64 767.64 - 36186.59 = **\$28 581.05**

COSTO DE LA INVERSIÓN

A continuación se presenta la Tabla No.18 donde se muestra el costo total del conjunto lámpara- balastro que se proponen sustituir.

Lámpara	Cantidad	Lámpara		Balastro		Costo total
		Precio	Costo	Precio	Costo	
2x32 W	1394	\$ 22.07	\$61,531.16	\$ 120.00	\$167,280.00	\$228,811.16
1x32 W	18	\$ 22.07	\$ 397.26	\$ 90.00	\$ 1,620.00	\$ 2,017.26
2x59 W	64	\$ 64.19	\$ 8,216.32	\$ 200.00	\$ 12,800.00	\$ 21,016.32
1x59 W	171	\$ 64.19	\$10,976.49	\$ 100.00	\$ 17,100.00	\$ 28,076.49
23 W	5	\$ 40.35	\$ 201.75	\$ -	\$ -	\$ 201.75
90 W	29	\$ 44.13	\$ 1,279.77	\$ -	\$ -	\$ 1,279.77
2x32 W U	1	\$ 43.72	\$ 87.44	\$ 120.00	\$ 120.00	\$ 207.44
Totales			\$82,690.19		\$198,920.00	\$281,610.19

Tabla No. 18 Costo total de la inversión

Costo total de la inversión = \$ 281,610.19

TIEMPO DE RECUPERACIÓN

El tiempo de recuperación de la inversión (TRI) = $\frac{\text{Costo Total de la inversión}}{\text{ACE}} = 9.85 \text{ meses}$

Cabe aclarar que no es necesario que se sustituyan al mismo tiempo todas las lámparas, se puede realizar un programa de sustitución a mediano plazo para ir sustituyendo las lámparas de acuerdo al presupuesto de la dependencia.