



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

**ESTUDIO DE CALIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL
EDIFICIO T-12 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Pablo Sergio Alfaro Hernández

Asesorado por el Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez

Guatemala, enero de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE CALIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL
EDIFICIO T-12 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

PABLO SERGIO ALFARO HERNÁNDEZ

ASESORADO POR EL ING. NATANAEL JONATHAN REQUENA GOMEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

GUATEMALA, ENERO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Fernando Alfredo Moscoso Lira
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortíz
EXAMINADOR	Ing. Jorge Gilberto González Padilla
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**ESTUDIO DE CALIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL
EDIFICIO T-12 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 7 de septiembre de 2016

Pablo Sergio Alfaro Hernández



Guatemala, 02 de febrero de 2018.
Ref.EPS.DOC.102.18.

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

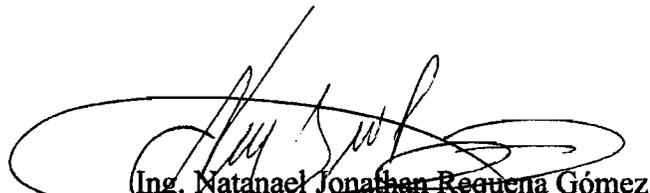
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Pablo Sergio Alfaro Hernández** de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Registro Académico No. 200413664 y CUI 2378 15117 0115, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"ESTUDIO DE CALIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL EDIFICIO T-12 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Eléctrica



c.c. Archivo
NJRG/ra



Guatemala 02 de febrero de 2018.
Ref.EPS.D.35.02.18.

Ing. Otto Fernando Andrino González
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

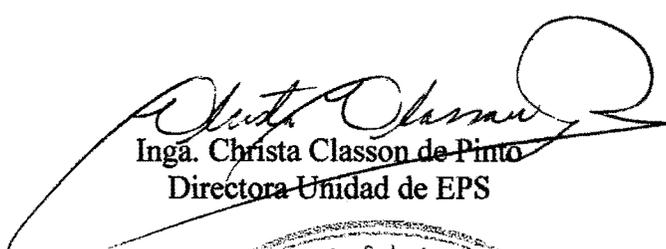
Estimado Ingeniero Andrino González:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"ESTUDIO DE CALIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL EDIFICIO T-12 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Pablo Sergio Alfaro Hernández**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez.

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-Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra





REF. EIME 68. 2018.
25 DE SEPTIEMBRE 2018.

Señor Director
Ing. Otto Fernando Andrino González
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
**ESTUDIO DE CALIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA Y
EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL EDIFICIO T-12 DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,** del
estudiante; Pablo Sergio Alfaro Hernández, que cumple con los
requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS

M.B.A. Ing. Saúl Cabezas Durán
Ingeniero Electricista
Colegiado No. 4648

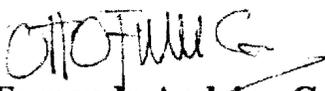
Ing. Saúl Cabezas Durán
Coordinador de Potencia





REF. EIME 68. 2018.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen el Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante: **PABLO SERGIO ALFARO HERNÁNDEZ** titulado: **ESTUDIO DE CALIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL EDIFICIO T-12 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,** procede a la autorización del mismo.


Ing. Otto Fernando Andrino González



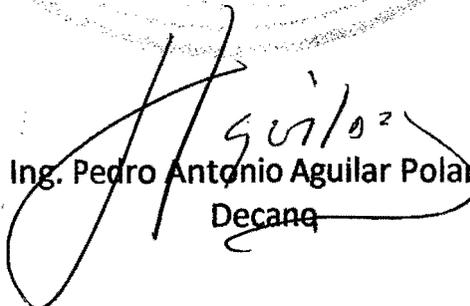
GUATEMALA, 28 DE SEPTIEMBRE 2018.



DTG. 005.2019

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: **ESTUDIO DE CALIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL EDIFICIO T-12 DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Pablo Sergio Alfaro Hernández**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, enero de 2019

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

A todos los que en su momento han luchado
por una universidad incluyente.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. La Universidad de San Carlos de Guatemala.....	1
1.1.1. Antecedentes de la Universidad de San Carlos de Guatemala.	1
1.1.2. Reseña histórica	2
1.1.3. Misión.....	6
1.1.4. Visión	6
1.1.5. Servicios que presta.....	6
1.1.6. Edificio T-12	9
1.2. Normas relacionadas con calidad de la potencia eléctrica	10
1.2.1. ¿Qué es la calidad de la potencia eléctrica?.....	11
1.2.1.1. Estándar IEC 61000-4-30	12
1.2.1.2. Estándar EN 50160.....	13
1.2.1.3. Estándar IEEE 1159.....	15
1.3. Eventos relacionados con calidad de la potencia eléctrica	17
1.3.1. Amplitud	17
1.3.2. Forma de onda.....	19
1.3.3. Frecuencia	20

1.3.4.	Simetría	21
1.3.5.	Variaciones de tensión	22
1.3.6.	Cambios rápidos de voltaje.....	23
1.3.7.	Hueco (<i>dips</i>) de tensión.....	24
1.3.8.	Interrupción de alimentación.....	25
1.3.8.1	Corte breve	25
1.3.8.2	Corte largo	26
1.3.9.	Sobretensión temporal.....	26
1.3.10.	Sobretensión transitoria.....	27
1.3.11.	Tensión armónica	28
1.3.12.	Tensión interarmónica	29
1.3.13.	Señales de información transmitidas por la red.....	30
1.3.14.	Variaciones de frecuencia	31
1.3.15.	Desequilibrios de tensión.....	32
1.4.	Normas relacionadas con eficiencia energética eléctrica	32
1.4.1.	Norma ISO-50001.....	32
1.4.2.	Norma ISO-14001.....	35
1.5.	Definiciones instalaciones eléctricas	38
1.6.	Tensiones de servicio	39
1.6.1.	Baja tensión	39
1.6.2.	Media tensión	41
1.6.3.	Alta tensión	41
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	43
2.1.	Diagrama unifilar	43
2.2.	Tensión de servicio.....	44
2.2.1.	Acometida principal	44
2.2.2.	Acometida secundaria	46
2.3.	Tableros eléctricos.....	48

2.4.	Protecciones eléctricas	54
2.5.	Tipos de conductores.....	55
2.6.	Caracterización de cargas conectadas	56
2.7.	Sistema de puesta a tierra	56
2.8.	Descripción de equipo a utilizar	57
2.8.1.	Analizador de redes	57
2.8.2.	Ventajas de usar un analizador de redes.....	57
2.8.3.	Método de medición establecido por normas.....	58
2.8.4.	Instalación del equipo	58
2.8.5.	Pinzas amperimétricas.....	60
2.8.6.	Luxómetro	60
2.8.7.	Cámara termográfica	60
2.9.	Desarrollo del programa específico de mediciones	61
2.9.1.	Curva de carga semanal	64
2.9.2.	Potencias	65
2.9.3.	Corrientes	67
2.9.4.	Desbalance	68
2.9.5.	Factor de potencia	69
2.9.6.	Distorsión armónica	70
2.9.7.	Factor k del transformador	70
2.9.8.	Carga conectada.....	71
2.10.	Información de compra de energía y potencia	72
2.10.1.	Tarifas eléctricas.....	72
2.10.2.	Estructura tarifaria.....	76
2.10.3.	Historial sobre facturación del último año	82
2.10.4.	Gráficas de la demanda, tablero principal.....	82
2.10.5.	Gráficas de la demanda, acometida en baja tensión .	85

3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DETECCIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA	87
3.1.	Calidad de la potencia eléctrica.....	87
3.1.1.	Análisis variaciones de tensión.....	87
3.1.2.	Análisis cambios rápidos de voltaje	88
3.1.3.	Análisis de <i>flicker</i>	88
3.1.4.	Análisis hueco de tensión (<i>dips</i>)	90
3.1.5.	Análisis de interrupciones de alimentación.....	91
3.1.6.	Análisis de sobretensión temporal (<i>swell</i>).....	93
3.1.7.	Análisis de sobretensión transitoria	93
3.1.8.	Análisis de tensión armónica	93
3.1.9.	Análisis de tensión interarmónica	94
3.1.10.	Análisis de señales de información transmitidas por la red	95
3.1.11.	Análisis de variaciones de frecuencia	95
3.1.12.	Análisis de desequilibrio de tensión.....	96
3.2.	Eficiencia energética.....	99
3.2.1.	Análisis de curvas de demanda	99
3.2.2.	Análisis de factor de potencia	100
3.2.3.	Análisis de estructura tarifaria.....	101
3.2.4.	Análisis de instalación actual	101
3.2.5.	Análisis de iluminación	104
4.	DISEÑO Y CÁLCULO DE PROPUESTA DE MEJORA	107
4.1.	Diseño y cálculo de propuesta de mejora, calidad de la potencia eléctrica y eficiencia energética	107
4.2.	Optimización de compra de energía y potencia eléctrica para el edificio bajo análisis.....	108

5.	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA	111
5.1.	Listado de materiales y equipo para mejoras.....	111
5.2.	Costos.....	112
5.3.	Presupuesto.....	112
5.4.	Estimación de la tasa interna de retorno (TIR).....	113
5.5.	Beneficio/costo (B/C)	115
6.	ARMÓNICOS EN SISTEMAS DE POTENCIA	117
6.1.	Fundamentos de la distorsión armónica	117
6.1.1.	Método de análisis	117
6.1.2.	Valor eficaz	120
6.1.3.	Valor promedio.....	121
6.2.	Elementos que generan armónicos	122
6.2.1.	Cargas lineales	122
6.2.2.	Cargas no lineales	123
6.2.3.	Clasificación de los armónicos	124
6.3.	Efectos de los armónicos	125
6.3.1.	Factor de distorsión.....	128
6.3.2.	Factor de distorsión de tensión	129
6.3.3.	Factor de distorsión de corriente.....	129
6.4.	Métodos de control de armónicos	130
6.5.	Normas aplicadas en Guatemala.....	134
6.5.1.	Distorsión armónica de la tensión generada por el distribuidor	134
6.5.2.	Distorsión armónica de la corriente generada por el usuario	138

CONCLUSIONES..... 145
RECOMENDACIONES 147
BIBLIOGRAFÍA..... 149
APÉNDICE 153
ANEXOS..... 179

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Amplitud y amplitud pico de la onda senoidal	18
2	Valor pico y valor pico a pico	18
3	Periodo (T) en onda alterna	19
4	Ciclo en onda alterna	20
5	Variaciones de frecuencia	20
6	Voltajes de fase en un generador trifásico	21
7	Modelo del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn)	34
8	Diagrama unifilar eléctrico del edificio T-12, zona 12 campus central, Universidad de San Carlos de Guatemala	43
9	Diagrama de conexión del transformador tipo pad-mounted conexión Δ -Y aterrizado, cuatro hilos	45
10	Transformador tipo pad-mounted.....	45
11	Diagrama de conexión del banco de transformadores conexión Y-Y aterrizado, cuatro hilos.....	47
12	Banco de transformadores tipo poste	47
13	Equipo instalado en campo.....	59
14	Configuración tipo: trifásica estrella (Y) aterrizada (3 \emptyset WYE)	59
15	Foto de pantalla al inicio de la medición	63
16	Foto de pantalla al final de la medición	63
17	Curva de carga diaria total, valores máximos (kW).....	64
18	Curva de carga semanal total, valores máximos (kW).....	65
19	Curva de potencia semanal línea 1, valores máximos	65
20	Curva de potencia semanal línea 2, valores máximos	66
21	Curva de potencia semanal línea 3, valores máximos	66

22	Estadística de desbalance semanal	68
23	Estadística de factor de potencia total	69
24	Representación hasta el 50 armónico de la L1, L2, L3.....	70
25	Consumo de energía vs. periodo, tablero principal.....	83
26	Área de energía vs. periodo, tablero principal	83
27	Consumo de dinero, costo vs. periodo, tablero principal	84
28	Consumo de energía vs. periodo.....	85
29	Área energía vs. periodo	85
30	Consumo de dinero, costo vs. periodo	86
31	Gráfica de parpadeo línea L1	88
32	Gráfica de tensión mínima.....	90
33	Valores de tensión mínima	92
34	Grafica de estadística de frecuencia media.....	96
35	Temperatura en barras, tablero principal.....	101

TABLAS

I.	Jerarquía de las instituciones de normalización.....	10
II.	Definición de perturbaciones según Norma 50160-2005	14
III.	Clasificación y características típicas de los fenómenos electromagnéticos.....	15
IV.	Niveles de compatibilidad para voltajes armónicos, en % del voltaje nominal	29
V.	Tensión de servicio observada	44
VI.	Datos del banco de transformadores	44
VII.	Tensión de servicio observada	46
VIII.	Datos del banco de transformadores	46
IX.	Tablero principal.....	48
X.	Tablero de distribución 1 (planta alta norte).....	49
XI.	Tablero de distribución 1-A	49
XII.	Tablero de distribución 1-B	50
XIII.	Tablero de Distribución 2 (tablero contiguo al principal)	50
XIV.	Tablero de distribución 3 (planta baja sur)	51
XV.	Tablero de distribución 3-A	51
XVI.	Tablero de distribución 3-B	52
XVII.	Tablero de distribución 4 (extractores).....	52
XVIII.	Tablero de distribución 6 (planta alta sur, oficinas)	53
XIX.	Tablero de distribución 6-A	53
XX.	Resumen de protecciones eléctricas	54
XXI.	Tablero principal.....	55
XXII.	Tableros de distribución	55
XXIII.	Caracterización de cargas	56
XXIV.	Información del instrumento	61

XXV.	Resumen de registros.....	62
XXVI.	Resumen de eventos.....	62
XXVII.	Resumen de potencia activa máxima diaria	64
XXVIII.	Resumen de corrientes máximas, alimentación	67
XXIX.	Resumen del desbalance semanal.....	68
XXX.	Resumen del factor de potencia	69
XXXI.	Resumen del factor k por línea.....	71
XXXII.	Carga conectada en las instalaciones del edificio T-12	71
XXXIII.	Pliegos tarifarios mes de junio del 2017	74
XXXIV.	Factor de carga promedio, para los últimos 12 meses	77
XXXV.	Tarifa media tensión con demanda fuera de punta (MTDfp)	78
XXXVI.	Tarifa media tensión con demanda en punta (MTDp).....	78
XXXVII.	Factor de carga promedio para los últimos 13 meses	80
XXXVIII.	Tarifa baja tensión con demanda fuera de punta (BTDfp)	81
XXXIX.	Tarifa baja tensión con demanda en punta – BTDp.....	81
XL.	Historial de facturación eléctrica, tablero principal.....	82
XLI.	Historial de facturación eléctrica, acometida baja tensión	84
XLII.	Resumen de valores de tensión.	87
XLIII.	Estadísticas <i>Plt</i> , resumen L1, L2, L3.....	89
XLIV.	Valores de tensión para el evento: hueco de tensión	91
XLV.	Interrupción 1, corte breve	92
XLVI.	Interrupción 2, corte breve	92
XLVII.	Valores del factor de distorsión armónica total (THD) para L1, L2 y L3	94
XLVIII.	Estadísticas de frecuencia media	96
XLIX.	Estadísticas para la componente de fase negativa.....	97
L.	Resumen de análisis de perturbaciones (Según norma 50160)	98
LI.	Comparación de lúmenes por tipo de área	104
LII.	Comparación de estado actual vs unificación de carga.....	109

LIII.	Presupuesto para la adquisición de accesorios de iluminación	112
LIV.	Presupuesto de mano de obra y supervisión técnica.....	113
LV.	Cálculo del valor presente neto (VPN)	114
LVI.	Cálculo de la tasa interna de retorno	115
LVII.	Cálculo del ahorro energético	115
LVIII.	Cálculo de ahorro anual	116
LIX.	Clasificación de las armónicas.....	124
LX.	Tolerancias para la distorsión armónica de tensión	135
LXI.	Tolerancias para la distorsión armónica de la corriente de carga...	140

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
I_{ϕ}	Corriente de fase
I_L	Corriente de línea
\$	Dólar estadounidense (moneda)
FP	Factor de potencia
Gwh	Gigavatio hora
Kw	Kilovatio
Kwh	Kilovatio hora
Mw	Megavatio
Mwh	Megavatio hora
m	Metro
%	Porcentaje
P	Potencia activa (W)
S	Potencia aparente (VA)
Q	Potencia reactiva (VAR)
V_L	Voltaje de línea
V_{ϕ}	Voltaje de fase
V_P	Voltaje pico
V_{P-P}	Voltaje pico-pico
W	Watts

GLOSARIO

Aislante	Materiales en los que un voltaje muy alto debe ser aplicado para producir algún flujo de corriente que se puede medir.
AMM	Administrador del mercado mayorista. Ente encargado de las transacciones comerciales entre los agentes participantes en el mercado de electricidad de Guatemala.
Amperios	Es la unidad de intensidad de corriente eléctrica definida como la cantidad de electrones que atraviesan un área por segundo.
Analizador de redes	Equipo electrónico diseñado para medir, analizar y cuantificar parámetros de la corriente alterna.
CA	Corriente alterna. Se abrevia así a la corriente producida por la tensión que alterna de polaridad con cierta frecuencia.
Carga	Todo equipo que consume o utiliza energía eléctrica. Existen tres tipos de cargas: resistivas, inductivas, capacitivas y las distintas combinaciones cargas mixtas.

CEM	Compatibilidad electromagnética.
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica. El órgano técnico del ministerio de energía y minas, es el encargado de cumplir y hacer cumplir la ley general de electricidad y sus reglamentos.
Conductor	Material que permite un flujo generoso de electrones con muy poco voltaje aplicado.
Cromática	Que presenta al ojo del observador los objetos contorneados con los colores del arco iris.
Diagrama unifilar	Es una representación gráfica de una instalación eléctrica, simbolizando los diferentes circuitos y cargas en un solo hilo.
Distribuidor	Es la persona, individual o jurídica, titular o poseedora de instalaciones destinadas a distribuir comercialmente energía eléctrica.
EN	Normas Europeas.
Flickerometro	Dispositivo electrónico de simulación de la percepción humana, muestra una señal representativa de molestia producida por la variación de la onda de tensión.
Generador	Es la persona individual o jurídica, titular o poseedora de una central de generación de energía eléctrica, que

comercializa total o parcialmente su producción de electricidad.

NSTD	Normas técnicas de servicio de distribución. Son normas desarrolladas por la CNEE.
Potencia activa	Es la potencia capaz de convertirse en trabajo útil.
Potencia aparente	Es la relación trigonométrica entre la potencia activa y la potencia reactiva.
Potencia reactiva	Es la potencia que forma los campos magnéticos y eléctricos de los componentes.
Protección eléctrica	Interruptor electromagnético contra sobrecorrientes, capaz de abrir o separar un equipo o circuito fallado, para evitar que el daño aumente.
Puesta a tierra	Conjunto de elementos conductores sin interrupciones ni fusibles, que conectan a los equipos eléctricos con el terreno o masa metálica suficientemente grande para dispersar cargas y sobrevoltajes eléctricos y mantener un nivel de tensión referente, normalmente cero.
Ramal	Conductores de un circuito entre el dispositivo de protección contra sobrecorrientes y la carga final.

Tensión de servicio	Es el nivel de voltaje al cual una empresa distribuidora abastece a un usuario de servicio eléctrico.
Tensión	Sinónimo de voltaje.
Usuario	Es el titular o poseedor del bien inmueble que recibe el suministro de energía eléctrica.
Voltaje	Es la diferencia de energía que induce el flujo de electrones de un punto a otro.

RESUMEN

En el primer capítulo se desglosa el contenido teórico necesario para abordar los diferentes temas de este informe. Se describen las características de las cargas, las diferentes tensiones de servicio que brinda la compañía distribuidora, los usos de las instalaciones y la historia del edificio.

En el segundo capítulo se desarrolla el levantamiento o relevamiento del estado actual de las instalaciones eléctricas del edificio, se describen los tipos de conexiones eléctricas existentes, la configuración de los transformadores, la distribución de las cargas en los diferentes tableros de distribución, tipos y marcas de cables, tipos y marcas de conductores, y una descripción detallada de las cargas. En este capítulo también se describen las mediciones a realizar en las instalaciones y las especificaciones de los distintos equipos utilizados.

En el tercer capítulo se desarrolla el análisis de los datos obtenidos en el capítulo dos, describiendo y comparando los parámetros con las normas que rigen este estudio descritas en el capítulo uno.

En el capítulo cuarto se plantea una propuesta de mejora según los datos obtenidos y análisis realizados en capítulos anteriores. Posteriormente en el capítulo cinco se realiza un análisis de factibilidad económica verificando la viabilidad económica de las propuestas planteadas.

Por último se desglosa el contenido del tema de investigación propuesto referente a amónicos en sistemas de potencia.

OBJETIVOS

General

Analizar la calidad del servicio eléctrico en el edificio T-12 de la Universidad de San Carlos de Guatemala, la influencia del mismo sobre la red eléctrica y mejorar la eficiencia energética eléctrica de las instalaciones.

Específicos

1. Determinar la calidad de potencia eléctrica en el edificio T-12.
2. Analizar cómo influye el uso de los distintos equipos instalados en el edificio T-12, en las ondas de voltaje y corriente.
3. Proponer soluciones que eliminen o disminuyan los problemas relacionados con la mala calidad de la potencia, si es necesario.
4. Determinar el estado actual de las instalaciones eléctricas del edificio T-12.
5. Proponer soluciones para lograr una mejor utilización del recurso energético en el edificio T-12.

INTRODUCCIÓN

El presente documento desglosa el análisis del proyecto realizado, el cual lleva por título: Estudio de Calidad de Potencia Eléctrica y Eficiencia Energética del edificio T-12 de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Dicho edificio alberga salones de clase, laboratorios, bibliotecas, cafeterías, oficinas administrativas y de servicios.

Este análisis es parte del estudio solicitado por la Dirección General de Servicios Generales de la Universidad de San Carlos de Guatemala a la unidad de EPS de la facultad de ingeniería.

Para empezar con el análisis se realiza una definición teórica de los términos a medir y analizar, sobre los temas de calidad de la potencia eléctrica y eficiencia energética. Se detallan normas que definen los parámetros de medida y los métodos de medición.

Posterior a ello se analizan los datos obtenidos en las mediciones y se identifican los distintos fenómenos que afectan la calidad de la energía eléctrica, tales como: subidas y bajadas de voltaje, picos de voltaje, interrupciones, parpadeo, armónicos, desbalances, entre otros. Con el fin de presentar propuestas de mejora viablemente económicas.

El uso eficiente de la energía, incluye efectuar estudios energéticos, ejecutar planes de eficiencia energética y calidad en edificios públicos del país, el presente documento es parte de estos estudios.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. La Universidad de San Carlos de Guatemala

Dado que el trabajo se realiza en esta institución se describe a continuación una descripción muy breve de sus antecedentes.

1.1.1. Antecedentes de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Considerando de interés el periodo de operación de las instalaciones del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala ubicada en la zona 12 de la ciudad de Guatemala, los antecedentes en este documento se remontan únicamente a los años de fundación y construcción de estas instalaciones.

Constitucionalmente a partir del 31 de marzo 1945 se le designa el que hacer a la universidad, en el artículo 82, capítulo II-sección V (universidades) se define: la autonomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que también es una institución con personería jurídica. Y en su carácter de única universidad estatal le corresponde con exclusividad, dirigir, organizar y desarrollar la educación superior del estado y la educación profesional universitaria estatal, así como la difusión de la cultura en todas sus manifestaciones.

En este mismo artículo se le designa a la Universidad de San Carlos de Guatemala promover por todos los medios a su alcance la investigación en todas las esferas del saber humano y cooperará al estudio y solución de los problemas

nacionales. En el decreto número 325 emitido el 17 de enero de 1947, Título II, Integración de la universidad, Artículo 6 se establece la integración de la universidad por las facultades siguientes:

- Ciencias económicas
- Humanidades
- Ciencias jurídicas y sociales
- Ingeniería
- Ciencias médicas
- Ciencias químicas y farmacia
- Odontología

También integran la universidad los institutos, departamentos y dependencias ya existentes, las facultades y centros que la universidad reconozca, incorpore o establezca en lo sucesivo. Todo este proceso de conformación de la universidad ha sufrido cambios y transformaciones desde su fundación, en el apartado reseña histórica, se hace una muy breve descripción de estas etapas, extrayendo datos relevantes para este informe, como lo son periodos de traslado de la universidad a zona 12 ciudad de Guatemala y periodos de inicio de las construcciones.

1.1.2. Reseña histórica

Al año de la creación de este informe la Universidad de San Carlos de Guatemala está cumpliendo 341 años desde su fundación, que data de un 31 de enero de 1676. Se sabe que fue un 1 de agosto de 1548 cuando el primer obispo de Guatemala, Francisco Marroquín, envió una solicitud a la corona española para su creación. Esta primera petición fue para abrir un centro de estudios superiores en la Ciudad de Santiago de los Caballeros, hoy Antigua Guatemala.

En su historia se registran cinco épocas, todas siguiendo la ciudad capital:

- La Real y Pontificia Universidad de San Carlos de Borromeo (1676-1829): establecida durante La Colonia por la Corona Española en el siglo-XVII, aprobada por la santa sede y dirigida por las órdenes regulares de la iglesia católica. Tras la independencia de 1821 se llamó únicamente universidad pontificia.
- Escuela de Ciencias (1830-1840): institución laica creada durante la Federación Centroamericana por el gobernador liberal Mariano Gálvez.
- Nacional y Pontificia Universidad de San Carlos de Borromeo (1840-1875): institución eclesiástica dirigida por las órdenes regulares durante los Gobiernos de Rafael Carrera y de Vicente Cerna y Cerna, ratificada por el Concordato de Guatemala de 1854.
- Universidad Nacional de Guatemala (1875-1944): institución laica positivista dividida en las escuelas facultativas de Derecho y Notariado, Medicina y Farmacia. Brevemente en el periodo de 1918 a 1920 se llamó Universidad Estrada Cabrera, en honor al entonces presidente Manuel Estrada Cabrera.
- Universidad de San Carlos de Guatemala (1944 - presente): institución laica con orientación social instituida tras la revolución de 1944, logrando autonomía total¹.

¹Sagastume Gemmell, Marco Antonio.
Síntesis Histórica.
Guatemala, 2013. 55 p.

Es sobre este último periodo que se centrará el interés con la finalidad de aportar datos útiles para el análisis a realizar.

Así el 31 de marzo de 1945, el congreso de la República promulgó la primera ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Dicha ley fue mejorada por el decreto 325 de fecha 17 de enero de 1947.

Las autoridades universitarias que iniciaron el período autónomo fueron:

- Rector Carlos Federico Mora.
- Secretario Licenciado Vicente Diaz Samayoa.
- Decano de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales Licenciado Gregorio Aguilar Fuentes.
- Decano de la Facultad de Ciencias Médicas
- Doctor Carlos Mauricio Guzmán.
- Decano de la Facultad de Ingeniería Ingeniero Eduardo D. Goyzueta.
- Decano de la Facultad de Ciencias Naturales y Farmacia Licenciado Julio Valladares Márquez.
- Decano de la Facultad de Odontología Doctor J. Francisco Arévalo.
- Decano de la Facultad de Ciencias Económicas Licenciado Julio Gómez Robles.

Estos personajes tuvieron la misión de crear los mecanismos, organizar y supervisar las primeras elecciones universitarias de acuerdo a la autonomía universitaria.

Con la facultad de humanidades se inauguró una nueva época con su fundación y elección de autoridades resultando electo como primer decano el Licenciado José Rolz Bennett, el 17 de diciembre de 1945.

Para estos años se creó el partido político frente popular libertador, el cual propuso como candidato a la presidencia a un egresado de la universidad, el Doctor Juan José Arévalo Bermejo, pedagogo, en cuyo plan de gobierno la educación constituyó uno de los pilares fundamentales. Uno de los proyectos implementados fue la construcción en las cabeceras departamentales de 16 escuelas tipo federación.

De este periodo el primer rector electo democráticamente por estudiantes, docentes y profesionales, fue el Doctor Carlos Martínez Durán, fue electo dos periodos 1945-1950 y 1958-1962. Fue un defensor de la autonomía universitaria y de los derechos humanos, impulsor de la excelencia académica con sello humanístico y de vocación de servicio. En la gestión del rector Martínez Durán se adquirieron los terrenos en donde actualmente está construida la universidad.

También impulsó la fundación de centros universitarios en el área departamental, siendo el primero el centro universitario de occidente, en la ciudad de Quetzaltenango.

Es bajo esta misma gestión que se planteó la diversificación de los estudios y se crearon nuevas áreas académicas, entre ellas la facultad de agronomía, la facultad de medicina veterinaria, la facultad de arquitectura, y se planteó la creación de escuelas, como: la escuela de ciencias psicológicas, de historia y de trabajo social.

En esta época se tuvo a un docente-investigador como rector, con gran visión del papel de la universidad dentro de la problemática nacional y su deontología. De esta manera la Universidad de San Carlos de Guatemala se desarrolló en esas áreas y se presentó al mundo como una universidad comprometida con el quehacer popular mediante su vocación de servicio.

Es entonces que se inicia con la planeación de los diferentes edificios que conforman la universidad. Con fechas de aprobación de planos de 1967 para los primeros y más antiguos edificios del campus central.

1.1.3. Misión

En su carácter de única universidad estatal le corresponde con exclusividad dirigir, organizar y desarrollar la educación superior del estado y la educación estatal, así como la difusión de la cultura en todas sus manifestaciones. Promoverá por todos los medios a su alcance la investigación en todas las esferas del saber humano y cooperará al estudio y solución de los problemas nacionales.

1.1.4. Visión

La Universidad de San Carlos de Guatemala es la institución de educación superior estatal, autónoma, con cultura democrática, con enfoque multi e intercultural, vinculada y comprometida con el desarrollo científico, social, humanista y ambiental, con una gestión actualizada, dinámica, efectiva y con recursos óptimamente utilizados, para alcanzar sus fines y objetivos, formadora de profesionales con principios éticos y excelencia académica.

1.1.5. Servicios que presta

La universidad está designada para realizar distintas funciones sociales, en los Estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala (nacional y autónoma), Título II, fines de la universidad, artículos 6, 7, 8 y 9, se describen sus funciones, las cuales se detallan a continuación:

Artículo 6. Como la institución de educación superior del estado le corresponde a la universidad:

- Desarrollar la educación superior en todas las ramas que correspondan a sus facultades, escuelas, centros universitarios, institutos y demás organizaciones conexas.
- Organizar y dirigir estudios de cultura superior y enseñanzas complementarias en el orden profesional.
- Resolver en materias de su competencia las consultas sobre la obtención de grados y títulos superiores en el orden profesional y académico.
- Diseñar y organizar enseñanzas para nuevas ramas técnicas intermedias y profesionales.
- Promover la organización de la extensión universitaria.

Artículo 7. Como centro de investigación le corresponde:

- Promover la investigación científica, filosófica, técnica o de cualquier otra naturaleza cultural, mediante los elementos adecuados y los procedimientos más eficaces, procurando el avance de estas disciplinas.
- Contribuir en forma especial al planteamiento, estudio y resolución de los problemas nacionales, desde el punto de vista cultural y con el más amplio espíritu patriótico.
- Resolver en materias de su competencia las consultas que se le formulen por los organismos del estado.

Artículo 8. Como depositaria de la cultura corresponde a la universidad:

- Establecer bibliotecas, museos, exposiciones y todas aquellas organizaciones que tiendan al desenvolvimiento cultural del país, y ejercer su vigilancia sobre las ya establecidas.
- Cooperar en la formación de los catálogos, registros e inventarios del patrimonio cultural guatemalteco y colaborar en la vigilancia, conservación y restauración del tesoro artístico, histórico y científico del país.
- Cultivar relaciones con universidades, asociaciones científicas, institutos, laboratorios, observatorios, archivos, entre otros, tanto nacionales como extranjeros.
- Fomentar la difusión de la cultura física, ética y estética.
- Establecer publicaciones periódicas en el orden cultural y científico.

Artículo 9. También corresponde a la universidad:

- Cooperar en la solución del analfabetismo.
- Estudiar la dinámica étnica del país para proponer acciones tendientes a la consolidación de la unidad nacional en condiciones de igualdad en lo político, económico y social, dentro del marco de respeto a la diversidad étnica, a la cual la universidad debe responder para ser congruente con la pluralidad social del país.
- Promover el intercambio de profesores, investigadores y estudiantes con las universidades nacionales y extranjeras.
- Estimular la dedicación al estudio y recompensar los méritos culturales en la forma que estime más oportuna.
- Promover certámenes, seminarios, simposios, talleres, exposiciones y otras actividades académicas para fomentar la investigación, las invenciones, la creación científica o humanística.
- Fomentar el espíritu cívico y procurar que entre sus miembros se promuevan y exalten las virtudes ciudadanas.

- Cooperar en la restauración y conservación del patrimonio cultural.

Es así como se definen los servicios que presta la universidad a la sociedad guatemalteca, dichas funciones las lleva a cabo en sus distintas y múltiples sedes, teniendo como sede central el campus central ubicado en zona 12, Ciudad de Guatemala.

Al cual se estima que asisten actualmente un promedio de 100 mil estudiantes, albergados en los distintos edificios con los que cuenta el campus, para llevar a cabo la dinámica enseñanza-aprendizaje.

1.1.6. Edificio T-12

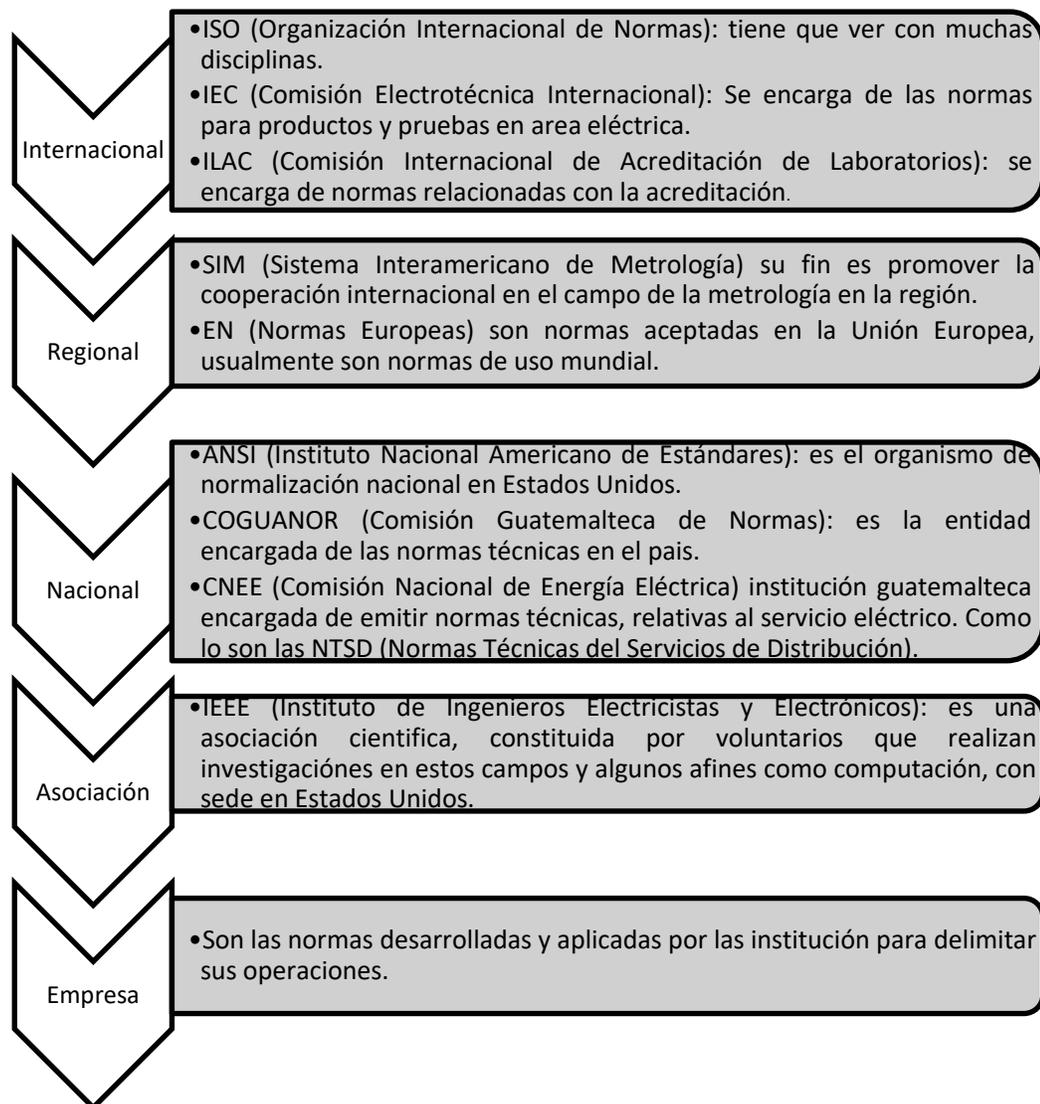
La planeación de los diferentes edificios que conforman la universidad se inicia a partir de 1967 para los primeros y más antiguos edificios del campus central. Con una aprobación de planos eléctricos de fecha 1973 para el edificio T-12 y una finalización de las primeras construcciones en 1979. Se puede estimar que dicha instalación cuenta a la fecha de 37 años de fundación y uso.

Es desde estas fechas que el edificio inicia su función de albergar: salones de clase, laboratorios, oficinas, archivos y oficinas centrales para la administración de la facultad de ciencias químicas y farmacia. El edificio cuenta con dos niveles, con paredes y techo de hormigón, ventanas de aluminio con vidrio blanco transparente, con orientación poniente y un área de 1 620 metros cuadrados de construcción. La instalación eléctrica se realiza con un tablero principal y cuatro tableros de distribución, dos por cada nivel, para iluminación y fuerza. Estos serán parte del análisis de este estudio.

1.2. Normas relacionadas con calidad de la potencia eléctrica

Una norma es un documento, algunos altamente técnicos que enseñan o definen qué hacer y cómo hacerlo. Estas normas mantienen un orden jerárquico según el siguiente diagrama:

Tabla I. **Jerarquía de las instituciones de normalización**



Fuente: elaboración propia.

Siguiendo el anterior orden jerárquico se describen a continuación las normas sobre calidad de la potencia eléctrica.

1.2.1. ¿Qué es la calidad de la potencia eléctrica?

El termino calidad de la potencia eléctrica está contenido en el concepto de calidad del servicio, este regula las condiciones mínimas de calidad del servicio diferenciando tres aspectos:

- Calidad en la atención y relación con el cliente.
- Continuidad del suministro (número y duración de interrupciones).
- Calidad del producto (características de la onda de tensión).

Los dos últimos puntos hacen referencia a la calidad del suministro de energía eléctrica, la continuidad del servicio y la calidad de la onda. Dado que la interrupción del servicio normalmente es debida a causas de fuerza mayor difícilmente predecibles, en ella se regula la cantidad y duración máxima de interrupción por periodo de tiempo en cierta área (calidad zonal). Y la calidad de la onda hace referencia a la degradación de algunos parámetros de la onda en el punto de medida, este punto se sitúa regularmente en la conexión del consumidor final.

Dado que el carácter de este informe se centra en la medición de las variaciones que sufre la onda de tensión, en un edificio específico con carga declarada y definida, se detallará el aspecto calidad del producto en los temas siguientes.

El termino calidad de la potencia eléctrica, en sí, está definido de distintas formas en cada norma, razón por la cual a continuación se describen brevemente

las normas que más influyen y rigen la medición de cada uno de los parámetros que se consideran. Para más detalle consultar cada una de las normas.

1.2.1.1. Estándar IEC 61000-4-30

Norma IEC 61000: compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-30: técnicas de ensayo y de medida, métodos de medida de la calidad de suministro.

Según se define en esta norma, la calidad de la potencia son las características de la electricidad en un punto dado de una red de energía eléctrica, evaluadas con relación a un conjunto de parámetros técnicos de referencia destinados a satisfacer las necesidades de los usuarios.

La norma guía en la selección de un instrumento de calidad de energía. También norma los procedimientos de medida para cada parámetro, la incertidumbre de medida, el ancho de banda y otros términos de referencia que permiten garantizar la confiabilidad de las mediciones.

La norma estandariza las mediciones de los siguientes parámetros:

- Frecuencia de alimentación.
- Magnitud de la tensión de alimentación.
- Parpadeo (parpadeo), armónicos e interarmónicos.
- Fluctuaciones.
- Interrupciones.
- Desequilibrio en la tensión de alimentación.
- Cambios rápidos de tensión.

La norma limita su alcance ya que no define procedimientos para verificar el cumplimiento de los niveles de incertidumbre requeridos en los equipos de medida, esto es parte de otras normas.

1.2.1.2. Estándar EN 50160

Norma EN 50160: características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución.

Según se define en la misma: esta norma proporciona las características principales de la tensión en las terminales de suministro de un usuario de red en sistemas públicos de distribución de electricidad de baja y media tensión en condiciones normales de funcionamiento. Esta norma da los límites o valores dentro de los cuales se puede esperar que las características de voltaje permanezcan, y no describe la situación típica en una red pública de suministro.

El objeto de esta norma es definir y describir las características de la tensión de alimentación relativas a:

- Frecuencia.
- Magnitud.
- Forma de onda.
- Simetría de las tres tensiones de fase.

Estas características están sujetas a variaciones durante el funcionamiento normal de un sistema de suministro debido a cambios de carga, perturbaciones generadas por ciertos equipos y la ocurrencia de fallos que son causados principalmente por eventos externos.

Esta norma se centra únicamente en parámetros relativos a los voltajes de las fases. A continuación, se resumen los fenómenos electromagnéticos que la norma considera.

Tabla II. **Definición de perturbaciones según Norma 50160-2005**

Definición de perturbaciones		
Parámetro	Nombre	Definición
Amplitud	Fluctuación de tensión	$\Delta U < 10\%U_{ref}$
	Hueco de tensión	$90\%U_{ref} > U > 1\%U_{ref}$ $10\ ms < \Delta t \leq 1\ min$
	Interrupción de alimentación: Corte breve Corte largo	$U < 1\%U_{ref}, \Delta t \leq 3\ min.$ $U < 1\%U_{ref}, \Delta t > 3\ min.$
	Sobretensión temporal	Sobretensión relativamente larga
	Variación de tensión	Aumento o disminución de tensión
Forma de onda	Sobretensión transitoria	$\Delta t = de\ ns\ a\ ms$
	Tensión armónica	$f_{armonicos} = n \cdot f_{fund.}$ $n = entero$
	Tensión Inter armónica	$f_{armonicos} = m \cdot f_{fund.}$ $m = entero$
	Señales de información transmitidas por la red	$110\ Hz \leq f \leq 148.5\ kHz$ E impulsos de corta duración
Frecuencia	Variaciones de frecuencia	$f \neq 50\ \text{ó}\ 60\ Hz$
Simetría	Desequilibrios de tensión	$ U_R \neq U_S \neq U_T $ y/o $\varphi_{R,S} \neq \varphi_{S,T} \neq \varphi_{T,R} \neq 120^\circ$
$U = \text{tensión actual}, U_{ref} = \text{tensión de referencia}$ $\Delta U = U_{ref} - U , \Delta t = \text{duración}, f = \text{frecuencia}$ $f_{fund} = \text{frecuencia fundamental}$ $U_R, U_S, U_T = \text{Tensión en fases R, S, y T}$ $\varphi_{R,S}, \varphi_{S,T}, \varphi_{T,R} = \text{Ángulo entre fases R - S, S - T y T - R}$		

Fuente: SÁNCHEZ, Víctor. RIVERA, Bernardo. *Calidad del suministro Eléctrico*. p.3.

1.2.1.3. Estándar IEEE 1159

Norma IEEE 1159: práctica recomendada para monitorear la calidad de la energía eléctrica.

Descripción: en esta norma se contempla el control de la calidad de la energía eléctrica de los sistemas de alimentación de corriente alterna monofásicos y polifásicos, las definiciones de la terminología de la calidad de energía, el impacto de la mala calidad de la energía en los equipos de servicio público y del cliente y la medición de fenómenos electromagnéticos.

La Norma IEEE Estándar 1159 de 1995 clasifica los fenómenos electromagnéticos en tres tipos:

- Variaciones en el valor RMS de la tensión o la corriente.
- Perturbaciones de carácter transitorio.
- Deformaciones en la forma de onda.

Se clasifican y detallan las características de los fenómenos electromagnéticos en la tabla III.

Tabla III. **Clasificación y características típicas de los fenómenos electromagnéticos**

Categorías	Contenido espectral	Duración	Magnitud de voltaje
TRANSIENTES			
Impulsivos			
Nanosegundos	5 ns alza	< 50 ns	
Microsegundos	1 μ s alza	50 ns – 1 ms	
Milisegundos	0.1 ms alza	> 1 ms	

Continuación de la tabla III.

Oscilatorios			
Baja frecuencia	<5 kHz	0.3 – 50 ms	0 - 4 pu
Media frecuencia	5 – 500 kHz	20 μ s	0 – 8 pu
Alta frecuencia	0.5 – 5 MHz	5 μ s	0 – 4 pu
VARIACIONES DE CORTA DURACIÓN			
Instantáneas			
Valles (sag)		0.5 – 30 ciclos	0.1 – 0.9 pu
Crestas (swell)		0.5 – 30 ciclos	1.1 – 1.8 pu
Momentáneas			
Interrupciones		0.5 ciclos – 3 s	0.1 – 0.9 pu
Valles (sag)		30 ciclos – 3 s	0.1 – 0.9 pu
Crestas (swell)		30 ciclos – 3 s	1.1 – 1.4 pu
Temporales			
Interrupciones		3 s – 1 min	<0.1 pu
Valles (sag)		3 s – 1 min	0.1 – 0.9 pu
Crestas (swell)		3 s – 1 min	1.1 – 1.2 pu
VARIACIONES DE LARGA DURACIÓN			
Interrupciones sostenidas		> 1 min	0,0 pu
Bajo voltaje		> 1 min	0.8 – 0.9 pu
Sobre voltajes		> 1 min	1.1 – 1.2 pu
Desbalance de Voltaje		Estado Estable	0.5 – 2%
DISTORSIÓN DE FORMA DE ONDA			
Desplazamiento de C.D.		Estado Estable	
Armónicos	0 – 100th H	Estado Estable	0 – 0.1%
Interarmónicos	0 – 6 kHz	Estado Estable	0 – 20%
Hendiduras		Estado Estable	
Ruidos	banda – ancha	Estado Estable	0 – 1%
FLUCTUACIONES	< 25 Hz	Intermitente	0.1 – 7%
VARIACIONES DE FRECUENCIA		< 10 s	

Fuente: Universidad Autónoma de Occidente y Universidad del Atlántico. *Calidad de la energía eléctrica*. p.5 y 6

1.3. Eventos relacionados con calidad de la potencia eléctrica

Dado que para la realización de las mediciones se utilizó un analizador de redes, clase B, basado en la Norma EN 50160 para 60 Hz. A continuación se definen, nombran y clasifican las perturbaciones según esta norma.

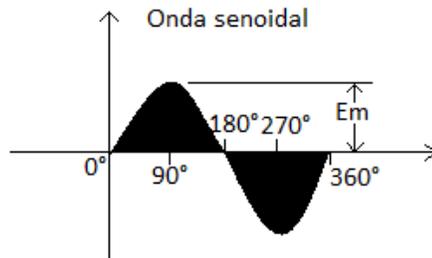
Como se definieron en la tabla III, esta norma describe las características de la electricidad en términos de la tensión alterna, los fenómenos se clasifican según la perturbación de cuatro parámetros que definen a la onda de tensión pura, onda de tensión alternante, es por ello que primero se definen los cuatro parámetros ideales que la conforman y posteriormente se analizará como se ve afectada por las perturbaciones.

1.3.1. Amplitud

Definida como el valor máximo de una forma de onda denotado por letras mayúsculas, medido a partir del eje horizontal. Se describen algunos términos relacionados que surgen a partir del término amplitud.

- Amplitud pico: valor máximo de una forma de onda medido a partir de su valor promedio o medio, denotado por letras mayúsculas (como E_{max} en fuentes de voltaje y V_{max} para la caída de voltaje de la carga).

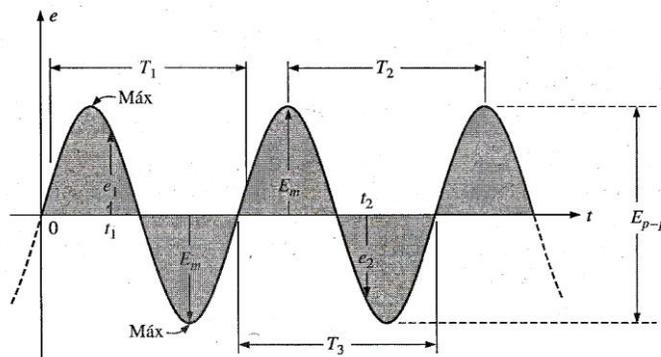
Figura 1. **Amplitud y amplitud pico de la onda senoidal**



Fuente: BOYLESTAD, Robert L. *Introducción al análisis de circuitos*, México 2004. p. 528.

- Valor pico: valor máximo instantáneo de una función medido a partir el nivel de cero volts. Para la forma de onda de la figura la amplitud pico y el valor pico son iguales, dado que el valor promedio de la función es cero volts.
- Valor pico a pico: denotado por E_{p-p} o V_{p-p} es el voltaje completo entre los picos negativos y positivos de la forma de onda, es decir, la suma de la magnitud de los picos positivos y negativos.

Figura 2. **Valor pico y valor pico a pico**



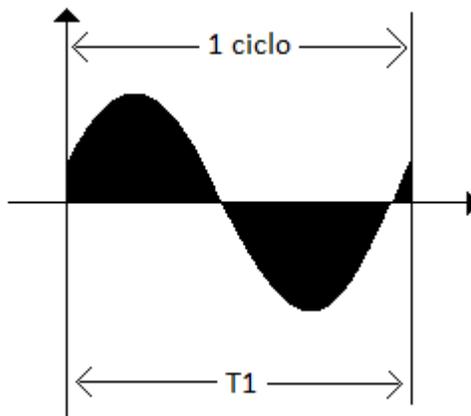
Fuente: BOYLESTAD, Robert L. *Introducción al análisis de circuitos*, México 2004. p. 523.

1.3.2. Forma de onda

La forma de onda hace referencia a la periodicidad en la forma de la onda, es decir, una forma de onda se repite periódicamente después del mismo intervalo de tiempo sin alterar su forma. La periodicidad hace referencia al periodo.

- Periodo (T): se define como el intervalo de tiempo entre repeticiones sucesivas de una forma de onda cíclica, se referencia en puntos similares sucesivos en la forma de la onda.

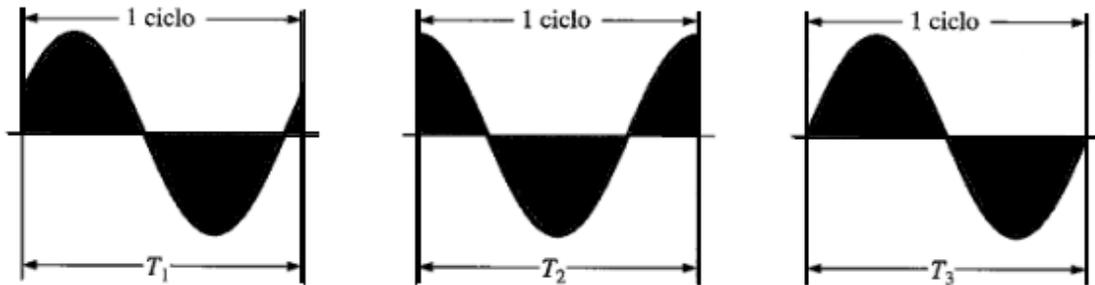
Figura 3. **Periodo (T) en onda alterna**



Fuente: BOYLESTAD, Robert L. *Introducción al análisis de circuitos*, México 2004. p. 524.

- Ciclo: parte de una forma de onda que este contenido dentro de un periodo.

Figura 4. **Ciclo en onda alterna**

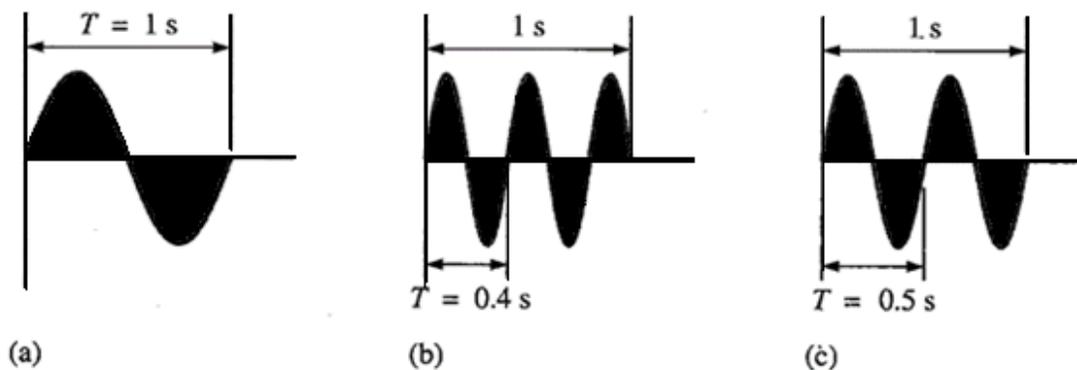


Fuente: BOYLESTAD, Robert L. *Introducción al análisis de circuitos*, México 2004. p. 524.

1.3.3. Frecuencia

Número de ciclos que suceden por segundo. Algunos ejemplos de variaciones de frecuencia son: 1 ciclo por segundo, 2 ½ ciclos por segundo y para un periodo 0,5 s la frecuencia será de 2 ciclos por segundo.

Figura 5. **Variaciones de frecuencia**

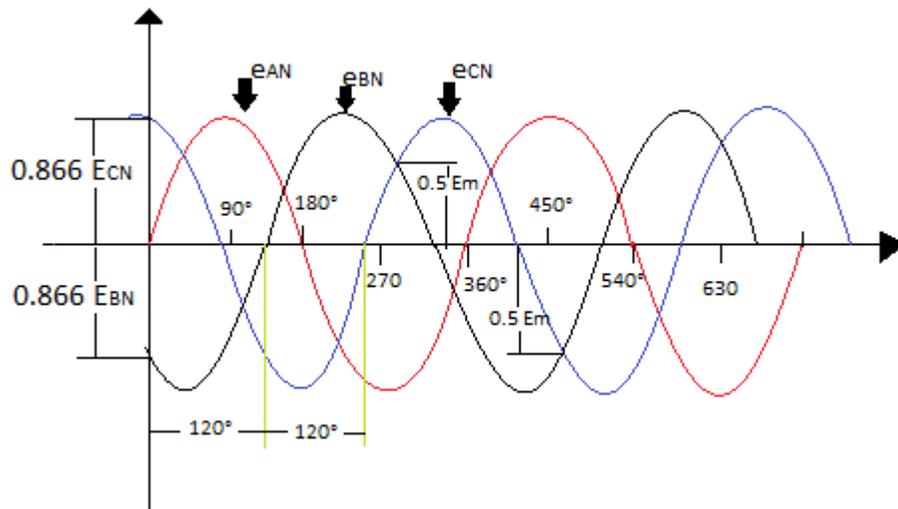


Fuente: BOYLESTAD, Robert L. *Introducción al análisis de circuitos*, México 2004. p. 524.

1.3.4. Simetría

Hace referencia al desfase angular eléctrico entre las distintas fases de un sistema polifásico. Para un sistema trifásico el desfase entre fases es de 120° eléctricos y se establece desde la forma constructiva de los devanados de las máquinas generadoras.

Figura 6. Voltajes de fase en un generador trifásico



Fuente: BOYLESTAD, Robert L. *Introducción al análisis de circuitos*, México 2004. p. 979.

Para asegurar que el servicio tiene calidad se debe prestar atención a estos cuatro parámetros en todas las fases. A continuación se describe como estos parámetros se ven afectados.

- Perturbaciones de la forma de onda

Se desarrolla a continuación las variaciones que pueden influir en la forma de la onda de voltaje según los cuatro parámetros ya definidos anteriormente.

- Amplitud

1.3.5. Variaciones de tensión

El voltaje nominal estándar es U_n , el voltaje por el cual se designa o identifica una red de distribución y a la que se refieren ciertas características de funcionamiento.

En condiciones normales de funcionamiento la variación de tensión no debe exceder $\pm 10 \%$:

La experiencia general ha demostrado que las desviaciones de tensión sostenidas de más de $\pm 10 \%$ durante un período de tiempo más largo son extremadamente improbables, aunque teóricamente podrían estar dentro de los límites estadísticos en método de prueba (líneas abajo). Por lo tanto, de acuerdo con las normas del producto y la aplicación de IEC 60038, los aparatos de los usuarios finales están diseñados para tolerar tensiones de terminales de alimentación de $\pm 10 \%$ alrededor de la tensión nominal del sistema, lo cual es suficiente para cubrir una abrumadora mayoría de condiciones de suministro.

Se excluyen las situaciones como las que surgen de fallas o interrupciones de voltaje, cuyas circunstancias están fuera del control razonable de las partes.

- Método de prueba

En condiciones normales de funcionamiento:

- Durante cada período de una semana el 95 % de los valores medidos de 10 min de la tensión de alimentación deberá estar dentro del intervalo de $\pm 10 \%$, y
- Todos los valores medios de 10 minutos de la tensión de alimentación serán dentro del rango de $U_n +10 \%/ -15 \%$.

Nota: en los casos de suministro de electricidad en zonas remotas con líneas largas, el voltaje podría estar fuera del rango de $U_n +10 \%/ -15 \%$. Los usuarios de la red deben ser informados de las condiciones.

1.3.6. Cambios rápidos de voltaje

Los cambios rápidos de voltaje de la tensión de alimentación se deben principalmente a cambios de carga en las instalaciones de los usuarios de la red o a la conmutación del sistema.

Bajo condiciones normales de operación, un cambio rápido de voltaje generalmente no excede $5 \% U_n$, pero puede ocurrir un cambio de hasta $10 \% U_n$ con una corta duración algunas veces al día en algunas circunstancias.

Nota: un cambio de voltaje que resulte en un voltaje menor al $90 \% U_n$ se considera una caída de tensión de alimentación.

- Parpadeo (*flicker*): impresión de inestabilidad de la sensación visual inducida por un estímulo luminoso cuya luminancia o distribución espectral fluctúa con el tiempo.

Nota: la fluctuación del voltaje provoca cambios en la luminancia de las lámparas que pueden crear el fenómeno visual llamado parpadeo (*flicker*). Por encima de un cierto umbral de parpadeo se convierte en molesto. La molestia crece muy rápidamente con la amplitud de la fluctuación. A ciertas tasas de repetición incluso las amplitudes muy pequeñas pueden ser molestas.

- Gravedad del parpadeo (*flicker*): en condiciones normales de funcionamiento, en cualquier período de una semana, la severidad de parpadeo a largo plazo causada por la fluctuación de voltaje debe ser $P_{lt} \leq 1$ durante 95 % del tiempo.

Nota: la reacción al parpadeo es subjetiva y puede variar dependiendo de la causa percibida del parpadeo y del período durante el cual persiste. En algunos casos $P_{lt} = 1$ da lugar a la molestia, mientras que en otros casos los niveles más altos de P_{lt} se encuentran sin molestia.

1.3.7. Hueco (*dips*) de tensión

Las caídas de voltaje son generalmente causadas por fallas que ocurren en las instalaciones de los usuarios de la red o en el sistema de distribución pública. Son eventos impredecibles, en gran parte aleatorios. La frecuencia anual varía mucho dependiendo del tipo de sistema de suministro y del punto de observación. Además, la distribución a lo largo del año puede ser muy irregular.

Valores indicativos: en condiciones normales de funcionamiento, el número esperado de caídas de tensión en un año puede ser de hasta algunas decenas hasta un máximo de mil. La mayoría de las inmersiones de tensión tienen una duración inferior a 1 s y una profundidad inferior al 60 %. Sin embargo, las

bajadas de tensión con mayor profundidad y duración pueden ocurrir con poca frecuencia.

Es una reducción repentina de la tensión de alimentación a un valor comprendido entre el 90 % y el 1 % de la tensión declarada U_c seguida de una recuperación de la tensión después de un corto período de tiempo. Convencionalmente la duración de una caída de tensión está comprendida entre 10 ms y 1 minuto. La profundidad de una caída de tensión se define como la diferencia entre la tensión mínima rms durante la caída de tensión y la tensión declarada. Los cambios de voltaje que no reducen la tensión de alimentación a menos del 90 % de la tensión U_c declarada no se consideran como caídas.

1.3.8. Interrupción de alimentación

Estado en el que la tensión en los bornes de alimentación es inferior a 1 % de la tensión declarada. Una interrupción de suministra se clasifica como:

1.3.8.1. Corte breve

Una interrupción breve (hasta tres minutos) causada por un fallo transitorio.

Valores indicativos: en condiciones normales de funcionamiento, la aparición anual de interrupciones cortas de la tensión de alimentación oscila entre varias decenas y varios centenares. La duración de aproximadamente el 70 % de las interrupciones cortas puede ser inferior a un segundo.

1.3.8.2. Corte largo

Una larga interrupción (superior a tres minutos) causada por un fallo permanente.

Las interrupciones accidentales suelen ser causadas por eventos externos o acciones que el proveedor no puede evitar. No es posible indicar valores típicos para la frecuencia anual y las duraciones de las interrupciones largas. Esto se debe a las grandes diferencias en las configuraciones y estructura del sistema en varios países y también debido a los efectos impredecibles de las acciones de terceros y del clima.

Valores indicativos: en condiciones normales de funcionamiento, la frecuencia anual de interrupciones de tensión superiores a tres minutos puede ser inferior a 10 o hasta 50 dependiendo del área.

No se indican valores indicativos para interrupciones preestablecidas, ya que se anuncian con antelación.

1.3.9. Sobretensión temporal

Una sobretensión en un lugar determinado de duración relativamente larga. Suelen originarse a partir de operaciones de conmutación o fallos.

Una sobretensión temporal de la energía aparece generalmente durante un defecto en el sistema de distribución público o en la instalación de un usuario de la red, y desaparece cuando se elimina la falla. En estas condiciones la sobretensión puede alcanzar el valor de la tensión de fase a fase (hasta un máximo de 440 voltios en redes de 230/400 V) debido a un cambio del punto

neutro del sistema de voltaje trifásico, dependiendo el valor real sobre el grado de desequilibrio de carga, y la impedancia restante entre el conductor defectuoso y tierra.

Valores indicativos: bajo ciertas circunstancias un fallo que ocurre aguas arriba de un transformador puede producir sobretensiones temporales en el lado de bajo voltaje durante el tiempo que fluye la corriente de falla. Tales sobretensiones generalmente no excederán 1,5 kV rms.

- Forma de onda

1.3.10. Sobretensión transitoria

Las sobretensiones transitorias en los terminales de suministro no excederán en general el pico de 6 kV entre conductores vivos y tierra.

- Nota 1: el tiempo de subida puede cubrir una amplia gama de milisegundos a mucho menos de un microsegundo. Sin embargo, por razones físicas los transitorios de duraciones más largas suelen tener amplitudes mucho menores. Por lo tanto, la coincidencia de altas amplitudes y un tiempo de subida es extremadamente improbable.
- Nota 2: el contenido energético de una sobretensión transitoria varía considerablemente según el origen. Una sobretensión inducida debido a un rayo tiene generalmente una mayor amplitud, pero un contenido energético más bajo que una sobretensión causada por conmutación, debido a la duración generalmente más larga de tales sobretensiones de conmutación.

1.3.11. Tensión armónica

Tensión sinusoidal con una frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de la tensión de alimentación. Los voltajes armónicos pueden ser evaluados:

- Individualmente por su amplitud relativa relacionada con la tensión fundamental. Donde h es el orden del armónico.
- Globalmente, por ejemplo por el factor de distorsión armónica total THD, calculado utilizando la siguiente expresión:

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} (u_k)^2}$$

- Nota: los armónicos de la tensión de alimentación son causados principalmente por las cargas no lineales de los usuarios de la red conectadas a todos los niveles de tensión del sistema de alimentación. Las corrientes armónicas que fluyen a través de la impedancia del sistema dan lugar a voltajes armónicos. Las corrientes armónicas y las impedancias del sistema y, por lo tanto, las tensiones armónicas en los terminales de alimentación varían con el tiempo.

Bajo condiciones normales de funcionamiento, durante cada período de una semana, el 95 % de los valores medios de 10 minutos de cada tensión armónica individual será menor o igual al valor en la tabla. Las resonancias pueden causar voltajes más altos para un armónico individual.

Además, el THD de la tensión de alimentación (incluidos todos los armónicos hasta el orden 40) deberá ser inferior o igual al 8 %.

Nota: la limitación al pedido 40 es convencional.

Tabla IV. **Niveles de compatibilidad para voltajes armónicos, en % del voltaje nominal**

Armónicas impares		Armónicas Impares Múltiplos de 3		Armónicas pares	
Orden h	Armónica de voltaje	Orden h	Armónica de Voltaje	Orden h	Armónica de Voltaje
5	6 %	3	5 %	2	2 %
7	5 %	9	1,5 %	4	1 %
11	3,5 %	15	0,5 %	6... 24	0,5 %
13	3 %	21	0,5 %		
17	2 %				
19	1,5 %				
23	1,5 %				
25	1,5 %				
NOTA: Distorsión Armónica Total (THD): 8 %					

Fuente: EN 50160: Proyecto mayo del 2005, p. 13.

1.3.12. Tensión interarmónica

Una tensión sinusoidal con una frecuencia entre los armónicos, es decir, la frecuencia no es un múltiplo entero del fundamental.

- Nota: las tensiones interarmónicas en frecuencias estrechamente adyacentes pueden aparecer al mismo tiempo formando un espectro de banda ancha.

El nivel de interarmónicos está aumentando debido al desarrollo de convertidores de frecuencia y equipos de control similares. Los niveles están bajo consideración, a la espera de más experiencia.

En algunos casos los interarmónicos, incluso a niveles bajos, producen parpadeo o causan interferencia en los sistemas de control de ondulación.

1.3.13. Señales de información transmitidas por la red

Señal superpuesta a la tensión de alimentación con el fin de transmitir información en el sistema público de distribución y en las instalaciones de los usuarios de la red. Se pueden clasificar tres tipos de señales en el sistema público de distribución:

- Señales de control de ondulación: señales de tensión sinusoidal superpuestas en el rango de 110 Hz a 3 000 Hz.
- Señales portadoras de líneas eléctricas: señales de tensión sinusoidal superpuestas en el intervalo comprendido entre 3 kHz y 148,2 kHz.
- Señales de señalización de red: superposición de corto tiempo (transitorios) en puntos seleccionados de la forma de onda de tensión.

En algunos países los sistemas públicos de distribución pueden ser utilizados por el proveedor público para la transmisión de señales.

- Nota: en las instalaciones de los usuarios de la red se pueden utilizar señales de líneas de alimentación con frecuencias en el rango de 95 kHz a 148,5 kHz. Aunque no se permite el uso del sistema público para la

transmisión de señales entre usuarios de la red, se debe tener en cuenta las tensiones de estas frecuencias hasta 1,4 V rms en el sistema público de distribución. Debido a la posibilidad de influencias mutuas de instalaciones de señalización vecinas, el usuario de la red puede necesitar aplicar protección o inmunidad apropiada para su instalación de señalización contra esta influencia.

- Frecuencia

1.3.14. Variaciones de frecuencia

La frecuencia nominal de la tensión de alimentación será de 60 Hz. En condiciones normales de funcionamiento, el valor medio de la frecuencia fundamental medida durante 10s deberá estar dentro de un intervalo de:

- Para sistemas con conexión síncrona a un sistema interconectado

60 Hz \pm 1 %	(es decir, 59,4 ... 60,6 Hz)	Durante el 99,5 % de un año
60 Hz + 4 /-6 %	(es decir, 57,6 ... 62,4 Hz)	Durante el 100 % de un año

- Para sistemas sin conexión síncrona a un sistema interconectado (por ejemplo, sistemas de suministro en determinadas islas)

60 Hz \pm 2 %	(es decir, 58,8 ... 61,2 Hz)	Durante el 95 % de una semana
60 Hz \pm 15 %	(es decir, 51 ... 69 Hz)	Durante el 100 % del tiempo

- Simetría

1.3.15. Desequilibrios de tensión

En un sistema trifásico, una condición en la que los valores rms de las tensiones de fase o los ángulos de fase entre fases consecutivas no son iguales.

En condiciones normales de funcionamiento durante cada período de una semana, el 95 % de los valores medios de 10 minutos del componente de secuencia de fase negativa de la tensión de alimentación estará dentro del intervalo de 0 a 2 % del componente de secuencia de fase positiva. En algunas zonas con instalaciones en partes monofásicas o en dos fases, se producen desequilibrios de hasta 3 % en terminales trifásicos.

- Nota: en esta norma sólo se dan valores para el componente de secuencia negativa porque este componente es el relevante para la posible interferencia de los aparatos conectados al sistema.

1.4. Normas relacionadas con eficiencia energética eléctrica

Se describen las normas de eficiencia energética que se consideran.

1.4.1. Norma ISO-50001

ISO 50001:2011, Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso, Norma voluntaria desarrollada por la Organización Internacional de Normalización (ISO).

Según la norma el propósito es permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el rendimiento energético, incluyendo la eficiencia energética, uso y consumo.

La aplicación de esta norma tiene la finalidad de conducir a reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero, el costo de la energía, y otros impactos ambientales relacionados, a través de la gestión sistemática de la energía.

Esta Norma Internacional es aplicable a todos los tipos de tamaños de organizaciones, independientemente de las condiciones geográficas, culturales o sociales. La implementación exitosa depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización, y en especial de la alta dirección.

Esta Norma Internacional especifica los requisitos de un Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) de una organización para desarrollar e implementar una política energética, establecer objetivos, metas y planes de acción que tengan en cuenta los requisitos legales y la información relacionada con significativo consumo de energía.

Un SGEn permite a una organización alcanzar sus compromisos de política, tomar las medidas necesarias para mejorar su eficiencia energética y demostrar la conformidad del sistema con los requisitos de esta Norma Internacional.

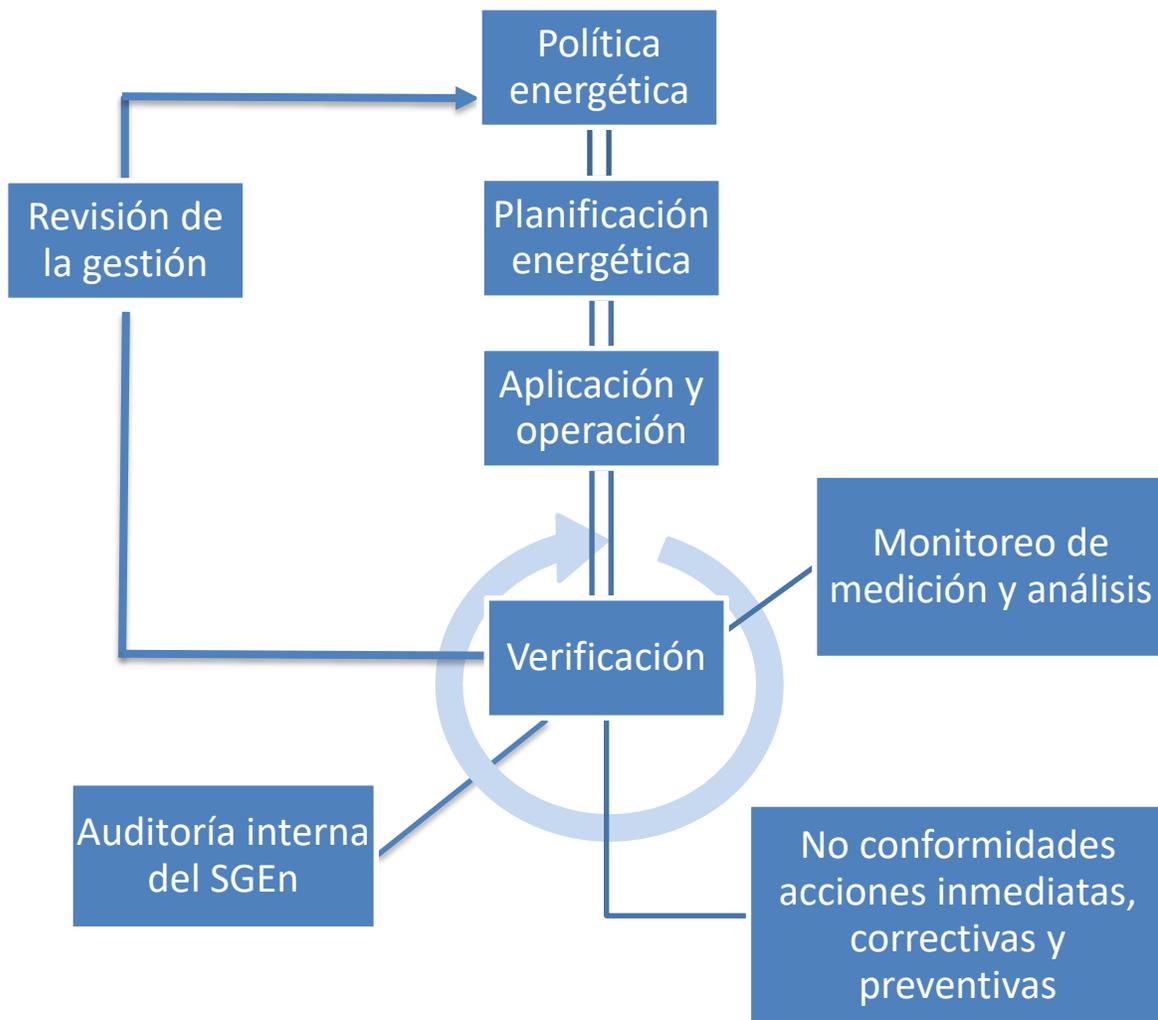
Esta Norma Internacional se basa en el marco de mejora continua Planificar-Hacer-Verificar-Actuar e incorpora la gestión de la energía en las prácticas cotidianas de la organización.

NOTA: Este enfoque puede describirse brevemente como sigue:

- Planificar: realizar la revisión y establecer la línea base de la energía, indicadores de rendimiento energético (EnPIs), objetivos, metas y planes de acción necesarios para conseguir resultados de acuerdo con las

oportunidades para mejorar la eficiencia energética y la política de energía de la organización.

Figura 7. **Modelo del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn)**



Fuente: ISO 50001:2011. p. 3.

- Hacer: poner en práctica los planes de acción de la gestión de la energía.

- Verificar: monitorear y medir los procesos y las características claves de sus operaciones que determinan el rendimiento de la energía con respecto a la política energética y los objetivos e informar los resultados.
- Actuar: tomar acciones para mejorar continuamente la eficiencia energética y el SGEEn.

La aplicación en todo el mundo de esta Norma Internacional contribuye a un uso más eficiente de las fuentes de energía disponibles, mejora de la competitividad, y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos ambientales relacionados. Es Norma Internacional es aplicable independientemente del tipo de energía utilizada.

Esta Norma Internacional puede utilizarse para la certificación, registro y auto-declaración de los SGEEn de una organización.

El documento se basa en los elementos comunes que se encuentran en todas las Normas ISO de Sistemas de Gestión, lo que garantiza un alto nivel de compatibilidad con la ISO 9001 (Gestión de Calidad) e ISO 14001 (Gestión Ambiental) según se explica en el documento que la contiene.

1.4.2. Norma ISO-14001

Norma Internacional ISO-14001-2004. Sistemas de Gestión Ambiental – Requisitos con orientación para su uso. Según la norma se describe a continuación.

Esta Norma Internacional especifica los requisitos para un sistema de gestión ambiental, destinados a permitir que una organización desarrolle e implemente una política y unos objetivos que tengan en cuenta los requisitos

legales y otros requisitos que la organización suscriba, y la información relativa a los aspectos ambientales significativos. Se aplica a aquellos aspectos ambientales que la organización identifica que puede controlar y aquellos sobre los que la organización puede tener influencia. No establece por si misma criterios de desempeño ambiental específicos.

Según el documento, esta norma se aplica a cualquier organización que desee:

- Establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión ambiental.
- Asegurarse de su conformidad con su política ambiental establecida.
- Demostrar la conformidad con esta Norma Internacional por:
 - La realización de una autoevaluación y autodeclaración.
 - La búsqueda de confirmación de dicha conformidad por las partes interesadas en la organización, tales como clientes.
 - La búsqueda de confirmación de su autodeclaración por una parte externa a la organización.
 - La búsqueda de la certificación/registro de su sistema de gestión ambiental por una parte externa a la organización.

Todos los requisitos de esta Norma Internacional tienen como fin su incorporación a cualquier sistema de gestión ambiental. Su grado de aplicación depende de factores tales como la política ambiental de la organización, la naturaleza de sus actividades, productos y servicios y la localización donde y las condiciones en las cuales opera.

En la página 7 del documento de realiza la siguiente observación:

NOTA: esta norma internacional se basa en la metodología conocida como Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA). La metodología PHVA se puede describir brevemente como:

- Planificar: establecer los objetivos y procesos para conseguir resultados de acuerdo con la política ambiental de la organización.
- Hacer: implementar los procesos.
- Verificar: realizar el seguimiento y la medición de los procesos respecto a la política ambientales, los objetivos, las metas y los requisitos legales y otros requisitos, e informar sobre los resultados.
- Actuar: tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño del sistema de gestión ambiental.

Dentro de la norma se definen los requisitos del sistema de gestión ambiental.

- Requisitos generales: la organización debe establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión ambiental de acuerdo con los requisitos de esta norma internacional, y determinar cómo cumplirá estos requisitos. La organización debe definir y documentar el alcance de su sistema de gestión ambiental.
- Política ambiental: la alta dirección debe definir la política ambiental de la organización.
- Planificación: aspectos ambientales, requisitos legales, objetivos.
- Implementación y operación: recursos, funciones, responsabilidad, autoridad, competencia, formación, toma de conciencia, comunicación,

documentación, control de documentos, control operacional, preparación y respuesta ante emergencias.

- Verificación: seguimiento, medición, evaluación del cumplimiento legal, no conformidad, acción correctiva, acción preventiva, control de los registros, auditoría interna, revisión por la dirección.

Estos apartados se encuentran detallados en la norma, para una mejor interpretación, realizar una revisión de la misma.

1.5. Definiciones instalaciones eléctricas

- Carga: suma de todas las potencias de cada equipo que conforman una instalación.
- Circuito: un circuito eléctrico es la unión de varios componentes destinados cada uno a cumplir una función específica. El circuito eléctrico básico tiene cuatro partes básicas:
 - Una fuente de energía eléctrica que puede forzar el flujo de electrones a fluir a través del circuito.
 - Conductores que transportan el flujo de electrones a través de todo el circuito.
 - La carga que es el dispositivo o los dispositivos a los cuales se suministra la energía eléctrica.
 - Un dispositivo de control que permite conectar o desconectar el circuito.

- Tableros eléctricos: son paneles sencillos y centros de conexión que albergan protecciones eléctricas de donde parte cada circuito para alimentar cargas.
- Protecciones eléctricas: son accesorios electromagnéticos contra sobrecorriente capaces de interrumpir o separar equipo o conexiones con fallas del resto de la red, para evitar que el daño aumente de proporciones.
- Sistema de puestas a tierra: conjunto de elementos conductores sin interrupciones ni fusibles, que conectan a los equipos eléctricos con el terreno o masa metálica suficientemente grande para dispersar cargas y sobre voltajes eléctricos y mantener un nivel de tensión referente, normalmente cero.

1.6. Tensiones de servicio

Para la descripción de los distintos voltajes a los que se puede conectar un usuario final, dado que el área en la que está ubicado el campus central de la USAC corresponde a la Empresa Eléctrica de Guatemala Sociedad Anónima (EEGSA) prestar el servicio de energía eléctrica, se describirán las tensiones de servicio con base en sus distintas normas, las cuales fueron aprobadas por la CNEE en mayo del 2004.

1.6.1. Baja tensión

En la norma: normas de condiciones generales para el suministro en baja tensión y requisitos constructivos para acometidas de servicio eléctrico. (MT.2.60.03), se detalla:

Las tensiones de suministro que Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. proporcionará son:

- 120/240 voltios 1 fase 3 alambres
- 120/208 voltios 1 fase 3 alambres
- 120/240 voltios 3 fases 4 alambres
- 120/208 voltios 3 fases 4 alambres
- 240/480 voltios 3 fases 4 alambres

La conexión 120/208 voltios es una conexión trifásico estrella aterrizada de cuatro hilos, esta tensión se proporciona con un banco trifásico de transformadores exclusivos, cuando la carga es mayor de 48kW y sea monofásica, esto con el fin de evitar desbalances en la red de distribución y también para poder balancear mejor las cargas de la instalación.

La conexión 120/240 voltios trifásico es una conexión delta de cuatro hilos, esta tensión se proporciona con un banco trifásico de transformadores, se considera cuando la mayoría de la carga es trifásica.

Con suministro para distintas cargas, definidas las siguientes:

- Cargas monofásicas menores a 10 kVA.
- Cargas monofásicas entre 10 y 25 kVA.
- Cargas trifásicas hasta 75 kVA.
- Cargas trifásicas mayores de 75 y menores de 500 kVA.
- A varios consumidores con cargas hasta 1 000 kVA.

1.6.2. Media tensión

En la norma: normas de requisitos constructivos para acometidas de servicio en media tensión. (MT.2.60.02), se detalla:

La conexión a media tensión se realiza a usuarios que son propietarios del centro de transformación, y cuya tensión de suministro, en el punto de entrega sea de 13,2 kV.

Con suministro para cargas, definidas las siguientes:

- Cargas trifásicas entre 75 y 225 kVA.
- Cargas trifásicas mayores de 225 y menores de 1 000 kVA.

1.6.3. Alta tensión

En la norma: normas de requisitos constructivos para acometidas de servicio en alta tensión. (MT.2.60.01), se detalla:

La instalación en alta tensión se suministra en voltajes mayores a sesenta kilovoltios (60 kV). Según la norma, la tensión de suministro será de 69 kV. El suministro en alta tensión se utilizará para cargas trifásicas puntuales mayores de 1 000 kVA.

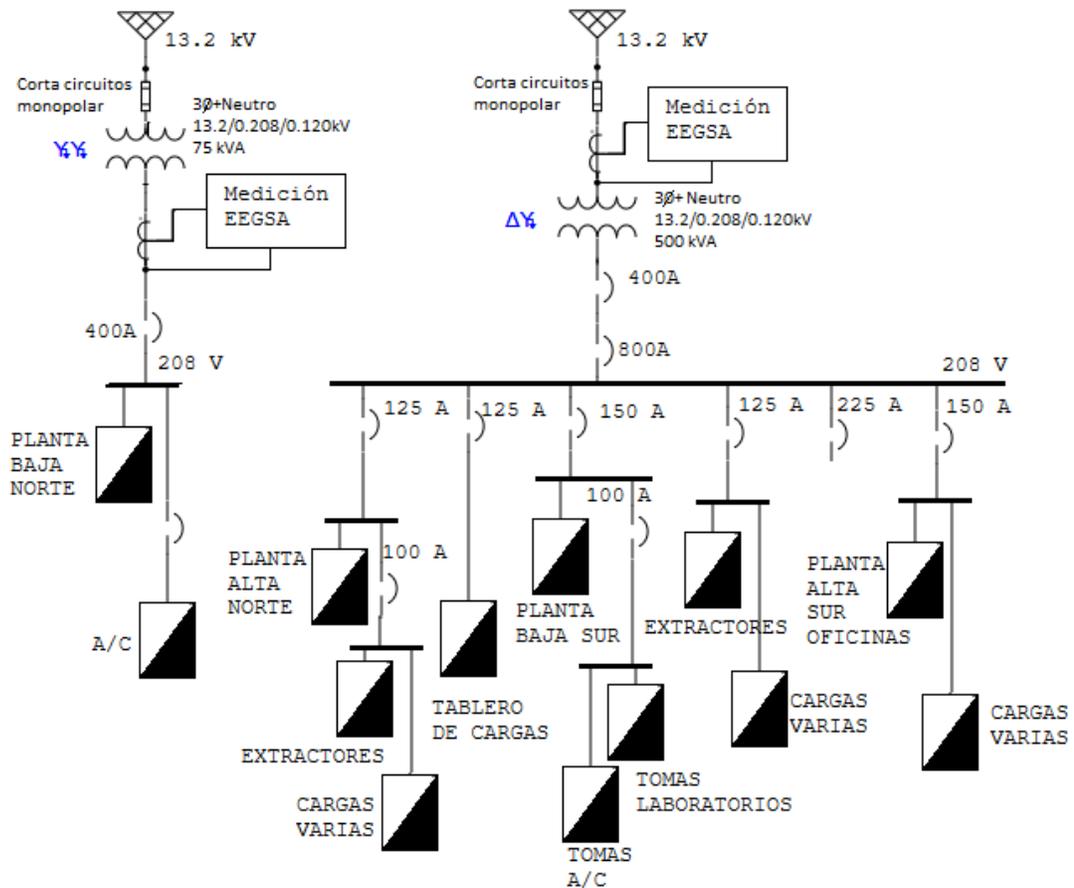
Para todas las conexiones anteriores se necesita cumplir con los requisitos listados en cada una de las normas mencionadas, para mayor detalle referirse a ellas.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diagrama unifilar

Representación gráfica simplificada de la instalación eléctrica.

Figura 8. Diagrama unifilar eléctrico del edificio T-12, zona 12 campus central, Universidad de San Carlos de Guatemala



Fuente: elaboración propia

2.2. Tensión de servicio

Los niveles de tensión para ambas acometidas se detallan a continuación.

2.2.1. Acometida principal

La empresa distribuidora (EEGSA) proporciona al edificio T-12 el siguiente nivel de tensión:

- 13,2 kV en media tensión.

Esta acometida subterránea alimenta un transformador tipo *pad-mounted* de 500 KVA, el cual transforma el nivel de tensión a 120/208 V. Desde donde se alimenta por acometidas subterráneas, los siguientes edificios: T-10, T-11, T-12, M-6 y M-7.

Tabla V. Tensión de servicio observada

Tensión de servicio			
Nivel de tensión	Voltaje	conexión	Hilos
Media tensión	13.2kV	Trifásica, neutro aterrizado.	4 hilos

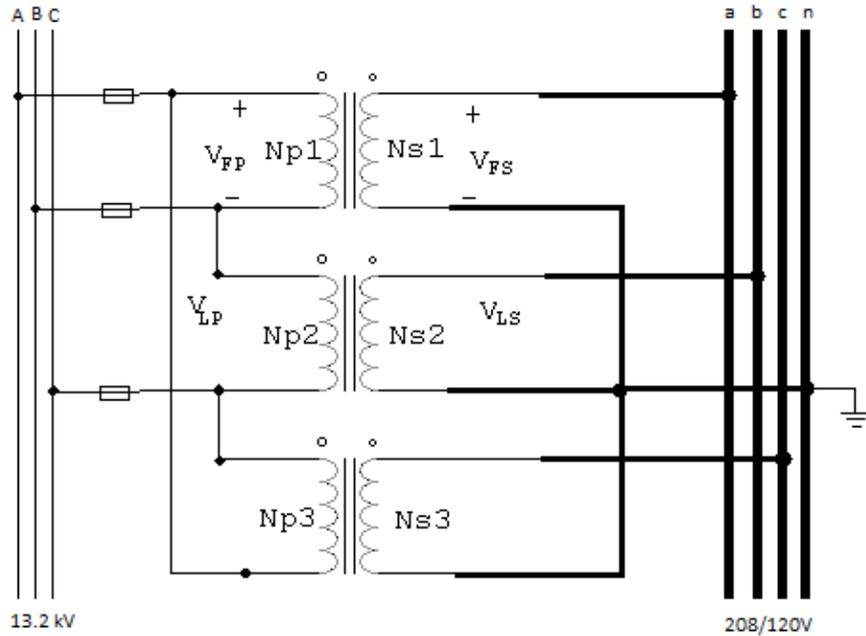
Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. Datos del banco de transformadores

Datos del banco de capacitores					
Tipo	Capacidad	Conexión	Voltaje	Hilos	Fases
<i>Pad mounted</i>	500 KVA	Δ - Y	120/208 V	4 hilos/fase	3 fases

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Diagrama de conexión del transformador tipo pad-mounted conexión Δ -Y aterrizado, cuatro hilos**



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Transformador tipo pad-mounted**



Fuente: Subestación de media tensión entre edificios T-10, T-11 Y T-12.

2.2.2. Acometida secundaria

La empresa distribuidora (EEGSA) proporciona al edificio T-12 el siguiente nivel de tensión:

- 208Y/120 voltios trifásico estrella aterrizada, cuatro hilos.

Según la empresa distribuidora (EEGSA) este tipo de servicio se proporciona con un banco trifásico de transformadores exclusivo, cuando la carga es mayor de 48 kW y sea monofásica, esto con el fin de evitar desbalances en la red de distribución y también para balancear mejor las cargas de la instalación.

Tabla VII. **Tensión de servicio observada**

Tensión de servicio			
Nivel de tensión	Voltaje	conexión	Hilos
Baja tensión	208Y/120 V	3 ϕ estrella (Y) aterrizada	4 hilos

Fuente: elaboración propia.

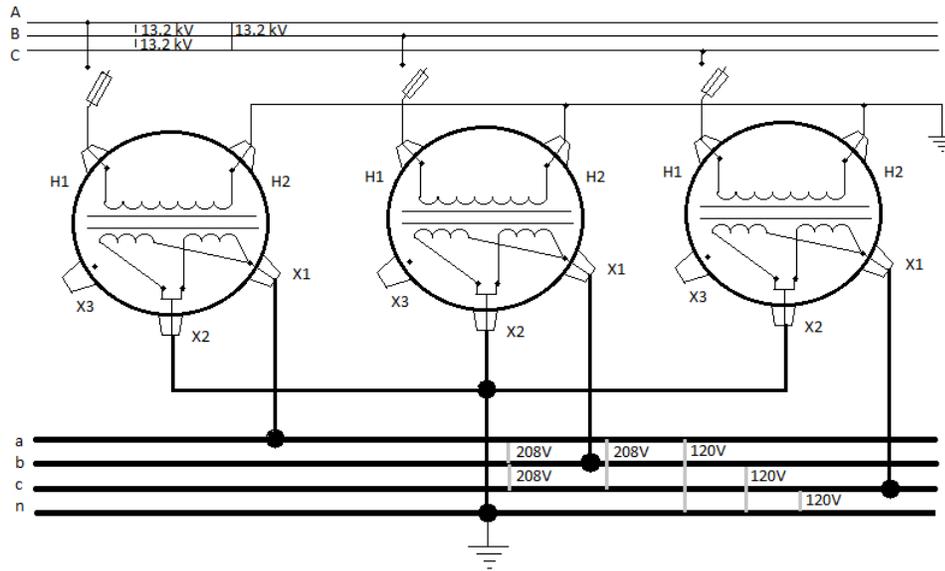
- Conexión del banco de transformadores

Tabla VIII. **Datos del banco de transformadores**

Datos del banco de capacitores				
Tipo	Capacidad	Conexión	Voltaje	Hilos
Poste, monofásicos	25 kVA x 3 = 75 kVA	Y - Y	120/208 V	4 hilos

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Diagrama de conexión del banco de transformadores conexión Y-Y aterrizado, cuatro hilos**



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Banco de transformadores tipo poste**



Fuente: Banco de transformadores, frente a edificio T-12.

2.3. Tableros eléctricos

Centros de distribución de energía hacia las cargas por medio de equipos de protección, interruptores electromagnéticos.

Tabla IX. **Tablero principal**

Tablero principal trifásico					
Interruptor principal: 800 A					
Tensión: 120/208 V					
Barras: Barras de cobre capacidad max de 1 000 A					
Marca	Capacidad barras	Tipo	Polos	Tensión	
				1 ø	2ø
FPE federal pacific	1 000 A	Empotrado	24	120 V	208 V
Identificación de circuitos		Protección (Amp)		Med. 10:30am	%uso
1. Planta alta norte		125 A - 1/0 cobre		L1: 0A L2: 10A L3: 0A	0 7,67 0
2. Tablero de cargas		125 A – 1/0 cobre		L1: 3,8A L2: 22.73 A L3: 9,7 A	2,53 15,15 6,47
3.Planta baja sur		150 A – 3/0 cobre		L1: 2,9 A L2: 16,2 A L3: 20,3 A	1,45 8,1 10,15
4. Extractores		125 A – 1/0 cobre		L1: 6,7 A L2: 0 A L3: 2,2 A	4,46 0 1,47
5. No en uso		225 A – no tiene		L1: 0A L2: 0A L3: 0A	No aplica No aplica No aplica
6.Planta alta sur (oficinas)		150 A – 3/0 cobre		L1: 49,6 A L2: 36,7 A L3: 50,9 A	24,8 18,35 25,25

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Tablero de distribución 1 (planta alta norte)**

Tablero de distribución TD					
Interruptor principal: Si, en tablero principal, capacidad 225 A					
Tensión: 240 Vca					
Capacidad de interruptor principal: máxima 225 A					
Marca	Capacidad barras	Tipo	Polos	Tensión	
				1 \emptyset	2 \emptyset
FPE federal pacific	400 A	NALP/NBLP	54	120 V	208 V
Identificación de circuitos		Protección (Amp)			
Cargas trifásicas (extractores)		100 A - 70 A - 30A			
Cargas monofásicas 208 V		60 A			
Cargas monofásicas 120 V Fuerza		20 A			
Cargas monofásicas 120 V Ilum.		20 A			
Carga monofásica 208 V A.C.		Derivación sin interruptor, cobre #6			
Tres polos libres		Sin interruptor			

Fuente: elaboración propia.

Se pudo observar que el tablero contiene bastantes cables de alimentación de cargas en su interior, muy pocas identificadas. Es el tablero de distribución que ha sufrido más incremento en la carga de los que existen en la instalación.

Tabla XI. **Tablero de distribución 1-A**

Tablero de distribución					
Interruptor principal: Si, en tablero de distribución 1 capacidad de 150A					
Tensión: 240 Vca					
Capacidad de interruptor principal: máxima 150 A					
Marca	Capacidad barras	Tipo	Polos	Tensión	
				1 \emptyset	2 \emptyset
PROELCA	400 A	AL trifásico	24	120 V	208 V
Identificación de circuitos		Protección (Amp)			
Cargas monofásicas (extractores)		20 A Todos, cobre # 10			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Tablero de distribución 1- B**

Tablero de distribución					
Interruptor principal: No, derivación sin interruptor					
Tensión: máxima 240 Vca					
Marca	Capacidad barras	Tipo	Polos	Tensión	
				1 ϕ	2 ϕ
ELECTRIX	200 A	TL 2420	24	120 V	208 V
Identificación de circuitos			Protección (Amp)		
Cargas monofásica 208 V			20 A, cobre #12		
Carga monofásica 208 V			30 A, cobre # 12		
Carga monofásica 208 V			60 A, cobre # 10		
Cargas monofásicas 120 V			20 A todos, cobre #12		
8 polos libres			Sin interruptor		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Tablero de distribución 2 (tablero contiguo al principal)**

Tablero de Distribución					
Interruptor principal: Si, en tablero principal capacidad de 225 A					
Tensión: máxima 240 Vca					
Capacidad del interruptor: máxima 225 A					
Marca	Capacidad	Tipo	Polos	Tensión	
				1 ϕ	2 ϕ
FPE federal pacific	400 A	NALP/NBLP	54	120 V	208 V
Identificación de circuitos			Protección (Amp)		
Carga trifásica 208 V			60 A, cobre # 4		
Carga monofásica 208 V			20 A, cobre # 10		
Carga monofásica 120 V			20 A, cobre # 10		
24 polos libres			Sin interruptor		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Tablero de distribución 3 (planta baja sur)**

Tablero de distribución					
Interruptor principal: Si, en tablero principal capacidad de 225 A					
Tensión: máxima 240 Vca					
Capacidad del interruptor: máxima 225 A					
Marca	Capacidad Barras	Tipo	Polos	Tensión	
				1 ϕ	2 ϕ
FPE federal pacific	400 A	NALP/NBLP	54	120 V	208 V
Identificación de circuitos			Protección (Amp)		
Carga trifásica 208 V			70 A, cobre # 4		
Carga trifásica 208 V			25 A, cobre # 10		
Carga trifásica 208 V			15 A, cobre # 12		
Carga monofásica 120 V			20 A, cobre #12		
Carga monofásica 208 V			Derivación sin interruptor, cobre # 6		
4 polos libres			Sin interruptor		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Tablero de distribución 3-A**

Tablero de distribución					
Interruptor principal: No, derivación sin interruptor					
Tensión: máxima 240 Vca					
Marca	Capacidad barras	Tipo	Polos	Tensión	
				1 ϕ	2 ϕ
ELECTRIX	200 A	TL 812	8	120 V	208 V
Identificación de circuitos			Protección (Amp)		
Carga monofásica de 120 V			20 A, cobre # 12		
7 polos libres			Sin interruptor		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Tablero de distribución 3-B**

Tablero de distribución					
Interruptor principal: No, derivación sin interruptor					
Tensión: máxima 240 Vca					
Marca	Capacidad barras	Tipo	Polos	Tensión	
				1 ϕ	2 ϕ
ELECTRIX	125 A	TL 412	12	120 V	208 V
Identificación de circuitos			Protección (Amp)		
Carga monofásica 208 V			15 A		
Carga monofásica 208 V			40 A		
Carga monofásica 120 V			20 A		
3 polos libres			Sin interruptor		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Tablero de distribución 4 (extractores)**

Tablero de distribución					
Interruptor principal: Si, en tablero principal capacidad de 150 A					
Tensión: máxima 240 Vca					
Capacidad de interruptor principal: máxima 150 A					
Marca	Capacidad barras	Tipo	Polos	Tensión	
				1 ϕ	2 ϕ
PROELCA	150 A	AL trifásico	24	120 V	208 V
Identificación de circuitos			Protección (Amp)		
Cargas monofásicas 120 V			20 A, cobre #10		
Carga monofásica 208 V			Derivación sin interruptor, cobre #6		
4 polos libres			Sin interruptor		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Tablero de distribución 6 (planta alta sur, oficinas)**

Tablero de distribución					
Interruptor principal: Si, en tablero principal capacidad 225 A					
Tensión: máxima 240 Vca					
Capacidad de interruptor: 225 A					
Marca	Capacidad barras	Tipo	Polos	Tensión	
				1 ϕ	2 ϕ
FPE federal pacific	400 A	NALP/NBLP	54	120 V	208 V
Identificación de circuitos		Protección (Amp)			
Carga trifásica 208 V		40 A, cobre # 6			
Carga trifásica 208 V		70 A, cobre # 6			
Carga monofásica 120 V		20 A, cobre #12			
Carga monofásica 120 V		15 A, cobre #12			
Carga monofásica 208 V		Derivación sin interruptor			
15 polos libres		Sin interruptor			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Tablero de distribución 6-A**

Tablero de distribución					
Interruptor principal: No, derivación sin interruptor					
Tensión: máxima 240 Vca					
Marca	Capacidad	Tipo	Polos	Tensión	
				1 ϕ	2 ϕ
ELECTRIX	400 A	TL	4	120 V	208 V
Identificación de circuitos		Protección (Amp)			
Carga monofásica de 208 V		40 A, cobre # 10			
Cargas monofásicas de 120 V		30 A, cobre # 12			

Fuente: elaboración propia.

2.4. Protecciones eléctricas

Las protecciones eléctricas son dispositivos que protegen a los equipos y a las personas. Actúan al detectar dos eventos, sobretensión y corto circuito según las Normas Internacionales EN 60898 y EN 60947.

Se listan los interruptores termomagnéticos que se utilizan en el tablero principal y los tableros de distribución.

Tabla XX. **Resumen de protecciones eléctricas**

Resumen de protecciones eléctricas en los tableros				
Marca	Capacidad	Tipo	Tensión	
			1 ϕ	2 ϕ
Instalación original				
FPE Federal Pacific	125 A	Trifásico	120 V	208 V
FPE Federal Pacific	150 A	Trifásico	120 V	208 V
FPE Federal Pacific	225 A	Trifásico	120 V	208 V
FPE Federal Pacific	100 A	Trifásico	120 V	208 V
FPE Federal Pacific	70 A	Trifásico	120 V	208 V
FPE Federal Pacific	50 A	Trifásico	120 V	208 V
FPE Federal Pacific	40 A	Trifásico	120 V	208 V
FPE Federal Pacific	20 A	Trifásico	120 V	208 V
FPE Federal Pacific	15 A	Trifásico	120 V	208 V
FPE Federal Pacific	20 A	Monofásicos	120 V	208 V
FPE Federal Pacific	15 A	Monofásicos	120 V	208 V
FPE Federal Pacific	20 A	Monofásicos	120 V	
FPE Federal Pacific	15 A	Monofásicos	120 V	
Instalación no original				
General Electric	40 A	Monofásicos	120 V	208 V
General Electric	30 A	Monofásicos	120 V	208 V
General Electric	15 A	Trifásico	120 V	208 V
General Electric	30 A	Monofásicos	120 V	
General Electric	20 A	Monofásicos	120 V	
General Electric	15 A	Monofásicos	120 V	

Fuente: elaboración propia.

2.5. Tipos de conductores

En las tablas XXI y XXII se describen las marcas, tamaños y descripción de los distintos conductores encontrados en la instalación.

Tabla XXI. **Tablero principal**

Tablero principal				
Alimentación				
Marca	Tamaño	No. Hilos	Material	Años de uso
Phelps Dodge de C.A.	500 MCM	37 x 2,95	Cobre y THW	37 años
Phelps Dodge de C.A.	500 MCM	37 x 2,95	Cobre desnudo	37 años
Distribución				
Marca	Tamaño	No. Hilos	Material	Años de uso
Phelps Dodge de C.A.	350 MCM	37 x 2,47	Cobre y THW	37 años
Phelps Dodge de C.A.	3/0	19 x 2,39	Cobre y THW	37 años
Phelps Dodge de C.A.	1/0	19 x 1,89	Cobre y THW	37 años

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Tableros de distribución**

Tableros de distribución				
Distribución				
Marca	Tamaño	No. Hilos	Material	Años de uso
Phelps Dodge de C.A.	4	7 x 1,96	Cobre y THW	37 años
Phelps Dodge de C.A.	6	7 x 1,55	Cobre y THW	37 años
Phelps Dodge de C.A.	10	7 x 0,98	Cobre y THW	37 años
Phelps Dodge de C.A.	12	7 x 0,78	Cobre y THW	37 años
Instalación no original				
No identificadas	4	7 x 1,96	Cobre y THHW	Menos de 37
No identificadas	6	7 x 1,55	Cobre y THHW	Menos de 37
No identificadas	8	7 x 1,23	Cobre y THHW	Menos de 37
No identificadas	10	7 x 0,98	Cobre y THHW	Menos de 37
No identificadas	12	7 x 0,78	Cobre y THHW	Menos de 37

Fuente: elaboración propia.

2.6. Caracterización de cargas conectadas

Descripción de las cargas conectadas en la instalación.

Tabla XXIII. Caracterización de cargas

Descripción	Cant.	Voltaje	Corriente	Potencia	Carga estimada
Bomba de agua	1	208 mono	12 A	2,5 hp	1,9 kW
Bomba de vacío	2	208 trifásica	15 A	3 hp	3,8 kW
Extractores de campana	44	120 mono	5 A	½ hp	26,4 kW
Aires acondicionados	4	208 mono	5.5 A	3 hp	4,5 kW
Tomacorrientes	596	120 V	1,5 A	180 W	107 kW
Tomacorrientes	40	208 V	1,5 A	360 W	12,8 kW
Lamparas 1x75W	165	120 V	0,625 A	75 W	12,35 kW
Lamparas 2x40W	186	120 V	0,667 A	80 W	14,88 kW
Plafoneras	153	120 V	0,167 A	20 W	3,06 kW

Fuente: elaboración propia.

2.7. Sistema de puesta a tierra

Un sistema de puesta a tierra sirve para proteger a las personas y a los equipos de sobre voltajes, consiste en un circuito de baja resistencia logrado por medio de cables de cobre y varillas enterradas en suelos tratados para lograr baja resistividad.

El sistema de puesta tierra en el edificio consisten en varillas enterradas en configuración delta conectadas a la barra de neutro del tablero principal y los neutros de los tableros de distribución por medio de cables de cobre desnudos de calibres 500 MCM, 3/0 y 1/0 según la carga de cada tablero. Cumpliendo la norma IEEE 80, para sistemas de tierras.

El sistema de puesta tierra del banco de transformadores consiste en un cable de cobre desnudo 1/0 conectado a una varilla de cobre enterrada en la base del poste. Cumpliendo la norma IEEE 80, para sistemas de tierras.

2.8. Descripción de equipo a utilizar

Equipo utilizado para realizar las mediciones de parámetros eléctricos.

2.8.1. Analizador de redes

Para la recopilación de datos para este informe se utilizó el analizador de redes trifásico serie 435 FLUKE, según los fabricantes este analizador ofrece una precisión de la tensión del 0,1 % y cumple todos los requisitos de la Norma CEI 61000-4-30 clase A, su análisis está basado en la norma europea EN 50160.

El analizador de redes es un instrumento electrónico muy versátil, mide todos los parámetros del sistema eléctrico, como tensión, corriente, potencia, consumo (energía), desequilibrio, flicker, armónicos, captura de eventos como fluctuaciones, transitorios, interrupciones y cambios rápidos de tensión.

El equipo cumple la normativa de seguridad 600 V CAT IV, 1 000 V CAT III necesaria para realizar medidas en la entrada de servicio.

2.8.2. Ventajas de usar un analizador de redes

Un analizador de redes es un instrumento electrónico que permite realizar distintos tipos de estudios. Por ejemplo: analizar de forma individual cada parámetro o realizar análisis de un conjunto de parámetros. Pudiendo

programarse para distintos periodos de tiempo de medición, según lo demande el estudio a realizar y el equipo en la instalación.

Es esta versatilidad la que permite enfocar el análisis dependiendo del tipo de equipo que se tenga conectado a la red. El equipo permite localizar, predecir, prevenir y solucionar problemas en sistemas de distribución e instalaciones eléctricas trifásicas y monofásicas.

Dada la naturaleza del estudio que es determinar los distintos fenómenos que afectan la calidad de la potencia eléctrica, el analizador de redes se programó en el modo de registrador, este modo permite medir y almacenar todos los fenómenos que puedan afectar los parámetros del servicio eléctrico según la Norma Estándar EN 50160.

2.8.3. Método de medición establecido por normas

Con el fin de cumplir con los requerimientos establecido por la Norma nacional NTSD y las normas internacionales sobre las cuales esta se basa, la medición se ha de llevar a cabo por un periodo mínimo de 7 días, con un periodo de almacenamiento de datos de entre 10 minutos y 15 minutos, esto quiere decir un mínimo de 1,008 almacenamientos (máximos, mínimos y promedios) por parámetro. Esto es un total de memoria de 30MB según el equipo utilizado.

2.8.4. Instalación del equipo

La instalación se realizó el día 23 de julio del 2017 a las 10:05 a.m. y se desinstalo el día 1 de agosto del 2017 a las 10:25 a.m.

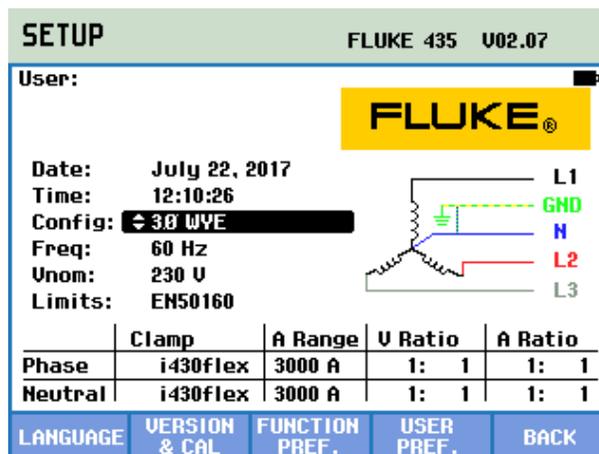
Figura 13. **Equipo instalado en campo**



Fuente: elaboración propia, interior de gabinete principal del edificio T-12

La configuración de la instalación del equipo corresponde a una conexión estrella con neutro aterrizado en baja tensión 120/208 V trifásica, como se describe en la gráfica siguiente.

Figura 14. **Configuración tipo: trifásica estrella (Y) aterrizada (3Ø WYE)**



Fuente: elaboración propia empleando FLUKE 435 V02.07.

2.8.5. Pinzas amperimétricas

Es un medidor de corriente eléctrica su funcionamiento se da por inducción producto de los campos magnéticos inducidos en un conductor cuando circula corriente por él. Es un instrumento manual compacto que se adapta fácilmente a lugares limitados.

Para las mediciones de este análisis se utilizó un amperímetro de gancho marca *FLUKE* 322, diseñado para verificar la presencia de carga, voltaje AC continuidad de circuitos, conmutadores, fusibles y contactos, con una precisión básica del 1,8 %. Tiene capacidad para medir hasta 400 A. El equipo cumple la más estricta normativa de seguridad 600 V CAT IV, 1 000 V CAT III necesaria para realizar medidas en la entrada de servicio.

2.8.6. Luxómetro

Un luxómetro es un instrumento electrónico que mide el nivel lumínico del ambiente. Para llevar a cabo las mediciones del nivel lumínico dentro de las distintas instalaciones del edificio T-12 se utilizó el luxómetro marca *Digital Lux Meter*, modelo LX 1330B. Modelo digital dividido en dos partes: el sensor y la unidad central con los controles y la pantalla.

2.8.7. Cámara termográfica

Una cámara termográfica es una cámara infrarroja. La cual permite visualizar puntos calientes de forma gráfica. Opera con la energía infrarroja proveniente de un objeto haciéndola converger, por medio de la óptica sobre un detector de infrarrojo. El detector envía la información al conjunto de sensores electrónicos para que se procese una imagen.

Para llevar a cabo las mediciones de puntos calientes en los equipos y tableros de distribución se utilizó el termómetro visual de infrarrojos *FLUKE* VT04A, el cual como su nombre lo indica es un termómetro visual de infrarrojos, con un rango de medición de temperatura de -10 ... +250 °C.

Sus fabricantes lo describen como un termómetro de medición puntual con funciones visuales de una cámara termográfica. Una cámara para la localización de problemas con un mapa calorífico por infrarrojos.

2.9. Desarrollo del programa específico de mediciones

Consistió en la obtención de datos utilizando los equipos descritos.

Tabla XXIV. **Información del instrumento**

INFORMACIÓN DEL INSTRUMENTO	
Número de modelo	FLUKE 434/435
INFORMACIÓN DEL SOFTWARE	
Versión de Power Log	Classic 4.4
RESUMEN DE MEDICIÓN	
Topología de medición	3ø EN ESTRELLA
Modo de aplicación	Registrador
Primera medida	23/08/2017 10:05:52 a.m. 31mseg
Última medida	1/09/2017 10:25:52 a.m. 31mseg
Intervalo de grabación	0h 10 m 0s 0mseg
Tensión nominal	230V
Corriente nominal	N/D
Frecuencia nominal	60 Hz

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Resumen de registros**

Resumen de registros	
Registros RMS	1 299
Registros DC	0
Registros de frecuencia	1 299
Registros de desequilibrios	1 299
Registros de armónicos	1 299
Registros de armónicos de potencia	1 299
Registros de potencia	1 299
Registros de energía	1 299
Registros de parpadeos	1 299
Registros de señalización de red principal	1 299

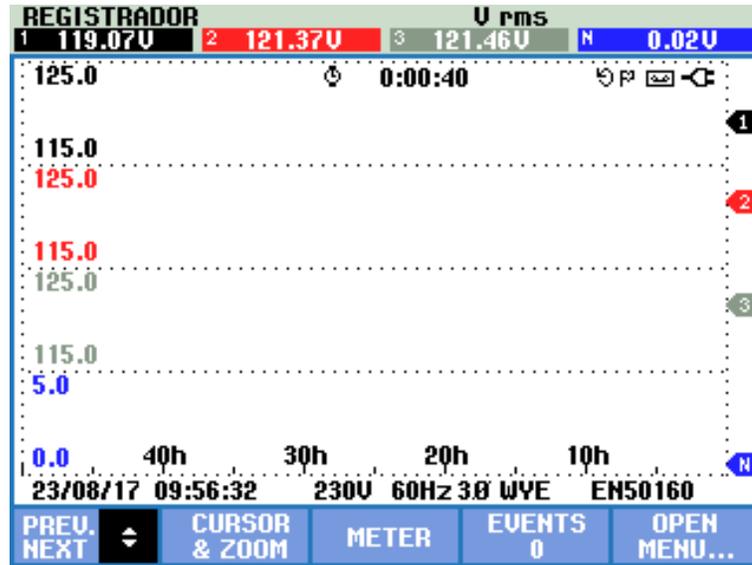
Fuente: elaboración propia empleando FLUKE 435 V02.07.

Tabla XXVI. **Resumen de eventos**

Resumen de eventos	
Caídas de tensión	0
Subidas de tensión	0
Transitorios	0
Interrupciones	2
Perfiles de tensión	0
Variaciones rápidas de tensión	0
Pantallas	16
Formas de onda	0
Intervalos sin mediciones	0
Gráficos de corriente de arranque	0

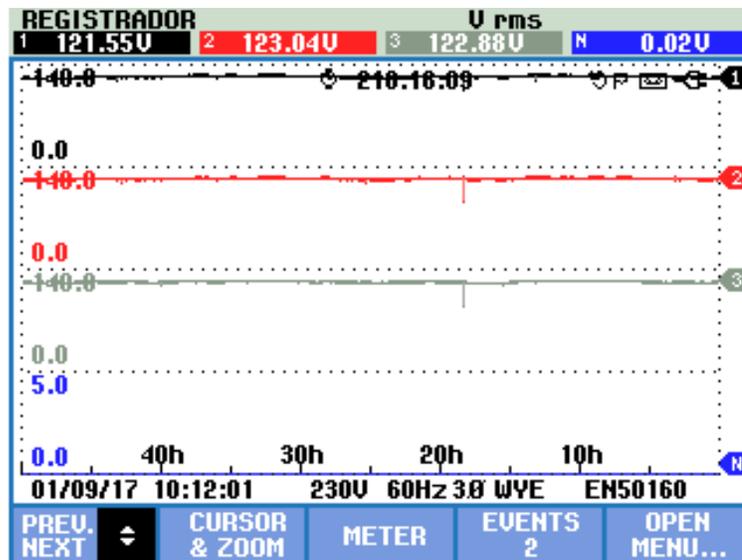
Fuente: elaboración propia empleando FLUKE 435 V02.07.

Figura 15. Foto de pantalla al inicio de la medición



Fuente: elaboración propia empleando FLUKE 435 V02.07.

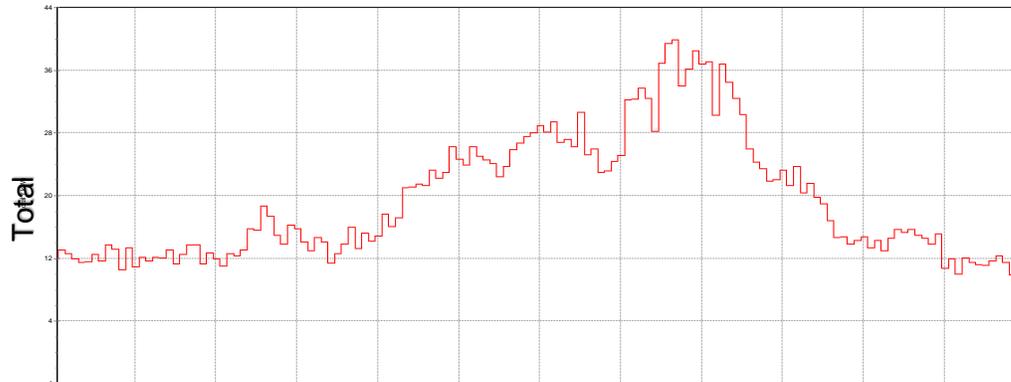
Figura 16. Foto de pantalla al final de la medición



Fuente: elaboración propia empleando FLUKE 435 V02.07.

Figura 17. **Curva de carga diaria total, valores máximos (kW)**

Correspondiente al día de mayor consumo jueves 31 de 00:00 a 23:59 horas. Para un valor máximo de 39,9 kW a las 15:25:52 horas.



Fuente: elaboración propia empleando power log classic 4.4.

Tabla XXVII. **Resumen de potencia activa máxima diaria**

Curva de carga diaria			
Valores máximos de potencia activa			
Periodo de medición 23/08/17 al 01/09/17			
Línea	Día	Horario	Potencia máxima
Total	Jueves 31	15:25:52	39,9 kW
Línea 1	Jueves 31	14:35:52	15,6kW
Línea 2	Jueves 31	15:25:52	15 kW
Línea 3	Jueves 31	14:35:52	19 kW

Fuente: elaboración propia.

2.9.1. **Curva de carga semanal**

Correspondiente a la semana del jueves 24 de agosto a las 0:00 horas al jueves 31 de agosto a las 23:59 horas, para un valor máximo de 43,2 kW, lectura del día jueves 24 a las 15:35:52 horas.

Figura 18. **Curva de carga semanal total, valores máximos (kW)**

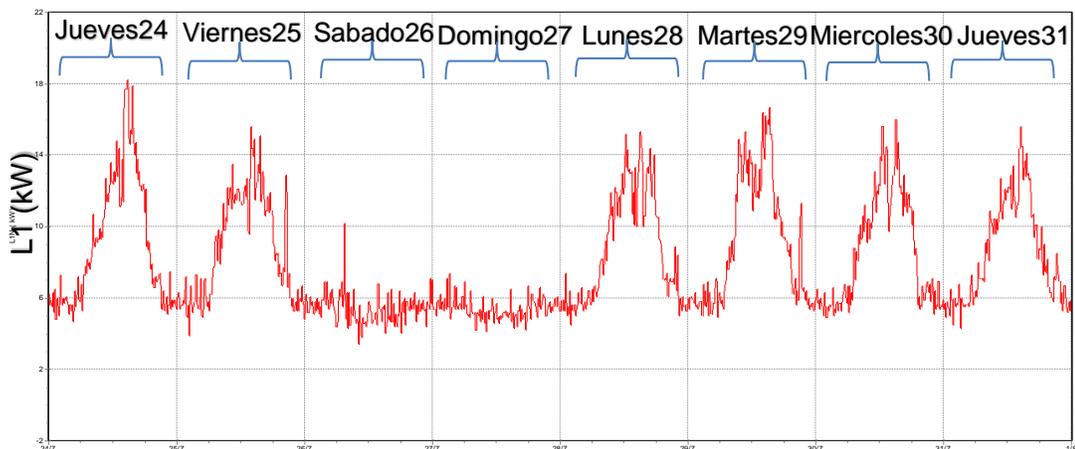


Fuente: elaboración propia empleando power log classic 4.4.

2.9.2. Potencias

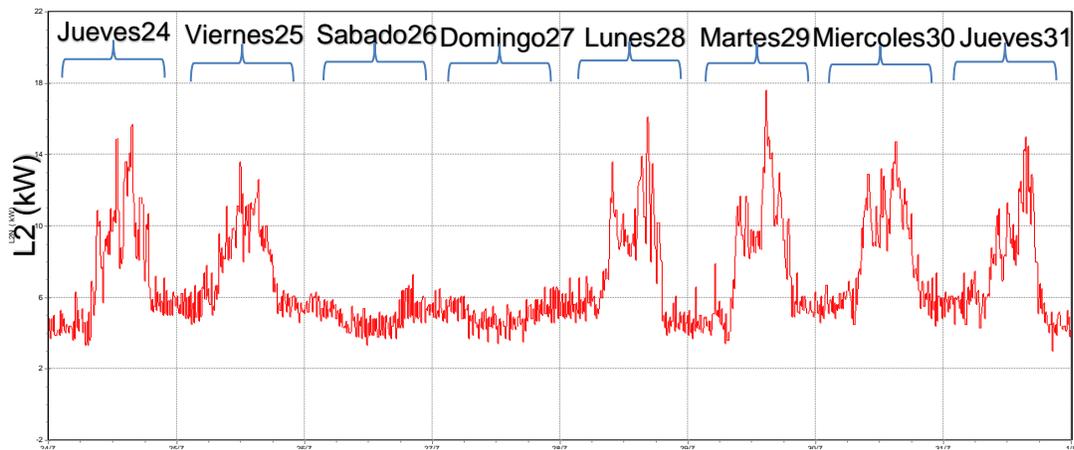
Curvas del consumo en kW para cada línea.

Figura 19. **Curva de potencia semanal línea 1, valores máximos**



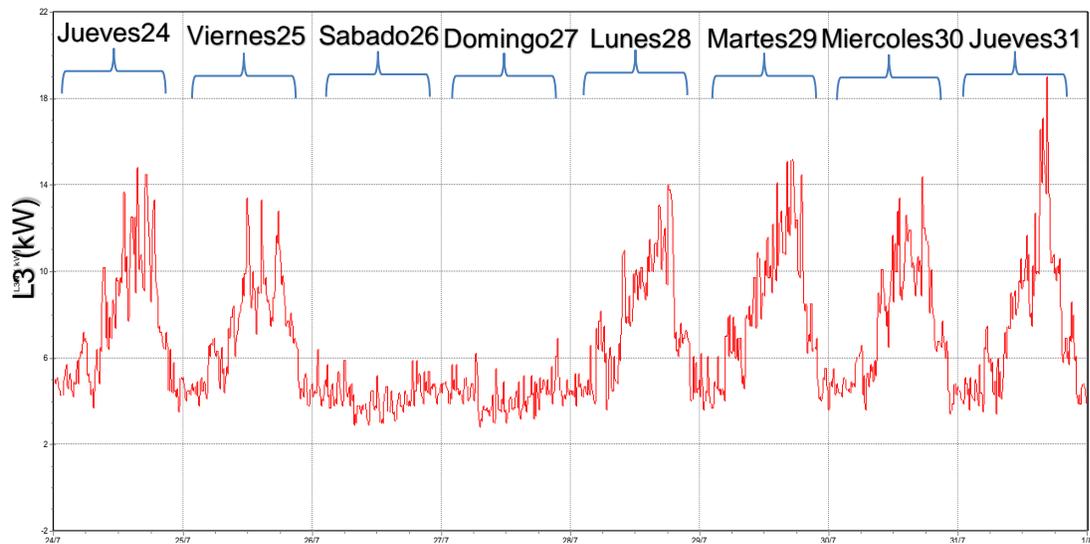
Fuente: elaboración propia empleando power log classic 4.4.

Figura 20. **Curva de potencia semanal línea 2, valores máximos**



Fuente: elaboración propia empleando power log classic 4.4.

Figura 21. **Curva de potencia semanal línea 3, valores máximos**



Fuente: elaboración propia empleando power log classic 4.4.

2.9.3. Corrientes

Descripción del consumo de corriente por línea.

Tabla XXVIII. **Resumen de corrientes máximas, alimentación**

Resumen de valores de corriente				
Valores máximos de corriente medidos				
Periodo de medición 23/08/17 al 01/09/17				
Línea	Día	Horario	Amperios	% uso
Neutro	Viernes 25	14:35:52	61 A	16
Línea 1	Jueves 24	14:45:52	157 A	41,31
Línea 2	Martes 29	14:45:52	150 A	39,47
Línea 3	Jueves 31	16:25:52	177 A	46,58

Fuente: elaboración propia.

Se considera un porcentaje de uso (% uso) en los conductores:

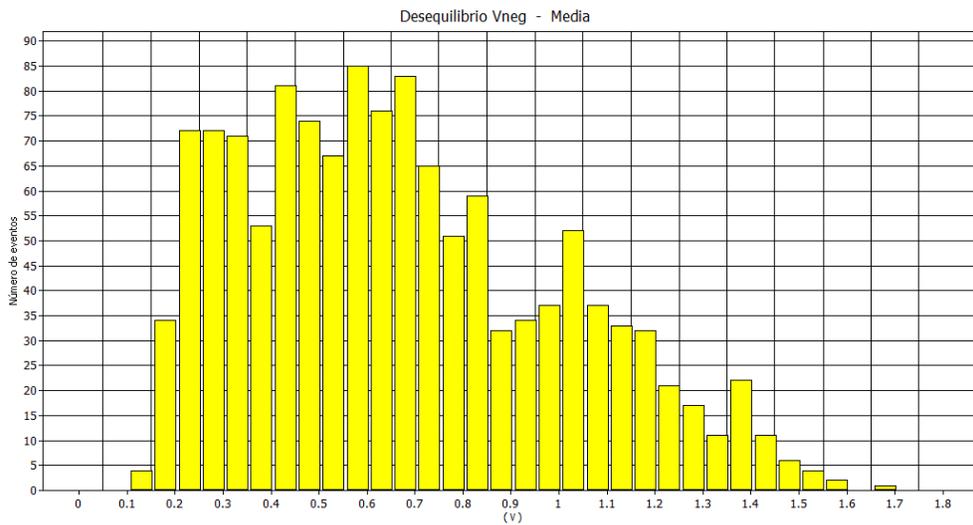
- Bueno menor a 60
- Aceptable entre 60 y 80 %
- Crítico superior a 80 %

La medición corresponde a los conductores de alimentación del tablero principal calibre 500 MCM con capacidad máxima de 380 A.

2.9.4. Desbalance

Descripción gráfica del desbalance entre fases.

Figura 22. Estadística de desbalance semanal



Fuente: elaboración propia empleando power log classic 4.4.

Tabla XXIX. Resumen del desbalance semanal

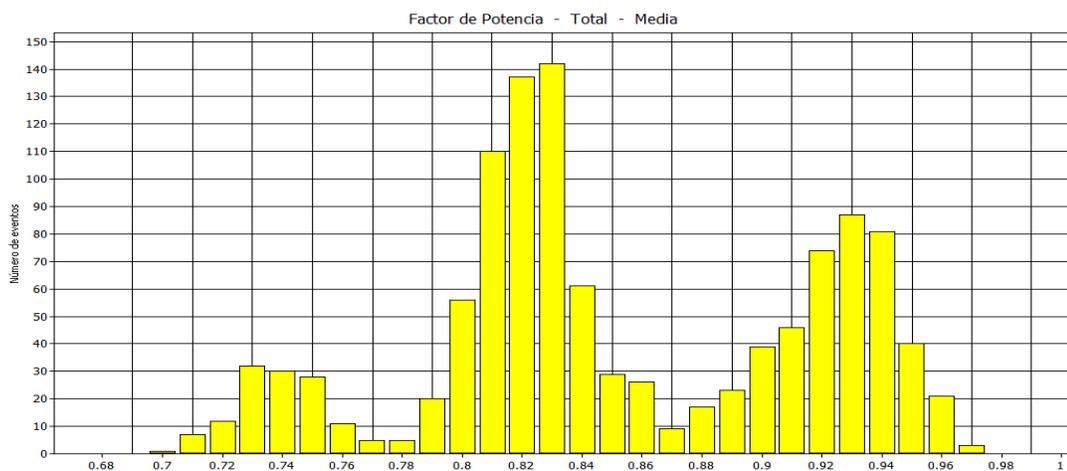
Periodo del 23/08/17 al 01/09/17		
Resumen	Valor	Fecha
Valor máximo	1,65 V	28/08/2017 12:45:52 p.m.
Valor mínimo	0,13 V	26/08/2017 4:05:52 a.m.
95 % percentil	1,26 V (1,05 % < 2 %)	

Fuente: elaboración propia.

2.9.5. Factor de potencia

Descripción gráfica del factor de potencia.

Figura 23. Estadística de factor de potencia total



Fuente: elaboración propia empleando power log classic 4.4.

Tabla XXX. Resumen del factor de potencia

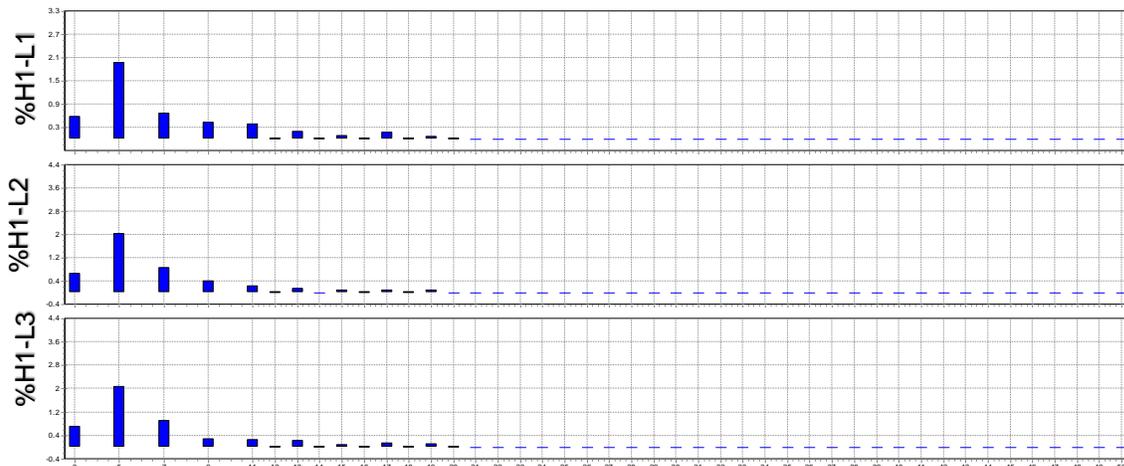
Periodo de medición 23/08/17 al 01/09/17				
Resumen	Total	L1	L2	L3
FP 95 % percentil	0,94	0,95	0,96	0,93
Valor máximo	0,96	0,99	0,99	0,97
Fecha	28/08/17 3:25:52 p.m.	24/08/17 10:45:52 a.m.	24/08/17 9:15:52 a.m.	31/08/17 9:45:52 a.m.
Valor mínimo	0,69	0,68	0,77	0,62
Fecha	26/08/17 5:25:52 p.m.	26/08/17 10:15:52 a.m.	26/08/17 8:35:52 a.m.	27/08/17 2:15:52 p.m.

Fuente: elaboración propia.

2.9.6. Distorsión armónica

La tensión armónica se define como una frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental. Los voltajes armónicos pueden ser evaluados individualmente o globalmente. Bajo condiciones normales de funcionamiento, durante cada período de una semana, el 95 % de los valores medios de 10 minutos de cada tensión armónica individual será menor o igual al valor en la tabla XVII. Además, el THD de la tensión de alimentación (incluidos todos los armónicos hasta el orden 40) deberá ser inferior o igual al 8 %. La limitación al periodo 40 es convencional.

Figura 24. Representación hasta el 50 armónico de la L1, L2, L3



Fuente: elaboración propia empleando power log classic 4.4.

2.9.7. Factor k del transformador

El factor k es una indicación de la cantidad de corrientes de armónicos. Es útil para seleccionar los transformadores, ya que se elegirá un transformador especial, capaz de limitar alta cantidad de armónicos de cargas no lineales.

Tabla XXXI. **Resumen del factor k por línea**

Periodo de medición 23/08/2017 al 01/09/2017			
Descripción	L1	L2	L3
V. máximo	1,15	1,25	1,17
V. mínimo	1,05	1,03	1,01
95 % percentil	1,11	1,18	1,09
μ (media)	1,08499	1,09174	1,0403
s (desviación)	0,0168487	0,0433397	0,0224738

Fuente: elaboración propia.

2.9.8. Carga conectada

La carga conectada en la instalación se detalla en la tabla XXXII y está alimentada por las dos acometidas existentes en el edificio.

Tabla XXXII. **Carga conectada en las instalaciones del edificio T-12**

Descripción	Voltaje	Potencia	Cantidad	Total (W)
Bomba de agua monofásica	208	1,9kW (2.5 hp)	1	1 900
Bombas de vacío trifásicas	208	2,24kW (3 hp)	2	4 476
Extractores	120	370 W (1/2 hp)	43	15 910
Aires acondicionados	208	1,55 kW (2 hp)	3	4 650
Plafoneras	120	60 W promedio	158	9 480
Lamparas 2x40 w	120	80 W	186	14 880
Lamparas 1x75 w	120	75 W	165	12 375
Tomacorrientes	120	1 800 W	306	550 800
Tomacorrientes	208	1 800 W	55	99 000
			Total	713,47kW

Fuente: elaboración propia.

2.10. Información de compra de energía y potencia

Para llevar a cabo el cobro de la energía eléctrica la empresa distribuidora clasifica el consumo de cada usuario y realiza el cobro a partir de la clasificación, estas tarifas se definen a continuación.

2.10.1. Tarifas eléctricas

Tipos de tarifas según pliego tarifario base

- Tarifa simple para usuarios conectados en baja tensión sin cargo por demanda. Esta tarifa incluye los servicios tipo residencial y comercial, estos están afectos a la tarifa social y tarifa plena. Usuarios con servicio en Baja tensión, menor o igual a 11 kW.
 - Tarifa social (BTSS): la tarifa social es una tarifa especial con carácter social, aplicada al suministro de energía eléctrica dirigida a usuarios regulados conectados en baja tensión sin cargo por demanda, de acuerdo con lo definido en la ley general de electricidad. Se reconoce como usuario de tarifa social a todo usuario que consuma la cantidad igual o inferior a 300 kWh en un periodo de facturación mensual, o que tenga un consumo promedio diario de hasta 10 kWh.
 - Tarifa plena (BTS): usuarios con servicio de baja o media tensión mayores de 11 Kw. Estos usuarios se podrán elegir libremente su propia tarifa dentro de las opciones tarifarias aprobadas por la CNEE en los pliegos tarifarios. En el caso que el usuario no pueda determinar la tarifa adecuada a su tipo de consumo de energía

eléctrica, la distribuidora deberá aplicar la tarifa que represente el mayor beneficio para el usuario, con base a sus características de consumo.

- Baja tensión con demanda en punta (BTDp): tarifa con medición de demanda máxima, con participación en la punta, para usuarios conectados en baja tensión.
- Baja tensión con demanda fuera de punta (BTDfp): tarifa con medición de demanda máxima, con baja participación en la punta para usuarios conectados en baja tensión.
- Baja tensión horaria (BTH): tarifa horaria con medida o control de demandas máximas de potencia dentro de las horas de punta para usuarios conectados en baja tensión.
- Media tensión con demanda en punta (MTDp): tarifa con medición de demanda máxima, con participación en la punta para usuarios conectados en media tensión.
- Media tensión con demanda fuera de punta (MTDfp): tarifa con medición de demanda máxima con baja participación en la punta, para usuarios conectados en media tensión.
- Media tensión horaria (MTH): tarifa no medida o control de demanda máxima de potencia dentro de las horas de punta para usuarios conectados en media tensión.

Las tarifas horarias (BTH O MTH): son aquellas cuyo medidor permite discriminar el consumo por horas, y tienen precios diferenciados de energía por banda horaria. Las bandas horarias correspondientes a los períodos de máxima (punta), media (intermedia) y mínima (valle) son las definidas en el artículo 87 del reglamento del administrador del mercado mayorista o las que en el futuro determine la CNEE.

- Gran usuario: usuarios con servicio en baja o media tensión que cumplan con los requisitos establecidos en la legislación vigente. En este caso las condiciones de suministro (potencia y energía) son pactadas con el distribuidor o cualquier otro suministrador (comercializador). No tiene tarifa máxima. Solamente se le define un pago máximo por el uso de la red denominado peaje en función de transportista.

Tabla XXXIII. **Pliegos tarifarios mes de junio del 2017**

Tarifa	Cargo	Valor
Tarifa social -TS	Cargo por consumidor (Q/usuario-mes)	10,271161
	Cargo por energía (Q/kWh)	1,089934
Tarifa baja tensión simple – BTS	Cargo por consumidor (Q/usuario-mes)	10,271161
	Cargo por energía (Q/kWh)	1,100072
Tarifa baja tensión con demanda fuera de punta-BTDfp	Cargo por consumidor (Q/usuario-mes)	236,236709
	Cargo unitario por energía (Q/kWh)	0,706144
	Cargo unitario por potencia máxima (Q/kW-mes)	22,806367
	Cargo unitario por potencia contratada (Q/kW-mes)	29,163369
Tarifa baja tensión con demanda en punta – BTDp	Cargo por consumidor (Q/usuario-mes)	236,236709
	Cargo unitario por energía (Q/kWh)	0,702653
	Cargo unitario por potencia máxima (Q/kW-mes)	49,858123
	Cargo unitario por potencia contratada (Q/kW-mes)	78,185846
Tarifa media tensión con demanda fuera de punta – MTDfp	Cargo por consumidor (Q/usuario-mes)	821,6929
	Cargo unitario por energía (Q/kWh)	0,659494
	Cargo unitario por potencia máxima (Q/kW-mes)	26,28803
	Cargo unitario por potencia contratada (Q/kW-mes)	12,06862

Continuación de la tabla XXXIII.

Tarifa media tensión con demanda en punta – MTDp	Cargo por consumidor (Q/usuario-mes)	821,6929
	Cargo unitario por energía (Q/kWh)	0,657487
	Cargo unitario por potencia máxima (Q/kW-mes)	24,469535
	Cargo unitario por potencia contratada (Q/kW-mes)	12,368776
Tarifa baja tensión horaria – BTH	Cargo por consumidor (Q/usuario-mes)	236,236709
	Cargo unitario por energía en punta (Q/kWh)	0,712398
	Cargo unitario por energía intermedia (Q/kWh)	0,711354
	Cargo unitario por energía en valle (Q/kWh)	0,676156
	Cargo unitario por potencia máxima (Q/kW-mes)	27,379086
	Cargo unitario por potencia contratada (Q/kW-mes)	42,007524
Tarifa media tensión horaria – MTH	Cargo por consumidor (Q/usuario-mes)	821,6929
	Cargo unitario por energía en punta (Q/kWh)	0,66669
	Cargo unitario por energía intermedia (Q/kWh)	0,665705
	Cargo unitario por energía en calle (Q/kWh)	0,632482
	Cargo unitario por potencia máxima (Q/kW-mes)	27,462134
	Cargo unitario por potencia contratada (Q/kW-mes)	14,175399
Alumbrado público - AP	Unitario por energía (Q/kWh)	1,198361
Tarifa peaje en función de transportista baja tensión – PBT	Cargo unitario por pérdidas de energía en punta (Q/kWh)	0,052418
	Cargo unitario por pérdidas de energía intermedia (Q/kWh)	0,05234
	Cargo unitario por pérdidas de energía en valle (Q/kWh)	0,04972
	Cargo unitario por potencia máxima (Q/kW-mes)	79,530126
Tarifa peaje en función de transportista media tensión – PMT	Cargo unitario por pérdidas de energía en punta (Q/kWh)	0,012891
	Cargo unitario por pérdidas de energía intermedia (Q/kWh)	0,012872
	Cargo unitario por pérdidas de energía en valle (Q/kWh)	0,012227
	Cargo unitario por potencia máxima (Q/kW-mes)	23,802935

Fuente: CNEE. <http://www.cnee.gob.gt/Calculadora/pliegos.php>. [Consulta: 13 de julio de 2017].

2.10.2. Estructura tarifaria

- Acometida principal, media tensión

Dada la demanda de energía mensual la acometida que alimenta el tablero principal del edificio T-12 entra en la categoría de: usuarios con servicio en baja tensión, media tensión y alta tensión cuya demanda de potencia sea mayor a 100 kilovatios (kW). Este tipo de usuarios, denominados grandes usuarios no están sujetos a regulaciones de precio de acuerdo a lo establecido en la ley general de electricidad y su reglamento, y podrán contratar su servicio libremente.

En el caso de que el usuario no pueda determinar la tarifa adecuada a su tipo de consumo de energía eléctrica, la distribuidora aplicará la tarifa que represente más beneficios para el consumidor, con base a las características del consumo del mismo, dentro de las siguientes: BTD_p , $BTDf_p$, MTD_p , $MTDf_p$.

Como la instalación se diseñó para alimentar cinco edificios dentro del campus, se consideró la instalación de un transformador para bajar costos considerables en la compra de energía eléctrica, la conexión en media tensión reduce grandemente los costos de una conexión en baja tensión. Por lo tanto las tarifas dentro de las que se seleccionara la más beneficiosa para el usuario son: MTD_p , $MTDf_p$.

Para los usuarios dentro de las opciones tarifarias: MTD_p y $MTDf_p$ cuyo equipo de medición no discrimine su participación en la punta, se entenderá que participan en la punta, cuando el factor de carga promedio del usuario sea mayor o igual a 0.6. Que se calcula como el cociente entre la energía promedio del usuario y el producto de la demanda máxima mensual promedio por el número

de horas del mes, tomando como base de cálculo los registros de mediciones de los últimos seis meses.

Tabla XXXIV. **Factor de carga promedio, para los últimos 12 meses**

Consumo anual julio 2016 a julio 2017					
No.	Energía (kWh)	Pot. Máx. (kW)	F. P.	horas al mes	Factor de carga promedio
1	46 200	163,8	0,9196	744	0,379
2	45 360	162,4	0,918	744	0,375
3	46 480	163,8	0,9224	696	0,407
4	42 140	151,2	0,9147	720	0,387
5	31 920	127,4	0,8849	768	0,326
6	24 640	147	0,8758	720	0,232
7	40 460	161	0,9269	672	0,373
8	46 900	162,4	0,9313	720	0,401
9	39 060	152,6	0,9089	768	0,333
10	44 940	152,6	0,9269	720	0,409
11	37 100	131,6	0,9173	696	0,405
12	39 620	133	0,9075	768	0,387

Fuente: elaboración propia.

Realizado el cálculo se determina que el factor de carga promedio del usuario es menor a 0,6, por lo tanto la tarifa de cobro es: tarifa media tensión con demanda fuera de punta, MTDf_p.

Esto también se concluye con el apartado que orienta a la empresa distribuidora a brindar el servicio en la tarifa más beneficiosa para el cliente, y se verifica con el cálculo en las tablas XXXV y XXXVI, se observa un menor costo en la tarifa media tensión con demanda en punta, pero no se califica para esta tarifa por el factor de carga promedio. El cálculo se realizó con la factura de

energía para el mes de mayor consumo, mayo del 2017 y con el pliego tarifario de julio del 2017, obtenido de la página de la CNEE.

Tabla XXXV. **Tarifa media tensión con demanda fuera de punta (MTDfp)**

Tarifa Media tensión con demanda fuera de punta (MTDfp)						
Cargo por consumidor	1	Usuario-mes	821,6929	Q/usuario-mes	=	Q 82,69
Energía	44 940	kWh	0,659494	Q/kWh	=	Q 29 637,66
Potencia máxima	152,6	kW-mes	26,28803	Q/kW-mes	=	Q 4 011,55
Potencia contratada	290	kW - mes	12,06862	Q/kW-mes	=	Q 3 499,90
						Q 37 970,81
12 % IVA						Q 4 556,50
						Q 42 527,30

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Tarifa media tensión con demanda en punta (MTDp)**

Tarifa media tensión con demanda en punta (MTDp)						
Cargo por consumidor	1	Usuario-mes	821,6929	Q/usuario-mes	=	Q 821,69
Energía	44 940	kWh	0,657487	Q/kWh	=	Q 29 547,47
Potencia máxima	152,6	kW-mes	24,469535	Q/kW-mes	=	Q 3 734,05
Potencia contratada	290	kW - mes	12,368776	Q/kW-mes	=	Q 3 586,95
						Q 37 690,15
12 % IVA						Q 4 522,82
						Q 42 212,97

Fuente: elaboración propia.

- Acometida secundaria, baja tensión.

Dada la tensión de servicio en la segunda acometida del edificio T-12, como usuario está dentro de la categoría: usuarios con servicio de baja o media tensión, cuya demanda de potencia es mayor a 11 y menor o igual a 100 Kilovatios (kW):

- Baja tensión en la punta
- Participación en la punta
- Horaria

En caso de que el usuario no pueda determinar la tarifa adecuada a su tipo de consumo de energía eléctrica y no cuente en su instalación con los equipos de medición adecuados para verificar la demanda horaria de potencia, la distribuidora aplicará la tarifa que represente más beneficios para el consumidor, con base en las características del consumo del mismo dentro de las siguientes: BTD_p , $BTDf_p$, MTD_p , $MTDf_p$.

Dentro de las cuatro características se descartan las de media tensión ya que la alimentación es en baja tensión, y para descartar la participación en la punta se utiliza el siguiente criterio:

Para los usuarios dentro de las opciones tarifarias: BTD_p y $BTDf_p$ cuyo equipo de medición no discrimine su participación en la punta, se entenderá que participan en la punta, cuando el factor de carga promedio del usuario sea mayor o igual a 0,6. Que se calcula como el cociente entre la energía promedio del usuario y el producto de la demanda máxima mensual promedio por el número de horas del mes, tomando como base de cálculo los registros de mediciones de los últimos seis meses.

Según este criterio y dado que el cociente en el edificio en cuestión es menor a 0,6, se concluye que no hay participación en punta.

Tabla XXXVII. **Factor de carga promedio para los últimos 13 meses**

Consumo anual junio 2016 al julio 2017					
No.	Energia(kWh)	Pot. Máx. (kW)	F. P.	Horas al mes	Factor de carga promedio
1	1 955	13,1	0,9671	720	0,207
2	1 486	13,5	0,959	768	0,143
3	2 035	15,3	0,9747	720	0,184
4	2 014	14,8	0,9784	696	0,195
5	1 912	15,6	0,9731	768	0,159
6	1 833	10,4	0,9752	720	0,244
7	1 373	12,2	0,9668	768	0,146
8	599	6,1	0,9504	720	0,136
9	1 486	14,86	0,9762	672	0,148
10	1 989	10,6	0,9868	744	0,252
11	1 653	9,8	0,9822	696	0,242
12	1 572	9,8	0,9886	768	0,208
13	1 726	11,3	0,9823	720	0,212

Fuente: elaboración propia.

Según este criterio y dado que el cociente en el edificio en cuestión es menor a 0,6, se concluye que no hay participación en punta. Por lo tanto, la característica de consumo que se aplica de parte de la empresa eléctrica a la segunda acometida del edificio T-12 es: baja tensión con demanda fuera de punta (BTDfp).

Esto también se concluye con el apartado que orienta a la empresa distribuidora a brindar el servicio en la tarifa más beneficiosa para el cliente, y se verifica con el cálculo en las tablas XXXVIII y XXXIX. El cálculo se realizó con la

factura de energía para el mes de junio del 2017 y con el pliego tarifario de julio del 2017, obtenido de la página de la CNEE.

Tabla XXXVIII. **Tarifa baja tensión con demanda fuera de punta (BTDfp)**

Cargo por consumidor	1	Usuario-mes	236,23	Q/usuario-mes	=	Q236,24
Energía	1 374	kWh	0,70	Q/kWh	=	Q970,24
Potencia máxima	10	kW-mes	22,80	Q/kW-mes	=	Q228,06
Potencia contratada	16,7	kW - mes	29,16	Q/kW-mes	=	Q487,03
						Q1 921,57
12 % IVA						Q230,59
						Q2 152,16

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Tarifa baja tensión con demanda en punta – BTDp**

Cargo por consumidor	1	Usuario-mes	236,23	Q/usuario-mes	=	Q236,24
Energía	1 374	kWh	0,70	Q/kWh	=	Q965,45
Potencia máxima	10	kW-mes	49,85	Q/kW-mes	=	Q498,58
Potencia contratada	16,7	kW - mes	78,18	Q/kW-mes	=	Q1 305,70
						Q3 005,97
12 % IVA						Q360,72
						Q3 366,68

Fuente: elaboración propia.

2.10.3. Historial sobre facturación del último año

A continuación se presenta el historial de facturación, del último año, de la acometida que alimenta el tablero principal en el edificio T-12.

Tabla XL. **Historial de facturación eléctrica, tablero principal**

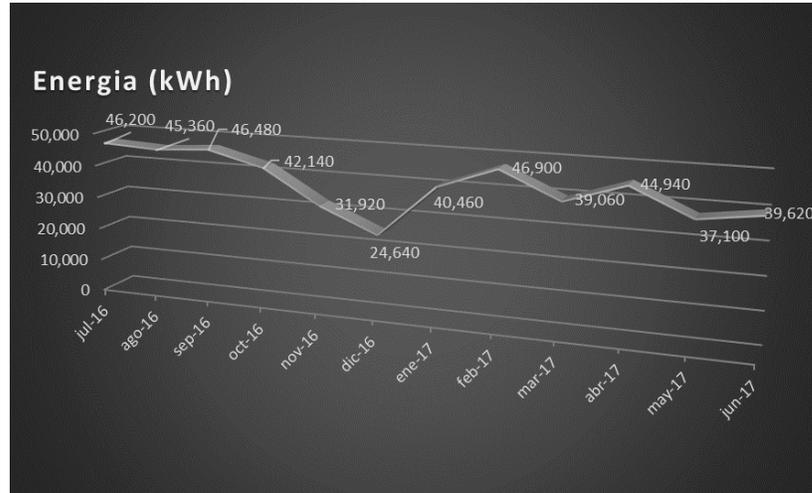
Consumo anual julio 2016 a julio 2017								
No.	Periodo	Lectura	Días	Costo (Q)	Energía (kWh)	Energía (kVARh)	Pot. Máx. (kW)	F. P.
1	jul-16	19/08/2016	31	45 326,32	46 200	19 200	163,8	0,9196
2	ago-16	19/09/2016	31	44 638,35	45 360	19 600	162,4	0,918
3	sep-16	18/10/2016	29	45 541,43	46 480	19 460	163,8	0,9224
4	oct-16	17/11/2016	30	40 319,65	42 140	18 620	151,2	0,9147
5	nov-16	19/12/2016	32	32 107,87	31 920	16 800	127,4	0,8849
6	dic-16	18/01/2017	30	27 372,08	24 640	13 580	147	0,8758
7	ene-17	15/02/2017	28	39 398,69	40 460	16 380	161	0,9269
8	feb-17	17/03/2017	30	44 161,24	46 900	18 340	162,4	0,9313
9	mar-17	18/04/2017	32	38 116,69	39 060	17 920	152,6	0,9089
10	abr-17	18/05/2017	30	42 527,3	44 940	18 200	152,6	0,9269
11	may-17	16/06/2017	29	35 403,78	37 100	16 100	131,6	0,9173
12	jun-17	18/07/2017	32	38 020,7	39 620	18 340	133	0,9075

Fuente: elaboración propia.

2.10.4. Gráficas de la demanda, tablero principal

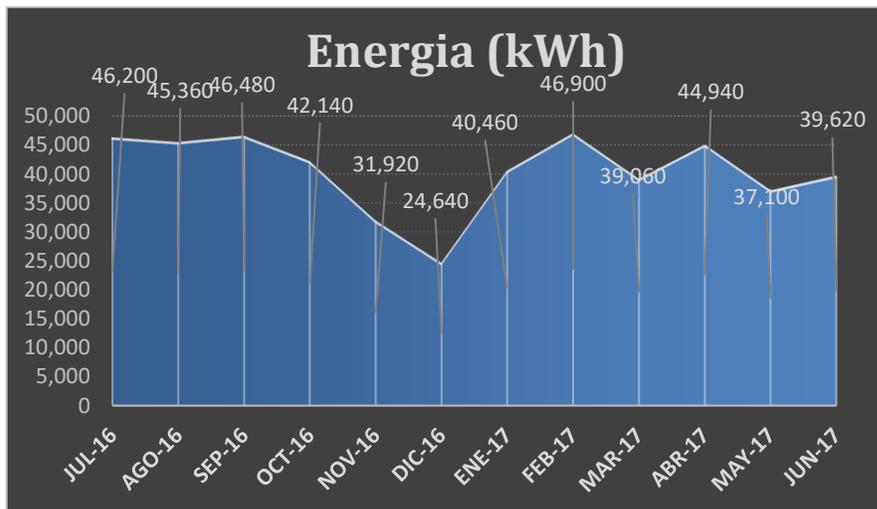
El consumo de energía mensualmente durante el último año, se simboliza en forma de gráfica, también el costo mensual que dicho consumo implica.

Figura 25. Consumo de energía vs. periodo, tablero principal



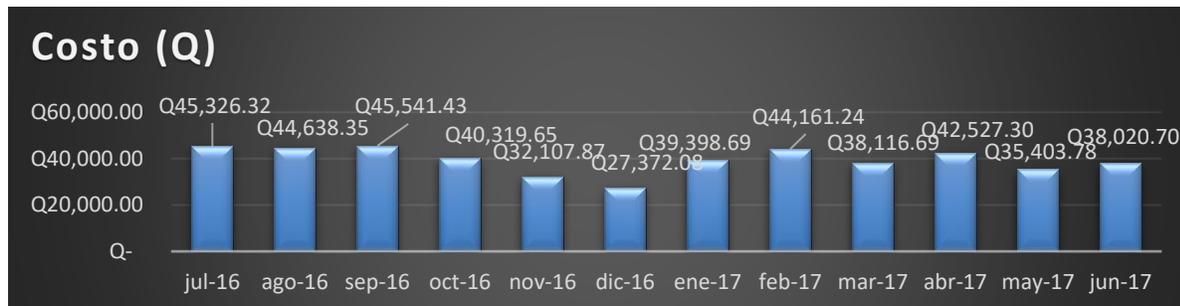
Fuente: elaboración propia.

Figura 26. Área de energía vs. periodo, tablero principal



Fuente: elaboración propia.

Figura 27. Consumo de dinero, costo vs. periodo, tablero principal



Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta el historial de facturación de la acometida en baja tensión, del edificio T-12 para los últimos 13 meses.

Tabla XLI. Historial de facturación eléctrica, acometida baja tensión

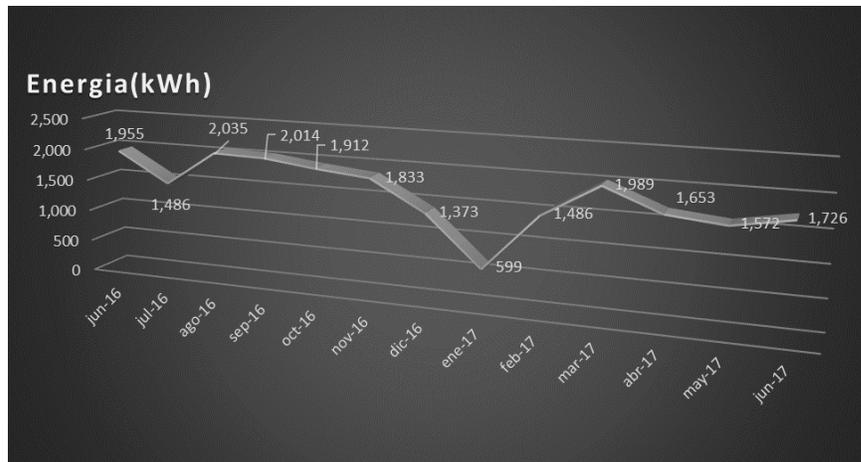
No.	Generales			Consumo anual junio 2016 al julio 2017				
	Período	Lectura	Días	Costo (Q)	Energía (kWh)	Energía (kVARh)	Pot. Máx. (kW)	F. P.
1	jun-16	10/06/2016	30	2 763,01	1 955	514	13,1	0,9671
2	jul-16	12/07/2016	32	2 386,84	1 486	439	13,5	0,959
3	ago-16	11/08/2016	30	2 889,96	2 035	467	15,3	0,9747
4	sep-16	9/09/2016	29	2 859,46	2 014	426	14,8	0,9784
5	oct-16	11/10/2016	32	2 796,63	1 912	879	15,6	0,9731
6	nov-16	10/11/2016	30	2 528,85	1 833	416	10,4	0,9752
7	dic-16	12/12/2016	32	2 214,12	1 373	363	12,2	0,9668
8	ene-17	11/01/2017	30	1 443,47	599	196	6,1	0,9504
9	feb-17	8/02/2017	28	2 213,25	1 486	330	14,86	0,9762
10	mar-17	11/03/2017	31	2 657,09	1 989	327	10,6	0,9868
11	abr-17	9/04/2017	29	2 371,24	1 653	316	9,8	0,9822
12	may-17	11/05/2017	32	2 303,65	1 572	239	9,8	0,9886
13	jun-17	10/06/2017	30	2 463,75	1 726	329	11,3	0,9823

Fuente: elaboración propia.

2.10.5. Gráficas de la demanda, acometida en baja tensión

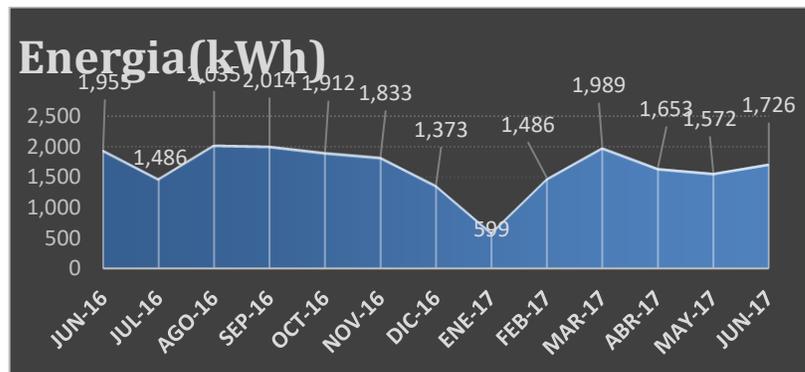
El consumo de energía mensualmente durante el último año, se simboliza en forma de gráfica, también el costo mensual que dicho consumo implica.

Figura 28. Consumo de energía vs. periodo



Fuente: elaboración propia.

Figura 29. Área energía vs. periodo



Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Consumo de dinero, costo vs. periodo**



Fuente: elaboración propia.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DETECCIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA

3.1. Calidad de la potencia eléctrica

El análisis siguiente se realiza según la norma EN 50160 para 60 Hz, dado que el equipo utilizado se basa en esta norma.

3.1.1. Análisis variaciones de tensión

En condiciones normales de funcionamiento la variación de tensión no debe exceder el $\pm 10\%$. Es decir, durante un periodo de una semana el 95 % de los valores medidos de 10 min, de la tensión de alimentación, deberá estar dentro del intervalo de $\pm 10\%$ y todos los valores medios de 10 minutos de la tensión de alimentación serán dentro del rango de $U_n +10 / -15\%$.

- Por lo tanto: la tensión en las tres fases cumple con el rango de medida en condiciones normales de funcionamiento para la tensión en el periodo de medición de una semana.

Tabla XLII. Resumen de valores de tensión

Periodo de medición 23/08/17 al 01/09/17			
Tensión	L1 (%)	L2(%)	L3(%)
95 % percentil	124,3 V	125,1 V	124,8 V

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Análisis cambios rápidos de voltaje

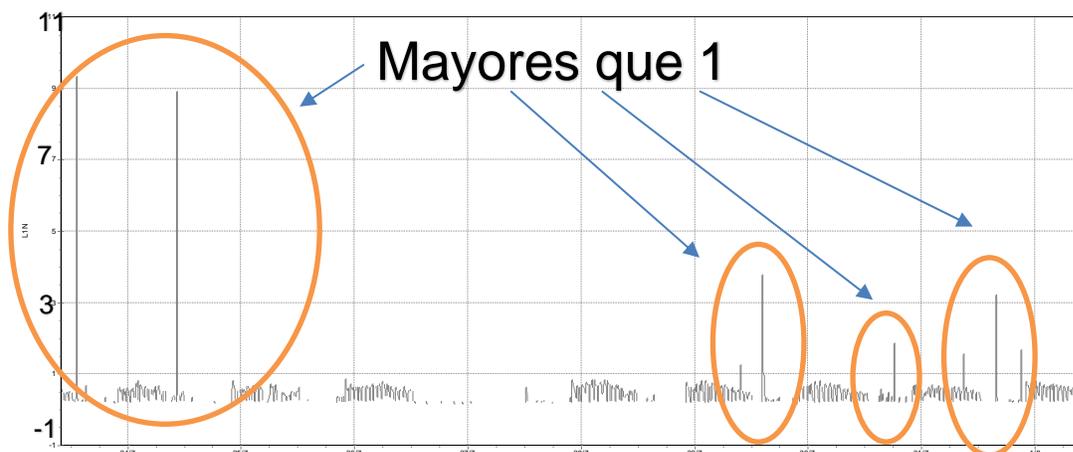
Bajo condiciones normales de operación, un cambio rápido de voltaje generalmente no excede 5 % U_n , pero puede ocurrir un cambio de hasta 10 % U_n , con una corta duración algunas veces al día en algunas circunstancias.

3.1.3. Análisis de flicker

El cambio rápido de voltaje está relacionado directamente con el parpadeo (*flicker*) que es una impresión de inestabilidad de la sensación visual inducida por un estímulo luminoso cuya luminancia o distribución espectral fluctúa con el tiempo.

Según la norma 50160 la fluctuación de voltaje provoca cambios en la luminancia de las lámparas que pueden crear el fenómeno visual llamado parpadeo (*flicker*).

Figura 31. Gráfica de parpadeo línea L1



Fuente: elaboración propia empleando power log classic 4.4.

En la figura 31 se puede observar que existen parpadeos en la fase L1 que superan el valor de 1 durante el periodo de medición, estos ocurrieron en las tres fases y al consultar a los usuarios de las instalaciones algunos de estos fueron perceptibles.

Dado que en condiciones normales de funcionamiento, en un período de una semana, la severidad de parpadeo a largo plazo causada por la fluctuación de voltaje debe ser $P_{lt} \leq 1$ durante 95 % del tiempo.

Se resume en la tabla XLIII el valor P_{lt} y durante el 95 % del tiempo el valor se encuentra dentro de los parámetros aceptables $P_{lt} \leq 1$.

- Por lo tanto: los cambios rápidos de voltaje y el parpadeo se encuentran dentro de valores aceptados según la norma 50160.

Tabla XLIII. **Estadísticas P_{lt} , resumen L1, L2, L3**

Periodo de medición del 23/08/2017 al 01/09/2017			
Resumen	L1	L2	L3
Valor máximo	4,083	3,936	4,226
Fecha	23/08/2017 01:55:52 p.m.	23/08/2017 01:55:52 p.m.	23/08/2017 01:55:52 p.m.
Valor mínimo	0	0	0
Fecha	23/08/2017 10:05:52 a.m.	23/08/2017 10:05:52 a.m.	23/08/2017 10:05:52 a.m.
μ	0,501079	0,479981	0,492212
S	0,530854	0,560631	0,589445
95 % percentil	0,76	0,664	0,836

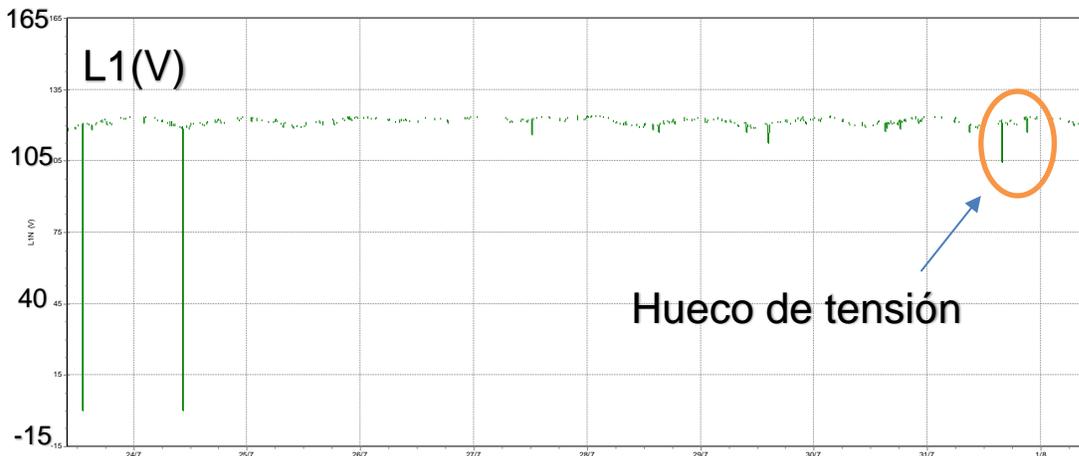
Fuente: elaboración propia.

3.1.4. Análisis hueco de tensión (*dips*)

Son eventos impredecibles en gran parte aleatorios. En condiciones normales de funcionamiento el número esperado de caídas de tensión en un año puede ser de hasta algunas decenas hasta un máximo de mil. Es una reducción repentina de la tensión de alimentación a un valor comprendido entre el 90 % y el 1 % de la tensión declarada, seguida de una recuperación de la tensión después de un corto período de tiempo. Convencionalmente la duración de una caída de tensión está comprendida entre 10 ms y 1 minuto.

De los datos obtenidos en el analizador de redes se puede observar un evento de esta naturaleza con fecha 31/08/2017 3:55:52 p.m. 31mseg, los valores se identifican en la tabla XLIX y se observa el evento en el grafico siguiente para la fase A. El resto de caídas de tensión están arriba del 90 % o abajo del 1 % de la tensión declarada y no entran en esta categoría.

Figura 32. Gráfica de tensión mínima



Fuente: elaboración propia empleando power log classic 4.4.

Tabla XLIV. **Valores de tensión para el evento: hueco de tensión**

Periodo de medición del 23/08/2017 al 01/09/2017				
Fecha	Función	L1 min	L2 min	L3 min
31/08/2017 3:55:52 p.m. 31mseg	Tensión	104,53 V	90,95 V	89,23 V
31/08/2017 3:55:52 p.m. 31mseg	Corriente	74 A	48 A	86 A
31/08/2017 3:55:52 p.m. 31mseg	Potencia	8,2 kW	5,6 kW	7,2 kW
31/08/2017 3:55:52 p.m. 31mseg	FP	0,89	0,93	0,89

Fuente: elaboración propia.

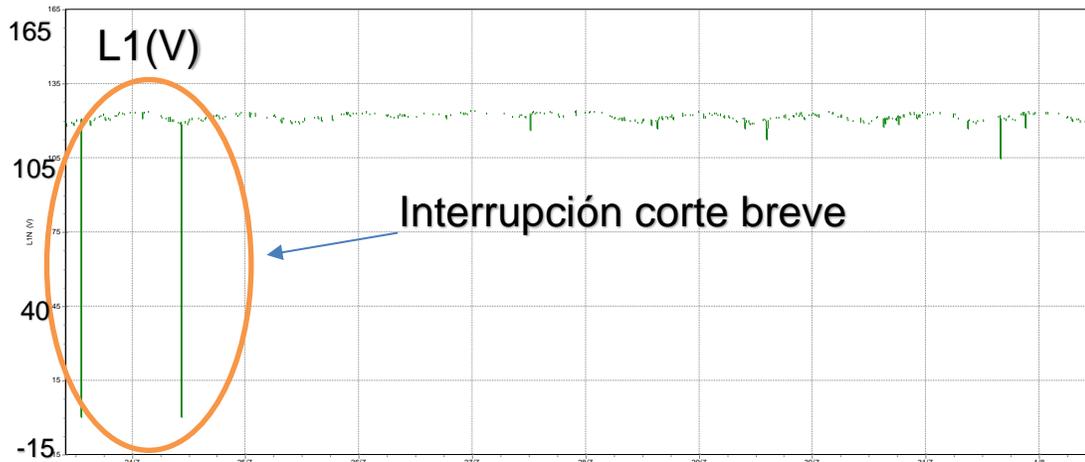
3.1.5. Análisis de interrupciones de alimentación

Es el estado en el que la tensión en los bornes de alimentación es inferior a 1 % de la tensión declarada. Se clasifican como interrupción breve (hasta tres minutos) e interrupción larga (superior a tres minutos).

De los datos obtenidos con el analizador de redes se puede observar dos interrupciones breves trifásicas, durante la semana de periodo de medición. Las tablas L. Interrupción 1 corte breve y LI. Interrupción 2 corte breve, registran los datos de la tensión inferior al 1 % de la tensión declarada, con un periodo de duración de 0m.0s.549ms para la interrupción 1 y 0m 0s 347ms para la interrupción 2.

Por lo tanto: se clasificación como interrupciones de corte breve y se concluye que existieron dos durante la medición.

Figura 33. **Valores de tensión mínima**



Fuente: elaboración propia empleando power log classic 4.4.

Tabla XLV. **Interrupción 1, corte breve**

Fecha	Función	L1 min	L2 min	L3 min
23/08/2017 1:10:32 p.m. 290mseg	Tensión	0,17 V	0,48 V	0,52 V
23/08/2017 1:10:32 p.m. 290mseg	Corriente	7 A	11 A	10 A
23/08/2017 1:10:32 p.m. 290mseg	Potencia	0 kW	0 kW	0 kW
23/08/2017 1:10:32 p.m. 290mseg	FP	0,89	0,84	0,86

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Interrupción 2, corte breve**

Fecha	Función	L1 min	L2 min	L3 min
24/08/2017 10:20:20 p.m. 22mseg	Tensión	0,14 V	0,41 V	0,42 V
24/08/2017 10:20:20 p.m. 22mseg	Corriente	6 A	13 A	8 A
24/08/2017 10:20:20 p.m. 22mseg	Potencia	0 kW	0 kW	0 kW
24/08/2017 10:20:20 p.m. 22mseg	FP	0,91	0,86	0,85

Fuente: elaboración propia.

3.1.6. Análisis de sobretensión temporal (swell)

Es una elevación de la tensión de duración relativamente larga. Suele originarse a partir de operaciones de conmutación o fallos. Un fallo como estos puede producir sobretensiones temporales que no excederán 1,5 Kv rms.

Por lo tanto: dado que en las mediciones realizadas no existen valores que sobrepasen los parámetros de una variación de tensión, menos existirán valores de rangos superiores para clasificarlos como sobretensiones.

3.1.7. Análisis de sobretensión transitoria

Las sobretensiones transitorias en los terminales de suministro no exceden los 6 kV de tensión. El tiempo de subida se encuentra entre milisegundos y microsegundos.

Por lo tanto: dado que en las mediciones realizadas no existen valores que sobrepasen los parámetros de una variación de tensión, tampoco existirán valores de rangos superiores para clasificarlos como sobretensiones.

3.1.8. Análisis de tensión armónica

La tensión armónica se define como una frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental. Los voltajes armónicos pueden ser evaluados individualmente o globalmente. Bajo condiciones normales de funcionamiento, durante cada período de una semana, el 95 % de los valores medios de 10 minutos de cada tensión armónica individual será menor o igual al valor en la tabla V. Además, el THD de la tensión de alimentación (incluidos todos

los armónicos hasta el orden 40) deberá ser inferior o igual al 8 %. La limitación al periodo 40 es convencional.

Se determina que existe una mayor presencia de la 5ª armónica, con valores del 2,1 % L1, 2 % L2 y 2 % L3 de la fundamental, pero todos los porcentajes de armónicas están dentro de los porcentajes aceptables en las líneas según la tabla V. Se determino en los datos obtenidos que existe un porcentaje medio mayor al resto con valor del 19,96 % de la 3º armónica de corriente en el neutro, esto concuerda con los armónicos producidos por cargas de equipo electrónico y lámparas fluorescentes de descarga.

El THD de la tensión de alimentación es inferior al 8 % en las tres líneas estos datos se agrupan en la siguiente tabla.

Tabla XLVII. **Valores del factor de distorsión armónica total (THD) para L1, L2 y L3**

Periodo de medición 23/08/17 al 01/09/17			
THD	L1 (%)	L2(%)	L3(%)
95 % percentil	2,94	3,33	3,51

Fuente: elaboración propia.

3.1.9. Análisis de tensión interarmónica

La tensión interarmónica es una tensión sinusoidal con una frecuencia entre los armónicos, es decir, la frecuencia no es múltiplo entero de la fundamental. Debido a la capacidad de memoria del equipo utilizado (*FLUKE 435*) no se realizaron mediciones de interarmónicos, por lo cual no se puede hacer un análisis respecto a ellos.

3.1.10. Análisis de señales de información transmitidas por la red

Las señales de información transmitidas por la red son señales superpuestas a la tensión de alimentación con el fin de transmitir en el sistema público de distribución y en las instalaciones de los usuarios de la red.

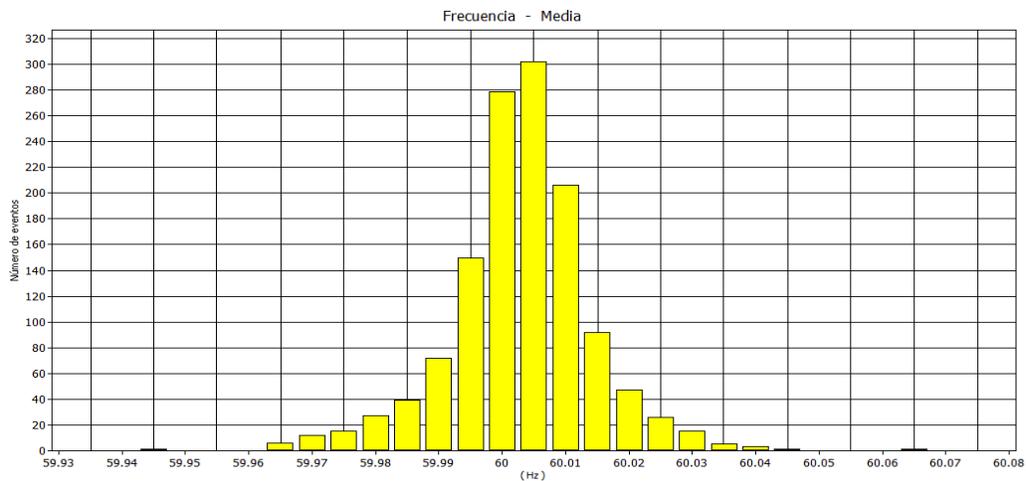
Por lo tanto: dentro de las instalaciones no existen señales transmitidas por la red.

3.1.11. Análisis de variaciones de frecuencia

Es la frecuencia nominal de la tensión de alimentación en este caso la frecuencia es de 60 Hz. En condiciones normales de funcionamiento, el valor medio de la frecuencia fundamental medida durante 10 seg. deberá estar dentro de los intervalos siguientes: Para sistemas con conexión síncrona a un sistema interconectado, $60 \text{ Hz} \pm 1 \%$ durante el 99,5 % de un año (Es decir, 59,4 ... 60,6 Hz) y $60 \text{ Hz} +4/-6 \%$ durante el 100 % de un año (Es decir, 57,6 ... 62,4 Hz).

Por lo tanto: según las estadísticas de los datos registrados por el equipo, representados en la figura 30 y la tabla LIII, la frecuencia cumple con el requisito para: Un sistema con conexión síncrona a un sistema interconectado. Es decir, con $60 \text{ Hz} \pm 1 \%$ durante el periodo de medición, la norma establece el 99,5 % de las mediciones dentro de ese rango por un año. Pero ya que la medición se realiza por el periodo de una semana y cumple con el estándar se concluye que cumple con el límite y no presenta eventos en variaciones de frecuencia.

Figura 34. **Grafica de estadística de frecuencia media**



Fuente: elaboración propia empleando power log classic 4.4.

Tabla XLVIII. **Estadísticas de frecuencia media**

Periodo de medición 23/08/17 al 01/09/17	
Resumen	Datos
Valor máximo	60,062 Hz
Registrado	31/08/2017 11:55:52 p.m.
Valor mínimo	59,94 Hz
Registrado	25/08/2017 6:25:52 a.m.
Media (μ)	59,9999 Hz
Desviación estándar (s)	0,0112175 Hz
95 % percentil	60,02 Hz
Rango máximo según la norma	60,6 Hz
Rango mínimo según la norma	59,4 Hz

Fuente: elaboración propia.

3.1.12. **Análisis de desequilibrio de tensión**

En un sistema trifásico es la condición en la que los valores rms de las tensiones de fase o los ángulos de fase entre fases consecutivas no son iguales.

En condiciones normales de funcionamiento, durante cada periodo de una semana, el 95 % de los valores medios de 10 minutos del componente de secuencia de fase negativa de la tensión de alimentación estará dentro del intervalo de 0 a 2 % del componente de secuencia de fase positiva. En esta norma solo se dan valores para el componente de secuencia negativa porque este componente es el relevante para la posible interferencia de los aparatos conectados al sistema.

Por lo tanto: según el análisis de los datos de la componente de secuencia de fase negativa, la tensión de alimentación está dentro de los parámetros establecidos por la norma, los datos se detallan en la tabla LIII y se concluye que no existen eventos de desequilibrios de tensiones.

Tabla XLIX. **Estadísticas para la componente de fase negativa**

Periodo de medición del 23/08/17 al 01/09/17.		
Resumen	Valor	Fecha
Valor máximo	1,65 V	28/08/2017 12:45:52 p.m.
Valor mínimo	0,13 V	26/08/2017 4:05:52 a.m.
95 % percentil	1,26 V (1,05 % < 2 %)	

Fuente: elaboración propia.

Tabla L. **Resumen de análisis de perturbaciones (Según norma 50160)**

Parámetro	Nombre	Definición	Conclusión.
Amplitud	Fluctuación de tensión	$\Delta U < 10 \%U_{ref}$	Valores dentro del rango
	Hueco de tensión	$90 \%U_{ref} > U$ $> 1 \%U_{ref}$ $10 ms < \Delta t \leq 1 min$	Se registro 1 evento 31/08/17
	Interrupción de alimentación: Corte breve Corte largo	$U < 1 \%U_{ref}, \Delta t \leq 3 min.$ $U < 1 \%U_{ref}, \Delta t > 3 min.$	2 Cortes breves, 23/07/17 y 24/07/17
	Sobretensión temporal	Sobretensión relativamente larga	No se registró ningún evento
	Variación de tensión	Aumento o disminución de tensión	Valores dentro de rango
Forma de onda	Sobretensión transitoria	$\Delta t = de ns a ms$	No se registró ningún evento
	Tensión armónica	$f_{armonicos} = n \cdot f_{fund.}$ $n = entero$	Valores dentro del rango
	Tensión Interarmónica	$f_{armonicos} = m \cdot f_{fund.}$ $m = entero$	No se analizó.
	Señales de información transmitidas por la red	$110 Hz \leq f \leq 148,5 kHz$ E impulsos de corta duración	No aplica.
Frecuencia	Variaciones de frecuencia	$f \neq 50 o 60 Hz$	No hay eventos
Simetría	Desequilibrios de tensión	$ U_R \neq U_S \neq U_T $ y/o $\varphi_{R,S} \neq \varphi_{S,T} \neq \varphi_{T,R} \neq 120^\circ$	No hay eventos
<p>$U = tensión actual, U_{ref} = tensión de referencia$ $\Delta U = U_{ref} - U , \Delta t = duración, f = frecuencia$ $f_{fund} = frecuencia fundamental, U_R, U_S, U_T = Tensión en fases R, S, y T$ $\varphi_{R,S}, \varphi_{S,T}, \varphi_{T,R} = Ángulo entre fases R - S, S - T Y T - R$</p>			

Fuente: elaboración propia.

3.2. Eficiencia energética

El tema de eficiencia energética hace referencia al uso óptimo de los recursos energéticos, en este caso el uso eficiente de la energía eléctrica. Es por ello que en la búsqueda de la optimización de este recurso se plantean los siguientes análisis, que parten de las mediciones descritas desde el capítulo 2.

El análisis de eficiencia energética eléctrica se basa fundamentalmente en las curvas de consumo de energía eléctrica (demanda) y de potencia.

3.2.1. Análisis de curvas de demanda

Para el periodo de medición 23/08/17 al 01/09/17.

En valores máximo totales, en potencia activa (P) 34 700 W con fecha lunes 28/08/17 e intervalo de medición 4:25:52 p.m. En potencia aparente (S) de 36 300 VA con fecha lunes 28/08/17 e intervalo de medición 4:25:52 p.m. Un valor máximo total en potencia reactiva (Q) de 14 600 VAR con fecha miércoles 23/08/17 e intervalo de medición 3:15:52 p.m.

En valores mínimos totales, en potencia activa (P) 4 900 W con fecha de sábado 26/08/17 e intervalo de medición 10:15:52 a.m. En potencia aparente (S) 2 400 VA con fecha de sábado 26/08/17 e intervalo de medición 10:15:52 a.m. En potencia reactiva (Q) 4 300 VAR con fecha de medición domingo 27/08/17 e intervalo de medición 9:35:52 a.m.

Durante la semana se mantiene una demanda constante de 8 000 W.

El consumo diario de lunes a viernes inicia a las 8:00 a.m. y termina a las 8:00 p.m. Las mayores demandas se realizan a las 12:00pm, 2:00 p.m. y 4:00 p.m. dependiendo del día entre semana ya que las actividades programadas para los laboratorios varían en esos horarios en el transcurso de la semana.

Se sabe que lo ideal en una demanda es que sea lo más constante posible durante el periodo de consumo. Pero debido a la dinámica horaria y tipos de cargas se repetirá el mismo patrón de consumo en cualquier horario y se vería afectada la dinámica estudiantil. Considerando que no se ve afectado el tipo de contrato con los niveles de consumos máximos que se tiene dentro de la instalación; no se recomienda ni sugiere ninguna mejora en la distribución horaria del uso de los equipos ni de las instalaciones.

3.2.2. Análisis de factor de potencia

El factor de potencia es la relación entre la potencia activa y la aparente, y es un índice del aprovechamiento de la energía. Este factor idealmente se espera que alcance el valor de la unidad, ello representaría el aprovechamiento máximo de la energía eléctrica.

Debido a la naturaleza de las cargas conectadas alcanzar el valor de la unidad es imposible pero un valor muy próximo indica un uso óptimo del recurso energético eléctrico.

Por lo tanto: dadas las mediciones realizadas y los valores obtenidos en las facturas de la empresa distribuidora, se puede concluir que existe un buen uso de la energía eléctrica dentro de la instalación, pues se cuenta con un factor de potencia dentro de los parámetros aceptables. El factor de potencia se detalla en la tabla XXX.

3.2.3. Análisis de estructura tarifaria

El análisis del pliego tarifario se realizó anteriormente y corresponde al análisis de facturación de la instalación. Se concluyó con ambas acometidas que se encuentran dentro del mejor tipo de contrato que brinda la distribuidora.

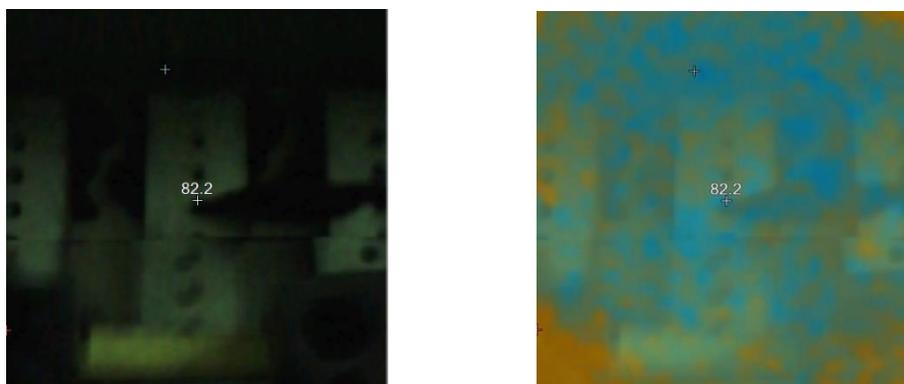
3.2.4. Análisis de instalación actual

En las distintas visitas que se realizaron al edificio se pudieron observar los distintos tableros de distribución con los que cuenta la instalación.

De los tableros existentes se puede mencionar:

El tablero principal en general se encuentra en óptimas condiciones. Se pudo observar la estructura metálica, los interruptores electromagnéticos, las barras conectoras y los distintos cables de alimentación y distribución, todos ellos se encuentran en muy buenas condiciones.

Figura 35. **Temperatura en barras, tablero principal**



Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala, edificio T-12.

Se observó en las distintas imágenes tomadas con la cámara termográfica, que no existe calentamiento en las barras del tablero principal. La temperatura máxima obtenida fue de 68 °F que es la temperatura ambiente durante todo el día en el área del tablero.

De los tableros de distribución originales se puede mencionar que se encuentran en buenas condiciones, se pudo observar la estructura metálica, los interruptores electromagnéticos, las barras conectoras y los distintos cables de alimentación y distribución. Cabe resaltar que se observó la presencia de polvo moderado en algunos de ellos y existe una saturación considerable de cableado en el tablero de distribución del segundo nivel que alimenta el lado derecho del edificio (tablero superior norte en el diagrama unifilar), algo que hay que considerar en posibles aumentos de carga a dicho tablero.

De los tableros de distribución en derivación se puede mencionar que se encuentran en buenas condiciones, la estructura metálica, los interruptores termomagnéticos y los distintos conductores de alimentación y distribución. Estos tableros y sus cargas no sobrepasan la capacidad de corriente de los cables de alimentación a los tableros originales, existe aún un margen de ampliación de carga en dichos tableros sin afectar los conductores de distribución principales.

De forma general se recomienda una limpieza de tableros (principal y de distribución) una vez al año. También se sugiere un plan de identificación de circuitos de cada uno de los tableros dentro del edificio, con el fin de realizar operaciones de reparación o mantenimiento de forma rápida y sin riesgo de afectar o interrumpir a otros usuarios.

De los conductores se puede mencionar que a pesar de los años de uso con que ellos cuentan, se encuentran en buenas condiciones. Se sabe que el aislante se deteriora por las distintas fatigas a las que se encuentra expuesto durante su vida de uso, está diseñado para soportar un cierto periodo de tiempo. Parámetros como la humedad, la temperatura, las sobretensiones, los cortocircuitos, pueden generar sobrecorrientes que afecten directamente al aislamiento.

Debido a que las instalaciones se encuentran en buenas condiciones, que la carga no ha variado considerablemente en la instalación desde la planeación del edificio, que todos los circuitos están protegidos para evitar altas corrientes de cortos circuitos, que los conductores de alimentación principal y de distribución están sobre dimensionados, la red eléctrica se encuentra en buenas condiciones y no existe ninguna necesidad de realizar cambios.

Por lo tanto: las mejoras y modificaciones que actualmente se están realizando en los laboratorios se pueden y deben realizar para un mejor servicio de las instalaciones a los estudiantes, siempre y cuando se realicen con el calibre de conductor y protecciones adecuadas, ya que la instalación actual no se verá afectada y es capaz de soportar más carga.

De las cargas en la instalación se puede mencionar:

Dentro de la instalación se cuenta con cargas consideradas pequeñas ya que no sobrepasan los 5 hp de fuerza, estas cargas no afectan al suministro eléctrico de la instalación, como se puede observar en las gráficas de cargas obtenidas de la medición. Las bombas de vacío y de agua existentes son equipos recientes, es decir, los equipos más eficientes del mercado. Mientras operen correctamente no se necesita ninguna mejora.

Con respecto a los motores de extracción se irán actualizando con forme se dañen ya que no es rentable actualizarlos, pues no se obtendrían suficientes ahorros para compensar la inversión.

3.2.5. Análisis de iluminación

El análisis de iluminación dentro de las instalaciones es según la norma DIN 5035, relativa a iluminación artificial en interiores.

Los requisitos son determinados para satisfacer tres necesidades humanas básicas: confort visual, prestaciones visuales y seguridad. Estos requisitos se definen según el uso de las instalaciones y se comparan en la tabla LI.

Tabla LI. Comparación de lúmenes por tipo de área

Núm. Ref.	Tipo de interior, tarea, actividad.	$E_m lux$ Norma	$E_m lux$ Medidos	Observaciones
Laboratorios				
2.9	Aulas de prácticas y laboratorios, tareas visuales normales, detalles de tamaño medio con contraste medio.	500	345	Promedio de iluminación en laboratorios
2.17	Áreas de circulación, pasillos	120	100	Puntos en pasillos
2.18	Escaleras	120	140	Puntos en escaleras
Cubículos de docentes				
2.2	Salas de profesores, tareas visuales normales, detalles de tamaño medio.	500	200	Iluminación área de trabajo
Oficinas				
1.1	Archivo, copias, entre otros.	120	164,45	Promedio
1.2	Escritura, escritura a máquina, lectura y tratamiento de datos, tareas visuales normales, detalles de tamaño medio.	500	335,5	Distintos puntos dentro del área de oficinas.

Fuente: elaboración propia.

Se observa en los datos comparados una iluminación deficiente que no cumple con la norma de referencia, existe un laboratorio dentro de la instalación que tiene muy buena iluminación, este laboratorio ha sido modificado con el afán de mejorar la iluminación de trabajo, es por ello que es el único que esta próximo en los rangos requeridos por la norma.

La iluminación natural del edificio es suficiente para las áreas de pasillos, pero es deficiente para las áreas de escaleras, servicios sanitarios, laboratorios, cubículos y áreas de docencia.

Por lo tanto: se recomienda mejorar las condiciones de iluminación dentro de todas las instalaciones, así como darles mantenimiento de limpieza periódicamente para que la iluminación no se vea afectada por polvo y suciedad.

Se tiene conocimiento que existe un plan de cambio de toda la instalación de lámparas fluorescentes por lámparas led en relación al tema de eficiencia energética.

Se recomienda que las lámparas a adquirir consideren un bajo nivel de armónicos a introducir en la red eléctrica actual, con el fin de mantener en buen estado los cables de la red y evitar algunos efectos derivados de la generación de corrientes armónicas.

4. DISEÑO Y CÁLCULO DE PROPUESTA DE MEJORA

4.1. Diseño y cálculo de propuesta de mejora, calidad de la potencia eléctrica y eficiencia energética

En los temas de calidad de la potencia y eficiencia energética, luego de los análisis realizados, se propone mejorar la calidad de las cargas dentro de la instalación y mejorar la iluminación de los distintos espacios. Esto quiere decir, cambiar por equipos más eficientes en el consumo de energía eléctrica, equipos con menos pérdidas y que convierten a trabajo útil más de la energía eléctrica que consumen.

Los equipos que se sugieren ser cambiados son las lámparas fluorescentes de iluminación, en este caso la tecnología empleada debe considerar la magnitud de generación de distorsión armónica y la mejora en cantidad lumínica de las instalaciones. Se enfatiza mejorar la calidad lumínica de toda la instalación y considerar de importancia la iluminación en los laboratorios, los espacios docentes y oficinas.

Para mantener una buena calidad lumínica se recomienda realizar un programa de limpieza dos veces al año, es decir, una vez por semestre como mínimo, de limpieza de las pantallas, lámparas y focos.

Para mejorar la rapidez del mantenimiento de la instalación y evitar contratiempos es recomendable realizar un programa de identificación de circuitos. Se sugiere aprovechar un día sin actividades académicas y administrativas, para llevar a cabo la desconexión de los interruptores con el fin

de identificar las zonas que este protege y a las cuales abastece de energía eléctrica. Se deben tomar las precauciones necesarias y salvaguardar los equipos sensibles al momento de realizar la interrupción eléctrica.

Existe actualmente a nivel general un proyecto que tiene como fin cambiar el tipo de iluminación en las instalaciones de la universidad, el edificio T-12 está considerado para realizar estas modificaciones, algo que desde el punto de vista de la eficiencia energética es un cambio importante, pero hay que considerar que la tecnología a utilizar no contribuya en la generación de 3ra y 5ta armónica en el servicio de energía eléctrica. Por lo tanto, se recomienda un estudio de armónicos de la instalación eléctrica posterior al cambio de tecnología.

4.2. Optimización de compra de energía y potencia eléctrica para el edificio bajo análisis

Dado que la carga instalada es alimentada por dos acometidas en el edificio T-12, una en baja tensión y otra en media tensión, y debido al tamaño de la carga, en la instalación se debería mantener la acometida en media tensión, eliminando la acometida de baja tensión, que alimenta el tablero norte de la planta baja. A continuación se muestra el ahorro que se lograría al unificar las cargas, aunque dicha propuesta no aplica por situaciones administrativas.

Al unificar la carga existe un ahorro aproximado de Q 13 838,04 anuales. La acometida en media tensión tiene capacidad para alimentar la carga y los conductores de alimentación del tablero principal cuentan aún con capacidad para transportar la corriente que demanda la carga total. De parte de las autoridades y personal de servicio del edificio se desconoce por qué se decidió separar dicha carga del tablero principal.

Tabla LII. **Comparación de estado actual vs unificación de carga**

No.	Costo (Q) actual	Energía(kWh)	Pot. Máx. (kW)	Costo (Q) en MTDfp	Ahorro
1	47 713,16	47 686	177,3	45 282,82	2 430,33
2	47 528,31	47 395	177,7	45 079,65	2 448,65
3	48 400,89	48 494	178,6	45 917,91	2 482,97
4	43 116,28	44 052	166,8	42 289,48	826,79
5	34 636,72	33 753	137,8	33 828,46	808,25
6	29 586,2	26 013	159,2	28 741,51	844,68
7	40 842,16	41 059	167,1	40 087,58	754,57
8	46 374,49	48 386	177,26	45 798,68	575,80
9	40 773,78	41 049	163,2	39 965,37	808,40
10	44 898,54	46 593	162,4	44 036,80	861,73
11	37 707,43	38 672	141,4	37 567,79	139,63
12	40 484,45	41 346	144,3	39 628,28	856,16
Ahorro total anual					13 838,03

Fuente: elaboración propia.

Se sabe que uno de los edificios conectados al transformador de 500 KVA será ampliado, es por ello que se recomienda mantener las dos acometidas actuales del edificio T-12 para que dicha ampliación pueda ser alimentada desde la acometida en media tensión y mantener así en valores adecuados la corriente en todos los conductores de la alimentación.

5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA

5.1. Listado de materiales y equipo para mejoras

Consideraciones:

- Considerando que no existen dentro de las especificaciones de las lámparas y focos LED el valor que producen de distorsión armónica total THD, no es un factor a considerar, a la fecha de este informe, para la adquisición de estos accesorios.
- Debido a que los accesorios (candelas y focos) se pueden instalar en las lámparas y plafoneras ya existentes, este material no se está cotizando para la compra.
- Debido a que en el análisis realizado en el capítulo 4,2 sobre la calidad lumínica en las instalaciones se determinó que es pobre y que es necesario mejorar. En esta cotización se prioriza la adquisición de accesorios que mejoren la cantidad de lúmenes en las áreas de trabajo.
- Tasa de cambio Q 7,33516 por dólar, julio del 2017 banco de Guatemala.
- Se considero la tasa de interés pasivo en moneda nacional de 5,40 % del banco de Guatemala para la fecha julio del 2017.

El listado de materiales considerado es el siguiente:

- Tubo led frost aluminio 20watts, marca light-tec.
- Tubo slim led aluminio 40 watts frost marca light-tec.
- Bombilla led de alta potencia 30 watts luz blanca, marca light-tec.

5.2. Costos

Ya que se cuenta con personal capacitado en el área de mantenimiento para realizar las instalaciones, solo se considerará el costo del equipo por comprar. Para el análisis de costos se visitó el catálogo de productos de tubo y bombillas led, en la página de Celasa el día 27 de septiembre del 2017, considerando las marcas y variedades de productos.

5.3. Presupuesto

Tabla LIII. **Presupuesto para la adquisición de accesorios de iluminación**

Marca	Modelo	Potencia (W)	Precio(Q)	Cantidad	Total (Q)
Light-Tec	Tubo LED Frost aluminio	20	63,75	372	23 715
Light-Tec	Tubo Slim LED aluminio Frost	40	257,75	165	42 528,75
Light-Tec	Bombilleria LED de Alta Potencia luz blanca	30	78,75	158	12 442,5
				TOTAL	78 686,25

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIV. **Presupuesto de mano de obra y supervisión técnica**

Costo por instalación		
Unidades a instalar	Costo por unidad	Total gasto
695	100	Q 69 500
Costo por servicios profesionales de supervisión del gasto total (5%)		
Gasto total	5%	Inversión total
Q 148 186,25	Q 7 409,31	Q 155 595,56

Fuente: elaboración propia.

Gasto total = total de gasto en lámparas + costo por instalación.

Inversión total = costo total de la inversión.

5.4. **Estimación de la tasa interna de retorno (TIR)**

Se estima la tasa interna de retorno para un periodo de 7 años, periodo mínimo de vida útil de uno de los accesorios, durante este periodo solo existirán ahorros en gasto energético. Con el fin de encontrar la TIR para compararla con la tasa interna de retorno TREMA.

Primero se realiza el cálculo de valor presente neto, para definir si la inversión es rentable.

Tabla LV. **Cálculo del valor presente neto (VPN)**

año	Inversión	Ahorro	Flujo
0	Q 155 595,56	0	-155 595,56
1	0	Q 46 117,16	Q 46 117,16
2	0	Q 46 117,16	Q 46 117,16
3	0	Q 46 117,16	Q 46 117,16
4	0	Q 46 117,16	Q 46 117,16
5	0	Q 46 117,16	Q 46 117,16
6	0	Q 46 117,16	Q 46 117,16
7	0	Q 46 117,16	Q 46 117,16
10	10		
7%	0,07	VPN=	Q 86 862,75

Fuente: elaboración propia.

Si el valor presente neto es positivo se estima que los beneficios son mayores que los costos en el tiempo, como se obtiene un valor de positivo la inversión es rentable. Se obtiene la inversión y queda excedente de Q 86 862,75 para una tasa de interés de oportunidad de 5,40 %, es una la tasa más elevada, por lo tanto, resulta sumamente rentable la inversión.

Cálculo de la tasa interna de retorno TIR.

Durante el cálculo no fue posible encontrar una tasa de interés que haga que al final del periodo los ingresos sean negativos. Excepto tasas superiores al 100 %. Dado que:

$$\text{TIR} > \text{Tasa de interés a largo plazo (5,40 \%)}$$

Esto lleva a la conclusión que no existen posibilidad de pérdidas y que la inversión es muy rentable durante el periodo de tiempo analizado.

Tabla LVI. **Cálculo de la tasa interna de retorno**

año	Inversión	Ahorro	Flujo	60%	100%
0	Q 155 595,56	0	- 155 595,56	- 155 595,56	- 155 595,56
1	0	46 117,1577	46 117,1577	28 823,2235	15 372,385
2	0	46 117,1577	46 117,1577	18 014,5147	5 124,128
3	0	46 117,1577	46 117,1577	11 259,0717	1 708,042
4	0	46 117,1577	46 117,1577	7 036,9198	569,347
5	0	46 117,1577	46 117,1577	4 398,0748	189,782
6	0	46 117,1577	46 117,1577	2 748,7968	63,260
7	0	46 117,1577	46 117,1577	1 717,9980	21,086

Fuente: elaboración propia.

5.5. Beneficio/costo (B/C)

Se realizó el análisis de beneficio/costo para el periodo de vida útil mínimo a partir del cual empiezan a existir gastos, este es un periodo de 7 años para un uso de 10 horas al día dado que el menor tiempo de vida útil, según especificaciones, es para las bombillas Led de alta potencia con 25mil horas de vida útil.

Tabla LVII. **Cálculo del ahorro energético**

Descripción	Actual	Propuesta	Cantidad	Pot. Actual	Pot. Propuesta
	W	W		W	W
Tubo de 1200mm	40	20	372	14 880	7 440
Tubo de 2400mm	75	40	165	12 375	6 600
Bombilla tradicional	60	30	158	9 480	4 740
			Totales(W)	36 735	18 780
			Total(kW)	17,955	

Fuente: elaboración propia.

El valor del ahorro energético es de 17,955 kW para un tiempo de uso diario de 10 horas se tiene 179,55 kWh-por día para un promedio de 30 días por mes se tiene que el ahorro mensual es de 5 386,5 kWh-mes. Realizando el cálculo en promedio solo el 7,5 % de la potencia máxima y el 4,1 % de la energía del edificio es alimentada por la acometida de baja tensión, esto nos da en la acometida de mayor demanda una potencia de 16,6 kW y 5 165,65 kWh-mes.

Tabla LVIII. **Cálculo de ahorro anual**

Cargo	Costo Q	Ahorro	Ahorro Q
por consumidor	Q 821,69	0	Q -
Unitario por energía	Q 0,66	5 165,65	Q 3 406,72
unitario por potencia max	Q 26,29	16,6	Q 436,38
Unitario por potencia contratada	Q 12,07	0	Q -
		Total mes	Q 3843,09
		Total año	Q 46 117,16

Fuente: elaboración propia.

Se calcula un ahorro anual de Q 46 117,16 en concepto de ahorro de pago de energía eléctrica en la acometida de media tensión. Esto nos da un periodo de recuperación de inversión de 3,37. Y sabiendo que el periodo de vida útil del equipo se estima para mínimo 7 años existirá por concepto de ahorro un excedente de 167 866,462 para los siguientes 3,64 años restantes al periodo de recuperación de la inversión.

6. ARMÓNICOS EN SISTEMAS DE POTENCIA

6.1. Fundamentos de la distorsión armónica

En el campo de la electricidad en sistemas eléctricos de potencia trifásicos, la energía se transporta en ondas periódicas, estas ondas son objeto de estudio cuando se analiza la calidad de la potencia eléctrica.

6.1.1. Método de análisis

Para ello se dispone de distintos métodos de análisis al interpretar estas ondas, en el caso de ondas periódicas no senoidales es posible obtener respuesta en el dominio del tiempo auxiliándose con la transformada de Laplace, cuando se pretende hacer estudio de la misma forma de onda, pero en el dominio de la frecuencia la serie de Fourier es la adecuada.

La serie de Fourier se refiere a una secuencia de términos que pueden usarse para representar una forma de onda periódica no senoidal. Es decir, es la suma de varios términos senos y cosenos de diferentes frecuencias sumados para representar la forma de la onda, basado en el principio de superposición. Esta herramienta matemática lleva por nombre Series Trigonómicas de Fourier.

La serie de Fourier se puede representar de la siguiente forma:

$$x(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left[a_n * \cos\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) + b_n * \sin\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) \right]$$

Donde:

T = período de la función

n = orden de la armónica

a_0 = Valor medio de la función

a_n = coeficiente de las series (magnitudes de las armónicas)

b_n = coeficiente de las series (magnitudes de las armónicas)

El vector armónico correspondiente es: $A_n \angle \phi_n = a_n + jb_n$, donde la magnitud y el ángulo de fase vienen dados por:

$$A_n = \sqrt{(a_n)^2 + (b_n)^2}$$
$$\phi_n = \tan^{-1} \left(\frac{b_n}{a_n} \right)$$

Los coeficientes de Fourier se pueden calcular mediante las siguientes expresiones:

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} x(\omega t) * d(\omega t)$$
$$a_n = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} x(\omega t) * \cos(n\omega t) * d(\omega t)$$
$$b_n = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} x(\omega t) * \sin(n\omega t) * d(\omega t)$$

Estas tres partes son básicas, la primera es el término de cd a_0 , es el valor promedio de la forma de onda en un ciclo completo. La segunda es una serie de términos seno. No existen restricciones sobre los valores de las amplitudes, pero cada uno tendrá una frecuencia que es un múltiplo entero de la frecuencia del primer término de la serie. La tercera parte es una serie de términos coseno. No existen restricciones sobre los valores de las amplitudes, pero cada uno tendrá

una frecuencia que es un múltiplo entero de la frecuencia del primer término coseno de la serie.

Para una forma de onda en particular es posible que todos los términos seno o coseno sean cero. Características como estas pueden determinarse mediante exámenes sencillos de la forma de onda no senoidal y su posición sobre el eje horizontal.

El primer término de las series seno y coseno se llama componente fundamental, representa la onda de frecuencia mínima fundamental para representar cualquier tipo de onda, también tiene la misma frecuencia que la forma de onda representada. Es decir, un término fundamental debe estar presente en cualquier representación de la serie de Fourier. Los otros términos con frecuencias de orden superior son llamados términos armónicos.

El término de cd de la serie de Fourier es el valor promedio de la forma de onda sobre un ciclo. Si el área de la onda sobre el eje horizontal es igual al área por debajo de este eje en un periodo completo $a_0 = 0$ y el término cd no aparece. Si el área sobre el eje es mayor a_0 es positiva y si el área por abajo del eje es mayor a_0 es negativa y aparecerá con signo negativo.

- Función impar (simetría de punto): si una forma de onda es tal que su valor para $+t$ es el negativo de su valor para $-t$, se le llama función impar y que tiene simetría de punto. Esto es útil ya que las formas de onda con simetría de punto pueden ser descritas en su totalidad mediante los términos de cd y seno de la serie de Fourier. Para formas de onda de este tipo, todos los parámetros $b_{1 \rightarrow \infty}$ de la ecuación serán cero.

- Función par (simetría de eje): si una forma de onda es simétrica con respecto al eje vertical, se le llama función par o se dice que tiene simetría de eje. Esto es importante porque las formas de onda con simetría de eje pueden ser descritas en su totalidad mediante los términos de seno y coseno de la serie de Fourier. Para formas de onda de este tipo, todos los parámetros $a_{1 \rightarrow \infty}$ serán igual a cero.

Simetría de espejo o de media onda: si una forma de onda tiene simetría de espejo o de media onda, los armónicos pares de la serie de términos seno y coseno serán cero. La forma de onda con estas características se establece si la forma de onda comprendida en un intervalo de tiempo $T/2$ se repetirá en el siguiente intervalo de tiempo $T/2$ pero en sentido negativo. Esto ocurre en las ondas senoidales y es por ello que no existen armónicos pares.

Onda repetitiva en la mitad del ciclo: si una forma de onda es repetitiva en la mitad del ciclo los armónicos impares de la serie de términos seno y coseno son cero. La forma de onda con estas características se establece si la función se repite después de cada intervalo de tiempo $T/2$ pero de ser así también se repite después de cada periodo T . En general para una función de este tipo, si el periodo T de la forma de onda se elige como el doble del periodo mínimo ($T/2$), los armónicos impares serán todos cero.

6.1.2. Valor eficaz

El valor eficaz o valor efectivo se refiere a la capacidad de entregar potencia. Es el valor equivalente de corriente alterna capaz de entregar la misma potencia que una fuente de corriente directa.

El valor efectivo de cualquier onda graficada como una función del tiempo se puede calcular utilizando la siguiente ecuación, para una onda periódica de periodo T:

$$I_{efectivo} = \sqrt{\frac{\int_0^T i^2(t) dt}{T}} \text{ o bien: } I_{efectivo} = \sqrt{\frac{\text{área}(i^2(t))}{T}}$$

El valor efectivo o rms de una onda senoidal es el equivalente al valor de corriente directa según la forma:

$$I_{(cd)} = I_{efectivo} = 0,707I_m \text{ o bien: } I_m = \sqrt{2}I_{efectivo} = 1,414I_{efectivo}$$

Se puede observar que para calcular el valor eficaz de una función primero hay que elevar al cuadrado de manera que los valores de la función resultante sean positivos. Luego se encuentra el valor medio de las magnitudes al cuadrado y finalmente se extrae la raíz cuadrada. A esto se le llama raíz cuadrático medio, valor rms.

6.1.3. Valor promedio

Se determina como el área bajo la curva entre la longitud del área. Para las ondas de voltaje y corriente la longitud del área es tiempo y esta longitud tiene la característica de denominársele periodo T para una función periódica.

$$v_{promedio} = \frac{\text{Área bajo la curva}}{\text{Intervalo de tiempo}}$$

Cuando el área bajo la curva no se puede calcular con facilidad, el valor medio se define como la integral de 0 a T de una función periódica con respecto al tiempo.

$$f(t) = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt$$

El valor promedio para una onda simétrica respecto a la horizontal es cero, ya que la parte positiva se anula con la parte negativa del ciclo. Cuando una onda no es simétrica se obtiene un valor promedio distinto de cero, a este valor se le denomina como su componente de corriente continua.

6.2. Elementos que generan armónicos

Se definen como elementos a las diferentes cargas conectadas a un sistema, estas se detallan a continuación.

6.2.1. Cargas lineales

Bajo condiciones normales las formas de onda de voltaje suministradas por una compañía eléctrica serían sinusoidales a la frecuencia fundamental. Cuando se conecta una carga lineal a un voltaje sinusoidal la corriente va a ser sinusoidal a la misma frecuencia. Es decir, una carga lineal no produce una corriente distorsionada cuando se conecta a un voltaje sinusoidal, una carga lineal puede ser resistiva, inductiva o capacitiva, que consume o absorbe toda la forma de la onda. Algunos ejemplos de cargas lineales son:

- Calefacción
- Capacitores
- Máquinas de inducción
- Lámparas de filamento

6.2.2. Cargas no lineales

Cuando una carga contiene elementos electrónicos que transforman la onda de corriente alterna a corriente directa, se habla de condensadores diódicos para hacer la conversión. Estos elementos no lineales generan pulsos abruptos en la corriente y no en una forma suave, estos pulsos forman una onda distorsionada que contiene armónicas.

Los aparatos no lineales que producen armónicas se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- **Electrónica de potencia:** es la principal generadora de armónicos las aplicaciones de electrónica de potencia como rectificadores, variadores de velocidad, sistemas UPS e inversores, están creciendo continuamente ello ha generado creciente preocupación. Además de ser la mayor fuente de armónicos, estos equipos son muy sensibles a la distorsión armónica de la forma de onda de tensión.
- **Aparatos ferromagnéticos:** en esta categoría los transformadores son los más importantes. Los transformadores generan armónicos como resultado de características magnetizantes no lineales. Se sabe que el nivel de armónicas aumenta sustancialmente cuando la tensión aplicada aumenta por sobre los valores nominales del transformador.
- **Aparatos de arco:** los aparatos de arco generan armónicas debido a las características no lineales del arco. Sin embargo, la iluminación fluorescente tiene básicamente las mismas características y es mucho más predominante en la carga del sistema de energía.

6.2.3. Clasificación de los armónicos

Según la causa que las produce las armónicas se pueden clasificar en dos tipos:

- Características: son el resultado de la presencia de cargas no lineales en el sistema, producidas generalmente por convertidores de potencia.
- No características: se generan por ciertos fenómenos que ocurren en el sistema, producidas por hornos de arco eléctrico y dispositivos de iluminación por descarga.

Además dependiendo de si la carga productora de armónicas es variable o constante se dividen en: armónicas fluctuantes y armónicas no fluctuantes. Las armónicas cuyas frecuencias son múltiplos enteros de tres se denominan armónicas triples, el resto armónicas no triples. Las armónicas cuyas frecuencias son múltiplos de dos se denominan armónicas pares, el resto impares.

El entero que se multiplica por la frecuencia fundamental para obtener la frecuencia de una armónica se denomina orden armónico, y se denomina por la letra h. Cada armónica tiene un nombre, una frecuencia y una secuencia como se describe en la tabla LIX.

Tabla LIX. **Clasificación de las armónicas**

Nombre	F	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma	Etc.
Frecuencia	60	120	180	240	300	360	420	
Secuencia	+	-	0	+	-	0	+	

Fuente: elaboración propia.

6.3. Efectos de los armónicos

Los efectos de los armónicos se dividen en tres categorías:

- Efectos en el propio sistema de potencia
 - Efectos de la resonancia

Existe una frecuencia a la cual la reactancia inductiva X_L es igual a la reactancia capacitiva X_C de tal manera que la impedancia equivalente es muy grande. Esta frecuencia se llama frecuencia de resonancia y el circuito es referido como un circuito tanque. El efecto de la resonancia es que se amplifica la corriente armónica del circuito tanque. Esta corriente puede estar entre veinte y cincuenta veces la magnitud de la corriente armónica que originalmente excita al circuito tanque. El voltaje distorsionado podría causar el flujo de corrientes distorsionadas en los circuitos adyacente y afectar a cargas remotas.

- Efecto en los conductores neutros

En un sistema de cuatro conductores con cargas no lineales, las armónicas triples (múltiplos impares de los terceros armónicos: 3°, 9°, 15°, entre otros.) no se anula entre sí, se suman en el conductor neutro. Se sabe que en sistemas con muchas cargas monofásicas no lineales, la corriente del neutro puede llegar a superar el valor de las corrientes de fase y el peligro es un excesivo calentamiento ya que no existe un interruptor automático que limite la corriente como en los conductores de fase. Una corriente excesiva en el conductor neutro puede provocar caídas de tensión superiores a lo normal entre el conductor neutro y tierra en la toma de corriente a 230 V.

- Efectos en bancos de capacitores

La distorsión armónica del voltaje puede causar la destrucción del aislamiento del equipo, ya que el voltaje pico podría llegar a ser bastante alto para causar una descarga parcial o corona dentro del dieléctrico del capacitor. Esto podría eventualmente resultar en un corto circuito en las bobinas y falla del banco de capacitores.

- Efectos en los medidores

Los dispositivos de instrumentación y medición análogos podrían ser afectados por las armónicas causando errores en las lecturas. Esto porque las corrientes en fase con el voltaje demandados por la carga fluyen a través de las bobinas de los medidores. Si los instrumentos son afectados por las frecuencias, a frecuencias más altas como ocurre con los armónicos estos se verán afectados. Estudios recientes muestran que el efecto de las corrientes armónicas en medidores y otros instrumentos muestran que un factor de distorsión de por lo menos el 20 % es suficiente para tener un error significativo.

- Efectos en relevadores

Los relevadores de corriente se diseñan para operar cuando ocurren fallas, condiciones anormales, cuando las magnitudes de corrientes son varias veces la corriente nominal. Normalmente la distorsión de corriente y voltaje no debería hacer funcionar los relevadores, ya que esto provocaría una mala operación. En ocasiones la distorsión armónica ha generado falsos disparos en los interruptores durante condiciones normales de operación.

El relevador de frecuencia se ve seriamente afectado por los armónicos, estos cuentan el número de cruces por cero en la forma de onda. Para una onda, por ejemplo, de 30 % de distorsión por 5ª armónica hay más de dos cruces por cero en cada ciclo y esto da como resultado un mal cálculo de la frecuencia, produciendo un accionamiento erróneo del relevador.

- Efectos en los transformadores

Las cargas monofásicas no lineales producen corrientes armónicas triples que se suman algebraicamente en el conductor neutro. Cuando esta corriente llega al transformador se refleja en el devanado del primario, si la conexión en delta en el primario como normalmente se configuran para cargas grandes, circula por él con un aumento de temperatura. Normalmente los transformadores sólo están diseñados para una carga de corriente de fase de 60 Hz. Al ser las armónicas de frecuencias más altas provocan un mayor calentamiento. Para ello se han diseñado transformadores capaces de alimentar cargas no lineales, con aislamientos sobredimensionados y otros diseños de conexión.

- Efectos en los generadores de emergencia

Estos generadores están sujetos al mismo tipo de problemas de sobrecalentamiento que los transformadores, pero como se utilizan como fuente de alimentación para cargas productoras de armónicas, a menudo son más vulnerables. Además de sobrecalentamiento algunos tipos de armónicas provocan distorsión en los cruces por cero de la onda de corriente, lo que origina perturbación e inestabilidad de los circuitos de control del generador.

- Efectos en las cargas de los usuarios

En las industrias y comercios ocurren los mismos efectos que en el sistema de potencia están conformados por grandes máquinas rotatorias, transformadores, bancos de capacitores, equipo de protección, control y medición. Por lo tanto, todos los efectos en equipos analizados hasta ahora se aplican en estos sistemas industriales y comerciales.

- Efectos en los circuitos de comunicaciones

Se han registrado casos donde la energización de un rectificador de gran capacidad, ha interrumpido la conversación telefónica en una gran área. Esto sucede porque la corriente armónica generada induce un campo magnético que se enlaza con el circuito telefónico. El voltaje inducido fue bastante alto para crear un severo ruido en los circuitos telefónicos. Hoy en día esta interferencia todavía existe, pero es menor el problema porque la mayoría de circuitos telefónicos son cables trenzados con pantalla. Suele ocurrir con las señales de cable y por ello también estos se diseñan con pantallas que los aíslan del ruido de otros campos.

6.3.1. Factor de distorsión

El factor de distorsión es una medida del alejamiento de la forma de onda de una función periódica cualquiera con respecto a una forma de onda senoidal pura. El factor de distorsión se representa en forma de porcentaje según la siguiente expresión.

$$DF(\%) = \frac{\sqrt{\text{Suma de cuadrados de todas las amplitudes armónicas}}}{\text{Amplitud de la fundamental}} * 100$$

El factor de distorsión se utiliza como factor de distorsión de tensión (FDV O THD_V), de corriente (FDI O THD_I). Los factores totales de distorsión armónica

pueden especificarse para una gama de armónicos. La distorsión armónica total (TDH) es el factor de distorsión que incluye a todos los armónicos relevantes.

6.3.2. Factor de distorsión de tensión

El factor de distorsión total de voltaje THD_V es igual al valor eficaz de la forma de onda de voltaje, excluyendo la componente fundamental y la componente de corriente continua. Se define por la siguiente ecuación:

$$THD_V = \frac{1}{V_1} \left[\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2 \right]^{1/2}$$

El factor de distorsión armónica individual de tensión se define como la relación entre el valor eficaz de una armónica específica y el valor eficaz de la componente fundamental. Indica qué tan grande o tan pequeña es una armónica respecto a la componente fundamental.

6.3.3. Factor de distorsión de corriente

El factor de distorsión de corriente THD_I es igual al valor eficaz de la forma de onda de corriente, excluyendo a la componente fundamental y la componente de corriente continua.

$$THD_I = \frac{1}{I_1} \left[\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2 \right]^{1/2}$$

El factor de distorsión armónica individual de corriente se define como la relación del valor eficaz de una armónica específica y el valor eficaz de la

componente fundamental. Indica que tan grande o pequeña es una armónica respecto a la fundamental.

6.4. Métodos de control de armónicos

Existen métodos que minimizan la distorsión armónica y sus efectos, hay que considerar que estas eliminan en forma parcial, y no representan una solución definitiva al problema, algunos de estos métodos son los siguientes:

- Sobredimensionamiento del neutro del sistema

Esta es una manera de lidiar con el problema de sobrecalentamiento y las corrientes armónicas que lo provocan. Es un método ampliamente usado, aunque no elimina las corrientes solo sirve para enmascarar y evitar sus consecuencias.

- Transformadores conectados en forma especial

Esta solución inhibe la propagación de armónicos de corriente de tercer orden. Es una solución centralizada para un conjunto de cargas monofásicas. Tiene la desventaja que no produce efectos sobre armónicos de otro orden que no sean múltiplos de tres. Hay que considerar, que esta solución limita la disponibilidad de la fuente e incrementa la impedancia de la línea. La consecuencia es un incremento en la distorsión de las armónicas de voltaje de otro orden.

- Uso de filtros

Una más de las opciones es la utilización de filtros, el objetivo de estos es presentar un camino de menor impedancia que la red para la frecuencia de la

armónica que se desea eliminar. Existe una gran variedad de configuraciones de filtros pasivos utilizados para limitar la distorsión armónica. Las configuraciones más comunes son el filtro sintonizado simple, el filtro pasa altos de 2° orden, y en la actualidad se está utilizando filtros activos.

El filtro sintonizado simple consiste de un banco de condensadores conectados en serie con un inductor. Ambos se sintonizan a la frecuencia que se desea atenuar. Se utilizan para eliminar solamente una armónica determinada.

El pasa alto de 2° orden, presenta una característica amortiguada. La conexión de una resistencia en paralelo con el inductor le da un comportamiento amortiguado para un amplio rango de frecuencias. Estos filtros se usan para eliminar un amplio rango de armónicas.

Existe en la actualidad la compensación de armónicas, ello se consigue por medio de los filtros activos de potencia. Estos filtros están conformados por convertidores estáticos PWM (*pulse width modulated*) estos a diferencia de los filtros pasivos son capaces de censar la información de corrientes y voltajes armónicos presente en los alimentadores para inyectarle corrientes armónicas con un desfase de 180°, es decir, corriente armónica inversa, lo que compensa a las formas de onda de voltaje y corriente de las redes.

- Consideraciones particulares

El aumento de equipos electrónicos monofásicos es de considerar, ya que estos dispositivos generalmente exhiben las siguientes corrientes armónicas en la forma de onda de corriente: 3, 5, 7, 9, 11, 13, entre otras. (incluye todas las armónicas impares). En estos tipos de instalaciones deben tomarse en cuenta los siguientes puntos:

- Aún en condiciones de carga balanceada las armónicas múltiplos de tres se sumarán en el conductor neutro. La tercera armónica es generalmente mucho mayor que es el resto y es habitualmente más significativa.
- La conexión delta-estrella aterrizada bloquea la mayoría de las corrientes de tercera armónica y sus múltiplos, y evita que fluyan hacia el sistema de alta tensión. Por lo tanto, esta conexión es preferida en estas aplicaciones.
- Debido a que las corrientes de neutro serán altas en estas aplicaciones, se consideran dimensiones del doble de los conductores de fase o utilizar neutros separados por fase.
- Se considerarán transformadores para altas corrientes armónicas. Estas son las aplicaciones para transformadores clasificados con factor K.
- Se recomiendan interruptores de operación con rms real.
- Se puede considerar colocar filtros a las cargas para reducir armónicas. Esto influye en la clasificación de factor K y el tamaño del neutro.

En instalaciones comerciales e industriales grandes, las cargas instaladas son regularmente trifásicas, en su mayoría son impulsores de corriente alterna y directa, dispositivos rectificadores y circuitos de calentamiento controlados automáticamente. Las armónicas de corriente que son características de las

cargas trifásicas más continuas son las armónicas impares, excepto para múltiplos de tres (5, 7, 11, 13, etc.) Para estas aplicaciones se considera:

- No existe el problema de la corriente en neutro de tercera armónica, por lo tanto, no se considera.
- Si los KVA de armónicos que producen carga es menor al 30 % de los KVA de capacidad del transformador, la distorsión de tensión típicamente será menor de 5 % en el secundario del transformador, cuando no existen capacitores en paralelo en el sistema.

Para situaciones donde se debe corregir el factor de potencia en instalaciones de baja tensión, utilizando capacitores para la corrección se deben considerar los siguientes lineamientos (como se describe en Soto Francisco, 2004):

- Si los KVA de armónicos que producen carga son menores al 10 % de los KVA de capacidad del transformador, pueden aplicarse los capacitores sin preocuparse por distorsión excesiva.
- Si los KVA de armónicas que producen carga son menores al 30 % de los KVA de capacidad del transformador y la capacidad en KVA_r del capacitor es menos del 20 % de los KVA de capacidad del transformador, pueden aplicarse los capacitores si preocuparse por distorsión excesiva.
- Si los KVA de armónicos que producen carga exceden del 30% de los KVA de capacidad del transformador, los capacitores deben emplearse como filtros.

6.5. Normas aplicadas en Guatemala

En Guatemala la Comisión Nacional de Energía Eléctrica -CNEE-, en sus Normas Técnicas del Servicio de Distribución -NTSD-, establece en el título IV calidad del producto suministrado por el distribuidor, capítulo IV distorsión armónica de la tensión generada por el distribuidor, de la siguiente forma en los artículos 31 al 35, basados en la norma IEC 1000-4-7.

6.5.1. Distorsión armónica de la tensión generada por el distribuidor

Artículo 31. Índice de calidad de la distorsión armónica de la tensión

El índice está dado por la distorsión armónica de la tensión, expresado como un porcentaje, y se calcula utilizando las fórmulas indicadas a continuación:

$$DATT (\%) = \left(\sqrt{\sum \frac{Vi^2}{V1^2}} \right) * 100$$
$$DAIT (\%) = \left(\frac{Vi}{V1} \right)$$

En donde:

DATT= distorsión armónica total de la tensión.

DAIT= distorsión armónica individual de tensión.

Vi= componente de tensión de la armónica de orden *i*

V1= componente de tensión de la frecuencia fundamental (60 Hz).

Artículo 32.

Tabla LX. Tolerancias para la distorsión armónica de tensión

ORDEN DE LA ARMÓNICA (n)	DISTORSIÓN ARMÓNICA INDIVIDUAL DE TENSIÓN, DAIT [%]	
	BAJA Y MEDIA TENSIÓN V≤60kV	ALTA TENSIÓN 60 Kv<V≤230 Kv
IMPARES NO MULTIPLOS DE 3		
5	6,0	2,0
7	5,0	2,0
11	3,5	1,5
13	3,0	1,5
17	2,0	1,0
19	1,5	1,0
23	1,5	0,7
25	1,5	0,7
>25	$0,2 + 1,3*25/n$	$0,1 + 0,6*25/n$
PARES		
2	2,0	2,0
4	1,0	1,0
6	0,5	0,5
8	0,5	0,4
10	0,5	0,4
12	0,2	0,2
>12	0,2	0,2
DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE TENSIÓN, DATT, EN %	8	3

Fuente: CNEE, Normas técnicas del servicio de distribución -NTSD-, Guatemala C.A., título IV calidad del producto suministrado por el distribuidor, capítulo IV distorsión armónica de la tensión generada por el distribuidor, artículo 32. p. 21/114

Se 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.

Una medición de distorsión armónica de tensión es considerada fuera de las tolerancias establecidas, si se excede el valor de la distorsión armónica individual o el valor de la distorsión armónica total. Para propósitos de evaluación de estas normas se considerará, inclusive, hasta la armónica de orden 40.

Artículo 33. Control para la distorsión armónica de la tensión

El control se realiza a través de cuatro mediciones mensuales, realizadas en los bornes de baja tensión de los transformadores media/baja tensión. Los puntos deberán ser propuestos a la comisión, tres meses antes de realizarse la medición, y la comisión podrá modificar los puntos si lo considera conveniente. De acuerdo con la Norma IEC 1000-4-7, deberán ser tomadas mediciones de la distorsión armónica total de tensión y de la distorsión armónica individual de tensión.

La medición de armónicas comenzará a partir del inicio de la etapa de transición. De los resultados obtenidos durante los dos primeros años de medición, se determinará si es necesario alguna modificación para evaluar la distorsión armónica en la tensión.

Artículo 34. Indemnización por distorsión armónica de la tensión

Los distribuidores deberán indemnizar a sus usuarios por aquellos servicios en los que se compruebe que las condiciones de distorsión armónica han excedido las tolerancias establecidas en el artículo 32 de estas normas y se mantendrá hasta que se compruebe, en forma fehaciente, que el problema ha sido resuelto.

La indemnización está basada en función de las desviaciones por encima de las tolerancias establecidas para los índices o indicadores DAIT y DATT, y la energía suministrada en esas condiciones.

Se define como (DPAk) a la distorsión armónica encontrada en cada intervalo de medición k, por encima de las tolerancias establecidas, según la siguiente expresión.

$$PAk = \text{Max} \left[0, \frac{D_{ATT(k)} - D_{ATT}}{D_{ATT}} \right] + \frac{1}{3} \sum_2^{40} \text{Max} \left[\frac{D_{AITi(k)} - D_{AITi}}{D_{AITi}} \right]$$

Donde:

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

$D_{ATT(k)}$ = es la distorsión armónica total de tensión, registrada en el intervalo de medición k.

D_{ATT} = es la tolerancia para la distorsión armónica total de tensión, establecida en el artículo 32 de estas normas.

$D_{AITi(k)}$ = es la distorsión armónica individual de tensión i, registrada en el intervalo de medición k.

D_{AITi} = es la tolerancia para la distorsión armónica individual de tensión i establecida en el artículo 32 de estas normas.

En cada intervalo de medición (k) registrado con energía suministrada en malas condiciones de calidad (intervalos con DPA mayor que cero), se utilizará el siguiente criterio para la valorización de la energía suministrada en condiciones inadecuadas (Q/kWh) para el cálculo de la Indemnización:

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

La indemnización se determina como:

$$Indemnización (Q) = \sum_{k:DPA_k \leq 1} CENS * (DPA_k)^2 * E(k) + \sum_{k:DPA_k > 1} CENS * E(k)$$

Donde:

$E(k)$ = energía registrada en cada intervalo de medición k.

Artículo 35. Elegibilidad para la indemnización por distorsión armónica en la tensión

Solamente los usuarios afectados conectados al punto de medición donde se excedan las tolerancias por distorsión armónica serán indemnizados, a excepción de aquellos que sean los que están generando los armónicos del problema y que superen las tolerancias establecidas en estas normas.

6.5.2. Distorsión armónica de la corriente generada por el usuario

En Guatemala la Comisión Nacional de Energía Eléctrica – CNEE-, en sus Normas Técnicas del Servicio de Distribución -NTSD-, establece en el título V incidencia del usuario en la calidad del producto, capítulo I distorsión armónica de la corriente generada por el usuario, de la siguiente forma en los artículos 31 al 35, basándose parcialmente en la Norma IEC 1000-4-7.

Artículo 41. Índice de calidad de la distorsión armónica de la corriente de carga. El índice está dado por la distorsión armónica de la corriente de carga medida en el punto de conexión.

Para tensiones mayores de 1 kV y potencias de carga mayores de 10 kW, se utiliza:

$$DATI = \left(\sqrt{\sum \frac{I_i^2}{I_1}} \right) * 100$$

Donde:

DATI = distorsión armónica total de corriente

DAII = distorsión armónica individual de corriente

I_i = componente de la intensidad de corriente de la armónica de orden *i*.

I₁ = intensidad de corriente de la frecuencia fundamental (60 Hz).

Para tensiones menores de 1 kV y potencias de carga menores de 10 Kw, se utiliza:

$$\Delta I_i = (I_i \text{ carga} - I_i \text{ límite})$$

Donde:

I_i límite = límite de tolerancia establecida para la intensidad armónica.

Artículo 42. Tolerancias para la distorsión armónica de la corriente de carga. 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 en la tabla siguiente se establecen las tolerancias de corrientes armónicas individuales para distintos niveles de tensión, potencia máxima demandada y orden de armónica.

Tabla LXI. Tolerancias para la distorsión armónica de la corriente

ORDEN DE LA ARMÓNICA (N)	P ≤ 10 kW V ≤ 1 kV	P > 10 kW 1Kv < V ≤ 60 kV	P>50kW V>60kV
	INTESIDAD ARMÓNICA MÁXIMA(AMP)	DISTORSIÓN ARMÓNICA INDIVIDUAL DE CORRIENTE DAII, EN %	
IMPARES NO MULTIPLOS DE 3			
5	2,28	12,0	6,0
7	1,54	8,5	5,1
11	0,66	4,3	2,9
13	0,42	3,0	2,2
17	0,26	2,7	1,8
19	0,24	1,9	1,7
23	0,2	1,6	1,1
25	0,18	1,6	1,1
>25	4,5/n	0,2 + 0,8*25/n	0,4
IMPARES MULTIPLOS DE 3			
3	4,60	16,6	7,5
9	0,80	2,2	2,2
15	0,30	0,6	0,8
21	0,21	0,4	0,4
>21	4,5/n	0,3	0,4
PARES			
2	2,16	10,0	10,0
4	0,86	2,5	3,8
6	0,60	1,0	1,5
8	0,46	0,8	0,5
10	0,37	0,8	0,5
12	0,31	0,4	0,5
>12	3,68/n	0,3	0,5
DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE CORRIENTE DATI, EN %	--	20	12

Fuente: CNEE, Normas Técnicas del Servicio de Distribución -NTSD-, Guatemala C.A., Título V Incidencia del usuario en la calidad del producto, Capítulo I Distorsión Armónica de la Corriente generada por el usuario, artículo 42. p. 25/114

Se considerará que la energía eléctrica es de mala calidad en un lapso de tiempo mayor al cinco por ciento, del empleado en las mediciones en el período de medición, dichas mediciones muestran que la distorsión armónica de la corriente de carga ha excedido el rango de tolerancias establecidas.

Artículo 43. Control para la distorsión armónica de la corriente de carga

El control de la generación de armónicas por los usuarios será responsabilidad de los distribuidores, así como también el desarrollo de las acciones necesarias para que se dé solución al problema, realizando mediciones en los puntos que considere necesarios.

Las mediciones deberán ser realizadas de acuerdo con la Norma IEC 1000-4-7 registrando la distorsión armónica total de corriente de carga conjuntamente con la distorsión armónica individual de corriente de carga, así como de la corriente de carga. En aquellos casos donde se decida realizar mediciones sin carga o carga mínima, para referencia, deberán ser tomadas por cinco horas.

La medición de la distorsión armónica comenzará a partir del inicio de la etapa de transición. De los resultados obtenidos durante los dos primeros años de medición, se determinará si es necesario alguna modificación para medir la distorsión armónica en al corriente. Podrán utilizarse los mismos puntos donde se mida la distorsión armónica de tensión.

Artículo 44. Indemnización por distorsión armónica de la corriente de carga

En los casos en que los distribuidores verifiquen que alguno de sus usuarios ha excedido las tolerancias establecidas en el artículo 42 de estas normas para la distorsión armónica de la corriente de carga, el usuario deberá pagar al

distribuidor una indemnización determinada en función a la distorsión penalizable individual de armónicas.

Se define como distorsión penalizable individual de armónicas (DPIAK) a la distorsión armónica de la corriente de carga, registrada en cada intervalo de medición k, que supere las tolerancias establecidas, según la siguiente expresión:

$$DPIAk = \text{Max} \left[0, \frac{D_{ATI(k)} - D_{ATI}}{D_{ATI}} \right] + \frac{1}{3} \sum_2^{40} \text{Max} \left[0, \frac{D_{AII_i(k)} - D_{AII_i}}{D_{AII_i}} \right]$$

Donde:

$DPIAk$ = es la distorsión penalizable individual de armónicas para cada intervalo de medición k.

$D_{ATI(k)}$ = es la distorsión armónica total de la corriente de carga, registrada en el intervalo de medición k, referida a la potencia contratada por el usuario.

D_{ATI} = es la tolerancia para la distorsión armónica total de la corriente de carga.

$D_{AII_i(k)}$ = es la distorsión armónica individual de corriente de carga i, registrada en el intervalo de medición k, que inyecta el usuario en la red. Las corrientes y las distorsiones medidas deben ser expresados en valores absolutos de corrientes o en valores porcentuales con respecto a la intensidad de carga correspondiente con la potencia contratada por el usuario, según corresponda.

D_{AII_i} = es la tolerancia para distorsión armónica individual de la corriente de carga i.

En el caso anterior, en cada intervalo (k) en donde se verifique un valor de DPIA mayor que cero, se utilizará el siguiente criterio para la valorización de la energía consumida en condiciones inadecuadas (Q/kWh) para el cálculo de la Indemnización:

$$\begin{array}{lll}
 0 < \text{DPIA}_k \leq 1 & \text{CENS} & \text{Q/kWh} \\
 & * (\text{DPIA}_k)^2 & \\
 1 < \text{DPIA}_k & \text{CENS} & \text{Q/kWh}
 \end{array}$$

La indemnización se determina como:

$$\text{Indemnización (Q)} = \sum_{k:\text{DPIA}_k \leq 1} \text{CENS} * (\text{DPIA}_k)^2 * E(k) + \sum_{k:\text{DPIA}_k > 1} \text{CENS} * E(k)$$

Es así como se norma en el país la distorsión armónica producida por la empresa distribuidora o por el usuario.

CONCLUSIONES

1. La calidad de servicio de la empresa distribuidora (en este caso EGSSA) cumple con los requerimientos establecidos por la Norma EN 50160.
2. La implementación de cambio de tecnología en iluminación es una inversión rentable económicamente, se calculó un ahorro anual de Q 46 117,16 con este valor se tendría un periodo de recuperación de la inversión de 3,37 años, para una vida útil del equipo de 7 años.
3. Los pliegos tarifarios de cobro cumplen con los requisitos establecidos por la CNEE, la cual establece que el pliego tarifario con menor costo es el que se le aplicará al usuario.
4. Las actuales instalaciones en el edificio T-12 se encuentran en muy buenas condiciones a pesar del tiempo de uso.
5. A la fecha de este estudio en Guatemala los distribuidores de tecnologías led no suministran información sobre el efecto THD que generan. Y según algunos estudios sobre las tecnologías led: mayor costo no implica menor THD.

RECOMENDACIONES

1. Dar prioridad a la calidad de la iluminación al adquirir el equipo a instalar, es decir, adquirir luminarias con potencia suficiente para que los lúmenes que emitan cumplan las normas en cada espacio. Y para mejorar la calidad lumínica de los laboratorios, áreas docentes y oficinas se debe implementar programas anuales de limpieza de lámparas y luminarias.
2. Realizar un análisis de distorsión armónica posterior al cambio a tecnología led y la utilización de filtros a costa del incremento de distorsión armónica, para el equipo sensible y de cómputo.
3. Etiquetar los circuitos en cada tablero de distribución con el fin de brindar soluciones prontas, al realizar mantenimientos correctivos, sin afectar a otros usuarios en las instalaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALMEDA ORTIZ, José Rodrigo. *Métodos para reducir gastos de energía y potencia eléctrica*. Trabajo de graduación de Ing. Eléctrica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 94 p.
2. BAYRON NEFTALÍ, Soto Bautista. *Estudio general de las instalaciones y calidad de energía eléctrica del edificio S-10 del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Eléctrica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 133 p.
3. BOYLESTAD, Robert L. *Introducción al análisis de circuitos*. Pearson Prentice Hall. México: 2004. 1228 p.
4. CASTANEDA, Blanca. CRUZ, Yancy. MENDEZ, Edgardo. *Evaluación de las normas de calidad del servicio en los sistemas de distribución de SIGET*. Trabajo de graduación de Ingeniero Electricista. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de el Salvador. Enero de 2008. 113 p.
5. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Normas técnicas del servicio de distribución, NTSD*. Guatemala: CNEE, 2003. 114 p.
6. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Ante proyecto ley de eficiencia energética, borrador*. Guatemala: CNEE, 2013. 21 p.

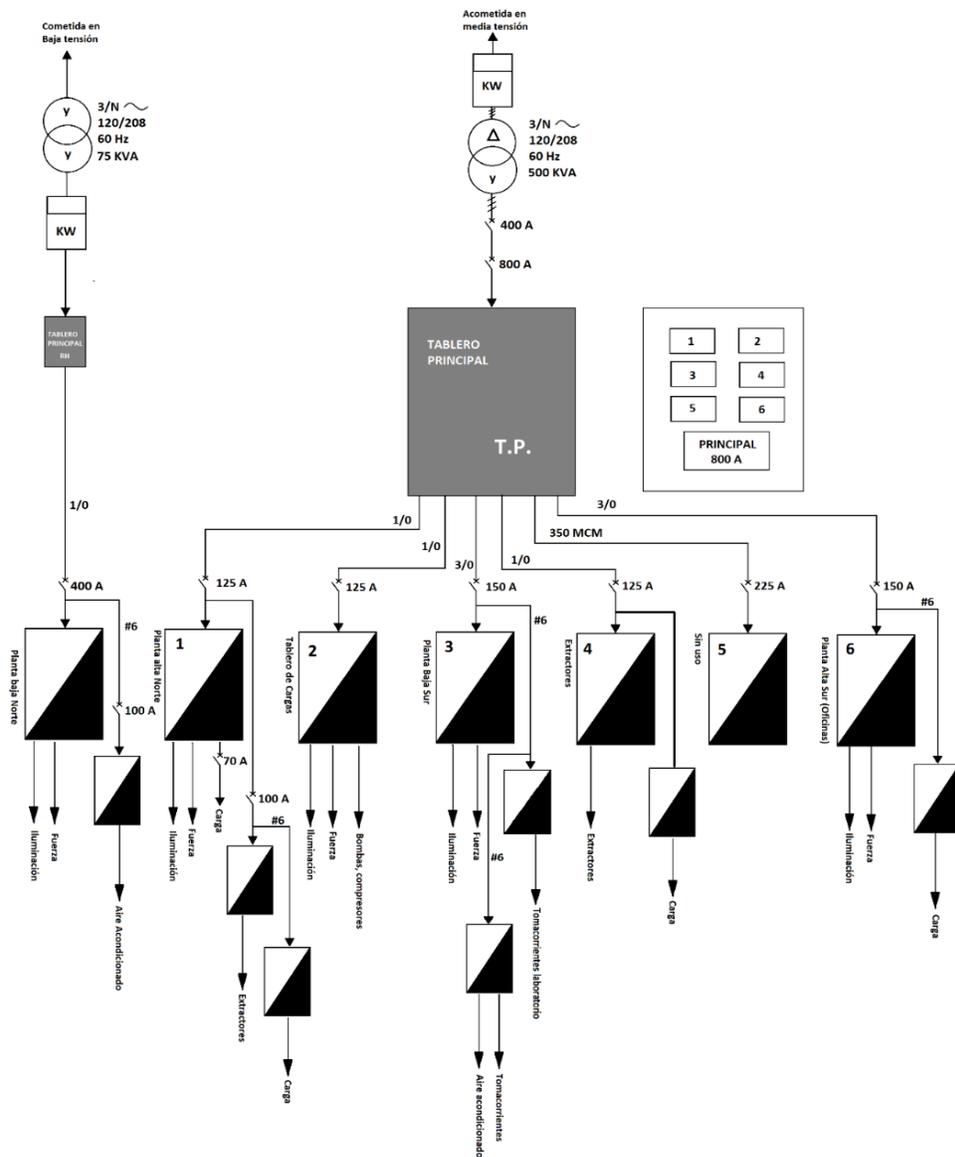
7. GONZÁLEZ LÓPEZ, Francisco Javier. Centrales Eléctricas. Guatemala. 2006. 96 p.
8. MARROQUIN JUÁREZ, Josué René. *Procedimiento para el estudio de la calidad de la potencia eléctrica en el sector textil de Guatemala para reducción de costos de operación y mantenimiento en esta industria*. Trabajo de graduación de Ing. Eléctrica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012. 110 p.
9. MELÉNDEZ, Joaquín, HERRARIZ, Sergio. COLOMER, Joan. *Calidad de onda en el servicio eléctrico (Causas y efectos de las perturbaciones)*. Instituto de informática, Universidad de Girona. SOLUCIONES/no.360, marzo 2005. 7 p. [en línea]: <https://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/2144/Calidad_onda_servicio.pdf?sequence=1>. [Consulta: 17 de julio 2017].
10. SAGASTUME GEMMELL, Marco Antonio, Síntesis Histórica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 2013. 55 p.
11. SÁNCHEZ CALVO, Víctor. RIVERA CHAMORRO, Bernardo. *Calidad de Suministro Eléctrico*. Megacal instruments ibérica. Alcobendas, Madrid, España. 50 p. [en línea]: <<https://docplayer.es/14563643-Calidad-de-suministro-electrico.html>>. [consulta: 23 de julio del 2017]>.
12. SOTO SALGUERO, Francisco Javier. *Análisis de los aspectos e índices de la distorsión armónica considerados en las normas técnicas del servicio de distribución de energía eléctrica de Guatemala*. Trabajo

de graduación de Ing. Eléctrica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 117 p.

13. Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección de asuntos jurídicos. *Leyes y reglamentos de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. Editorial Universitaria, Colección documentos / Leyes. Guatemala. 2009. 252 p.
14. Universidad del Atlántico y Universidad Autónoma de Occidente, *Calidad de la energía eléctrica*, COLCIENCIAS Y UPME. Colombia. 22 p. [en línea]: <<http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Docs/calidad.pdf>, [consulta: julio del 2017]>. [Consulta: 17 de julio 2016].

APÉNDICE

Apéndice 1. Diagrama unifilar edificio T-12



Fuente: elaboración propia, empleando power point.

Apéndice 2. Datos obtenidos de medición del edificio T-12

Fecha	Hora	Tensión L1N Med	Tensión L2N Med	Tensión L3N Med	Tensión NG Med	Energía Aparente L1N Med	Energía Aparente L2N Med	Energía Aparente L3N Med	Energía Aparente Total Med
23/07/2017	05:52.0	119.82	121.56	121.54	0.02	1000	1000	1000	2000
23/07/2017	15:52.0	120.2	121.75	121.92	0.02	2000	2000	2000	5000
23/07/2017	25:52.0	120.5	122.21	122.3	0.02	4000	3000	3000	9000
23/07/2017	35:52.0	120.82	122.79	123.04	0.02	5000	4000	3000	12000
23/07/2017	45:52.0	121.56	123.4	123.37	0.02	7000	5000	4000	16000
23/07/2017	55:52.0	120.96	122.69	122.52	0.02	8000	5000	5000	19000
23/07/2017	05:52.0	120.79	122.39	122.56	0.02	10000	6000	6000	23000
23/07/2017	15:52.0	120.27	122.07	122.51	0.02	11000	7000	7000	26000
23/07/2017	25:52.0	119.81	121.65	122.19	0.02	13000	9000	8000	30000
23/07/2017	35:52.0	119.83	121.76	121.84	0.02	15000	10000	9000	34000
23/07/2017	45:52.0	119.57	121.54	121.5	0.02	17000	11000	11000	39000
23/07/2017	55:52.0	120.37	122.46	122.36	0.02	19000	12000	12000	43000
23/07/2017	05:52.0	120.73	122.89	122.38	0.02	21000	14000	13000	48000
23/07/2017	15:52.0	121.08	123.37	122.72	0.02	23000	15000	15000	53000
23/07/2017	25:52.0	121.66	123.94	123.22	0.02	25000	16000	16000	58000
23/07/2017	35:52.0	121.53	123.87	123.15	0.02	27000	17000	18000	62000
23/07/2017	45:52.0	121.39	123.82	122.97	0.02	29000	18000	19000	67000
23/07/2017	55:52.0	121.6	123.75	122.86	0.02	32000	19000	21000	71000
23/07/2017	05:52.0	121.52	124.04	123.11	0.02	34000	20000	22000	76000
23/07/2017	15:52.0	121.94	123.95	122.89	0.02	36000	22000	24000	82000
23/07/2017	25:52.0	122.33	124.34	123.05	0.02	38000	23000	26000	87000
23/07/2017	35:52.0	122.11	124.32	123.17	0.02	40000	24000	28000	91000
23/07/2017	45:52.0	122.04	124.29	123.4	0.02	41000	25000	29000	95000
23/07/2017	55:52.0	121.83	124.3	123.12	0.02	43000	26000	30000	99000
23/07/2017	05:52.0	121.74	124.35	122.98	0.02	45000	27000	32000	104000
23/07/2017	15:52.0	121.17	123.91	122.64	0.02	47000	28000	33000	109000
23/07/2017	25:52.0	120.88	123.59	122.37	0.02	49000	29000	35000	113000
23/07/2017	35:52.0	121.29	123.8	122.2	0.02	51000	30000	37000	118000
23/07/2017	45:52.0	121.37	124.01	122.28	0.02	54000	32000	38000	123000
23/07/2017	55:52.0	121.21	123.79	121.9	0.02	56000	33000	40000	128000
23/07/2017	05:52.0	120.98	123.35	121.99	0.02	58000	34000	42000	134000
23/07/2017	15:52.0	121.23	123.27	122.17	0.02	60000	35000	44000	139000
23/07/2017	25:52.0	120.74	122.56	121.38	0.02	63000	37000	46000	145000
23/07/2017	35:52.0	120.91	122.89	121.55	0.02	65000	38000	48000	151000
23/07/2017	45:52.0	121.13	123.18	122.19	0.02	67000	40000	49000	156000
23/07/2017	55:52.0	121.23	123.25	122.46	0.02	69000	41000	51000	162000
23/07/2017	05:52.0	121.57	123.42	122.98	0.02	72000	43000	53000	168000
23/07/2017	15:52.0	122.17	123.72	123.28	0.02	74000	44000	55000	173000
23/07/2017	25:52.0	121.89	123.48	122.71	0.02	76000	46000	57000	179000
23/07/2017	35:52.0	122.32	123.75	122.83	0.02	78000	48000	59000	185000
23/07/2017	45:52.0	122.19	123.71	123.12	0.02	81000	49000	61000	191000
23/07/2017	55:52.0	122.61	124.02	123.23	0.02	83000	51000	63000	196000
23/07/2017	05:52.0	122.35	123.76	122.59	0.02	85000	52000	65000	202000
23/07/2017	15:52.0	122.14	123.17	122.09	0.02	87000	53000	67000	208000
23/07/2017	25:52.0	122.37	123.68	122.22	0.02	89000	55000	69000	213000
23/07/2017	35:52.0	123.03	123.91	122.64	0.02	91000	56000	71000	218000
23/07/2017	45:52.0	123.17	124.2	123.07	0.02	92000	57000	73000	223000

Continuación del apéndice 2.

23/07/2017	55:52.0	123.38	124.63	123.07	0.02	94000	59000	75000	228000
23/07/2017	05:52.0	123.18	124.28	122.89	0.02	95000	59000	77000	232000
23/07/2017	15:52.0	122.12	123.32	121.82	0.02	97000	60000	79000	236000
23/07/2017	25:52.0	121.35	122	120.9	0.02	98000	61000	80000	240000
23/07/2017	35:52.0	121.45	121.96	120.76	0.02	100000	62000	82000	244000
23/07/2017	45:52.0	121.61	122.53	121.14	0.02	101000	63000	84000	247000
23/07/2017	55:52.0	121.75	122.64	121.53	0.02	102000	63000	85000	251000
23/07/2017	05:52.0	121.96	122.92	121.57	0.02	103000	64000	87000	254000
23/07/2017	15:52.0	121.46	122.36	120.95	0.02	104000	64000	88000	257000
23/07/2017	25:52.0	121.68	122.47	121.27	0.02	105000	65000	90000	259000
23/07/2017	35:52.0	121.54	122.54	121.5	0.02	106000	65000	91000	262000
23/07/2017	45:52.0	121.94	122.75	121.64	0.02	106000	66000	92000	264000
23/07/2017	55:52.0	122.1	123.04	121.79	0.02	107000	66000	93000	267000
23/07/2017	05:52.0	122.19	123.28	121.96	0.02	108000	67000	94000	269000
23/07/2017	15:52.0	122.46	123.47	122.28	0.02	109000	67000	96000	272000
23/07/2017	25:52.0	122.52	123.45	122.25	0.02	110000	68000	97000	274000
23/07/2017	35:52.0	122.29	123.23	122.19	0.02	110000	68000	98000	276000
23/07/2017	45:52.0	122.61	123.64	122.51	0.02	111000	68000	99000	279000
23/07/2017	55:52.0	122.91	123.85	123	0.02	112000	69000	100000	281000
23/07/2017	05:52.0	123.33	124.25	123.26	0.02	113000	69000	101000	283000
23/07/2017	15:52.0	123.83	124.55	123.49	0.02	114000	70000	102000	286000
23/07/2017	25:52.0	124.35	124.97	123.77	0.02	114000	70000	104000	288000
23/07/2017	35:52.0	124.37	125.16	124.55	0.02	115000	71000	105000	290000
23/07/2017	45:52.0	124.01	124.82	124.82	0.02	115000	71000	105000	292000
23/07/2017	55:52.0	123.7	124.54	124.34	0.02	116000	71000	106000	293000
23/07/2017	05:52.0	123.57	124.48	124.19	0.02	117000	72000	106000	295000
23/07/2017	15:52.0	123.47	124.15	123.93	0.02	117000	72000	107000	297000
23/07/2017	25:52.0	123.87	124.59	124.15	0.02	118000	73000	108000	299000
23/07/2017	35:52.0	123.85	124.62	123.98	0.02	119000	73000	109000	301000
23/07/2017	45:52.0	123.99	124.76	124.26	0.02	119000	74000	109000	302000
23/07/2017	55:52.0	124.2	125.18	124.96	0.02	120000	74000	110000	304000
23/07/2017	05:52.0	124.13	124.94	124.86	0.02	121000	74000	111000	306000
23/07/2017	15:52.0	124.33	125	124.92	0.02	121000	75000	111000	307000
23/07/2017	25:52.0	124.14	124.47	124.63	0.02	122000	75000	112000	309000
23/07/2017	35:52.0	124.24	124.69	124.58	0.02	123000	76000	112000	311000
23/07/2017	45:52.0	123.58	124.15	124.05	0.02	123000	76000	113000	312000
23/07/2017	55:52.0	123.72	124.39	124.14	0.02	124000	77000	114000	314000
24/07/2017	05:52.0	123.99	124.53	124.29	0.02	125000	77000	114000	316000
24/07/2017	15:52.0	123.98	124.37	124.26	0.02	125000	77000	115000	318000
24/07/2017	25:52.0	124.04	124.45	124.19	0.02	126000	78000	116000	320000
24/07/2017	35:52.0	124.02	124.63	124.45	0.02	127000	78000	116000	321000
24/07/2017	45:52.0	124.14	124.67	124.34	0.02	127000	79000	117000	323000
24/07/2017	55:52.0	124.15	124.83	124.51	0.02	128000	79000	118000	325000
24/07/2017	05:52.0	124.21	124.68	124.58	0.02	129000	79000	119000	327000
24/07/2017	15:52.0	124.4	125.02	124.77	0.02	129000	80000	119000	328000
24/07/2017	25:52.0	124.26	124.77	124.62	0.02	130000	80000	120000	330000
24/07/2017	35:52.0	124.23	124.87	124.68	0.02	131000	81000	120000	332000
24/07/2017	45:52.0	124.06	124.58	124.6	0.02	131000	81000	121000	333000
24/07/2017	55:52.0	124.04	124.53	124.4	0.02	132000	82000	121000	335000
24/07/2017	05:52.0	123.98	124.53	124.13	0.02	133000	82000	122000	337000

Continuación del apéndice 2.

24/07/2017	15:52.0	124.15	124.68	124.23	0.02	133000	82000	123000	339000
24/07/2017	25:52.0	124.31	124.78	124.42	0.02	134000	83000	124000	340000
24/07/2017	35:52.0	124.25	124.83	124.47	0.02	134000	83000	124000	342000
24/07/2017	45:52.0	123.87	124.52	124.34	0.02	135000	84000	125000	344000
24/07/2017	55:52.0	123.93	124.55	124.49	0.02	136000	84000	126000	346000
24/07/2017	05:52.0	124.16	124.75	124.46	0.02	136000	85000	126000	347000
24/07/2017	15:52.0	124.3	124.76	124.35	0.02	137000	85000	127000	349000
24/07/2017	25:52.0	124.25	124.87	124.62	0.02	138000	85000	128000	351000
24/07/2017	35:52.0	124.14	124.76	124.67	0.02	138000	86000	128000	352000
24/07/2017	45:52.0	123.9	124.59	124.49	0.02	139000	86000	129000	354000
24/07/2017	55:52.0	124	124.45	124.45	0.02	140000	87000	129000	356000
24/07/2017	05:52.0	123.96	124.38	124.27	0.02	140000	87000	130000	357000
24/07/2017	15:52.0	123.89	124.42	123.9	0.02	141000	87000	131000	359000
24/07/2017	25:52.0	123.75	124.46	123.87	0.02	142000	88000	132000	361000
24/07/2017	35:52.0	123.57	124.27	123.89	0.02	142000	88000	132000	363000
24/07/2017	45:52.0	123.31	124	123.78	0.02	143000	89000	133000	365000
24/07/2017	55:52.0	123.16	123.67	122.91	0.02	144000	89000	134000	366000
24/07/2017	05:52.0	122.7	123.32	122.52	0.02	144000	89000	135000	368000
24/07/2017	15:52.0	122.06	122.94	122.12	0.02	145000	90000	136000	371000
24/07/2017	25:52.0	122.62	123.01	122.18	0.02	146000	91000	137000	373000
24/07/2017	35:52.0	122.7	123.25	122.32	0.02	146000	91000	138000	375000
24/07/2017	45:52.0	122.64	122.96	122.17	0.02	147000	92000	139000	378000
24/07/2017	55:52.0	122.69	123.12	122.12	0.02	148000	92000	140000	380000
24/07/2017	05:52.0	122.89	123.34	122.28	0.02	149000	92000	141000	382000
24/07/2017	15:52.0	122.28	122.99	122.01	0.02	149000	93000	142000	384000
24/07/2017	25:52.0	122.02	123.08	122.21	0.02	150000	93000	143000	387000
24/07/2017	35:52.0	121.82	122.85	122.27	0.02	151000	94000	144000	388000
24/07/2017	45:52.0	121.9	123.26	122.37	0.02	151000	94000	145000	390000
24/07/2017	55:52.0	121.76	123.24	122.34	0.02	152000	95000	145000	392000
24/07/2017	05:52.0	122.06	123.69	122.78	0.02	153000	95000	146000	394000
24/07/2017	15:52.0	121.45	123.07	122.29	0.02	154000	95000	146000	396000
24/07/2017	25:52.0	121.21	122.85	121.98	0.02	155000	96000	147000	397000
24/07/2017	35:52.0	121.08	122.81	122.01	0.02	156000	96000	147000	399000
24/07/2017	45:52.0	122.81	124.47	123.09	0.02	157000	96000	148000	401000
24/07/2017	55:52.0	122.32	123.96	122.77	0.02	158000	97000	149000	403000
24/07/2017	05:52.0	121.51	123.14	122.01	0.02	159000	97000	150000	406000
24/07/2017	15:52.0	120.48	122.33	121.62	0.02	160000	98000	150000	408000
24/07/2017	25:52.0	121	122.71	122.31	0.02	161000	98000	151000	411000
24/07/2017	35:52.0	121.59	123.39	122.77	0.02	162000	99000	152000	413000
24/07/2017	45:52.0	121.36	123.1	122.42	0.02	163000	100000	153000	415000
24/07/2017	55:52.0	120.68	122.54	121.9	0.02	164000	100000	153000	418000
24/07/2017	05:52.0	120.28	122.36	121.28	0.02	166000	101000	154000	421000
24/07/2017	15:52.0	120.14	122	121.03	0.02	167000	102000	156000	424000
24/07/2017	25:52.0	120.7	122.91	121.91	0.02	168000	103000	157000	428000
24/07/2017	35:52.0	120.46	122.86	122.11	0.02	169000	104000	158000	431000
24/07/2017	45:52.0	120.12	122.53	122.06	0.02	171000	105000	159000	434000
24/07/2017	55:52.0	120.15	122.36	121.54	0.02	172000	105000	160000	437000
24/07/2017	05:52.0	120.25	122.31	121.59	0.02	173000	106000	161000	440000
24/07/2017	15:52.0	120.63	122.81	121.87	0.02	174000	107000	162000	443000
24/07/2017	25:52.0	120.28	122.48	121.38	0.02	176000	107000	163000	446000

Continuación del apéndice 2.

24/07/2017	35:52.0	119.95	121.69	121.15	0.02	177000	108000	164000	449000
24/07/2017	45:52.0	119.95	121.74	121.43	0.02	178000	109000	165000	452000
24/07/2017	55:52.0	120.05	121.69	121.37	0.02	180000	110000	166000	456000
24/07/2017	05:52.0	120.16	121.78	121.28	0.02	182000	112000	167000	460000
24/07/2017	15:52.0	120.44	122.08	121.29	0.02	183000	113000	168000	464000
24/07/2017	25:52.0	119.83	121.45	121.17	0.02	185000	114000	169000	468000
24/07/2017	35:52.0	119.76	121.64	121.05	0.02	187000	115000	170000	471000
24/07/2017	45:52.0	120.21	121.98	121.57	0.02	188000	116000	171000	476000
24/07/2017	55:52.0	120.5	122.49	121.77	0.02	190000	117000	172000	480000
24/07/2017	05:52.0	121.35	123.01	122.47	0.02	192000	119000	174000	484000
24/07/2017	15:52.0	121.96	123.7	123.34	0.02	194000	120000	175000	488000
24/07/2017	25:52.0	121.78	123.46	123.15	0.02	195000	121000	176000	493000
24/07/2017	35:52.0	121.94	123.79	122.97	0.02	197000	122000	178000	497000
24/07/2017	45:52.0	121.68	123.73	122.72	0.02	199000	123000	179000	501000
24/07/2017	55:52.0	120.86	122.81	121.63	0.02	200000	125000	181000	506000
24/07/2017	05:52.0	121.29	123.37	121.38	0.02	202000	126000	182000	510000
24/07/2017	15:52.0	121.42	123.46	121.62	0.02	204000	127000	184000	515000
24/07/2017	25:52.0	121.56	123.72	122.23	0.02	206000	128000	186000	519000
24/07/2017	35:52.0	121.87	123.95	122.98	0.02	207000	128000	187000	523000
24/07/2017	45:52.0	121.89	124.08	123.18	0.02	209000	129000	188000	526000
24/07/2017	55:52.0	121.83	123.89	123.34	0.02	211000	130000	189000	530000
24/07/2017	05:52.0	121.81	123.76	123.34	0.02	212000	131000	190000	534000
24/07/2017	15:52.0	121.36	123.02	122.83	0.02	214000	132000	192000	538000
24/07/2017	25:52.0	121.17	122.49	121.95	0.02	216000	134000	193000	543000
24/07/2017	35:52.0	121.16	122.54	121.88	0.02	219000	135000	195000	549000
24/07/2017	45:52.0	120.82	122.86	122.01	0.02	221000	137000	196000	554000
24/07/2017	55:52.0	120.7	122.66	122.01	0.02	223000	138000	198000	559000
24/07/2017	05:52.0	121.08	122.78	122.14	0.02	225000	140000	199000	565000
24/07/2017	15:52.0	121.05	122.81	122.37	0.02	228000	141000	201000	570000
24/07/2017	25:52.0	121.57	123.22	122.75	0.02	230000	143000	202000	575000
24/07/2017	35:52.0	122	123.87	122.92	0.02	232000	144000	204000	580000
24/07/2017	45:52.0	121.55	124.2	122.49	0.02	234000	146000	206000	586000
24/07/2017	55:52.0	121.5	124.01	122.87	0.02	236000	147000	208000	591000
24/07/2017	05:52.0	121.9	123.92	123.05	0.02	239000	149000	210000	597000
24/07/2017	15:52.0	122.08	124.32	123.1	0.02	241000	150000	211000	601000
24/07/2017	25:52.0	122.14	124.38	123.28	0.02	243000	151000	213000	606000
24/07/2017	35:52.0	121.85	124.01	123.01	0.02	245000	152000	214000	611000
24/07/2017	45:52.0	122.26	124.49	123.62	0.02	247000	153000	216000	615000
24/07/2017	55:52.0	122.48	124.32	123.35	0.02	249000	154000	217000	619000
24/07/2017	05:52.0	122.59	124.58	123.1	0.02	250000	155000	218000	623000
24/07/2017	15:52.0	122.78	124.59	122.36	0.02	252000	156000	220000	628000
24/07/2017	25:52.0	121.93	123.98	122.09	0.02	254000	157000	223000	633000
24/07/2017	35:52.0	122.03	123.85	122.39	0.02	255000	158000	224000	638000
24/07/2017	45:52.0	122.42	124.22	122.98	0.02	257000	159000	226000	642000
24/07/2017	55:52.0	123.05	124.69	123.25	0.02	259000	160000	228000	646000
24/07/2017	05:52.0	122.72	123.98	123.1	0.02	260000	161000	229000	650000
24/07/2017	15:52.0	122.93	124.16	123.28	0.02	262000	161000	230000	653000
24/07/2017	25:52.0	122.59	123.67	122.34	0.02	263000	162000	232000	657000
24/07/2017	35:52.0	121.47	122.3	120.68	0.02	264000	163000	234000	661000
24/07/2017	45:52.0	121.55	122.57	121.05	0.02	265000	164000	236000	665000

Continuación del apéndice 2.

24/07/2017	55:52.0	121.5	122.46	121.06	0.02	267000	165000	237000	669000
24/07/2017	05:52.0	121.72	122.63	121.36	0.02	268000	166000	239000	672000
24/07/2017	15:52.0	122.19	122.81	121.75	0.02	269000	166000	240000	675000
24/07/2017	25:52.0	122.21	122.92	121.98	0.02	269000	167000	242000	678000
24/07/2017	35:52.0	122.24	123.25	122.37	0.02	270000	167000	243000	681000
24/07/2017	45:52.0	122.63	123.64	122.28	0.02	271000	168000	244000	683000
24/07/2017	55:52.0	122.7	123.8	122.45	0.02	272000	168000	245000	686000
24/07/2017	05:52.0	123.1	123.95	122.92	0.02	273000	169000	247000	689000
24/07/2017	15:52.0	123.3	124.25	123.16	0.02	274000	169000	248000	691000
24/07/2017	25:52.0	123.37	124.25	123.54	0.02	275000	170000	249000	693000
24/07/2017	35:52.0	123.59	124.5	123.65	0.02	275000	170000	250000	696000
24/07/2017	45:52.0	123.75	124.84	123.79	0.02	276000	171000	251000	698000
24/07/2017	55:52.0	123.8	124.54	123.69	0.02	277000	172000	252000	701000
24/07/2017	05:52.0	123.52	124.12	123.28	0.02	278000	172000	253000	703000
24/07/2017	15:52.0	123.45	123.93	123.71	0.02	279000	173000	254000	706000
24/07/2017	25:52.0	123.12	123.8	123.9	0.02	279000	173000	255000	707000
24/07/2017	35:52.0	123.21	124.04	124.14	0.02	280000	173000	256000	709000
24/07/2017	45:52.0	123.61	124.27	124.45	0.02	281000	174000	256000	711000
24/07/2017	55:52.0	123.93	124.61	124.65	0.02	281000	175000	257000	713000
24/07/2017	05:52.0	123.48	123.97	124.04	0.02	282000	175000	258000	715000
24/07/2017	15:52.0	123.32	123.87	124.02	0.02	283000	175000	259000	717000
24/07/2017	25:52.0	123.52	124.18	124.13	0.02	283000	176000	259000	718000
24/07/2017	35:52.0	123.6	124.18	124.29	0.02	284000	176000	260000	720000
24/07/2017	45:52.0	123.51	124.12	124.37	0.02	285000	177000	260000	722000
24/07/2017	55:52.0	124.11	124.46	124.68	0.02	285000	177000	261000	723000
24/07/2017	05:52.0	124.46	124.88	124.92	0.02	286000	178000	262000	725000
24/07/2017	15:52.0	123.74	124.52	124.34	0.02	286000	178000	262000	727000
24/07/2017	25:52.0	123.35	124.21	123.96	0.02	287000	179000	263000	729000
24/07/2017	35:52.0	123.71	124.48	123.78	0.02	288000	179000	263000	730000
24/07/2017	45:52.0	123.88	124.71	123.88	0.02	288000	180000	264000	732000
24/07/2017	55:52.0	123.97	124.84	124.14	0.02	289000	180000	265000	734000
25/07/2017	05:52.0	124.24	125.03	124.23	0.02	290000	181000	265000	736000
25/07/2017	15:52.0	124.22	125.06	124.47	0.02	290000	181000	266000	738000
25/07/2017	25:52.0	124.01	124.94	124.42	0.02	291000	182000	267000	740000
25/07/2017	35:52.0	124.07	125.11	124.69	0.02	292000	182000	267000	741000
25/07/2017	45:52.0	124.3	125.2	124.89	0.02	292000	183000	268000	743000
25/07/2017	55:52.0	124.58	125.22	124.91	0.02	293000	183000	268000	745000
25/07/2017	05:52.0	123.93	124.42	124.36	0.02	294000	184000	269000	746000
25/07/2017	15:52.0	123.43	123.98	123.99	0.02	294000	184000	270000	748000
25/07/2017	25:52.0	123.35	123.85	123.92	0.02	295000	185000	270000	750000
25/07/2017	35:52.0	123.41	123.84	123.88	0.02	296000	185000	271000	752000
25/07/2017	45:52.0	123.52	124.09	123.79	0.02	296000	186000	271000	753000
25/07/2017	55:52.0	123.75	124.23	124.09	0.02	297000	186000	272000	755000
25/07/2017	05:52.0	123.64	124.37	124.01	0.02	297000	187000	273000	757000
25/07/2017	15:52.0	123.16	123.92	123.44	0.02	298000	187000	273000	759000
25/07/2017	25:52.0	122.72	123.24	123.21	0.02	299000	188000	274000	760000
25/07/2017	35:52.0	122.75	123.22	123.09	0.02	299000	188000	275000	762000
25/07/2017	45:52.0	122.85	123.31	123.35	0.02	300000	189000	275000	764000
25/07/2017	55:52.0	122.95	123.44	123.3	0.02	300000	189000	276000	765000
25/07/2017	05:52.0	122.88	123.45	123.43	0.02	301000	190000	276000	767000

Continuación del apéndice 2.

25/07/2017	15:52.0	122.76	123.34	123.21	0.02	302000	190000	277000	768000
25/07/2017	25:52.0	122.79	123.46	122.99	0.02	302000	190000	277000	770000
25/07/2017	35:52.0	122.91	123.35	122.99	0.02	303000	191000	278000	772000
25/07/2017	45:52.0	122.79	123.3	123.07	0.02	304000	191000	279000	774000
25/07/2017	55:52.0	122.83	123.15	122.9	0.02	304000	192000	280000	776000
25/07/2017	05:52.0	122.65	123.07	122.83	0.02	305000	192000	280000	778000
25/07/2017	15:52.0	122.54	123.03	122.99	0.02	305000	193000	281000	779000
25/07/2017	25:52.0	122.04	122.82	123.04	0.02	306000	193000	281000	781000
25/07/2017	35:52.0	122.09	123.23	122.89	0.02	307000	194000	282000	783000
25/07/2017	45:52.0	122.42	123.36	122.71	0.02	307000	194000	283000	784000
25/07/2017	55:52.0	122.3	122.95	122.2	0.02	308000	195000	284000	786000
25/07/2017	05:52.0	122.29	122.71	122.2	0.02	309000	195000	284000	789000
25/07/2017	15:52.0	122.33	123.45	122.34	0.02	309000	196000	285000	791000
25/07/2017	25:52.0	122.19	123.46	121.95	0.02	310000	197000	287000	794000
25/07/2017	35:52.0	122.05	123.03	121.88	0.02	311000	197000	288000	796000
25/07/2017	45:52.0	122.8	123.6	122.55	0.02	312000	198000	289000	798000
25/07/2017	55:52.0	123.36	124.37	123.03	0.02	312000	198000	290000	801000
25/07/2017	05:52.0	123.47	124.35	123.33	0.02	313000	199000	291000	803000
25/07/2017	15:52.0	122.78	123.49	122.57	0.02	314000	199000	292000	805000
25/07/2017	25:52.0	122.38	123.32	122	0.02	314000	200000	293000	807000
25/07/2017	35:52.0	121.91	123.07	122.07	0.02	315000	200000	294000	809000
25/07/2017	45:52.0	121.67	123.34	122.3	0.02	316000	201000	295000	811000
25/07/2017	55:52.0	121.37	122.97	122.14	0.02	317000	201000	295000	813000
25/07/2017	05:52.0	121.92	123.08	122	0.02	318000	201000	296000	815000
25/07/2017	15:52.0	121.46	123.02	122.06	0.02	319000	202000	297000	818000
25/07/2017	25:52.0	121.13	122.68	121.77	0.02	320000	202000	297000	820000
25/07/2017	35:52.0	120.67	122.61	121.57	0.02	321000	203000	298000	823000
25/07/2017	45:52.0	121.75	123.75	122.69	0.02	323000	204000	299000	825000
25/07/2017	55:52.0	122.08	123.81	123.37	0.02	324000	204000	300000	827000
25/07/2017	05:52.0	121.74	123.45	122.74	0.02	325000	205000	300000	830000
25/07/2017	15:52.0	121.52	123.41	122.83	0.02	326000	206000	301000	832000
25/07/2017	25:52.0	120.99	122.92	122.17	0.02	327000	206000	302000	835000
25/07/2017	35:52.0	121.22	122.86	122.22	0.02	328000	207000	302000	838000
25/07/2017	45:52.0	120.94	122.69	121.93	0.02	330000	208000	303000	841000
25/07/2017	55:52.0	120.9	122.66	121.88	0.02	331000	209000	304000	844000
25/07/2017	05:52.0	121.62	123.18	122.33	0.02	332000	209000	305000	847000
25/07/2017	15:52.0	120.81	122.47	122	0.02	334000	210000	306000	850000
25/07/2017	25:52.0	120.73	122.31	121.41	0.02	335000	211000	308000	854000
25/07/2017	35:52.0	120.25	122.14	121.44	0.02	337000	212000	309000	858000
25/07/2017	45:52.0	119.83	122.11	121.6	0.02	338000	213000	310000	861000
25/07/2017	55:52.0	120.86	123.1	122.47	0.02	340000	214000	311000	865000
25/07/2017	05:52.0	120.74	123.34	122.28	0.02	342000	215000	311000	868000
25/07/2017	15:52.0	120.78	123.12	122.31	0.02	343000	216000	313000	872000
25/07/2017	25:52.0	120.7	122.64	122.21	0.02	345000	217000	314000	876000
25/07/2017	35:52.0	120.61	122.63	122.11	0.02	347000	218000	315000	879000
25/07/2017	45:52.0	120.13	122.24	121.88	0.02	348000	219000	316000	884000
25/07/2017	55:52.0	120.27	122.18	121.41	0.02	350000	221000	317000	888000
25/07/2017	05:52.0	120.39	122.46	121.95	0.02	351000	222000	319000	892000
25/07/2017	15:52.0	120.56	122.63	121.91	0.02	353000	223000	320000	896000
25/07/2017	25:52.0	120.27	122.34	121.72	0.02	355000	224000	321000	900000

Continuación del apéndice 2.

25/07/2017	35:52.0	119.94	121.84	121.66	0.02	357000	225000	322000	904000
25/07/2017	45:52.0	119.9	121.74	121.07	0.02	358000	226000	324000	908000
25/07/2017	55:52.0	119.94	121.71	120.58	0.02	360000	228000	325000	913000
25/07/2017	05:52.0	120.55	122.58	120.96	0.02	361000	229000	327000	918000
25/07/2017	15:52.0	121.33	123.29	122.12	0.02	363000	230000	329000	922000
25/07/2017	25:52.0	121.75	123.84	122.97	0.02	365000	231000	330000	926000
25/07/2017	35:52.0	122.15	123.84	123.17	0.02	366000	232000	332000	930000
25/07/2017	45:52.0	121.86	123.46	123.24	0.02	368000	233000	333000	934000
25/07/2017	55:52.0	122	123.91	123.52	0.02	369000	234000	334000	937000
25/07/2017	05:52.0	121.89	123.53	123.16	0.02	371000	235000	335000	941000
25/07/2017	15:52.0	122.04	123.75	123.18	0.02	373000	236000	336000	945000
25/07/2017	25:52.0	121.96	123.74	123.49	0.02	374000	237000	337000	949000
25/07/2017	35:52.0	122.39	124.03	123.69	0.02	376000	238000	339000	953000
25/07/2017	45:52.0	122.3	124.02	123.61	0.02	377000	239000	340000	956000
25/07/2017	55:52.0	122.26	124.44	123.86	0.02	379000	240000	341000	960000
25/07/2017	05:52.0	122.21	124.22	123.66	0.02	381000	241000	342000	964000
25/07/2017	15:52.0	122.05	124.08	123.37	0.02	383000	243000	343000	969000
25/07/2017	25:52.0	121.99	124.2	123.49	0.02	385000	244000	345000	974000
25/07/2017	35:52.0	122.08	124.31	122.9	0.02	387000	245000	346000	978000
25/07/2017	45:52.0	122.42	124.18	122.74	0.02	389000	247000	348000	983000
25/07/2017	55:52.0	122.19	123.9	122.84	0.02	390000	248000	350000	988000
25/07/2017	05:52.0	122.07	124.02	123.14	0.02	392000	249000	351000	993000
25/07/2017	15:52.0	122.21	124.18	123.25	0.02	394000	251000	353000	997000
25/07/2017	25:52.0	122.23	124.23	123.38	0.02	396000	252000	354000	1002000
25/07/2017	35:52.0	122.29	124.21	123.43	0.02	398000	253000	356000	1007000
25/07/2017	45:52.0	121.95	123.87	123.36	0.02	400000	254000	357000	1011000
25/07/2017	55:52.0	122.23	123.89	123.49	0.02	401000	256000	358000	1015000
25/07/2017	05:52.0	121.66	123.35	122.73	0.02	403000	257000	360000	1019000
25/07/2017	15:52.0	120.53	122.2	121.7	0.02	405000	258000	361000	1023000
25/07/2017	25:52.0	121.06	122.82	122.27	0.02	406000	259000	362000	1027000
25/07/2017	35:52.0	121.24	122.92	122.42	0.02	408000	260000	363000	1030000
25/07/2017	45:52.0	121.61	123.17	122.82	0.02	409000	260000	364000	1034000
25/07/2017	55:52.0	121.38	123.51	122.51	0.02	411000	261000	365000	1037000
25/07/2017	05:52.0	121.84	124.05	123.05	0.02	412000	262000	367000	1041000
25/07/2017	15:52.0	122.45	124.56	122.95	0.02	414000	263000	368000	1045000
25/07/2017	25:52.0	122.67	124.57	122.54	0.02	416000	264000	370000	1050000
25/07/2017	35:52.0	122.57	124.36	122.45	0.02	417000	265000	372000	1054000
25/07/2017	45:52.0	122.89	124.45	122.8	0.02	419000	266000	373000	1058000
25/07/2017	55:52.0	123.13	124.56	122.89	0.02	420000	267000	375000	1062000
25/07/2017	05:52.0	123.15	124.6	123.06	0.02	422000	268000	377000	1066000
25/07/2017	15:52.0	122.61	123.82	122.41	0.02	423000	269000	378000	1070000
25/07/2017	25:52.0	121.58	122.21	121.32	0.02	424000	269000	380000	1073000
25/07/2017	35:52.0	121.65	122.27	121.13	0.02	425000	270000	382000	1076000
25/07/2017	45:52.0	121.51	122.21	120.91	0.02	426000	271000	383000	1080000
25/07/2017	55:52.0	121.78	122.48	121.16	0.02	427000	271000	385000	1083000
25/07/2017	05:52.0	121.87	122.7	121.35	0.02	428000	272000	386000	1086000
25/07/2017	15:52.0	122.09	122.82	121.6	0.02	429000	272000	387000	1089000
25/07/2017	25:52.0	122.26	122.98	121.84	0.02	430000	273000	388000	1091000
25/07/2017	35:52.0	122.63	123.15	122	0.02	431000	273000	390000	1094000
25/07/2017	45:52.0	122.69	123.31	122.23	0.02	432000	274000	391000	1096000

Continuación del apéndice 2.

25/07/2017	55:52.0	122.77	123.43	122.39	0.02	433000	274000	392000	1099000
25/07/2017	05:52.0	123.01	123.65	122.31	0.02	434000	275000	393000	1102000
25/07/2017	15:52.0	123.48	123.99	122.57	0.02	435000	275000	395000	1105000
25/07/2017	25:52.0	123.4	124.28	122.87	0.02	436000	276000	396000	1108000
25/07/2017	35:52.0	123.59	124.7	123.56	0.02	437000	276000	397000	1110000
25/07/2017	45:52.0	123.75	125	123.7	0.02	438000	277000	399000	1113000
25/07/2017	55:52.0	123.87	124.64	123.93	0.02	439000	277000	400000	1116000
25/07/2017	05:52.0	124.09	124.97	124.12	0.02	440000	278000	401000	1118000
25/07/2017	15:52.0	124.19	124.82	124.01	0.02	441000	278000	402000	1121000
25/07/2017	25:52.0	124.14	124.62	124.17	0.02	441000	279000	403000	1123000
25/07/2017	35:52.0	124.15	124.77	124.59	0.02	442000	279000	404000	1125000
25/07/2017	45:52.0	123.26	124.23	124.1	0.02	443000	280000	404000	1127000
25/07/2017	55:52.0	123.5	124.29	124.26	0.02	443000	280000	405000	1128000
25/07/2017	05:52.0	123.24	123.72	123.64	0.02	444000	280000	406000	1130000
25/07/2017	15:52.0	123.2	123.62	123.59	0.02	444000	281000	406000	1132000
25/07/2017	25:52.0	123.32	124.11	124.02	0.02	445000	282000	407000	1133000
25/07/2017	35:52.0	123.66	124.45	124.23	0.02	446000	282000	407000	1135000
25/07/2017	45:52.0	123.88	124.72	124.12	0.02	446000	282000	408000	1137000
25/07/2017	55:52.0	124.23	125.06	124.77	0.02	447000	283000	409000	1139000
25/07/2017	05:52.0	124.44	125.11	125	0.02	448000	283000	410000	1141000
25/07/2017	15:52.0	124.02	124.79	124.62	0.02	448000	284000	410000	1142000
25/07/2017	25:52.0	124.01	124.85	124.8	0.02	449000	284000	411000	1144000
25/07/2017	35:52.0	123.85	124.71	124.84	0.02	450000	285000	411000	1145000
25/07/2017	45:52.0	123.34	123.97	123.9	0.02	450000	285000	412000	1147000
25/07/2017	55:52.0	123.42	124.06	123.85	0.02	451000	286000	412000	1149000
26/07/2017	05:52.0	123.62	124.1	123.96	0.02	451000	286000	413000	1151000
26/07/2017	15:52.0	123.62	124.24	124.32	0.02	452000	287000	414000	1152000
26/07/2017	25:52.0	123.81	124.41	124.35	0.02	453000	287000	414000	1154000
26/07/2017	35:52.0	123.99	124.58	124.41	0.02	453000	288000	415000	1156000
26/07/2017	45:52.0	124.15	124.67	124.53	0.02	454000	288000	415000	1157000
26/07/2017	55:52.0	124.27	124.89	124.75	0.02	455000	288000	416000	1159000
26/07/2017	05:52.0	124.18	124.82	124.46	0.02	455000	289000	417000	1161000
26/07/2017	15:52.0	124.43	125.04	124.75	0.02	456000	289000	418000	1163000
26/07/2017	25:52.0	124.52	125.04	125.06	0.02	457000	290000	418000	1165000
26/07/2017	35:52.0	124.63	124.81	124.86	0.02	457000	290000	419000	1166000
26/07/2017	45:52.0	123.61	123.65	123.7	0.02	458000	291000	419000	1168000
26/07/2017	55:52.0	123.36	123.47	123.51	0.02	458000	291000	420000	1170000
26/07/2017	05:52.0	123.33	123.38	123.38	0.02	459000	292000	420000	1171000
26/07/2017	15:52.0	123.38	123.49	123.38	0.02	460000	292000	421000	1173000
26/07/2017	25:52.0	123.7	123.68	123.31	0.02	460000	293000	422000	1175000
26/07/2017	35:52.0	123.64	123.73	123.27	0.02	461000	293000	422000	1176000
26/07/2017	45:52.0	123.46	123.65	123.33	0.02	461000	294000	423000	1178000
26/07/2017	55:52.0	123.54	123.87	123.53	0.02	462000	294000	424000	1180000
26/07/2017	05:52.0	123.53	123.87	123.53	0.02	463000	295000	424000	1182000
26/07/2017	15:52.0	123.69	123.87	123.61	0.02	463000	295000	425000	1183000
26/07/2017	25:52.0	123.46	123.9	123.71	0.02	464000	295000	425000	1185000
26/07/2017	35:52.0	123.65	123.86	123.53	0.02	465000	296000	426000	1186000
26/07/2017	45:52.0	123.58	123.85	123.5	0.02	465000	296000	427000	1188000
26/07/2017	55:52.0	123.6	123.79	123.71	0.02	466000	297000	427000	1190000
26/07/2017	05:52.0	123.75	123.97	123.95	0.02	467000	297000	428000	1192000

Continuación del apéndice 2.

26/07/2017	15:52.0	123.74	124.01	123.99	0.02	467000	298000	428000	1193000
26/07/2017	25:52.0	123.65	123.91	123.82	0.02	468000	298000	429000	1195000
26/07/2017	35:52.0	123.5	123.79	123.8	0.02	468000	299000	429000	1196000
26/07/2017	45:52.0	123.38	123.6	123.52	0.02	469000	299000	430000	1198000
26/07/2017	55:52.0	123.62	123.62	123.28	0.02	470000	300000	431000	1200000
26/07/2017	05:52.0	123.42	123.58	123.1	0.02	470000	300000	431000	1202000
26/07/2017	15:52.0	123.34	123.52	123.26	0.02	471000	301000	432000	1204000
26/07/2017	25:52.0	123.22	123.3	123.05	0.02	472000	301000	433000	1205000
26/07/2017	35:52.0	123.13	123.34	123.26	0.02	472000	301000	433000	1207000
26/07/2017	45:52.0	123.25	123.38	123.39	0.02	473000	302000	434000	1209000
26/07/2017	55:52.0	123.08	123.58	123.33	0.02	474000	302000	434000	1210000
26/07/2017	05:52.0	123.37	123.59	123.23	0.02	474000	303000	435000	1212000
26/07/2017	15:52.0	123.01	123.38	122.71	0.02	475000	303000	436000	1214000
26/07/2017	25:52.0	122.74	123.29	122.77	0.02	475000	304000	436000	1215000
26/07/2017	35:52.0	122.22	123.23	122.85	0.02	476000	304000	437000	1217000
26/07/2017	45:52.0	121.81	122.87	122.51	0.02	477000	304000	437000	1219000
26/07/2017	55:52.0	122.29	123.15	122.66	0.02	478000	305000	438000	1220000
26/07/2017	05:52.0	122.05	122.92	122.46	0.02	478000	305000	438000	1222000
26/07/2017	15:52.0	122.27	123.17	122.24	0.02	479000	306000	439000	1223000
26/07/2017	25:52.0	122.59	123.27	122.24	0.02	480000	306000	440000	1225000
26/07/2017	35:52.0	122.52	123.33	122.6	0.02	480000	306000	440000	1227000
26/07/2017	45:52.0	122.08	122.87	122.51	0.02	481000	306000	441000	1228000
26/07/2017	55:52.0	122.03	122.76	122.73	0.02	482000	307000	441000	1229000
26/07/2017	05:52.0	122.03	122.8	122.47	0.02	482000	307000	441000	1230000
26/07/2017	15:52.0	122.07	122.75	122.55	0.02	483000	307000	442000	1232000
26/07/2017	25:52.0	123.19	124.19	124.01	0.02	483000	308000	442000	1233000
26/07/2017	35:52.0	123.28	124.1	123.93	0.02	484000	308000	443000	1234000
26/07/2017	45:52.0	122.8	123.69	123.5	0.02	484000	308000	443000	1236000
26/07/2017	55:52.0	122.82	123.65	123.59	0.02	485000	309000	444000	1237000
26/07/2017	05:52.0	122.71	123.26	123.42	0.02	485000	309000	444000	1238000
26/07/2017	15:52.0	123.73	124.56	124.34	0.02	486000	309000	445000	1240000
26/07/2017	25:52.0	123.4	124.43	124	0.02	487000	310000	445000	1241000
26/07/2017	35:52.0	122.87	124.19	123.76	0.02	487000	310000	446000	1243000
26/07/2017	45:52.0	123	123.99	123.51	0.02	488000	310000	446000	1244000
26/07/2017	55:52.0	122.85	123.88	123.39	0.02	488000	310000	447000	1245000
26/07/2017	05:52.0	122.76	123.88	123.65	0.02	489000	311000	447000	1247000
26/07/2017	15:52.0	122.72	123.64	123.49	0.02	489000	311000	448000	1248000
26/07/2017	25:52.0	122.48	123.79	123.58	0.02	490000	311000	448000	1249000
26/07/2017	35:52.0	122.1	123.47	123.46	0.02	490000	312000	448000	1250000
26/07/2017	45:52.0	122.15	123.51	123.54	0.02	491000	312000	449000	1252000
26/07/2017	55:52.0	122.2	123.47	123.27	0.02	491000	312000	449000	1253000
26/07/2017	05:52.0	122.23	123.41	122.87	0.02	492000	313000	450000	1254000
26/07/2017	15:52.0	122.38	123.43	123.04	0.02	492000	313000	450000	1256000
26/07/2017	25:52.0	122.1	123.39	123.15	0.02	493000	313000	451000	1257000
26/07/2017	35:52.0	121.93	123.17	122.99	0.02	493000	313000	451000	1258000
26/07/2017	45:52.0	121.95	123.15	122.79	0.02	494000	314000	452000	1260000
26/07/2017	55:52.0	122.23	123.38	123.02	0.02	494000	314000	453000	1261000
26/07/2017	05:52.0	122.54	123.68	123.48	0.02	495000	314000	453000	1262000
26/07/2017	15:52.0	123.08	124.17	123.8	0.02	496000	315000	454000	1264000
26/07/2017	25:52.0	123	124.13	123.82	0.02	496000	315000	454000	1265000

Continuación del apéndice 2.

26/07/2017	35:52.0	123.22	124.55	124.3	0.02	497000	315000	455000	1267000
26/07/2017	45:52.0	123.5	124.68	124.46	0.02	497000	316000	455000	1268000
26/07/2017	55:52.0	123.61	124.92	124.54	0.02	498000	316000	455000	1269000
26/07/2017	05:52.0	123.79	124.95	124.63	0.02	498000	316000	456000	1270000
26/07/2017	15:52.0	123.67	124.73	124.9	0.02	499000	317000	456000	1272000
26/07/2017	25:52.0	123.75	124.52	124.62	0.02	499000	317000	457000	1273000
26/07/2017	35:52.0	123.9	124.57	124.39	0.02	500000	317000	457000	1274000
26/07/2017	45:52.0	123.89	124.84	124.16	0.02	501000	318000	458000	1276000
26/07/2017	55:52.0	123.51	124.69	124.01	0.02	501000	318000	458000	1277000
26/07/2017	05:52.0	123.68	124.76	124.29	0.02	502000	318000	459000	1279000
26/07/2017	15:52.0	123.65	124.72	124.17	0.02	502000	319000	459000	1280000
26/07/2017	25:52.0	123.85	124.89	124.49	0.02	503000	319000	460000	1282000
26/07/2017	35:52.0	123.84	124.92	124.45	0.02	503000	319000	460000	1283000
26/07/2017	45:52.0	123.81	125.11	124.31	0.02	504000	320000	461000	1284000
26/07/2017	55:52.0	123.84	125.17	124.42	0.02	505000	320000	462000	1286000
26/07/2017	05:52.0	123.91	125.36	124.65	0.02	505000	320000	462000	1287000
26/07/2017	15:52.0	123.89	125.05	124.66	0.02	506000	320000	463000	1289000
26/07/2017	25:52.0	123.72	124.9	124.54	0.02	506000	321000	463000	1290000
26/07/2017	35:52.0	123.69	124.98	124.71	0.02	507000	321000	463000	1291000
26/07/2017	45:52.0	123.54	125.18	124.62	0.02	508000	321000	464000	1293000
26/07/2017	55:52.0	123.4	124.77	124.25	0.02	508000	322000	464000	1294000
26/07/2017	05:52.0	122.41	123.63	122.89	0.02	509000	322000	465000	1295000
26/07/2017	15:52.0	122.62	123.77	122.98	0.02	509000	322000	465000	1297000
26/07/2017	25:52.0	122.72	124.1	123.4	0.02	510000	323000	466000	1298000
26/07/2017	35:52.0	122.95	124.11	123.81	0.02	510000	323000	467000	1300000
26/07/2017	45:52.0	123.19	124.38	123.91	0.02	511000	323000	467000	1301000
26/07/2017	55:52.0	123.37	124.54	124.11	0.02	511000	324000	468000	1303000
26/07/2017	05:52.0	123.26	124.68	124.19	0.02	512000	324000	468000	1304000
26/07/2017	15:52.0	122.67	124.07	123.19	0.02	512000	324000	469000	1305000
26/07/2017	25:52.0	122.86	124.18	123.21	0.02	513000	325000	469000	1307000
26/07/2017	35:52.0	122.82	124	123.38	0.02	514000	325000	470000	1309000
26/07/2017	45:52.0	122.69	123.89	123.55	0.02	514000	325000	470000	1310000
26/07/2017	55:52.0	122.57	123.84	123.56	0.02	515000	326000	471000	1311000
26/07/2017	05:52.0	122.8	124.02	123.71	0.02	515000	326000	471000	1313000
26/07/2017	15:52.0	122.8	123.89	123.51	0.02	516000	327000	472000	1314000
26/07/2017	25:52.0	121.95	122.96	122.89	0.02	516000	327000	472000	1316000
26/07/2017	35:52.0	122.41	123.04	123.21	0.02	517000	327000	473000	1317000
26/07/2017	45:52.0	123.03	123.62	123.72	0.02	518000	328000	474000	1319000
26/07/2017	55:52.0	123.04	123.54	123.87	0.02	518000	328000	474000	1321000
26/07/2017	05:52.0	122.79	123.4	124.07	0.02	519000	329000	475000	1322000
26/07/2017	15:52.0	122.62	123.45	123.83	0.02	519000	329000	475000	1324000
26/07/2017	25:52.0	122.95	123.5	123.79	0.02	520000	330000	476000	1326000
26/07/2017	35:52.0	123.23	123.63	124	0.02	521000	330000	477000	1328000
26/07/2017	45:52.0	123.37	123.88	124.08	0.02	521000	331000	477000	1329000
26/07/2017	55:52.0	123.55	123.9	124.01	0.02	522000	331000	478000	1331000
26/07/2017	05:52.0	123.7	124.18	124.43	0.02	523000	332000	479000	1333000
26/07/2017	15:52.0	123.95	124.46	124.78	0.02	523000	332000	480000	1335000
26/07/2017	25:52.0	124.13	124.56	125.08	0.02	524000	333000	480000	1337000
26/07/2017	35:52.0	123.98	124.76	124.88	0.02	524000	333000	481000	1338000
26/07/2017	45:52.0	123.84	124.96	124.87	0.02	525000	334000	481000	1340000

Continuación del apéndice 2.

26/07/2017	55:52.0	124.1	124.72	124.83	0.02	526000	334000	482000	1342000
26/07/2017	05:52.0	124.11	124.65	125.01	0.02	526000	334000	482000	1343000
26/07/2017	15:52.0	124.39	124.92	125.15	0.02	527000	335000	483000	1345000
26/07/2017	25:52.0	124.19	124.91	124.69	0.02	528000	335000	484000	1347000
26/07/2017	35:52.0	124	124.48	124.71	0.02	528000	336000	484000	1349000
26/07/2017	45:52.0	123.76	124.44	124.61	0.02	529000	336000	485000	1350000
26/07/2017	55:52.0	123.46	124.07	124.28	0.02	529000	337000	486000	1352000
26/07/2017	05:52.0	123.72	124.26	124.48	0.02	530000	337000	486000	1353000
26/07/2017	15:52.0	123.88	124.29	124.45	0.02	531000	338000	487000	1355000
26/07/2017	25:52.0	123.98	124.41	124.45	0.02	531000	338000	488000	1357000
26/07/2017	35:52.0	124.31	124.7	124.73	0.02	532000	339000	488000	1359000
26/07/2017	45:52.0	123.28	123.94	123.9	0.02	532000	339000	489000	1361000
26/07/2017	55:52.0	123.49	124.07	124.29	0.02	533000	340000	490000	1362000
26/07/2017	05:52.0	123.91	124.48	124.73	0.02	534000	340000	490000	1364000
26/07/2017	15:52.0	123.99	124.62	124.9	0.02	534000	340000	491000	1366000
26/07/2017	25:52.0	124.42	124.8	124.96	0.02	535000	341000	491000	1367000
26/07/2017	35:52.0	124.61	125.09	125.04	0.02	536000	342000	492000	1369000
26/07/2017	45:52.0	124.25	125.13	125.12	0.02	536000	342000	493000	1371000
26/07/2017	55:52.0	124.28	124.97	124.92	0.02	537000	342000	493000	1372000
27/07/2017	05:52.0	124.44	125.08	125	0.02	538000	343000	494000	1374000
27/07/2017	15:52.0	124.61	125.29	125.12	0.02	538000	343000	494000	1376000
27/07/2017	25:52.0	124.59	125.21	124.99	0.02	539000	344000	495000	1378000
27/07/2017	35:52.0	124.67	125.12	124.83	0.02	539000	344000	496000	1380000
27/07/2017	45:52.0	124.22	125.11	124.77	0.02	540000	345000	497000	1381000
27/07/2017	55:52.0	123.82	124.47	124.27	0.02	541000	345000	497000	1383000
27/07/2017	05:52.0	123.27	123.84	123.7	0.02	541000	346000	498000	1385000
27/07/2017	15:52.0	123.35	123.84	123.6	0.02	542000	346000	498000	1387000
27/07/2017	25:52.0	123.22	123.63	123.85	0.02	543000	347000	499000	1388000
27/07/2017	35:52.0	123.34	123.71	123.85	0.02	543000	347000	500000	1390000
27/07/2017	45:52.0	123.37	123.86	123.84	0.02	544000	348000	500000	1391000
27/07/2017	55:52.0	123.4	123.96	123.84	0.02	544000	348000	501000	1393000
27/07/2017	05:52.0	123.45	124.03	123.99	0.02	545000	349000	501000	1395000
27/07/2017	15:52.0	123.69	123.94	123.86	0.02	546000	349000	502000	1396000
27/07/2017	25:52.0	123.75	124.25	123.78	0.02	546000	349000	502000	1398000
27/07/2017	35:52.0	123.81	124.25	124.14	0.02	547000	350000	503000	1400000
27/07/2017	45:52.0	123.77	124.22	124.01	0.02	547000	350000	504000	1402000
27/07/2017	55:52.0	123.87	124.33	123.94	0.02	548000	351000	505000	1403000
27/07/2017	05:52.0	123.99	124.35	124.29	0.02	549000	351000	505000	1405000
27/07/2017	15:52.0	124.06	124.51	124.42	0.02	549000	352000	506000	1407000
27/07/2017	25:52.0	123.99	124.47	124.4	0.02	550000	352000	506000	1409000
27/07/2017	35:52.0	123.98	124.54	124.46	0.02	551000	353000	507000	1410000
27/07/2017	45:52.0	124.1	124.48	124.52	0.02	551000	353000	508000	1412000
27/07/2017	55:52.0	124.22	124.51	124.65	0.02	552000	354000	508000	1414000
27/07/2017	05:52.0	124.18	124.63	124.58	0.02	552000	354000	509000	1415000
27/07/2017	15:52.0	124.03	124.6	124.52	0.02	553000	355000	509000	1417000
27/07/2017	25:52.0	124.06	124.67	124.44	0.02	554000	355000	510000	1419000
27/07/2017	35:52.0	124.12	124.67	124.27	0.02	554000	356000	510000	1420000
27/07/2017	45:52.0	124.05	124.54	124.34	0.02	555000	356000	511000	1422000
27/07/2017	55:52.0	124.06	124.51	124.44	0.02	556000	356000	512000	1424000
27/07/2017	05:52.0	123.93	124.45	124.41	0.02	556000	357000	512000	1425000

Continuación del apéndice 2

27/07/2017	15:52.0	123.79	124.4	124.4	0.02	557000	357000	513000	1427000
27/07/2017	25:52.0	123.75	124.35	124.32	0.02	558000	358000	513000	1429000
27/07/2017	35:52.0	123.87	124.42	124.29	0.02	558000	358000	514000	1430000
27/07/2017	45:52.0	124.17	124.87	124.47	0.02	559000	359000	515000	1432000
27/07/2017	55:52.0	124.39	125.15	125	0.02	559000	359000	515000	1434000
27/07/2017	05:52.0	124.5	125.41	125.04	0.02	560000	360000	516000	1435000
27/07/2017	15:52.0	124.42	125.28	124.85	0.02	561000	360000	516000	1437000
27/07/2017	25:52.0	124.11	125.15	124.55	0.02	561000	360000	517000	1439000
27/07/2017	35:52.0	124	125.1	124.21	0.02	562000	361000	518000	1440000
27/07/2017	45:52.0	123.78	124.79	123.98	0.02	563000	361000	518000	1442000
27/07/2017	55:52.0	123.59	124.55	123.84	0.02	563000	362000	519000	1443000
27/07/2017	05:52.0	123.2	124.28	123.77	0.02	564000	362000	519000	1445000
27/07/2017	15:52.0	122.76	123.8	123.39	0.02	564000	362000	520000	1446000
27/07/2017	25:52.0	122.13	123.38	122.98	0.02	565000	362000	520000	1447000
27/07/2017	35:52.0	122.25	123.47	123.27	0.02	565000	363000	520000	1448000
27/07/2017	45:52.0	122.68	123.76	123.24	0.02	566000	363000	521000	1450000
27/07/2017	55:52.0	122.4	123.36	122.83	0.02	566000	364000	521000	1451000
27/07/2017	05:52.0	122.21	123.42	122.69	0.02	567000	364000	522000	1452000
27/07/2017	15:52.0	122.39	123.67	123.04	0.02	567000	364000	522000	1454000
27/07/2017	25:52.0	122.07	123.16	122.69	0.02	568000	364000	523000	1455000
27/07/2017	35:52.0	122.91	123.98	123.01	0.02	569000	365000	523000	1456000
27/07/2017	45:52.0	122.65	123.95	123.05	0.02	569000	365000	524000	1458000
27/07/2017	55:52.0	122.4	123.93	122.99	0.02	570000	365000	524000	1459000
27/07/2017	05:52.0	122.44	123.73	122.9	0.02	570000	366000	525000	1460000
27/07/2017	15:52.0	122.63	123.73	123.03	0.02	571000	366000	525000	1462000
27/07/2017	25:52.0	122.95	123.92	123.42	0.02	571000	366000	526000	1463000
27/07/2017	35:52.0	122.77	123.78	123.5	0.02	572000	366000	526000	1464000
27/07/2017	45:52.0	122.28	123.43	123.1	0.02	572000	367000	526000	1465000
27/07/2017	55:52.0	122.23	123.37	123.08	0.02	573000	367000	527000	1467000
27/07/2017	05:52.0	123.04	123.88	123.8	0.02	573000	368000	527000	1468000
27/07/2017	15:52.0	123.36	124.08	123.6	0.02	574000	368000	527000	1469000
27/07/2017	25:52.0	123.15	124.15	123.21	0.02	574000	368000	528000	1471000
27/07/2017	35:52.0	122.71	123.9	123.12	0.02	575000	368000	529000	1472000
27/07/2017	45:52.0	122.31	123.42	123.04	0.02	575000	369000	529000	1473000
27/07/2017	55:52.0	122.34	123.29	123	0.02	576000	369000	530000	1475000
27/07/2017	05:52.0	122.48	123.42	123.15	0.02	577000	369000	530000	1476000
27/07/2017	15:52.0	122.11	123.29	122.66	0.02	577000	370000	531000	1478000
27/07/2017	25:52.0	122.87	123.88	123.46	0.02	578000	370000	531000	1479000
27/07/2017	35:52.0	123.1	124.17	123.64	0.02	578000	370000	532000	1480000
27/07/2017	45:52.0	122.85	123.94	123.57	0.02	579000	371000	532000	1482000
27/07/2017	55:52.0	122.76	124.07	123.84	0.02	579000	371000	533000	1483000
27/07/2017	05:52.0	123.16	124.21	124.16	0.02	580000	371000	533000	1484000
27/07/2017	15:52.0	123.34	124.36	124.08	0.02	580000	372000	534000	1486000
27/07/2017	25:52.0	123.49	124.69	124.36	0.02	581000	372000	534000	1487000
27/07/2017	35:52.0	123.77	125.13	124.66	0.02	581000	372000	534000	1488000
27/07/2017	45:52.0	123.92	125.36	124.63	0.02	582000	372000	535000	1489000
27/07/2017	55:52.0	124.27	125.66	124.86	0.02	583000	373000	536000	1491000
27/07/2017	05:52.0	123.99	125.26	124.7	0.02	583000	373000	536000	1492000
27/07/2017	15:52.0	123.71	124.89	124.4	0.02	584000	373000	537000	1494000
27/07/2017	25:52.0	124.01	125.26	124.84	0.02	584000	374000	537000	1495000

Continuación del apéndice 2.

27/07/2017	35:52.0	123.92	125.29	124.85	0.02	585000	374000	538000	1497000
27/07/2017	45:52.0	124.22	125.59	124.89	0.02	585000	374000	538000	1498000
27/07/2017	55:52.0	124.31	125.63	124.97	0.02	586000	375000	539000	1500000
27/07/2017	05:52.0	124.24	125.73	124.92	0.02	587000	375000	539000	1501000
27/07/2017	15:52.0	124.29	125.6	125.26	0.02	587000	375000	540000	1503000
27/07/2017	25:52.0	124	125.5	125.12	0.02	588000	376000	540000	1504000
27/07/2017	35:52.0	123.28	124.9	124.54	0.02	588000	376000	541000	1505000
27/07/2017	45:52.0	123.26	124.94	124.65	0.02	589000	376000	541000	1507000
27/07/2017	55:52.0	123.28	124.87	124.53	0.02	590000	377000	542000	1508000
27/07/2017	05:52.0	123.46	125.17	124.77	0.02	590000	377000	542000	1509000
27/07/2017	15:52.0	123.49	125.12	124.75	0.02	591000	377000	543000	1511000
27/07/2017	25:52.0	123.8	125.31	124.99	0.02	591000	378000	543000	1512000
27/07/2017	35:52.0	123.78	125	124.79	0.02	592000	378000	544000	1514000
27/07/2017	45:52.0	123.86	125.29	124.73	0.02	592000	378000	544000	1515000
27/07/2017	55:52.0	124.02	125.21	124.68	0.02	593000	379000	545000	1516000
27/07/2017	05:52.0	124.03	125.28	124.79	0.02	593000	379000	545000	1518000
27/07/2017	15:52.0	124.1	125.55	124.86	0.02	594000	379000	546000	1519000
27/07/2017	25:52.0	124.23	125.55	124.96	0.02	595000	379000	546000	1521000
27/07/2017	35:52.0	124	125.47	124.79	0.02	595000	380000	547000	1522000
27/07/2017	45:52.0	124.02	125.1	124.48	0.02	596000	380000	548000	1524000
27/07/2017	55:52.0	124	124.95	124.55	0.02	596000	380000	548000	1525000
27/07/2017	05:52.0	123.29	124.4	124.1	0.02	597000	381000	549000	1526000
27/07/2017	15:52.0	123.29	124.65	124.41	0.02	597000	381000	549000	1528000
27/07/2017	25:52.0	123.53	124.68	124.36	0.02	598000	381000	550000	1529000
27/07/2017	35:52.0	123.62	124.74	124.48	0.02	599000	382000	550000	1530000
27/07/2017	45:52.0	123.71	124.73	124.44	0.02	599000	382000	551000	1532000
27/07/2017	55:52.0	123.58	124.67	124.3	0.02	600000	382000	551000	1533000
27/07/2017	05:52.0	123.6	124.63	124.4	0.02	600000	383000	552000	1535000
27/07/2017	15:52.0	123.48	124.53	124.7	0.02	601000	383000	552000	1536000
27/07/2017	25:52.0	122.46	123.48	123.44	0.02	602000	384000	553000	1538000
27/07/2017	35:52.0	122.23	122.76	122.89	0.02	602000	384000	553000	1540000
27/07/2017	45:52.0	121.96	122.58	122.52	0.02	603000	385000	554000	1541000
27/07/2017	55:52.0	121.93	122.62	122.41	0.02	603000	385000	555000	1543000
27/07/2017	05:52.0	121.88	122.93	122.52	0.02	604000	386000	555000	1545000
27/07/2017	15:52.0	122.19	122.96	122.8	0.02	605000	386000	556000	1547000
27/07/2017	25:52.0	123.18	123.86	123.9	0.02	605000	387000	557000	1549000
27/07/2017	35:52.0	123.52	124.06	124.21	0.02	606000	387000	557000	1550000
27/07/2017	45:52.0	123.56	124.16	124.3	0.02	606000	387000	558000	1552000
27/07/2017	55:52.0	123.58	124.16	124.36	0.02	607000	388000	559000	1554000
27/07/2017	05:52.0	123.75	124.51	124.61	0.02	608000	388000	559000	1555000
27/07/2017	15:52.0	123.95	124.66	124.87	0.02	608000	389000	560000	1557000
27/07/2017	25:52.0	124.17	124.88	124.77	0.02	609000	389000	560000	1559000
27/07/2017	35:52.0	124.37	125.14	125.12	0.02	610000	390000	561000	1561000
27/07/2017	45:52.0	124.17	125.28	125.09	0.02	610000	390000	562000	1562000
27/07/2017	55:52.0	124.35	124.91	124.77	0.02	611000	391000	562000	1564000
27/07/2017	05:52.0	124.31	124.97	125.04	0.02	611000	391000	563000	1566000
27/07/2017	15:52.0	124.39	125.05	124.52	0.02	612000	392000	564000	1567000
27/07/2017	25:52.0	124.19	125.01	124.8	0.02	613000	392000	564000	1569000
27/07/2017	35:52.0	124.31	125.16	124.7	0.02	613000	393000	565000	1571000
27/07/2017	45:52.0	124.41	125.3	124.81	0.02	614000	393000	566000	1573000

Continuación del apéndice 2.

27/07/2017	55:52.0	124.42	125.21	124.89	0.02	615000	394000	567000	1575000
27/07/2017	05:52.0	123.91	124.65	124.6	0.02	615000	394000	567000	1577000
27/07/2017	15:52.0	122.59	123.27	122.98	0.02	616000	395000	568000	1578000
27/07/2017	25:52.0	122.49	122.95	122.95	0.02	616000	395000	568000	1580000
27/07/2017	35:52.0	122.78	123.29	123.39	0.02	617000	396000	569000	1581000
27/07/2017	45:52.0	122.62	123.13	123.1	0.02	618000	396000	569000	1583000
27/07/2017	55:52.0	122.89	123.42	123.24	0.02	618000	396000	570000	1585000
27/07/2017	05:52.0	123.03	123.56	123.45	0.02	619000	397000	571000	1586000
27/07/2017	15:52.0	123.28	123.64	123.55	0.02	620000	397000	571000	1588000
27/07/2017	25:52.0	123.7	124.09	123.6	0.02	620000	398000	572000	1590000
27/07/2017	35:52.0	123.77	124.33	123.96	0.02	621000	398000	573000	1592000
27/07/2017	45:52.0	123.84	124.45	124.12	0.02	621000	399000	573000	1593000
27/07/2017	55:52.0	123.89	124.55	124.36	0.02	622000	399000	574000	1595000
28/07/2017	05:52.0	124.45	124.93	124.69	0.02	623000	400000	574000	1597000
28/07/2017	15:52.0	124.55	124.91	124.67	0.02	623000	400000	575000	1599000
28/07/2017	25:52.0	124.7	125.29	124.87	0.02	624000	401000	576000	1600000
28/07/2017	35:52.0	124.44	125	124.71	0.02	625000	401000	576000	1602000
28/07/2017	45:52.0	124.4	125.11	124.71	0.02	625000	402000	577000	1604000
28/07/2017	55:52.0	124.57	125.17	124.96	0.02	626000	402000	577000	1605000
28/07/2017	05:52.0	124.29	125.06	125.15	0.02	627000	402000	578000	1607000
28/07/2017	15:52.0	124.12	124.73	124.86	0.02	627000	403000	578000	1609000
28/07/2017	25:52.0	124.2	124.86	124.76	0.02	628000	403000	579000	1610000
28/07/2017	35:52.0	124.29	124.88	124.64	0.02	628000	404000	580000	1612000
28/07/2017	45:52.0	124.42	124.99	124.8	0.02	629000	404000	581000	1614000
28/07/2017	55:52.0	124.4	125.1	124.96	0.02	630000	405000	581000	1616000
28/07/2017	05:52.0	124.51	125.1	125.16	0.02	630000	405000	582000	1618000
28/07/2017	15:52.0	124.25	124.81	124.66	0.02	631000	406000	583000	1619000
28/07/2017	25:52.0	124.27	124.87	124.76	0.02	632000	406000	583000	1621000
28/07/2017	35:52.0	124.4	125.02	124.57	0.02	632000	407000	584000	1623000
28/07/2017	45:52.0	124.62	125.13	124.75	0.02	633000	407000	584000	1624000
28/07/2017	55:52.0	124.3	125.08	124.69	0.02	633000	408000	585000	1626000
28/07/2017	05:52.0	124.31	125.04	124.76	0.02	634000	408000	586000	1628000
28/07/2017	15:52.0	124.41	125.07	125.04	0.02	635000	409000	586000	1629000
28/07/2017	25:52.0	124.47	124.98	124.85	0.02	635000	409000	587000	1631000
28/07/2017	35:52.0	124.52	125.1	124.86	0.02	636000	410000	587000	1633000
28/07/2017	45:52.0	124.52	125.12	124.61	0.02	637000	410000	588000	1635000
28/07/2017	55:52.0	124.29	124.91	124.47	0.02	637000	410000	589000	1636000
28/07/2017	05:52.0	124.3	124.96	124.73	0.02	638000	411000	589000	1638000
28/07/2017	15:52.0	124.16	124.75	124.66	0.02	638000	411000	590000	1640000
28/07/2017	25:52.0	123.92	124.54	124.52	0.02	639000	412000	590000	1641000
28/07/2017	35:52.0	123.8	124.47	124.4	0.02	640000	412000	591000	1643000
28/07/2017	45:52.0	123.44	124.07	124.12	0.02	640000	413000	591000	1645000
28/07/2017	55:52.0	123.3	124.01	123.27	0.02	641000	413000	592000	1646000
28/07/2017	05:52.0	122.91	123.49	122.68	0.02	642000	414000	593000	1649000
28/07/2017	15:52.0	122.18	122.86	122.13	0.02	642000	414000	594000	1651000
28/07/2017	25:52.0	122.63	123.21	122.24	0.02	643000	415000	595000	1653000
28/07/2017	35:52.0	122.37	123.05	122.01	0.02	643000	416000	596000	1655000
28/07/2017	45:52.0	122.21	123.28	122.01	0.02	644000	416000	598000	1658000
28/07/2017	55:52.0	122.05	123.24	122.05	0.02	645000	417000	599000	1660000
28/07/2017	05:52.0	121.9	123.36	121.85	0.02	645000	417000	600000	1662000

Continuación del apéndice 2.

28/07/2017	15:52.0	122.14	123.11	122.01	0.02	646000	417000	601000	1664000
28/07/2017	25:52.0	121.85	123.04	122.52	0.02	647000	418000	601000	1666000
28/07/2017	35:52.0	121.86	123.13	122.65	0.02	647000	418000	602000	1668000
28/07/2017	45:52.0	121.68	122.75	122.67	0.02	648000	419000	602000	1669000
28/07/2017	55:52.0	121.85	123.4	122.56	0.02	649000	419000	603000	1671000
28/07/2017	05:52.0	121.92	123.35	122.4	0.02	650000	420000	603000	1673000
28/07/2017	15:52.0	121.79	122.87	121.96	0.02	650000	420000	604000	1674000
28/07/2017	25:52.0	122.38	123.09	122.46	0.02	651000	420000	605000	1676000
28/07/2017	35:52.0	122.14	123.4	122.89	0.02	652000	421000	606000	1679000
28/07/2017	45:52.0	121.2	122.43	122.19	0.02	653000	421000	606000	1681000
28/07/2017	55:52.0	121.25	122.89	122.29	0.02	654000	422000	607000	1683000
28/07/2017	05:52.0	122.29	123.65	123.12	0.02	655000	423000	608000	1685000
28/07/2017	15:52.0	121.89	123.46	123.15	0.02	656000	423000	608000	1687000
28/07/2017	25:52.0	120.83	122.67	122.11	0.02	657000	424000	609000	1690000
28/07/2017	35:52.0	120.36	122.29	121.96	0.02	658000	424000	609000	1692000
28/07/2017	45:52.0	120.3	122.12	121.84	0.02	660000	425000	610000	1695000
28/07/2017	55:52.0	120.43	122.27	121.81	0.02	661000	426000	611000	1697000
28/07/2017	05:52.0	120.54	122.67	122.12	0.02	662000	427000	611000	1700000
28/07/2017	15:52.0	120.87	123.03	122.3	0.02	664000	427000	612000	1703000
28/07/2017	25:52.0	121.16	123.31	122.78	0.02	665000	428000	613000	1706000
28/07/2017	35:52.0	121.46	124.09	123.36	0.02	666000	430000	614000	1710000
28/07/2017	45:52.0	121.67	123.91	123.02	0.02	668000	431000	615000	1714000
28/07/2017	55:52.0	121.56	123.68	122.69	0.02	670000	432000	617000	1719000
28/07/2017	05:52.0	121.88	123.67	122.92	0.02	671000	434000	618000	1723000
28/07/2017	15:52.0	121.55	123.68	123.07	0.02	672000	435000	620000	1727000
28/07/2017	25:52.0	121.25	123.2	122.91	0.02	674000	436000	621000	1730000
28/07/2017	35:52.0	120.75	122.73	122.53	0.02	675000	437000	622000	1734000
28/07/2017	45:52.0	120.59	122.5	122.43	0.02	677000	438000	623000	1737000
28/07/2017	55:52.0	120.25	122.24	121.68	0.02	678000	439000	624000	1741000
28/07/2017	05:52.0	119.87	122.16	121.41	0.02	680000	439000	625000	1744000
28/07/2017	15:52.0	119.93	122.04	121.53	0.02	681000	440000	626000	1747000
28/07/2017	25:52.0	119.84	122.12	121.61	0.02	683000	441000	627000	1751000
28/07/2017	35:52.0	119.95	122.29	121.79	0.02	684000	442000	628000	1754000
28/07/2017	45:52.0	119.66	122.11	121.4	0.02	686000	443000	629000	1759000
28/07/2017	55:52.0	120.1	122.14	121.58	0.02	688000	445000	630000	1763000
28/07/2017	05:52.0	121.1	122.99	122.18	0.02	690000	446000	632000	1767000
28/07/2017	15:52.0	121.5	123.7	122.7	0.02	692000	447000	633000	1772000
28/07/2017	25:52.0	121.27	123.43	122.55	0.02	694000	448000	635000	1776000
28/07/2017	35:52.0	120.48	122.65	122.53	0.02	696000	449000	636000	1781000
28/07/2017	45:52.0	120.62	123.05	122.51	0.02	698000	450000	637000	1785000
28/07/2017	55:52.0	120.76	123.03	122.37	0.02	699000	451000	639000	1789000
28/07/2017	05:52.0	120.83	123.35	122.65	0.02	701000	452000	640000	1793000
28/07/2017	15:52.0	120.7	122.81	122.4	0.02	703000	453000	641000	1797000
28/07/2017	25:52.0	120.96	123.1	122.24	0.02	705000	453000	643000	1801000
28/07/2017	35:52.0	121.08	123	122.28	0.02	706000	454000	644000	1804000
28/07/2017	45:52.0	120.93	123.07	122.41	0.02	708000	455000	645000	1808000
28/07/2017	55:52.0	121.18	122.88	122.8	0.02	709000	456000	646000	1811000
28/07/2017	05:52.0	121.03	122.57	122.53	0.02	711000	457000	647000	1815000
28/07/2017	15:52.0	120.85	122.49	122.25	0.02	712000	458000	649000	1819000
28/07/2017	25:52.0	120.85	122.22	121.75	0.02	714000	459000	650000	1823000

Continuación del apéndice 2.

28/07/2017	35:52.0	120.6	122.13	121.51	0.02	715000	460000	651000	1826000
28/07/2017	45:52.0	120.64	121.56	121.2	0.02	717000	461000	653000	1831000
28/07/2017	55:52.0	120.68	121.89	121.43	0.02	719000	463000	655000	1836000
28/07/2017	05:52.0	120.84	122.23	122.04	0.02	721000	464000	657000	1842000
28/07/2017	15:52.0	120.97	122.23	122.43	0.02	723000	466000	658000	1847000
28/07/2017	25:52.0	121.1	122.38	122.75	0.02	725000	468000	659000	1852000
28/07/2017	35:52.0	121.77	123.03	123.17	0.02	727000	470000	661000	1857000
28/07/2017	45:52.0	122.18	123.67	123.55	0.02	728000	471000	662000	1862000
28/07/2017	55:52.0	122.41	123.93	123.36	0.02	730000	472000	664000	1866000
28/07/2017	05:52.0	122.68	124.43	123.4	0.02	731000	474000	665000	1870000
28/07/2017	15:52.0	122.06	123.37	122.74	0.02	733000	475000	667000	1875000
28/07/2017	25:52.0	122.06	123.39	122.64	0.02	735000	477000	669000	1880000
28/07/2017	35:52.0	122.39	123.65	123.24	0.02	737000	478000	671000	1886000
28/07/2017	45:52.0	122.47	124.17	123.37	0.02	738000	480000	672000	1890000
28/07/2017	55:52.0	122.48	124.18	123.48	0.02	740000	481000	674000	1895000
28/07/2017	05:52.0	121.98	123.8	122.83	0.02	742000	482000	675000	1899000
28/07/2017	15:52.0	122.05	123.58	122.89	0.02	744000	483000	676000	1903000
28/07/2017	25:52.0	121.82	123.21	122.64	0.02	745000	484000	678000	1907000
28/07/2017	35:52.0	121.31	122.9	122.14	0.02	747000	486000	679000	1912000
28/07/2017	45:52.0	121.79	122.87	122.35	0.02	749000	487000	681000	1916000
28/07/2017	55:52.0	122.04	123.25	122.72	0.02	750000	488000	682000	1920000
28/07/2017	05:52.0	122.94	124.01	123.2	0.02	752000	489000	683000	1924000
28/07/2017	15:52.0	122.88	124.28	122.85	0.02	753000	490000	685000	1928000
28/07/2017	25:52.0	122.11	123.39	121.15	0.02	755000	490000	686000	1932000
28/07/2017	35:52.0	121.46	122.59	120.8	0.02	756000	492000	689000	1936000
28/07/2017	45:52.0	122.5	123.79	121.82	0.02	757000	492000	691000	1940000
28/07/2017	55:52.0	122.72	123.94	121.99	0.02	759000	493000	693000	1944000
28/07/2017	05:52.0	122.3	123.32	121.55	0.02	760000	494000	694000	1948000
28/07/2017	15:52.0	122.43	123.62	121.77	0.02	761000	495000	696000	1951000
28/07/2017	25:52.0	122.51	123.44	122.31	0.02	762000	495000	697000	1954000
28/07/2017	35:52.0	122.76	123.76	122.54	0.02	763000	496000	699000	1957000
28/07/2017	45:52.0	123	124.17	123.02	0.02	763000	496000	700000	1959000
28/07/2017	55:52.0	123.1	124.28	123.23	0.02	764000	497000	701000	1961000
28/07/2017	05:52.0	123.27	124.54	123.4	0.02	765000	497000	702000	1964000
28/07/2017	15:52.0	123.31	124.46	123.23	0.02	766000	497000	703000	1966000
28/07/2017	25:52.0	123.61	124.66	123.34	0.02	767000	498000	704000	1968000
28/07/2017	35:52.0	123.78	124.93	123.44	0.02	768000	498000	705000	1971000
28/07/2017	45:52.0	122.81	123.81	122.78	0.02	769000	499000	706000	1974000
28/07/2017	55:52.0	122.38	123.45	122.62	0.02	770000	499000	707000	1976000
28/07/2017	05:52.0	122.88	123.76	122.81	0.02	770000	500000	708000	1978000
28/07/2017	15:52.0	123.59	124.09	123.2	0.02	771000	500000	709000	1981000
28/07/2017	25:52.0	123.77	124.35	123.32	0.02	772000	501000	711000	1983000
28/07/2017	35:52.0	123.7	124.4	123.52	0.02	773000	501000	712000	1986000
28/07/2017	45:52.0	123.63	124.32	123.3	0.02	774000	501000	713000	1988000
28/07/2017	55:52.0	123.62	124.23	123.42	0.02	775000	502000	714000	1991000
28/07/2017	05:52.0	123.15	123.86	123.03	0.02	776000	502000	715000	1993000
28/07/2017	15:52.0	123.08	123.59	123.52	0.02	776000	503000	716000	1995000
28/07/2017	25:52.0	123	123.54	123.8	0.02	777000	503000	717000	1997000
28/07/2017	35:52.0	123.16	123.79	123.87	0.02	778000	504000	717000	1999000
28/07/2017	45:52.0	123.42	124.08	124.11	0.02	778000	504000	718000	2000000

Continuación del apéndice 2.

28/07/2017	55:52.0	123.85	124.36	124.42	0.02	779000	505000	718000	2002000
28/07/2017	05:52.0	123.48	124.1	124.01	0.02	780000	505000	719000	2004000
28/07/2017	15:52.0	123.68	124.15	124.04	0.02	780000	506000	720000	2005000
28/07/2017	25:52.0	124.12	124.66	124.65	0.02	781000	506000	720000	2007000
28/07/2017	35:52.0	124.36	125.02	124.74	0.02	782000	507000	721000	2009000
28/07/2017	45:52.0	124.56	125.02	124.88	0.02	782000	507000	721000	2011000
28/07/2017	55:52.0	124.53	125.19	125.22	0.02	783000	507000	722000	2012000
29/07/2017	05:52.0	124.1	125.23	124.62	0.02	784000	508000	723000	2014000
29/07/2017	15:52.0	124.37	125.33	124.93	0.02	784000	508000	723000	2016000
29/07/2017	25:52.0	124.24	125.18	124.77	0.02	785000	509000	724000	2018000
29/07/2017	35:52.0	124.31	125.18	124.88	0.02	786000	509000	725000	2019000
29/07/2017	45:52.0	124.11	125.1	125.06	0.02	786000	510000	725000	2021000
29/07/2017	55:52.0	123.44	124.14	124.12	0.02	787000	510000	726000	2023000
29/07/2017	05:52.0	122.3	123.13	123.07	0.02	788000	510000	726000	2024000
29/07/2017	15:52.0	122.59	123.5	123.03	0.02	788000	511000	727000	2026000
29/07/2017	25:52.0	122.99	123.61	123.32	0.02	789000	511000	727000	2028000
29/07/2017	35:52.0	123.32	123.61	123.24	0.02	790000	512000	728000	2029000
29/07/2017	45:52.0	123.29	123.69	123.31	0.02	790000	512000	729000	2031000
29/07/2017	55:52.0	123.41	123.8	123.73	0.02	791000	513000	730000	2033000
29/07/2017	05:52.0	123.4	123.98	123.88	0.02	791000	513000	730000	2035000
29/07/2017	15:52.0	123.43	124.12	124.14	0.02	792000	514000	731000	2036000
29/07/2017	25:52.0	123.35	124.04	123.98	0.02	793000	514000	731000	2038000
29/07/2017	35:52.0	123.44	124.11	124	0.02	793000	514000	731000	2039000
29/07/2017	45:52.0	123.47	123.93	123.54	0.02	794000	515000	732000	2041000
29/07/2017	55:52.0	123.65	124.3	123.83	0.02	795000	515000	733000	2043000
29/07/2017	05:52.0	123.7	124.27	123.97	0.02	795000	516000	733000	2044000
29/07/2017	15:52.0	123.7	124.37	123.95	0.02	796000	516000	734000	2046000
29/07/2017	25:52.0	123.87	124.4	124.02	0.02	797000	517000	735000	2048000
29/07/2017	35:52.0	123.84	124.34	124.2	0.02	797000	517000	735000	2050000
29/07/2017	45:52.0	123.31	124.07	124.01	0.02	798000	517000	736000	2051000
29/07/2017	55:52.0	123.4	124.01	123.69	0.02	799000	518000	736000	2053000
29/07/2017	05:52.0	123.51	124.05	123.74	0.02	799000	518000	737000	2055000
29/07/2017	15:52.0	123.31	123.9	123.67	0.02	800000	519000	737000	2056000
29/07/2017	25:52.0	123.15	123.84	123.52	0.02	801000	519000	738000	2058000
29/07/2017	35:52.0	122.82	123.55	123.27	0.02	801000	520000	739000	2060000
29/07/2017	45:52.0	122.61	123.25	123.13	0.02	802000	520000	739000	2061000
29/07/2017	55:52.0	122.29	123.11	122.19	0.02	803000	520000	740000	2063000
29/07/2017	05:52.0	122.38	123.37	122.02	0.02	803000	521000	741000	2065000
29/07/2017	15:52.0	122.56	123.33	122.29	0.02	804000	522000	742000	2068000
29/07/2017	25:52.0	122.33	123.06	122.38	0.02	805000	522000	743000	2070000
29/07/2017	35:52.0	123.22	124.11	123.31	0.02	806000	523000	744000	2072000
29/07/2017	45:52.0	123.21	124.44	123.32	0.02	806000	523000	745000	2075000
29/07/2017	55:52.0	123.24	124.59	123.47	0.02	807000	524000	746000	2077000
29/07/2017	05:52.0	123.32	124.63	123.33	0.02	808000	524000	747000	2079000
29/07/2017	15:52.0	123.06	124.31	122.88	0.02	809000	524000	748000	2081000
29/07/2017	25:52.0	122.38	123.57	122.43	0.02	809000	525000	749000	2083000
29/07/2017	35:52.0	122.87	124.15	122.89	0.02	810000	525000	750000	2086000
29/07/2017	45:52.0	122.55	123.78	122.62	0.02	811000	526000	751000	2088000
29/07/2017	55:52.0	122.32	123.57	122.3	0.02	811000	526000	752000	2090000
29/07/2017	05:52.0	122.34	123.34	122.46	0.02	812000	526000	753000	2092000

Continuación del apéndice 2.

29/07/2017	15:52.0	121.34	122.83	121.57	0.02	813000	527000	754000	2094000
29/07/2017	25:52.0	122.03	123.65	122.4	0.02	814000	527000	755000	2096000
29/07/2017	35:52.0	121.5	122.88	121.83	0.02	815000	527000	756000	2098000
29/07/2017	45:52.0	121.04	122.44	121.79	0.02	816000	528000	756000	2100000
29/07/2017	55:52.0	120.76	122.43	121.76	0.02	817000	528000	757000	2102000
29/07/2017	05:52.0	120.62	122.58	121.97	0.02	818000	528000	758000	2104000
29/07/2017	15:52.0	121.44	123.14	122.55	0.02	819000	529000	758000	2106000
29/07/2017	25:52.0	121.75	123.38	122.9	0.02	820000	530000	759000	2108000
29/07/2017	35:52.0	121.53	123.04	122.07	0.02	821000	530000	759000	2111000
29/07/2017	45:52.0	121.58	122.88	122.05	0.02	822000	531000	761000	2114000
29/07/2017	55:52.0	121.57	122.87	122.19	0.02	824000	532000	762000	2117000
29/07/2017	05:52.0	121.63	123.13	122.22	0.02	825000	533000	763000	2121000
29/07/2017	15:52.0	121.96	122.88	122.9	0.02	826000	534000	764000	2124000
29/07/2017	25:52.0	122.25	123.51	123.34	0.02	828000	535000	765000	2129000
29/07/2017	35:52.0	122.01	123.44	123.11	0.02	830000	537000	766000	2133000
29/07/2017	45:52.0	121.51	123.34	122.9	0.02	832000	538000	767000	2137000
29/07/2017	55:52.0	121.01	122.59	122.2	0.02	834000	539000	768000	2141000
29/07/2017	05:52.0	121.46	122.9	122.25	0.02	836000	541000	770000	2146000
29/07/2017	15:52.0	121.2	122.97	122.22	0.02	837000	542000	771000	2150000
29/07/2017	25:52.0	120.87	123.1	122.39	0.02	839000	543000	772000	2154000
29/07/2017	35:52.0	120.48	122.94	122.15	0.02	841000	544000	773000	2157000
29/07/2017	45:52.0	119.78	122.05	121.18	0.02	842000	544000	774000	2161000
29/07/2017	55:52.0	119.64	121.95	120.85	0.02	844000	545000	776000	2165000
29/07/2017	05:52.0	120.02	121.91	121.17	0.02	846000	547000	777000	2169000
29/07/2017	15:52.0	119.84	121.69	120.85	0.02	847000	547000	778000	2173000
29/07/2017	25:52.0	119.49	121.51	120.94	0.02	849000	548000	780000	2177000
29/07/2017	35:52.0	120	122.34	121.32	0.02	851000	549000	781000	2180000
29/07/2017	45:52.0	120.45	122.62	121.82	0.02	852000	550000	782000	2184000
29/07/2017	55:52.0	120.68	122.66	122.41	0.02	854000	551000	783000	2188000
29/07/2017	05:52.0	121.19	122.97	123.04	0.02	856000	552000	784000	2192000
29/07/2017	15:52.0	121.34	123.68	122.92	0.02	858000	553000	786000	2196000
29/07/2017	25:52.0	121.37	123.91	122.76	0.02	859000	554000	787000	2200000
29/07/2017	35:52.0	121.59	123.95	122.78	0.02	861000	555000	788000	2204000
29/07/2017	45:52.0	121.62	123.76	122.67	0.02	863000	556000	790000	2209000
29/07/2017	55:52.0	121.64	123.99	123.06	0.02	865000	557000	792000	2213000
29/07/2017	05:52.0	121.27	123.86	122.87	0.02	866000	558000	793000	2217000
29/07/2017	15:52.0	121.07	123.45	122.61	0.02	868000	558000	794000	2221000
29/07/2017	25:52.0	121.02	123.31	122.66	0.02	870000	559000	795000	2225000
29/07/2017	35:52.0	121.29	123.35	122.27	0.02	872000	560000	797000	2229000
29/07/2017	45:52.0	121.5	123.6	122.36	0.02	873000	561000	798000	2233000
29/07/2017	55:52.0	121.21	123.33	122.63	0.02	875000	562000	800000	2237000
29/07/2017	05:52.0	121.07	122.98	122.71	0.02	877000	564000	801000	2242000
29/07/2017	15:52.0	120.57	122.38	122.19	0.02	879000	565000	803000	2247000
29/07/2017	25:52.0	121.1	122.45	122.79	0.02	881000	567000	804000	2252000
29/07/2017	35:52.0	121.56	122.87	123.71	0.02	883000	569000	806000	2258000
29/07/2017	45:52.0	122.01	122.8	123.33	0.02	886000	571000	807000	2264000
29/07/2017	55:52.0	121.68	123	122.84	0.02	888000	573000	809000	2270000
29/07/2017	05:52.0	121.67	123.05	122.62	0.02	890000	575000	811000	2275000
29/07/2017	15:52.0	121.92	123.41	123.09	0.02	892000	576000	813000	2281000
29/07/2017	25:52.0	121.85	123.56	122.78	0.02	894000	578000	815000	2286000

Continuación del apéndice 2.

29/07/2017	35:52.0	121.93	123.19	122.69	0.02	896000	579000	816000	2292000
29/07/2017	45:52.0	122.35	123.34	122.89	0.02	898000	581000	818000	2297000
29/07/2017	55:52.0	122.23	123.13	122.58	0.02	900000	582000	820000	2302000
29/07/2017	05:52.0	122.67	123.61	122.85	0.02	901000	584000	822000	2307000
29/07/2017	15:52.0	122.45	123.82	122.52	0.02	903000	585000	823000	2311000
29/07/2017	25:52.0	121.73	123.31	121.64	0.02	904000	586000	825000	2316000
29/07/2017	35:52.0	121.32	122.88	121.34	0.02	906000	587000	827000	2321000
29/07/2017	45:52.0	121.62	122.83	121.43	0.02	908000	588000	829000	2325000
29/07/2017	55:52.0	121.98	123.21	121.81	0.02	909000	590000	831000	2330000
29/07/2017	05:52.0	122.73	123.99	122.35	0.02	911000	591000	833000	2335000
29/07/2017	15:52.0	122.97	124.01	122.26	0.02	912000	592000	836000	2340000
29/07/2017	25:52.0	123.17	124.36	122.4	0.02	914000	594000	838000	2345000
29/07/2017	35:52.0	122.87	123.83	122.12	0.02	915000	595000	840000	2350000
29/07/2017	45:52.0	122.78	123.95	122.42	0.02	916000	596000	842000	2355000
29/07/2017	55:52.0	123.22	124.12	122.73	0.02	918000	597000	844000	2359000
29/07/2017	05:52.0	123.35	124.42	123.1	0.02	919000	598000	846000	2363000
29/07/2017	15:52.0	123.05	124.11	123.06	0.02	920000	599000	848000	2367000
29/07/2017	25:52.0	121.88	122.47	121.74	0.02	921000	599000	849000	2370000
29/07/2017	35:52.0	121.08	121.9	120.94	0.02	923000	600000	851000	2374000
29/07/2017	45:52.0	120.9	121.81	120.6	0.02	924000	601000	852000	2377000
29/07/2017	55:52.0	121.14	121.93	120.94	0.02	925000	602000	854000	2381000
29/07/2017	05:52.0	122	122.71	121.5	0.02	926000	603000	856000	2385000
29/07/2017	15:52.0	122.17	122.69	121.94	0.02	927000	604000	858000	2389000
29/07/2017	25:52.0	122.34	122.87	122.39	0.02	928000	604000	859000	2392000
29/07/2017	35:52.0	122.45	123.22	122.52	0.02	929000	605000	861000	2395000
29/07/2017	45:52.0	122.48	123.14	122.51	0.02	930000	605000	862000	2397000
29/07/2017	55:52.0	122.73	123.59	123	0.02	931000	606000	863000	2400000
29/07/2017	05:52.0	122.88	123.86	123.36	0.02	932000	606000	864000	2402000
29/07/2017	15:52.0	123.09	123.87	123.26	0.02	933000	607000	865000	2405000
29/07/2017	25:52.0	123.53	124.15	123.38	0.02	933000	607000	866000	2407000
29/07/2017	35:52.0	123.82	124.27	123.7	0.02	934000	608000	867000	2410000
29/07/2017	45:52.0	123.71	124.39	123.55	0.02	935000	609000	869000	2412000
29/07/2017	55:52.0	122.86	123.9	123.09	0.02	936000	609000	870000	2414000
29/07/2017	05:52.0	123.31	124.55	123.81	0.02	937000	609000	871000	2417000
29/07/2017	15:52.0	123.81	125	123.83	0.02	938000	610000	872000	2419000
29/07/2017	25:52.0	123.93	124.92	123.81	0.02	938000	610000	873000	2422000
29/07/2017	35:52.0	124.04	125.05	124.02	0.02	939000	611000	874000	2424000
29/07/2017	45:52.0	123.83	124.45	123.93	0.02	940000	611000	875000	2426000
29/07/2017	55:52.0	122.37	122.96	122.87	0.02	941000	612000	876000	2428000
29/07/2017	05:52.0	122.38	122.98	122.9	0.02	941000	612000	876000	2430000
29/07/2017	15:52.0	121.87	122.61	122.66	0.02	942000	613000	877000	2432000
29/07/2017	25:52.0	122.27	122.8	122.92	0.02	943000	613000	878000	2434000
29/07/2017	35:52.0	122.6	123.07	123.49	0.02	943000	614000	878000	2435000
29/07/2017	45:52.0	122.64	123.06	123.39	0.02	944000	614000	878000	2437000
29/07/2017	55:52.0	123.08	123.61	123.64	0.02	945000	615000	879000	2439000
29/07/2017	05:52.0	123.38	123.8	123.68	0.02	945000	615000	880000	2440000
29/07/2017	15:52.0	122.99	123.51	123.2	0.02	946000	616000	880000	2442000
29/07/2017	25:52.0	123.18	123.68	123.21	0.02	947000	616000	881000	2444000
29/07/2017	35:52.0	123.12	123.6	123.39	0.02	947000	617000	882000	2446000
29/07/2017	45:52.0	123.34	123.85	123.79	0.02	948000	617000	882000	2448000

Continuación del apéndice 2.

29/07/2017	55:52.0	123.48	123.95	124.21	0.02	949000	618000	883000	2449000
30/07/2017	05:52.0	123.9	124.4	124.62	0.02	949000	618000	883000	2451000
30/07/2017	15:52.0	123.93	124.38	124.49	0.02	950000	619000	884000	2453000
30/07/2017	25:52.0	124	124.55	124.25	0.02	951000	619000	884000	2454000
30/07/2017	35:52.0	123.2	123.73	123.43	0.02	951000	620000	885000	2456000
30/07/2017	45:52.0	123.39	123.88	123.75	0.02	952000	620000	886000	2458000
30/07/2017	55:52.0	123.47	124.06	123.5	0.02	953000	621000	887000	2460000
30/07/2017	05:52.0	122.14	122.88	122.62	0.02	953000	621000	887000	2462000
30/07/2017	15:52.0	122.05	122.91	122.93	0.02	954000	622000	888000	2464000
30/07/2017	25:52.0	122.78	123.61	123.52	0.02	955000	622000	888000	2465000
30/07/2017	35:52.0	123.68	124.22	124.06	0.02	955000	623000	889000	2467000
30/07/2017	45:52.0	123.95	124.44	124.06	0.02	956000	623000	890000	2469000
30/07/2017	55:52.0	123.95	124.31	124.21	0.02	957000	623000	890000	2470000
30/07/2017	05:52.0	123.76	124.46	124.29	0.02	957000	624000	891000	2472000
30/07/2017	15:52.0	123.87	124.51	124.43	0.02	958000	624000	891000	2474000
30/07/2017	25:52.0	124.12	124.77	124.63	0.02	959000	625000	892000	2476000
30/07/2017	35:52.0	124.1	124.62	124.51	0.02	959000	625000	892000	2477000
30/07/2017	45:52.0	124.19	124.65	124.38	0.02	960000	626000	893000	2479000
30/07/2017	55:52.0	124.18	124.83	124.33	0.02	961000	626000	894000	2481000
30/07/2017	05:52.0	124.27	124.99	124.51	0.02	961000	627000	894000	2483000
30/07/2017	15:52.0	124.12	124.88	124.65	0.02	962000	627000	895000	2484000
30/07/2017	25:52.0	124.39	125.01	124.78	0.02	963000	628000	896000	2486000
30/07/2017	35:52.0	124.06	124.65	124.52	0.02	963000	628000	896000	2488000
30/07/2017	45:52.0	124.13	124.74	124.56	0.02	964000	629000	897000	2490000
30/07/2017	55:52.0	123.91	124.67	124.61	0.02	965000	629000	897000	2491000
30/07/2017	05:52.0	123.86	124.64	124.51	0.02	965000	630000	898000	2493000
30/07/2017	15:52.0	123.95	124.59	124.33	0.02	966000	630000	899000	2495000
30/07/2017	25:52.0	123.67	124.38	124.16	0.02	967000	631000	899000	2496000
30/07/2017	35:52.0	123.42	123.88	123.74	0.02	967000	631000	900000	2498000
30/07/2017	45:52.0	123.24	123.88	123.55	0.02	968000	632000	900000	2500000
30/07/2017	55:52.0	122.98	123.65	122.97	0.02	969000	632000	901000	2502000
30/07/2017	05:52.0	122.66	123.35	122.57	0.02	969000	633000	902000	2504000
30/07/2017	15:52.0	122.87	123.76	122.77	0.02	970000	633000	903000	2506000
30/07/2017	25:52.0	122.43	123.25	122.23	0.02	971000	634000	904000	2508000
30/07/2017	35:52.0	122.03	123.16	122	0.02	971000	634000	905000	2511000
30/07/2017	45:52.0	122.33	123.45	122.36	0.02	972000	635000	906000	2513000
30/07/2017	55:52.0	122.65	124.18	122.58	0.02	973000	635000	907000	2515000
30/07/2017	05:52.0	123.22	124.72	123.24	0.02	974000	636000	908000	2518000
30/07/2017	15:52.0	122.53	123.74	123.01	0.02	974000	636000	909000	2519000
30/07/2017	25:52.0	122.45	123.74	123.04	0.02	975000	637000	909000	2521000
30/07/2017	35:52.0	122.3	123.38	122.74	0.02	976000	637000	910000	2523000
30/07/2017	45:52.0	122.18	123.53	122.9	0.02	977000	638000	910000	2525000
30/07/2017	55:52.0	122.01	123.15	122.69	0.02	977000	638000	911000	2527000
30/07/2017	05:52.0	121.84	122.99	122.66	0.02	978000	639000	911000	2528000
30/07/2017	15:52.0	122.48	123.88	123.34	0.02	979000	639000	912000	2530000
30/07/2017	25:52.0	121.62	122.65	122.29	0.02	980000	640000	913000	2532000
30/07/2017	35:52.0	121.44	122.59	122.32	0.02	981000	640000	913000	2534000
30/07/2017	45:52.0	121.29	122.31	122.02	0.02	982000	641000	914000	2536000
30/07/2017	55:52.0	120.95	122.53	122.12	0.02	983000	641000	915000	2539000
30/07/2017	05:52.0	120.51	122.2	121.79	0.02	984000	642000	915000	2541000

Continuación del apéndice 2.

30/07/2017	15:52.0	120.77	122.39	121.89	0.02	985000	643000	916000	2543000
30/07/2017	25:52.0	121.13	122.74	122.46	0.02	986000	643000	916000	2546000
30/07/2017	35:52.0	121.11	122.71	122.76	0.02	987000	644000	917000	2549000
30/07/2017	45:52.0	120.43	122.16	122.12	0.02	989000	645000	918000	2551000
30/07/2017	55:52.0	120.28	122.11	121.92	0.02	990000	646000	918000	2554000
30/07/2017	05:52.0	120.37	122.45	121.93	0.02	991000	647000	919000	2557000
30/07/2017	15:52.0	120.2	121.78	121.55	0.02	993000	648000	920000	2561000
30/07/2017	25:52.0	120.83	122.47	122.14	0.02	994000	649000	922000	2565000
30/07/2017	35:52.0	120.68	122.42	122.32	0.02	995000	651000	923000	2569000
30/07/2017	45:52.0	120.3	122.13	121.87	0.02	996000	652000	924000	2572000
30/07/2017	55:52.0	120.24	121.85	121.53	0.02	998000	653000	925000	2576000
30/07/2017	05:52.0	120.64	122.17	122.56	0.02	999000	654000	926000	2580000
30/07/2017	15:52.0	121.94	123.51	123.92	0.02	1000000	655000	927000	2583000
30/07/2017	25:52.0	121.26	123.07	123.31	0.02	1001000	657000	928000	2586000
30/07/2017	35:52.0	121.04	122.87	122.88	0.02	1003000	658000	929000	2590000
30/07/2017	45:52.0	120.7	122.39	122.6	0.02	1004000	659000	931000	2593000
30/07/2017	55:52.0	120.27	122.19	122.46	0.02	1005000	659000	932000	2596000
30/07/2017	05:52.0	119.97	121.78	122.21	0.02	1007000	660000	932000	2600000
30/07/2017	15:52.0	119.87	121.56	121.84	0.02	1008000	661000	933000	2603000
30/07/2017	25:52.0	119.8	121.52	121.52	0.02	1010000	662000	935000	2607000
30/07/2017	35:52.0	119.77	121.47	121.53	0.02	1011000	664000	936000	2611000
30/07/2017	45:52.0	119.77	121.32	121.43	0.02	1013000	665000	937000	2615000
30/07/2017	55:52.0	119.79	121.44	121.46	0.02	1014000	666000	939000	2619000
30/07/2017	05:52.0	120.37	122.42	122.29	0.02	1016000	667000	940000	2623000
30/07/2017	15:52.0	120.69	123	122.64	0.02	1018000	668000	942000	2627000
30/07/2017	25:52.0	120.82	122.78	122.83	0.02	1020000	669000	943000	2632000
30/07/2017	35:52.0	121.15	123.3	123	0.02	1022000	671000	945000	2637000
30/07/2017	45:52.0	121.02	123.53	122.69	0.02	1024000	672000	946000	2643000
30/07/2017	55:52.0	121.45	124	122.95	0.02	1026000	674000	948000	2648000
30/07/2017	05:52.0	121.5	124.42	122.95	0.02	1028000	675000	950000	2652000
30/07/2017	15:52.0	121.48	124.38	123.3	0.02	1030000	676000	951000	2656000
30/07/2017	25:52.0	121.56	124.24	123.22	0.02	1032000	676000	952000	2661000
30/07/2017	35:52.0	122.23	124.15	123.51	0.02	1034000	677000	954000	2665000
30/07/2017	45:52.0	122.38	123.7	123.35	0.02	1035000	678000	955000	2668000
30/07/2017	55:52.0	121.87	123.38	123.13	0.02	1036000	679000	956000	2672000
30/07/2017	05:52.0	122	123.48	123.29	0.02	1038000	681000	958000	2676000
30/07/2017	15:52.0	121.66	123.15	122.87	0.02	1039000	682000	959000	2681000
30/07/2017	25:52.0	121.51	122.86	122.55	0.02	1041000	683000	961000	2686000
30/07/2017	35:52.0	121.39	122.69	122.62	0.02	1043000	685000	963000	2691000
30/07/2017	45:52.0	121.53	122.78	123.1	0.02	1045000	687000	965000	2696000
30/07/2017	55:52.0	121.6	122.73	123.08	0.02	1047000	688000	966000	2702000
30/07/2017	05:52.0	121.73	123.1	123.36	0.02	1049000	690000	968000	2707000
30/07/2017	15:52.0	121.78	123.29	123.46	0.02	1051000	692000	970000	2712000
30/07/2017	25:52.0	121.88	123.2	123.35	0.02	1053000	694000	971000	2717000
30/07/2017	35:52.0	121.79	123.06	123.31	0.02	1055000	695000	973000	2723000
30/07/2017	45:52.0	122.32	123.44	123.45	0.02	1057000	697000	974000	2728000
30/07/2017	55:52.0	121.97	122.88	123.43	0.02	1058000	698000	976000	2733000
30/07/2017	05:52.0	122.18	123.19	124.09	0.02	1060000	700000	977000	2737000
30/07/2017	15:52.0	122.48	123.67	124.07	0.02	1062000	701000	978000	2741000
30/07/2017	25:52.0	121.78	122.64	122.53	0.02	1063000	702000	979000	2745000

Continuación del apéndice 2.

30/07/2017	35:52.0	121.34	122.14	122.17	0.02	1065000	704000	981000	2749000
30/07/2017	45:52.0	121.82	122.37	122.53	0.02	1067000	705000	982000	2754000
30/07/2017	55:52.0	121.82	122.61	122.59	0.02	1068000	706000	984000	2758000
30/07/2017	05:52.0	122.12	123	122.96	0.02	1070000	708000	985000	2763000
30/07/2017	15:52.0	121.69	122.79	122.48	0.02	1071000	709000	987000	2767000
30/07/2017	25:52.0	121.66	122.58	121.88	0.02	1073000	710000	988000	2771000
30/07/2017	35:52.0	121.6	122.56	121.49	0.02	1075000	711000	990000	2776000
30/07/2017	45:52.0	122.08	122.76	121.86	0.02	1076000	712000	992000	2781000
30/07/2017	55:52.0	122.25	123.15	121.93	0.02	1078000	714000	993000	2785000
30/07/2017	05:52.0	123.03	124.06	122.71	0.02	1079000	715000	995000	2789000
30/07/2017	15:52.0	122.54	123.66	122.26	0.02	1081000	716000	997000	2793000
30/07/2017	25:52.0	122.39	123.18	122.03	0.02	1082000	716000	999000	2797000
30/07/2017	35:52.0	122.65	123.69	122.84	0.02	1083000	717000	1000000	2801000
30/07/2017	45:52.0	122.36	123.45	122.82	0.02	1084000	718000	1001000	2804000
30/07/2017	55:52.0	122.48	123.42	122.76	0.02	1086000	719000	1003000	2807000
30/07/2017	05:52.0	122.74	123.46	122.55	0.02	1086000	719000	1004000	2810000
30/07/2017	15:52.0	123	123.63	122.79	0.02	1087000	720000	1005000	2812000
30/07/2017	25:52.0	122.96	123.69	122.87	0.02	1088000	720000	1007000	2815000
30/07/2017	35:52.0	123.36	124.05	123.46	0.02	1089000	721000	1008000	2818000
30/07/2017	45:52.0	123.69	124.27	123.53	0.02	1089000	722000	1009000	2820000
30/07/2017	55:52.0	123.71	124.13	123.67	0.02	1090000	722000	1010000	2823000
30/07/2017	05:52.0	123.73	124.34	124.05	0.02	1091000	723000	1011000	2825000
30/07/2017	15:52.0	123.89	124.38	124.05	0.02	1091000	724000	1012000	2827000
30/07/2017	25:52.0	123.84	124.36	124.01	0.02	1092000	724000	1013000	2829000
30/07/2017	35:52.0	123.91	124.4	124.23	0.02	1093000	725000	1014000	2832000
30/07/2017	45:52.0	123.68	124.89	124.07	0.02	1094000	725000	1016000	2834000
30/07/2017	55:52.0	123.74	124.92	124.11	0.02	1094000	726000	1017000	2837000
30/07/2017	05:52.0	123.85	124.46	123.96	0.02	1095000	726000	1018000	2839000
30/07/2017	15:52.0	123.78	124.48	123.62	0.02	1096000	727000	1019000	2842000
30/07/2017	25:52.0	124.09	124.84	123.67	0.02	1097000	728000	1020000	2844000
30/07/2017	35:52.0	123.12	124.01	123.1	0.02	1098000	728000	1021000	2847000
30/07/2017	45:52.0	122.82	123.71	122.74	0.02	1098000	729000	1022000	2849000
30/07/2017	55:52.0	122.96	123.8	122.57	0.02	1099000	729000	1023000	2851000
30/07/2017	05:52.0	123.33	123.8	123.21	0.02	1100000	729000	1024000	2853000
30/07/2017	15:52.0	122.51	122.93	122.92	0.02	1101000	730000	1025000	2855000
30/07/2017	25:52.0	122.57	123.25	122.71	0.02	1101000	730000	1025000	2857000
30/07/2017	35:52.0	122.99	123.77	123.49	0.02	1102000	731000	1026000	2859000
30/07/2017	45:52.0	123.12	123.6	123.6	0.02	1103000	731000	1026000	2860000
30/07/2017	55:52.0	123.63	124.15	124.12	0.02	1103000	732000	1027000	2862000
30/07/2017	05:52.0	123.95	124.42	124.42	0.02	1104000	732000	1027000	2863000
30/07/2017	15:52.0	124.23	124.76	124.68	0.02	1105000	733000	1028000	2865000
30/07/2017	25:52.0	123.96	124.46	124.26	0.02	1105000	733000	1028000	2867000
30/07/2017	35:52.0	123.89	124.46	124.36	0.02	1106000	734000	1029000	2869000
30/07/2017	45:52.0	123.25	123.8	123.73	0.02	1107000	734000	1030000	2870000
30/07/2017	55:52.0	123.27	123.81	123.72	0.02	1107000	735000	1030000	2872000
31/07/2017	05:52.0	123.26	123.7	123.74	0.02	1108000	735000	1031000	2874000
31/07/2017	15:52.0	123.34	123.58	124.04	0.02	1108000	736000	1031000	2875000
31/07/2017	25:52.0	123.09	123.44	123.52	0.02	1109000	736000	1032000	2877000
31/07/2017	35:52.0	123.28	123.82	123.88	0.02	1110000	737000	1032000	2879000
31/07/2017	45:52.0	123.37	124.05	124.02	0.02	1110000	737000	1033000	2880000

Continuación del apéndice 2.

31/07/2017	55:52.0	123.45	123.85	124	0.02	1111000	738000	1033000	2882000
31/07/2017	05:52.0	123.76	124.27	124.34	0.02	1112000	738000	1034000	2884000
31/07/2017	15:52.0	124.04	124.55	124.79	0.02	1112000	739000	1034000	2885000
31/07/2017	25:52.0	124.37	124.89	124.8	0.02	1113000	739000	1035000	2887000
31/07/2017	35:52.0	124.23	124.88	124.63	0.02	1114000	740000	1036000	2889000
31/07/2017	45:52.0	124.55	124.88	124.82	0.02	1114000	740000	1036000	2891000
31/07/2017	55:52.0	124.45	125.07	124.84	0.02	1115000	740000	1037000	2892000
31/07/2017	05:52.0	124.43	125.2	125.08	0.02	1115000	741000	1037000	2894000
31/07/2017	15:52.0	124.35	125.02	125.05	0.02	1116000	741000	1038000	2895000
31/07/2017	25:52.0	124.41	125.04	124.94	0.02	1117000	742000	1038000	2897000
31/07/2017	35:52.0	124.49	125.11	125	0.02	1117000	742000	1039000	2899000
31/07/2017	45:52.0	124.49	125.14	125.03	0.02	1118000	743000	1040000	2900000
31/07/2017	55:52.0	124.23	125.14	124.77	0.02	1119000	743000	1040000	2902000
31/07/2017	05:52.0	124.18	125.07	124.85	0.02	1119000	744000	1041000	2904000
31/07/2017	15:52.0	123.04	123.88	123.92	0.02	1120000	744000	1041000	2905000
31/07/2017	25:52.0	123.04	123.9	123.54	0.02	1121000	745000	1042000	2907000
31/07/2017	35:52.0	122.86	123.72	123.62	0.02	1121000	745000	1042000	2909000
31/07/2017	45:52.0	122.75	123.78	123.69	0.02	1122000	746000	1043000	2911000
31/07/2017	55:52.0	122.64	123.74	123.68	0.02	1123000	746000	1044000	2912000
31/07/2017	05:52.0	122.69	123.67	123.69	0.02	1123000	747000	1044000	2914000
31/07/2017	15:52.0	122.5	123.65	123.48	0.02	1124000	747000	1045000	2915000
31/07/2017	25:52.0	122.45	123.48	123.44	0.02	1124000	748000	1045000	2917000
31/07/2017	35:52.0	122.38	123.34	123.47	0.02	1125000	748000	1046000	2919000
31/07/2017	45:52.0	122.28	123.28	123.17	0.02	1126000	749000	1046000	2920000
31/07/2017	55:52.0	122.17	123.08	122.23	0.02	1126000	749000	1047000	2922000
31/07/2017	05:52.0	122.11	123.37	122.33	0.02	1127000	750000	1048000	2925000
31/07/2017	15:52.0	122.37	123.37	121.97	0.02	1128000	750000	1049000	2927000
31/07/2017	25:52.0	122.41	123.04	121.85	0.02	1129000	751000	1050000	2930000
31/07/2017	35:52.0	122.41	123.27	122.38	0.02	1130000	751000	1051000	2932000
31/07/2017	45:52.0	122.7	123.5	122.95	0.02	1130000	752000	1052000	2934000
31/07/2017	55:52.0	124.18	125.25	124.24	0.02	1131000	752000	1053000	2936000
31/07/2017	05:52.0	123.83	124.97	123.89	0.02	1132000	753000	1054000	2938000
31/07/2017	15:52.0	122.98	124.04	123.42	0.02	1132000	753000	1055000	2940000
31/07/2017	25:52.0	122.71	123.79	123.14	0.02	1133000	754000	1055000	2942000
31/07/2017	35:52.0	122.62	123.76	123.36	0.02	1134000	754000	1056000	2944000
31/07/2017	45:52.0	122	123.34	122.99	0.02	1135000	755000	1057000	2946000
31/07/2017	55:52.0	122	123.34	122.72	0.02	1136000	755000	1057000	2948000
31/07/2017	05:52.0	121.55	122.89	122.45	0.02	1136000	756000	1057000	2949000
31/07/2017	15:52.0	121.56	122.98	122.19	0.02	1137000	756000	1058000	2951000
31/07/2017	25:52.0	121.93	122.96	122.54	0.02	1138000	756000	1059000	2953000
31/07/2017	35:52.0	122.43	123.47	122.97	0.02	1139000	757000	1059000	2955000
31/07/2017	45:52.0	121.97	123.22	122.74	0.02	1140000	757000	1060000	2957000
31/07/2017	55:52.0	121.34	122.85	122.27	0.02	1141000	758000	1060000	2959000
31/07/2017	05:52.0	121.05	122.79	122.23	0.02	1142000	758000	1061000	2961000
31/07/2017	15:52.0	120.98	122.87	122.31	0.02	1143000	758000	1061000	2963000
31/07/2017	25:52.0	120.67	122.54	121.89	0.02	1144000	759000	1062000	2965000
31/07/2017	35:52.0	120.86	122.46	122.07	0.02	1145000	759000	1063000	2967000
31/07/2017	45:52.0	120.84	122.59	122.24	0.02	1146000	760000	1063000	2970000
31/07/2017	55:52.0	120.87	122.71	122.27	0.02	1148000	761000	1064000	2972000
31/07/2017	05:52.0	121	122.86	122.49	0.02	1149000	762000	1065000	2975000

Continuación del apéndice 2.

31/07/2017	15:52.0	120.79	122.55	122.47	0.02	1150000	762000	1066000	2978000
31/07/2017	25:52.0	120.49	122.11	121.76	0.02	1152000	763000	1067000	2981000
31/07/2017	35:52.0	120.4	121.76	121.61	0.02	1153000	764000	1068000	2985000
31/07/2017	45:52.0	120.72	121.84	121.99	0.02	1154000	765000	1069000	2988000
31/07/2017	55:52.0	120.5	121.9	121.78	0.02	1156000	766000	1070000	2991000
31/07/2017	05:52.0	120.73	122.39	122.07	0.02	1157000	767000	1071000	2995000
31/07/2017	15:52.0	120.23	122.37	121.78	0.02	1159000	768000	1072000	2999000
31/07/2017	25:52.0	119.72	121.86	121.37	0.02	1160000	769000	1073000	3002000
31/07/2017	35:52.0	120.32	122.34	121.75	0.02	1162000	770000	1074000	3006000
31/07/2017	45:52.0	120.73	122.58	122.44	0.02	1163000	771000	1076000	3010000
31/07/2017	55:52.0	120.99	122.78	122.71	0.02	1165000	772000	1077000	3013000
31/07/2017	05:52.0	121.4	123.27	123.04	0.02	1166000	773000	1078000	3016000
31/07/2017	15:52.0	121.11	123.17	122.82	0.02	1168000	773000	1079000	3020000
31/07/2017	25:52.0	120.95	122.76	122.37	0.02	1169000	774000	1080000	3023000
31/07/2017	35:52.0	121.01	122.97	122.16	0.02	1171000	775000	1081000	3027000
31/07/2017	45:52.0	120.75	122.64	121.9	0.02	1173000	776000	1083000	3031000
31/07/2017	55:52.0	120.9	122.7	122.16	0.02	1174000	776000	1084000	3035000
31/07/2017	05:52.0	121.14	122.81	122.81	0.02	1176000	777000	1085000	3039000
31/07/2017	15:52.0	121.4	123.38	123.06	0.02	1177000	779000	1087000	3043000
31/07/2017	25:52.0	121.65	123.81	123.1	0.02	1179000	780000	1088000	3047000
31/07/2017	35:52.0	122.12	124.36	123.06	0.02	1181000	780000	1090000	3051000
31/07/2017	45:52.0	122.13	124.55	122.94	0.02	1183000	781000	1091000	3055000
31/07/2017	55:52.0	121.82	124.26	122.87	0.02	1184000	782000	1092000	3059000
31/07/2017	05:52.0	121.83	124.22	122.98	0.02	1186000	783000	1094000	3063000
31/07/2017	15:52.0	121.78	124.19	123.41	0.02	1188000	784000	1095000	3066000
31/07/2017	25:52.0	121.5	124.07	123.66	0.02	1189000	784000	1096000	3070000
31/07/2017	35:52.0	121.9	124.25	123.77	0.02	1191000	785000	1097000	3073000
31/07/2017	45:52.0	122.13	124.37	123.82	0.02	1192000	786000	1098000	3076000
31/07/2017	55:52.0	122.34	124.36	123.3	0.02	1194000	787000	1099000	3080000
31/07/2017	05:52.0	122.05	124.21	123.14	0.02	1195000	788000	1101000	3083000
31/07/2017	15:52.0	121.57	123.91	123.08	0.02	1197000	788000	1102000	3087000
31/07/2017	25:52.0	121.48	123.6	123.06	0.02	1199000	790000	1103000	3092000
31/07/2017	35:52.0	121.65	123.56	122.84	0.02	1201000	791000	1105000	3097000
31/07/2017	45:52.0	121.63	123.89	123.27	0.02	1203000	793000	1106000	3102000
31/07/2017	55:52.0	121.56	123.74	123.41	0.02	1205000	794000	1107000	3106000
31/07/2017	05:52.0	121.97	123.64	123.44	0.02	1206000	795000	1109000	3110000
31/07/2017	15:52.0	122.48	123.95	123.02	0.02	1208000	796000	1111000	3116000
31/07/2017	25:52.0	122.68	123.93	123.03	0.02	1210000	798000	1113000	3121000
31/07/2017	35:52.0	122.54	123.73	122.96	0.02	1212000	799000	1115000	3127000
31/07/2017	45:52.0	122.75	123.77	123.02	0.02	1214000	801000	1117000	3132000
31/07/2017	55:52.0	122.74	123.85	123.09	0.02	1216000	802000	1119000	3137000
31/07/2017	05:52.0	121.76	122.73	122.04	0.02	1218000	804000	1121000	3142000
31/07/2017	15:52.0	121.56	122.41	121.55	0.02	1219000	805000	1123000	3147000
31/07/2017	25:52.0	121.66	122.27	121.56	0.02	1221000	806000	1125000	3152000
31/07/2017	35:52.0	121.67	122.2	121.28	0.02	1223000	807000	1127000	3157000
31/07/2017	45:52.0	121.33	121.97	121.14	0.02	1224000	809000	1130000	3163000
31/07/2017	55:52.0	121.23	122.04	120.95	0.02	1226000	810000	1132000	3167000
31/07/2017	05:52.0	121.78	122.39	121.39	0.02	1227000	811000	1134000	3172000
31/07/2017	15:52.0	121.96	122.81	121.72	0.02	1228000	812000	1135000	3176000
31/07/2017	25:52.0	122.26	123.11	121.9	0.02	1230000	813000	1137000	3179000

Continuación del apéndice 2.

31/07/2017	35:52.0	122.88	123.44	122.05	0.02	1231000	814000	1139000	3183000
31/07/2017	45:52.0	122.62	123.3	121.8	0.02	1232000	814000	1140000	3187000
31/07/2017	55:52.0	121.95	122.74	121.41	0.02	1233000	815000	1142000	3190000
31/07/2017	05:52.0	122.16	122.82	121.98	0.02	1234000	816000	1143000	3193000
31/07/2017	15:52.0	121.78	122.42	121.4	0.02	1235000	817000	1145000	3197000
31/07/2017	25:52.0	121.39	122	120.99	0.02	1236000	817000	1146000	3200000
31/07/2017	35:52.0	121.24	122	121.08	0.02	1237000	818000	1148000	3203000
31/07/2017	45:52.0	121.28	122.13	121.1	0.02	1238000	819000	1149000	3206000
31/07/2017	55:52.0	121.25	122.5	121.37	0.02	1239000	819000	1151000	3210000
31/07/2017	05:52.0	121.48	122.66	121.73	0.02	1240000	820000	1152000	3213000
31/07/2017	15:52.0	121.82	122.83	122.27	0.02	1241000	820000	1154000	3215000
31/07/2017	25:52.0	122.19	123.29	122.63	0.02	1242000	821000	1155000	3218000
31/07/2017	35:52.0	122.23	123.29	122.82	0.02	1243000	821000	1155000	3220000
31/07/2017	45:52.0	122.6	123.57	123.15	0.02	1244000	822000	1156000	3222000
31/07/2017	55:52.0	122.89	124.04	123.26	0.02	1245000	822000	1157000	3224000
31/07/2017	05:52.0	123.13	124.27	123.46	0.02	1245000	823000	1158000	3227000
31/07/2017	15:52.0	123.46	124.4	123.75	0.02	1246000	823000	1160000	3229000
31/07/2017	25:52.0	123.8	124.8	124.06	0.02	1247000	824000	1161000	3231000
31/07/2017	35:52.0	124.08	124.8	124.33	0.02	1247000	824000	1161000	3233000
31/07/2017	45:52.0	124.05	124.87	124.29	0.02	1248000	825000	1162000	3235000
31/07/2017	55:52.0	123.62	124.36	123.65	0.02	1249000	825000	1163000	3238000
31/07/2017	05:52.0	123.8	124.52	123.45	0.02	1250000	826000	1164000	3240000
31/07/2017	15:52.0	123.79	124.51	123.31	0.02	1251000	826000	1166000	3243000
31/07/2017	25:52.0	124.17	124.77	123.74	0.02	1252000	827000	1167000	3245000
31/07/2017	35:52.0	124.15	125	123.97	0.02	1252000	827000	1168000	3247000
31/07/2017	45:52.0	124.2	124.98	124.54	0.02	1253000	827000	1169000	3250000
31/07/2017	55:52.0	124.01	124.99	124.34	0.02	1254000	828000	1170000	3252000
31/07/2017	05:52.0	123.58	124.23	124.66	0.02	1255000	828000	1171000	3254000
31/07/2017	15:52.0	123.35	123.82	124.34	0.02	1255000	829000	1171000	3255000
31/07/2017	25:52.0	123.26	123.82	124.23	0.02	1256000	829000	1172000	3257000
31/07/2017	35:52.0	123.2	123.8	124.13	0.02	1257000	830000	1172000	3259000
31/07/2017	45:52.0	123.6	124.27	124.47	0.02	1257000	830000	1173000	3260000
31/07/2017	55:52.0	124.07	124.64	124.78	0.02	1258000	831000	1173000	3262000
31/07/2017	05:52.0	124.16	124.96	124.89	0.02	1259000	831000	1174000	3264000
31/07/2017	15:52.0	123.86	124.77	124.5	0.02	1259000	832000	1174000	3266000
31/07/2017	25:52.0	123.3	124.14	123.73	0.02	1260000	832000	1175000	3267000
31/07/2017	35:52.0	123.61	124.5	124.4	0.02	1261000	833000	1176000	3269000
31/07/2017	45:52.0	123.24	124.26	124.07	0.02	1261000	833000	1176000	3271000
31/07/2017	55:52.0	122.94	123.96	123.92	0.02	1262000	834000	1177000	3272000
1/08/2017	05:52.0	123.16	124.09	123.98	0.02	1263000	834000	1177000	3274000
1/08/2017	15:52.0	123.13	124.01	123.84	0.02	1263000	834000	1178000	3275000
1/08/2017	25:52.0	123.13	124.1	123.88	0.02	1264000	835000	1178000	3277000
1/08/2017	35:52.0	123.32	124.24	123.88	0.02	1265000	835000	1179000	3279000
1/08/2017	45:52.0	123.58	124.36	124.1	0.02	1265000	836000	1179000	3280000
1/08/2017	55:52.0	123.7	124.52	124.16	0.02	1266000	836000	1180000	3282000
1/08/2017	05:52.0	123.67	124.55	124.31	0.02	1267000	837000	1181000	3284000
1/08/2017	15:52.0	123.79	124.6	124.51	0.02	1267000	837000	1181000	3285000
1/08/2017	25:52.0	123.86	124.88	124.77	0.02	1268000	838000	1182000	3287000
1/08/2017	35:52.0	124.42	125.11	124.71	0.02	1268000	838000	1182000	3289000
1/08/2017	45:52.0	124.47	125.11	124.85	0.02	1269000	838000	1183000	3290000

Fuente: elaboración propia empleando FLUKE 435

ANEXOS

Anexo 1. Certificado de calibración equipo FLUKE 435

Model/Serial Number:

Manufactured according to ISO 9001 FLUKE-435/UNT 0040 004 35008 S/N 0M9761022

FLUKE®

Calibration Date:

For calibration date see instrument software
--

 **Statement of Calibration Practices**

FLUKE hereby certifies that this product was calibrated in accordance with applicable Fluke calibration procedures during the manufacturing process. These procedures are ISO 9001 controlled and are designed to assure that the instrument meets its published specification.

FLUKE further certifies that the measurement standards and instruments used during the calibration of this product are traceable to the national standards of the country of origin. At planned intervals, FLUKE's measurement standards are calibrated by comparison to or measurement against the national standards of the country of origin.

This document is not a certificate of calibration. To obtain a certificate of calibration, send the product to any FLUKE Service Center. A nominal fee is charged for this service.


Johan Bakkenes
Quality Manager
Fluke Industrial B.V.

4822 872 00885 – Rev. 4

Fuente: FLUKE 435.

Anexo 2. **Certificado de calibración clase A equipo fluke 435**

IEC 61000-4-30 Class A Statement of Compliance

FLUKE hereby certifies that this product is complies to the Class A requirements of the international standard for power quality testing and measurement techniques IEC 61000-4-30 ed.1.0 2003-02 © IEC:2003, plus Corrigendum 1, August 2006.

IEC 61000-4-30 cites values and requirements from the following standards:

- IEC 61000-4-15 ed.1.1 2003-02 © IEC:2003 (Flickermeter)
- IEC 61000-4-7 ed.2.0 2002-08 © IEC:2002 (Harmonics and Interharmonics)
- IEC 61000-2-4 ed 1.0 1994-02 © IEC:2002 (Compatibility levels)

To validate the performance of the product an independent test was performed at Power Standards Lab, Alameda, California, U.S.A. For your reference, a summary of the test results is printed on the rear of this document.

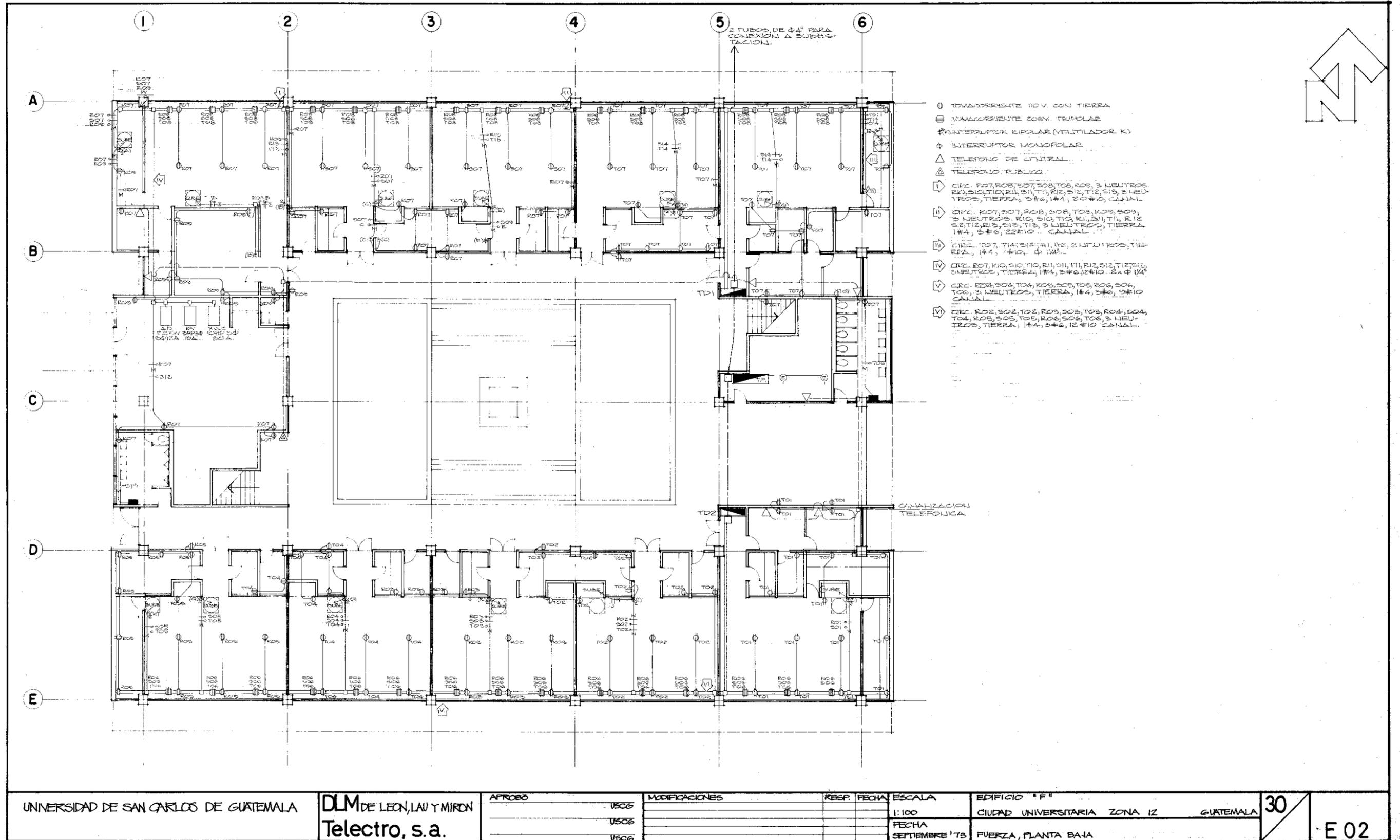


Jonathan Blaisdell,
Business Unit Manager, Fluke Power Quality Products

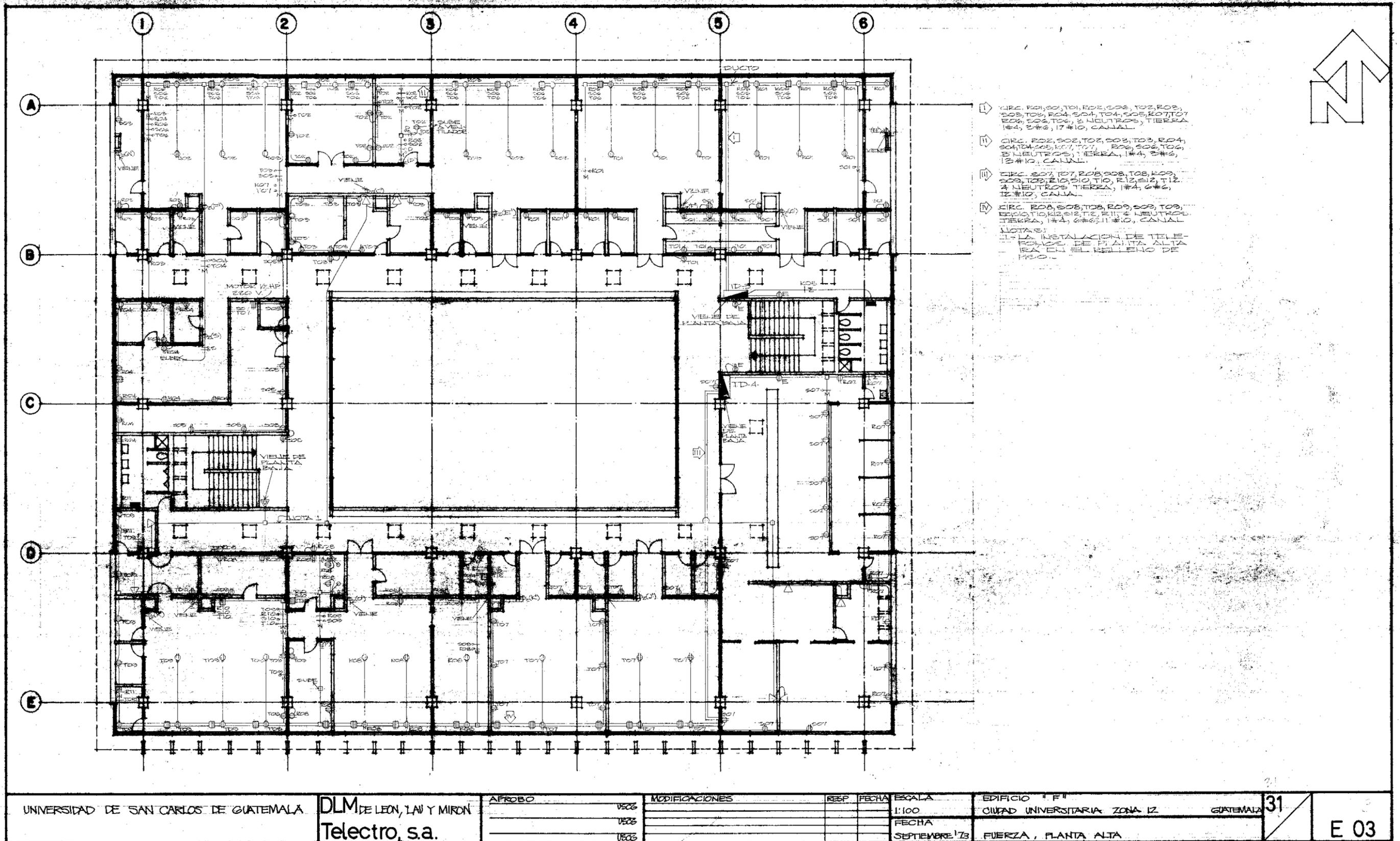


Fuente: *FLUKE 435*.

Anexo 3. Plano de fuerza planta baja



Anexo 4. Plano de fuerza planta alta



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DLM DE LEON, LAU Y MIRON
 Telectro, s.a.

APROBO

MODIFICACIONES

RESP

FECHA

ESCALA

EDIFICIO "F"
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12

GUATEMALA

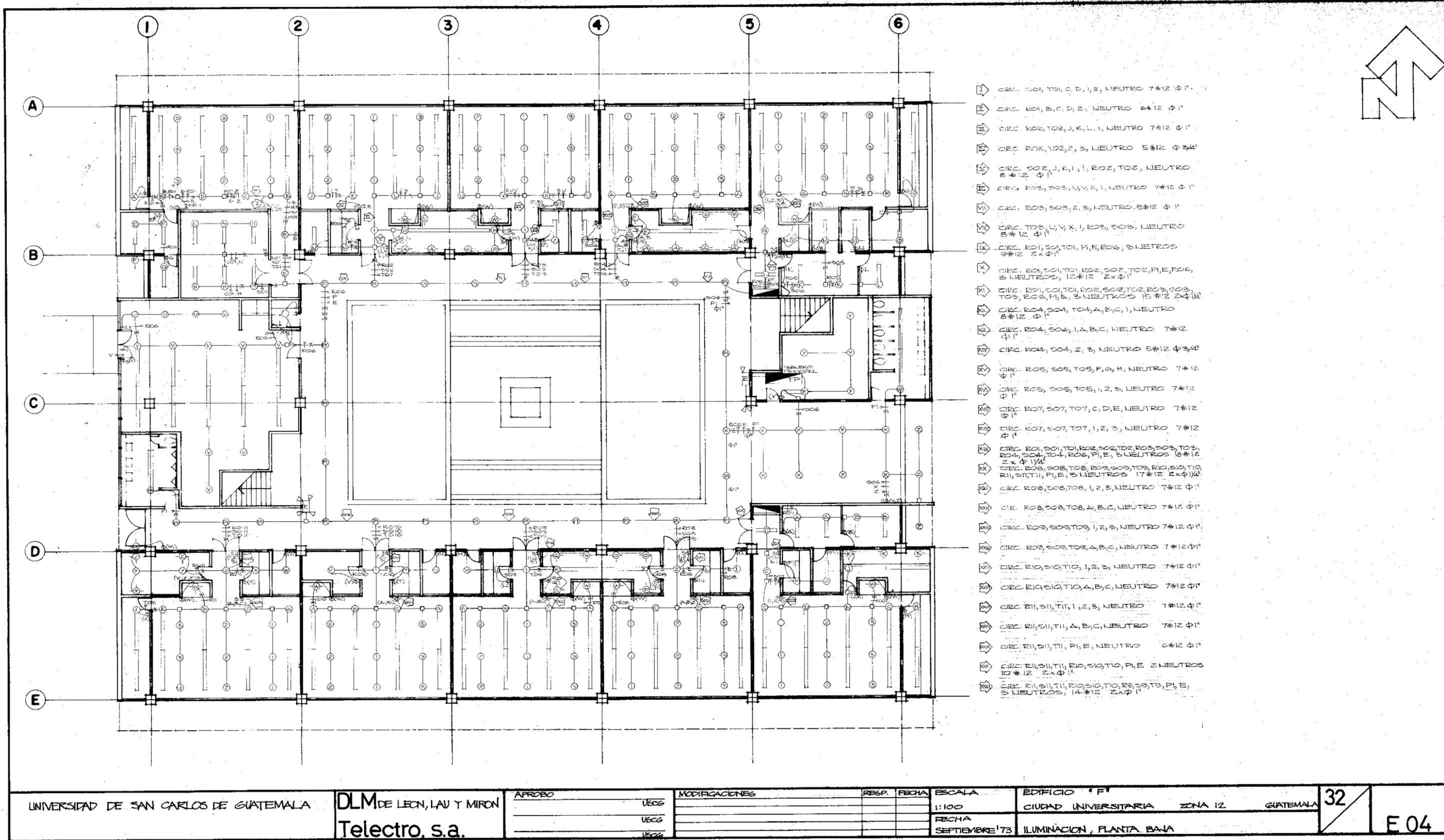
31

FECHA

FUERZA, PLANTA ALTA

E 03

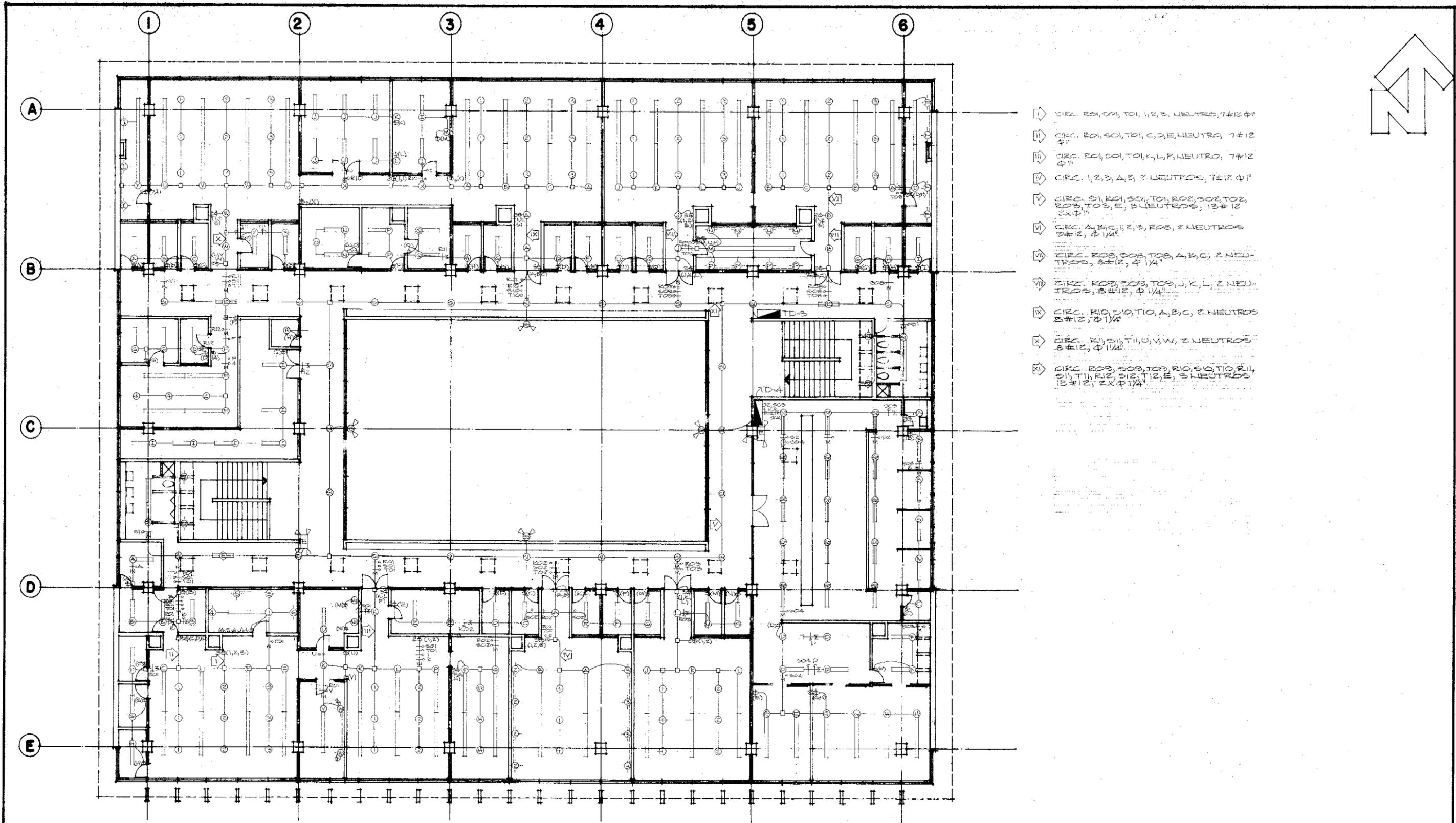
Anexo 5. Plano de iluminación planta baja



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	DLM DE LEON, LAU Y MIRON Telectro, s.a.	APROBO	VECG	MODIFICACIONES	RESP.	FECHA	ESCALA	EDIFICIO "F"	32
			VECG				1:100	CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12 GUATEMALA	
			VECG				FECHA	ILUMINACION, PLANTA BAJA	E 04
							SEPTIEMBRE '13		

Fuente: división de servicios generales. Universidad de San Carlos de Guatemala, septiembre 2017

Anexo 6. Plano de iluminación planta alta



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	DLM DE LEON, LAU Y MIRON Telectro, s.a.	APROBO	USOG	MODIFICACIONES	RESP.	FECHA	ESCALA	EDIFICIO "F"	33
			VECE				1:100	CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12 GUATEMALA	
							FECHA	ILUMINACION, PLANTA ALTA	E 05
							SEPTIEMBRE '78		

Fuente: división de servicios generales. Universidad de San Carlos de Guatemala, septiembre 2017