



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

**ANÁLISIS REGULATORIO DEL CONSUMO Y FACTURACIÓN POR ENERGÍA ELÉCTRICA
DE LOS EDIFICIOS T-3 Y T-10 EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Y
SOLUCIONES PRÁCTICAS PARA REDUCCIÓN DE SUS COSTOS**

Hoobertth Alfonso Ortiz Del Cid

Asesorado por el Ing. Miguel Antonio Santizo Pacheco

Guatemala, octubre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS REGULATORIO DEL CONSUMO Y FACTURACIÓN POR ENERGÍA ELÉCTRICA
DE LOS EDIFICIOS T-3 Y T-10 EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Y
SOLUCIONES PRÁCTICAS PARA REDUCCIÓN DE SUS COSTOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HOBERTH ALFONSO ORTIZ DEL CID

ASESORADO POR EL ING. MIGUEL ANTONIO SANTIZO PACHECO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

ANÁLISIS REGULATORIO DEL CONSUMO Y FACTURACIÓN POR ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS EDIFICIOS T-3 Y T-10 EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Y SOLUCIONES PRÁCTICAS PARA REDUCCIÓN DE SUS COSTOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 13 de octubre de 2019.

Hoobertth Alfonso Ortiz Del Cid

Guatemala, 18 de septiembre 2019

Ingeniero
Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería, USAC

Estimado Ingeniero Argueta:

Por este medio le informo que asesore al estudiante HOOBERTH ALFONSO ORTIZ DEL CID, de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, quien se identifica con CUI: 2223 82511 0101 y Registro Académico: 8912533, con el título:

- ANÁLISIS REGULATORIO DEL CONSUMO Y FACTURACIÓN POR ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS EDIFICIOS T-3 Y T-10 EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Y SOLUCIONES PRÁCTICAS PARA REDUCCION DE SUS COSTOS.

Por lo anterior extendiendo la presente carta, en conformidad con la aprobación y finalización de dicho proyecto.

Atentamente,



Ing. Miguel Antonio Santizo Pacheco
Asesor Externo
Colegiado No. 6794

Miguel Antonio Santizo Pacheco
INGENIERO ELECTRICISTA
No. 6794

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 24 de septiembre de 2019.
Ref.EPS.DOC.636.09.19.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Hoobertth Alfonso Ortiz del Cid** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, Registro Académico No. **8912533** y CUI **2223 82511 0101**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"ANÁLISIS REGULADORIO DEL CONSUMO Y FACTURACIÓN POR ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS EDIFICIOS T-3 Y T-10 EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Y SOLUCIONES PRÁCTICAS PARA REDUCCIÓN DE SUS COSTOS"**.

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. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Eléctrica



c.c. Archivo
KIER/ra

Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12.

Teléfono directo: 2442-3509

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala 24 de septiembre de 2019.
Ref.EPS.D.322.09.19.

Ing. Armando Alonso Rivera Castillo
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

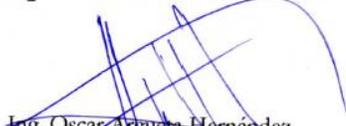
Estimado Ingeniero Rivera Castillo:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"ANÁLISIS REGULATORIO DEL CONSUMO Y FACTURACIÓN POR ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS EDIFICIOS T-3 Y T-10 EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Y SOLUCIONES PRÁCTICAS PARA REDUCCIÓN DE SUS COSTOS"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Hoobberth Alfonso Ortiz del Cid**, quien fue debidamente asesorado por el Ing. Miguel Antonio Santizo Pacheco y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF. EIME 62. 2019.
13 de MARZO 2019.

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:
**ANÁLISIS REGULATORIO DEL CONSUMO Y FACTURACIÓN
POR ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS EDIFICIOS T-3 Y T-10
EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Y
SOLUCIONES PRÁCTICAS PARA REDUCCIÓN DE SUS
COSTOS,** del estudiante; Hoobert Alfonso Ortiz del Cid, que
cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio Rolando Barrios Archila
Coordinador de Electrotécnica



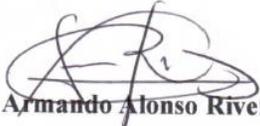
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF. EIME 62. 2019.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación de el estudiante: **HOOBERTH ALFONSO ORTIZ DEL CID** Titulado; **ANÁLISIS REGULATORIO DEL CONSUMO Y FACTURACIÓN POR ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS EDIFICIOS T-3 Y T-10 EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Y SOLUCIONES PRÁCTICAS PARA REDUCCIÓN DE SUS COSTOS**, procede a la autorización del mismo.


Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo



GUATEMALA, 30 DE SEPTIEMBRE 2019.



Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101 - 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

DTG. 492-2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS REGULATORIO DEL CONSUMO Y FACTURACIÓN POR ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS EDIFICIOS T-3 Y T-10 EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Y SOLUCIONES PRÁCTICAS PARA REDUCCIÓN DE SUS COSTOS**, presentado por el estudiante universitario: **Hoobert Alfonso Ortiz Del Cid**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, octubre de 2021

AACE/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por la fuente de sabiduría que con su luz divina iluminó mi vida educativa.
- Mis abuelos** Jesús Ortiz y Estefana Barahona, (q. e. p. d.), Jesús del Cid y María López, (q. e. p. d.), por su constante apoyo moral, y brindarme la mejor herencia en mi vida.
- Mis padres** José Alfonso Ortiz e Irma Yolanda del Cid, como muestra de agradecimiento por brindarme el apoyo moral, económico y sus múltiples esfuerzos para mi superación, y brindarme la mejor herencia en mi vida. Por darme la introducción de sus consejos que han sido útiles en mi proceso de vida hasta ahora.
- Mi esposa** Yeni Gómez, con mucho amor, por su tenacidad ante la vida y por creer todo el tiempo en mí y por su constante apoyo y paciencia.
- Mis hijos** Degan Gabriel y Santiago Sebastian Ortiz Gómez, con amor incondicional.
- Mis hermanos** Jae, Steve, Fabian y Lhogan Ortiz del Cid, con cariño por su respeto.

Mis sobrinos

Gabriela y Marcela Guevara, Cristian, Valery, Lea y Ariana Ortiz, con mucho cariño.

Mis asesores

Ing. Miguel Antonio Santizo Pacheco, Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz, gratitud sincera por el apoyo brindado.

Mis amigos

Del Grupo Ars, a los que están y estuvieron y al Ing. Darío López.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

A esta honorable casa de estudio por haberme brindado nuevas expectativas en mi vida profesional.

Facultad de Ingeniería

Especialmente a la Escuela de Mecánica Eléctrica a sus respetables catedráticos que me brindaron sus conocimientos y contribuyeron a mi preparación profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SIMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. RESEÑA HISTÓRICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	1
1.1. Antecedentes de la fundación de la Universidad de San Carlos de Guatemala.....	1
1.1.1. Fundación de la Universidad de San Carlos de Guatemala	3
1.2. Misión de la institución	5
1.3. Visión de la institución	5
1.4. Servicios que realiza	6
1.4.1. Como institución superior docente del Estado, corresponden a la universidad.....	7
1.4.2. Como centro de investigación le corresponde.....	8
1.4.3. Como depositaria de la cultura, corresponde a la universidad	8
1.4.4. También corresponde a la Universidad	9
1.5. Definición del proyecto	9
1.6. Planteamiento del problema.....	11

2.	MARCO TEÓRICO DE LAS TARIFAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y CONDICIONES DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO	15
2.1.	¿Quién aprueba las tarifas de energía eléctrica?.....	15
2.1.1.	Régimen de precios de la electricidad.....	16
2.2.	Tarifas hay actualmente en el sistema de energía del país	17
2.2.1.	Tarifas aplicables a consumidores finales de distribución final.....	17
2.3.	¿Qué parámetros tienen estas tarifas?	18
3.	GENERALIDADES DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA	27
3.1.	Calidad de servicio NTSD	27
3.2.	Acometida eléctrica.....	29
3.3.	Tipos de usuarios.....	30
3.4.	Demanda de potencia	33
3.5.	Factor de potencia	34
3.5.1.	Valores mínimos de factor de potencia permitidos para los usuarios.....	35
3.5.2.	Control del factor de potencia	35
3.5.3.	Indemnización por bajo factor de potencia.....	36
3.6.	Derechos y obligaciones del usuario.....	36
3.6.1.	Derechos de los usuarios, por la CNNE	37
3.6.2.	Obligaciones de los usuarios, por la CNNE	38
3.7.	Contrato de distribuidora	39
4.	DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA DEFINIR LA CONTRATACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UN USUARIO REGULADO Y PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO	49
4.1.	Potencia eléctrica máxima y contratada.....	49
4.2.	Energía eléctrica	50

4.3.	Normativas que aplican	52
4.4.	Penalizaciones	52
4.5.	Factor de potencia.....	62
5.	RECOPIACIÓN DE DATOS FACTURADOS	65
5.1.	Facturación.....	65
5.2.	Diagnóstico de la facturación actual	66
5.3.	Evaluación de demanda y energía contratada	69
5.4.	Factor de potencia comprometido	72
5.5.	Parámetros de calidad de energía.....	74
5.6.	Comparativo de demanda de potencia y energía contratada frente a demanda de potencia utilizada.....	76
6.	PROCEDIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL AHORRO CON BAJA INVERSIÓN.....	81
6.1.	Cartas de solicitud ante la empresa distribuidora para trámite de cambio de potencia y energía contratada.....	83
6.2.	Presentación de la solicitud de cambio de demanda y energía ante la empresa distribuidora	85
6.3.	Análisis del ahorro obtenido	87
7.	REQUERIMIENTOS PARA APLICAR A GRAN USUARIO.....	95
7.1.	Requerimientos técnicos	95
7.2.	Requerimientos legales	96
7.3.	Información que se requiere	96
7.4.	Procedimiento para convertirse a gran usuario	96
8.	PROCEDIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL AHORRO CON INVERSIÓN MÍNIMA.....	101

8.1.	Análisis de las mediciones	103
8.2.	Parámetros que pueden corregirse	104
9.	ANALIZADORES DE REDES ELÉCTRICAS UTILIZADOS	107
9.1.	Analizador de red	107
9.2.	Programas de medida	108
9.2.1.	Programa de medida estándar	109
9.2.2.	Programa de medida de energía y potencia	109
9.3.	Medición de tierra física de cada edificio y análisis de resultados.....	111
9.4.	Mediciones termográficas de tablero principal de subestación.....	116
9.5.	Montaje de los equipos de medición eléctrica.....	137
9.6.	Programación de parámetros del equipo de medición	140
9.7.	Descarga de resultados por software.....	141
9.8.	Análisis de los resultados de la medición.....	141
10.	GENERACIÓN DE PROYECTOS A MEDIANO PLAZO, PARA DISMINUIR LOS COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DE INVERSIONES MAYORES.....	155
10.1.	Presentación de alternativas para el ahorro de energía eléctrica.....	155
10.2.	Propuesta de cambio de luminarias	156
10.3.	Propuesta de cambio de equipos de mayor eficiencia	156
10.4.	Propuesta de granja solar	160
	CONCLUSIONES.....	165
	RECOMENDACIONES	167
	BIBLIOGRAFÍA.....	169

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Tipo de contadores, análogo y digital.....	50
2.	Gráfica de factores de energía, valle, resto, punta.....	51
3.	Valores facturados para 2016 para el edificio T-10.....	67
4.	Muestra los promedios anuales de los cargos en 2016, para el edificio T-10.....	68
5.	Valores facturados para 2016 para el edificio T-3.....	68
6.	Promedios anuales de los cargos en 2016, para el edificio T-3.....	69
7.	Potencia contratada frente a potencia máxima consumida.....	70
8.	Consumos en kWh del edificio T-10, de 2016.....	71
9.	Potencias contratadas en kW frente a potencia máxima consumida en kW, en el edificio T3, de Ingeniería.....	71
10.	Energía consumida durante 2016, del edificio T3, Ingeniería.....	72
11.	Muestra los consumos del factor de potencia durante 2016 y cómo se comportaron durante este año en el edificio T-10.....	73
12.	Muestra los consumos del factor de potencia durante 2016 y cómo se comportaron durante este año en el edificio T-3.....	73
13.	Demanda contratada frente a demanda consumida en el edificio T-10.....	77
14.	Demanda contratada frente a. demanda consumida en el edificio T-3.....	78
15.	Formulario sin llenar de solicitud de cambio de potencia de EEGSA.....	82
16.	Carta de autorización para trámite ante EEGSA, para petición de cambio de potencias.....	84

17.	Formulario presentado para el cambio de potencia en el edificio T-10	85
18.	Formulario presentado para el cambio de potencia en el edificio T-3	86
19.	Ahorro obtenido a partir del cambio octubre 2017 a marzo 2018 del edificio T-10	89
20.	Carta enviada por eegsa debido al cambio de potencias	91
21.	Muestra el ahorro obtenido a partir del cambio octubre 2017 a marzo 2018 del edificio T-3.....	94
22.	Equipo de medición instalado para la medición de características eléctricas.....	108
23.	Diagrama unifilar del edificio T-10	110
24.	Diagrama unifilar del edificio T-3	111
25.	Sistema de línea de distribución común conectado a tierra.....	113
26.	Circuito equivalente del sistema de línea de distribución.....	114
27.	Medición de resistencia para el punto del transformador tipo <i>pad-mounted</i> del edificio T-3	115
28.	Medición de resistencia para el punto del transformador tipo <i>pad-mounted</i> del edificio T-10	115
29.	Termografía lado alta T10.....	116
30.	Imagen de luz visible lado alta T10.....	117
31.	Termografía lado baja T10.....	118
32.	Imagen de luz visible lado baja T10.....	118
33.	<i>Breaker</i> principal edificio T10.....	119
34.	Imagen de luz visible, <i>breaker</i> principal T10.....	120
35.	Terminales de distribución, con carga T10	121
36.	Imagen de luz visible, con carga T10.....	121
37.	<i>Breakers</i> T10 y M6.....	122
38.	Imagen de luz visible, <i>breaker</i> secundarios T10.....	123

39.	<i>Breakers</i> T12 TP12, PD12 y TPE RSI.....	124
40.	Imagen de luz visible, <i>breaker</i> secundarios izquierdos T10.....	124
41.	<i>Breakers</i> T10, T11, M7, M6 y reserve	126
42.	Imagen de luz visible, <i>breakers</i> secundarios derechos T10.....	126
43.	Tablero baño mujeres	127
44.	Imagen de luz visible, tablero baño mujeres	128
45.	Tablero baño de hombres	129
46.	Imagen de luz visible, tablero baño hombres	129
47.	Transformador edificio, lado alta T3.....	130
48.	Imagen de luz visible, lado alta T3	131
49.	Transformador edificio, lado baja T3.....	132
50.	Imagen de luz visible, lado baja T3.....	132
51.	<i>Breaker</i> principal edificio T3.....	133
52.	Imagen de luz visible, <i>breaker</i> principal T3	134
53.	<i>Breaker</i> RSI T3, RSI T2	135
54.	Imagen de luz visible, <i>breakers</i> secundarios izquierdos T3	135
55.	Montaje del equipo de seguridad y medición en el edificio T-3.....	137
56.	Montaje de equipo en el lado de baja del transformador del T-3	138
57.	Montaje del equipo de medición en el edificio T-10	138
58.	Toma de muestras de temperatura en transformadores <i>pat-mounted</i>	139
59.	Toma de muestras de temperatura en <i>breakers</i>	139
60.	Voltajes de las tres fases de transformador del T-3.....	142
61.	Diagrama de barras de voltajes de tres fases de voltaje del T-3.....	143
62.	Armónicos en voltaje canal A, T-3.....	144
63.	Armónicos en corriente canal A, T-3.....	144
64.	Armónicos en voltaje canal B, T-3.....	145
65.	Armónicos en corriente canal B, T-3.....	145
66.	Armónicos en voltaje canal C, T-3	146

67.	Armónicos en corriente canal C, T-3.....	146
68.	Armónicos de corriente en canal D, T-3.....	147
69.	Voltajes de las tres fases de transformador del T-10.....	147
70.	Voltajes de las tres fases de transformador del T-3.....	148
71.	Diagrama de barras de voltajes de tres fases de voltaje del T-10	149
72.	Armónicos en voltaje canal A, T-10	150
73.	Armónicos en corriente canal A, T-10.....	150
74.	Armónicos en voltaje canal B, T-10	151
75.	Armónicos en corriente canal B, T-10.....	151
76.	Armónicos en voltaje canal C, T-10	152
77.	Armónicos en corriente canal C, T-10.....	152
78.	Armónicos en corriente canal D, T-10.....	153
79.	Sello del fideicomiso para ahorro de energía eléctrica	157

TABLAS

I.	Descripción de variables de cargos unitarios por energía	22
II.	Descripción de variables de cargo unitario por potencia máxima	23
III.	Descripción de variables cargo unitario por potencia contratada.....	24
IV.	Pliegos tarifarios vigentes para EEGSA de enero a diciembre 2016	25
V.	Tipos de tarifas de servicio de distribución de energía eléctrica.....	31
VI.	Tarifas para usuarios con potencia contratada	34
VII.	Pliegos tarifarios, para usuarios BTDFp y MTDfp	52
VIII.	Índice de calidad de la distorsión armónica de la corriente de carga.....	55
IX.	Tolerancias permitidas para el <i>flicker</i> generado por el usuario.....	59
X.	Consumos energéticos del edificio T-10, Farmacia	65
XI.	Consumos energéticos del edificio T-3, Facultad de Ingeniería	66
XII.	Consumos reales con potencia contratada en 163 kw	87
XIII.	Consumos reales si aún se tuviera la potencia contratada en 290 kw....	87

XIV.	Ahorro real desde la fecha de cambio de potencia octubre 2017 a marzo 2018	88
XV.	Proyección de ahorro a un año del cambio de potencia contratada en edificio T-10.....	88
XVI.	Consumos reales con potencia contratada en 107 kw	92
XVII.	Consumos reales si aún se tuviera la potencia contratada en 290 kw.....	92
XVIII.	Ahorro real desde la fecha de cambio de potencia octubre 2017 a marzo 2018, en el edificio T-3.....	93
XIX.	Proyección de ahorro a un año del cambio de potencia contratada en edificio T-3.....	93
XX.	Ejemplo de tabulación de precios para evaluar precios para el periodo 2016	102
XXI.	Resistividad de suelo	112
XXII.	Información de la imagen y temperaturas lado alta en edificio T10.....	117
XXIII.	Información de la imagen y temperaturas lado baja en edificio T10.....	119
XXIV.	Información de la imagen en terminales de entrada <i>breaker</i> del edificio T10.....	120
XXV.	Información de la imagen en terminales de salida de <i>breaker</i> del edificio T10.....	122
XXVI.	Información de la imagen y temperaturas en <i>breaker</i> T10 y M6 del edificio T10	123
XXVII.	Información de la imagen y temperaturas <i>breaker</i> T12, TP12, PD12, RSI, del edificio T10.....	125
XXVIII.	Información de la imagen y temperatura <i>breaker</i> M7 del edificio T10.....	127

XXIX.	Información de la imagen y temperatura de tablero baño mujeres del edificio T10.....	128
XXX.	Información de la imagen y temperatura de tablero baño hombres del edificio T10.....	130
XXXI.	Información de la imagen y temperatura de transformador del edificio T3, lado alta	131
XXXII.	Información de la imagen y temperatura de transformador del edificio T3, lado baja	133
XXXIII.	Información de la imagen y temperatura de <i>breaker</i> del edificio T3	134
XXXIV.	Información de la imagen y temperatura de <i>breakers</i> del edificio T3	136
XXXV.	Parámetros de medidor de energía	140

LISTA DE SIMBOLOS

Símbolo	Significado
I	Corriente
Ghz	Giga hercio
GB	Gigabytes
°C	Grados celcius
g/m³	Gramo por centímetro cúbico
Hz	Hercio
Kg	Kilogramos
kVA	Kilovoltio amperio
Mhz	Megahercio
MB	Megabytes
R	Resistencia
V	Voltaje
Vac	Voltio en corriente alterna
Vdc	Voltio en corriente directa
W	Vatio

GLOSARIO

ALFA	Proporción de valor agregado de distribución.
AMM	Administrador de mercado mayorista.
AP	Alumbrado público.
AT	Ajuste trimestral.
BTS	Baja tensión simple.
BTDfp3	Baja tensión con demanda fuera dep6.
BTDp	Baja tensión con demanda en punta.
BT	Baja tensión.
BTH	Baja tensión horaria.
CDMT	Costo de distribución en media tensión.
CE	Cargos por energía.
CENS	Costo de la energía no suministrada.
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

CPC	Cargo unitario por potencia contratada.
DATI	Distorsión armónica total de corriente.
DAII	Distorsión armónica individual de corriente.
DATI	Distorsión armónica total en corriente.
DALLi	Distorsión armónica individual de corriente.
DEOCSA	Distribuidora de Electricidad de Occidente S.A.
DEORSA	Distribuidora de Electricidad de Oriente S.A.
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> , o Comisión Internacional de electrotecnia.
EEGSA	Empresa Eléctrica de Guatemala Sociedad Anónima.
E&P	Energía y potencia.
FACD	Factor de ajuste de cargo por distribuidor.
FAMT	Factor ajuste de potencia de media tensión.
FAPot	Factor de ajuste de potencia.
FCRed	Factor de coincidencia de la red.

FCI	Factor de coincidencia interna.
FIDE	Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica.
Fliker	Parpadeo en el sistema eléctrico.
FPCont	Factor de pérdida continuó.
FPPMTP	Factor de pérdida de potencia media tensión sin tarifa social.
FPEMT	Factor de pérdida de energía en media tensión.
IC	Corriente capacitiva.
IL	Corriente inductiva.
INDE	Instituto Nacional de Electrificación.
ITUGS	Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur.
IVA	Impuesto al Valor Agregado.
LCD	<i>Liquid Cristal Display</i> , pantalla de cristal líquido.
LGE	Ley General de Electricidad.
MEM	Ministerio de Energía y Minas.

MT	Media tensión.
MTDfp	Media tensión con demanda fuera de punta.
MTDp	Media tensión con demanda en punta.
MTH	Media tensión horaria.
NCC	Norma de Coordinación Comercial.
NTGDR	Norma técnica de generación de distribuidora renovable.
NTSD	Normas Técnicas de Servicio de Distribución.
PBT	Peaje en baja tensión.
PEST	Precio estimado, precio base de energía.
PMT	Peaje en media tensión.
PPST	Precio base de potencia de tarifa no afecta a tarifa social.
PYME	Pequeña y mediana empresa.
RAMM	Reglamento del administrador del mercado mayorista.

RMS	<i>Root Mean Squared</i> o valor cuadrático medio.
TOKEN	Llave digital para acceder a un sistema restringido.
TS	Tarifa social.
UAEE	Usuarios autoprodutores con excedentes de energía.
Sc	Capacidad de corto circuito.
VAD	Valor Agregado de Distribución.

RESUMEN

El servicio eléctrico metropolitano, en su mayoría, es distribuido por la Empresa Eléctrica de Guatemala, salvo alguna industria de alto consumo regular superior a los 100kW, que migró a gran usuario o que su contrato nació así debido a sus consumos de energía eléctrica y ha podido obtener una mejor tarifa eléctrica. Este logro de negociar una mejor tarifa eléctrica es algo que toda industria o consumidor de energía de alto consumo debe aspirar, pero debe analizar todas las opciones en comercializadoras así como los trámites legales y obligaciones que esta conlleva y a la cual se presume migrar.

El proceso del cambio de tarifa eléctrica debe ser fácil de comprender así como el análisis que este cambio conlleva. Los dueños de las industrias o usuario deben establecer cuál es el rango de tarifa requerida y, por consiguiente, el mejor precio según sus necesidades energéticas.

La Universidad de San Carlos de Guatemala posee, consumos considerables que fácilmente pueden ser migradas a gran usuario y con esto una mejor tarifa eléctrica por kilovatio hora, además de exigir a la comercializadora la condición de obtener esta energía de una fuente de generación limpia, no producida por combustible fósil, que permita evitar la contaminación y ser ejemplo por apoyar la producción de energía limpia.

Existen varias posibilidades, migrar a gran usuario, unificación de cargas, la realización de un anillo propio, o de alguna manera negociar con la comercializadora una medición primaria en la línea de 69 kW, de acá la posibilidad de migrar a gran usuario.

OBJETIVOS

General

Analizar las regulaciones de consumo y facturaciones por concepto de energía eléctrica de los edificios T-10 y T3 en la Universidad de San Carlos de Guatemala y solucionar con métodos prácticos el reducir los costos.

Específicos

1. Obtener ahorro en el costo de la energía eléctrica que paga Universidad de San Carlos de Guatemala en los edificios T-10 y T-3.
2. Obtener ahorro inmediato por la simple acción de analizar los parámetros de facturación y ajustar a la tarifa adecuada y correcta contratación en los edificios T-10 y T-3.
3. Determinar a través de un estudio de Medición de Energía los parámetros y equipos por instalar para no pagar penalizaciones.
4. Determinar las instalaciones que pueden calificar para gran usuario y así como la información necesaria para optar a dicha categoría en la cual se pueden obtener precios de energía y potencia más bajos.

5. Dejar lineamientos básicos que permitan reducir los costos de facturación por energía, con mínima inversión para que puedan ser aplicados por otros usuarios.

INTRODUCCIÓN

La siguiente tesis fue desarrollada por la necesidad de hacer un diagnóstico eléctrico y legal en las instalaciones de la Universidad de San Carlos de Guatemala en los edificios T-10 y T-3, basados en los fenómenos eléctricos y argumentos legales que rigen a ambas partes, la Empresa Eléctrica fungiendo como comercializadora del servicio eléctrico y la Universidad de San Carlos de Guatemala definido como usuario. Ambos adquieren un compromiso técnico legal que se rigen por las leyes de Guatemala y que están descritas en esta tesis.

En el contexto del proceso de este trabajo los capítulos se desarrollaron de manera que pueda ser una guía técnica y práctica, para cualquier consumidor y que requiera ahorrar en su pago de energía eléctrica. En el capítulo 1, se desarrolla la historia de la Universidad de San Carlos y muestra la ideología y base de su fundación. Se tomaron documentos y se insertaron literalmente con la idea de no modificar sus fundamentos de origen de su creación.

En los capítulos siguientes 2, 3 y 4 se sientan los conceptos de las ciencias de la ingeniería eléctrica, se definen los conceptos de energía, potencia, armónicos, potencia máxima, demanda, así como también las bases legales eléctricas basados en las Normas Técnicas de Servicio de Distribución así como la Ley General de Electricidad, y el cumplimiento de estas por medio de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica que es la que vela por el cumplimiento de estas leyes anteriormente descritas.

Todo el cuerpo y desarrollo del tema, toma de datos, muestreo y análisis numérico parten del capítulo 5 al capítulo 7. En los que se tabulan y calculan las variables de energía, potencia máxima, potencia contratada, factor de potencia, cargos por energía, cargos por potencia, y otras, además de concretar de manera práctica los conceptos de potencia máxima consumida y potencia contratada. También los costos de la energía, pliego tarifario, y los valores de penalización a los cuales está afectando dicha carga eléctrica.

Alguno de estos valores son almacenados en el equipo de medición, otras variables dependen de nuestras leyes y de las regulaciones, estos últimos parámetros eran afectados por los cambios de variables naturales como la lluvia, valor del petróleo, aumento de los vientos, precio de carbón, así como los precios de los insumos y equipos para transporte y distribución de la energía eléctrica como lo son cable eléctrico, transformadores, seccionadores, así como los costos del mantenimiento de la líneas de transmisión.

Estos datos son los que afectan mi factura a fin de mes. Se ven afectados también los fenómenos eléctricos que se generan dentro de los edificios pues están integrados a la red eléctrica, la cual está interconectada a un sistema eléctrico nacional. El capítulo 8 deja una guía del proceso que se siguió en esta tesis, un proceso paso a paso para que se pueda implementar en cualquier unidad o edificio.

En los siguientes capítulos se incluyó un análisis energético con equipos de medición de calidad de energía y un análisis del espectro térmico, que no era el enfoque principal de esta tesis, sino más bien realizar comparativos de los parámetros eléctricos mostrados por la comercializadora.

El importe por consumo de energía eléctrica en estos edificios es un valor importante en presupuesto de la Universidad de San Carlos de Guatemala tomando en cuenta la necesidad y la posibilidad de obtener ahorros en consumo eléctrico en las instalaciones del T-10 y T-3. Se realizó el proceso para el cambio de potencia contratada que, por tratarse de un trámite legal, se procedió a realizar las acciones legales, recolección de datos, firmas y permisos, para llevar a cabo esta tesis y que se dejó en un trabajo práctico y, sobre todo, se obtuvo un ahorro económico implementado en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

1. RESEÑA HISTÓRICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

1.1. Antecedentes de la fundación de la Universidad de San Carlos de Guatemala

El primer antecedente de la fundación de la Universidad de San Carlos de Guatemala es la gestión del primer obispo licenciado Francisco Marroquín ante el monarca español en su carta de fecha 1 de agosto de 1548, donde solicita la autorización para fundar una Universidad en la ciudad de Santiago de Guatemala, hoy La Antigua Guatemala. En dicha misiva se apunta: “Que se asiente un estudio a manera de Universidad en esta ciudad de Santiago de Guatemala, que es la más a propósito de todas estas Provincias, mayor y más abundante y de mejor temple para el estudio. Este remedio es fácil, el provecho no tiene precio, como V.M. lo mande”.¹

Posteriormente el ayuntamiento de la ciudad de Santiago de Guatemala, la Real Audiencia y varias de las órdenes religiosas también enviaron similares peticiones: la necesidad de una institución de educación superior era evidente. Sin embargo, entre la primera solicitud y la fundación de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se establecieron colegios de artes, teología y filosofía.

El primer colegio es producto de la última voluntad del obispo Marroquín, quien, al fallecer en 1563, en su testamento dejó varios bienes para que se fundara un colegio de artes, teología y otras ciencias, lo que se logró en 1620 al establecerse el Colegio de Santo Tomás de Aquino. Luego, en los inicios del

¹ Aprende Guatemala, *Historia de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. p. 3.

siglo XVII se fundó el Colegio de San Lucas por la Orden de la Compañía de Jesús y a estas instituciones le siguieron el Colegio de Santo Domingo y el Tridentino.

Las primeras autorizaciones para otorgar grados universitarios se concedieron a estos colegios, en vista de la ausencia de una universidad. Existen abundantes datos históricos de las solicitudes del Colegio de San Lucas ante la autoridad Real para convertirse en universidad.

Varias personas hicieron importantes donaciones para apoyar la fundación de la universidad. Entre ellas destacan la del capitán Pedro Crespo Suárez, Correo Mayor del Reyno, que donó 40 000 reales de a cuatro en 1646 para que el Colegio de Santo Tomás de Aquino se convirtiera en universidad.

Esta donación fue tomada en cuenta en la Real Cédula de fundación, así como la de don Sancho de Barahona y su esposa doña Isabel de Loaiza. En 1659 el obispo Payo Enríquez de Rivera envió a su majestad Carlos II un informe, en donde manifestaba la necesidad de contar con una institución de educación superior.

En esos momentos ya estaban fundadas las universidades siguientes: la primera fue la Imperial y Pontificia Universidad de Santo Tomás de Aquino, creada por el Rey Carlos V y confirmada por el Papa Paulo III en 1538 en la ciudad de Santo Domingo, capital de la isla La Española, hoy República Dominicana.

La segunda universidad, fundada en 1553 por Real Cédula del Rey Felipe II, fue la Real y Pontificia Universidad de México y la tercera, fundada a los pocos meses, fue la Universidad de San Marcos, en Lima, Perú. El 5 de julio de

1673 se recibió la Real Cédula que ordenaba que se hiciese una Junta en la ciudad de Santiago de Guatemala, formada por el presidente de la Real Audiencia, el oidor más antiguo y fiscal de ella, el obispo y el deán, para que analizaran las conveniencias o inconveniencias de la fundación de una universidad.

Dicha Junta informó sobre la necesidad de contar con una institución universitaria, derivado de lo cual se funda la Universidad de San Carlos de Guatemala, en su orden de fundación la cuarta del Continente Americano.

1.1.1. Fundación de la Universidad de San Carlos de Guatemala

El 31 de enero de 1676, el Monarca Español Carlos II promulgó la Real Cédula de Fundación de la universidad; documento que llegó a Guatemala el 26 de octubre de 1676, lo que se tradujo en alegría y júbilo en el Reino de Guatemala.

Y habiéndose vuelto a ver en Consejo Real de las Indias todos los papeles tocantes a esta materia y el informe que hizo mi audiencia de México el nueve de julio de mil seis cientos setenta y uno, y lo que representó el mismo año, por dos memoriales el Procurador General de esta Corte, con lo que en vista pidió mi fiscal, y consultándome he tenido por bien de conceder (como por la presente concedo) la licencia que pide esa Ciudad de Santiago de Guatemala para que se funde la dicha Universidad en el Colegio de Santo Tomás de Aquino, que en ella está edificado, aplicándole (como por la presente le aplico) dicha Casa Colegio a dicha Universidad juntamente con la dotación, que dicho Obispo Don Francisco Marroquín hizo para sustento del Colegio, que dejó dispuesto se fundase". "[...]había muerto Pedro Crespo Suárez, Correo Mayor que fue de ella, y que dejó gran parte de su hacienda, para que se pusiese a renta y se fundase en dicha ciudad una universidad y dotadas para ello cátedras de Artes, Teología, Cánones, Leyes y Medicina, y que esta tan útil y piadosa, la dejó encomendada a la religión de Santo Domingo, la cual con todo cuidado y trabajo solicitaba el fin de ella, y tenía ya hecha la universidad y un colegio de ocho colegiales, que es de los más lúcidos que hay en esas partes[...]"²

² Aprende Guatemala, *Historia de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. p 10.

- Al final, el Monarca Español autoriza:

Y en esta conformidad daréis Vos y esa Audiencia da órdenes necesarias, para que se haga luego la Fundación de la dicha Universidad en dicho Colegio de Santo Tomás de Aquino, y que al mismo tiempo se pongan en ella mis Armas Reales, como va referido, disponiendo que se vayan instituyendo con toda brevedad las siete cátedras, que ha de haber en ella, las cuales se han de proveer en los opositores que leyeren a ella y se hallaren ser los más idóneos y capaces para cada facultad, según como se platica en las de México y Lima y que asimismo se provean los oficios de bedel, Secretario y demás oficiales que ha de haber en la universidad, en personas capaces e inteligentes y de buenas costumbres y a los unos y a los otros, se les paguen los salarios que les han señalado con toda puntualidad para que se puedan mantener y cumplir mejor con sus obligaciones, y del recibo de este despacho y de lo que en virtud executaredes, y del estado que fuere tomando todo lo que en él contenido, me iréis dando cuenta en las ocasiones que se ofrecieren, por lo mucho que deseo que todas esas provincias, reciban y tengan el consuelo y alivio que de la fundación de esta universidad se ha de seguir a sus vecinos y naturales que en ello me serviréis.³

Las primeras siete cátedras impartidas en la universidad fueron:

- Teología escolástica
- Teología moral
- Cánones
- Leyes
- Medicina
- Dos de lenguas

La Universidad de San Carlos abrió por primera vez sus puertas el 7 de enero de 1681 a sesenta estudiantes inscritos: 7 estudiantes de teología, 36 de filosofía y los restantes de instituta y cachiquel.

En los cinco años anteriores, se elaboraron por don Francisco de Sarassa y Arce las Constituciones y Estatutos de la Universidad, que tuvieron como

³ Aprende Guatemala, *Historia de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. p 10.

modelo las Constituciones y Estatutos de la Universidad de Salamanca y de México.

Asimismo, se celebraron los primeros concursos de oposición de las cátedras por impartir. El Fiscal Urquiola se desempeñó como Juez Superintendente y con funciones de rector provisional. En octubre de 1686 tomó posesión como Primer Rector el doctor José de Baños y Sotomayor.

El Papa Inocencio XI emite la bula *Exsuprema* el 18 de julio de 1687, en la cual se otorga a la Universidad de Guatemala el título de Pontificia, quedando en forma definitiva el nombre de Real y Pontificia Universidad de San Carlos, en honor a San Carlos de Borromeo, santo que dedicó su vida a la vocación de servicio comunitario.

1.2. Misión de la institución

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.

1.3. Visión de la institución

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.

1.4. Servicios que realiza

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, inicialmente 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.

Desarrolla por todos los medios a su alcance la investigación en todas las esferas del saber humano, y coopera al estudio y solución de los problemas nacionales. Se rige por su Ley Orgánica, Estatutos, Reglamentos y demás disposiciones que emite. Tiene su sede central ordinaria en la ciudad de Guatemala; contando con centros universitarios centrales y departamentales.

Es responsable de conservar y mantener la calidad académica de sus estudiantes y egresados, así como de la formación académica, profesional y técnica de sus cuerpos docentes, administrativos y autoridades.

La Universidad de San Carlos de Guatemala, es una institución de educación pública superior, estatal con goce de autonomía y heredera de una tricentenaria contribución al progreso y desarrollo del país. En el cumplimiento de su quehacer institucional, la universidad procura alcanzar los más altos estándares de calidad, innovación y pertinencia.

La Universidad de San Carlos de Guatemala es una institución con personalidad jurídica; mantiene su carácter de institución autónoma y tiene capacidad de crear sus propios estatutos y reglamentos. El fin fundamental de la Universidad de San Carlos de Guatemala, es elevar el nivel espiritual de los habitantes de la República, promoviendo, conservando, difundiendo y transmitiendo la cultura.

1.4.1. Como institución superior docente del Estado, corresponden a la universidad

Las siguientes obligaciones:

- Impartir la enseñanza profesional en todos los ramos que corresponda a sus facultades, institutos, laboratorios, centros y demás organizaciones universitarias y conexas.
- Organizar y dirigir estudios de cultura superior y enseñanzas complementarias en el orden profesional.
- Resolver en materia de su competencia las consultas u obtención de títulos superiores en el orden profesional o académico.
- Organizar enseñanzas para nuevas ramas profesionales.
- Promover la organización de la extensión universitaria.

1.4.2. Como centro de investigación le corresponde

- Promover la investigación científica, filosófica, técnica o de cualquier otra naturaleza cultural, mediante los elementos más 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 materia de su competencia las consultas que se le formulen por los organismos del estado.

1.4.3. 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 y registros de la riqueza cultural de la república, y colaborar con la vigencia del tesoro artístico 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 de orden cultural.

1.4.4. También corresponde a la Universidad

- Cooperar en la alfabetización de las masas populares.
- Poner todo su empeño en la resolución del problema indígena.
- Organizar el intercambio de profesores y alumnos con las universidades extranjeras.
- Estimular la dedicación al estudio y recompensar los méritos culturales en la forma que estime más oportuna.
- Efectuar certámenes como incentivos para la investigación, las invenciones y la creación científica o humanística.
- Fomentar el espíritu cívico y procurar que entre sus miembros se promuevan y exalten las virtudes ciudadanas.

1.5. Definición del proyecto

El presente trabajo se basa en el análisis regulatorio de electricidad y las normativas de la ley general de electricidad, así como al análisis de tarifas eléctricas que actualmente se le efectúan a la Universidad de San Carlos de Guatemala en sus edificios T-3 y T-10.

Basándose en un historial de su facturación de un año para la elaboración de este estudio y así establecer los parámetros y tarifas más adecuados que actualmente tiene contratada para esas unidades académicas, con el fin de obtener el mejor beneficio económico, reduciendo la facturación para estas unidades académicas.

La reducción económica puede alcanzar a estas y otras unidades tomando en cuenta que se puede realizar un modelo económico de costos que permita encontrar una tarifa adecuada y que sea aplicada a otras unidades académicas no solo dentro del *alma mater*, sino también un modelo que permita encontrar un balance técnico, económico para ser aplicable a cualquier unidad académica, instituciones de gobierno, hospitales, centros de salud, bibliotecas, edificios de gobierno, entre otros.

Aunque este análisis no se limita a entidades gubernamentales es aplicable también a toda la iniciativa privada que en algún momento desea bajar sus costos energéticos, tanto dentro del área atendida por la EEGSA, como por Energuate.

Estos ahorros serán proyectados en un modelo matemático, se prevé que, además, se puedan definir algunos proyectos de inversión que estimulen mejoras en la calidad energética eléctrica y estos resulten en ahorros económicos adicionales.

Para dicho análisis se realizarán mediciones de voltajes, corrientes y potencias con un analizador de calidad de energía, con el fin de tener una medición comparativa que refleje el comportamiento específico de facturación. Cabe notar que no se realizará una medición de calidad de energía si no la intención es caracterizar un consumo energético por un periodo de siete días.

Considerando que el análisis se basó en un historial de facturación de 2016. Y dado que el comportamiento y el crecimiento poblacional de edificios no aumentó considerablemente se ajustarán a los parámetros de 2016.

Unido a este trabajo se realizará la información de los tableros principales de la acometida de estos edificios, pues es allí en los transformadores principales tipo *pad mounted* donde se realizarán las muestras de mediciones energéticas.

Este trabajo de graduación servirá de guía para el estudio de este y otros edificios y no se pretende que sea un modelo al pie de la letra, pues cada medición de energía eléctrica debe ser analizada con su respectiva particularidad y planteada la solución que se adecue más a la necesidad y requerimiento de cada instalación.

1.6. Planteamiento del problema

Las actuales necesidades económicas y los recursos escasos de las instituciones por plantear un proyecto que logre enfocarse, no solo ser un trabajo de graduación, sino que además, ayude de manera directa a encontrar un modelo práctico para reducir la facturación a la Universidad de San Carlos de Guatemala en el edificio que ocupa la Facultad de Ingeniería T-3 y al edificio de la Facultad de Farmacia T-10.

Se concretó por la iniciativa y el apoyo de autoridades universitarias que avalaron y dieron el apoyo para la realización de este trabajo en beneficio para la comunidad universitaria.

Actualmente, la universidad paga un costo aproximado de más de unos cuatro millones de quetzales anuales por consumo de energía eléctrica en todos los edificios que tiene a su cargo.

Este valor es muy significativo para la operación y que sin duda aumenta por el aumento del personal operativo y estudiantil, asimismo, la adquisición de nueva tecnología empuja a todos los usuarios a utilizar equipo eléctrico y que la Universidad en su momento de planificación eléctrica no tenía considerada, esto ha obligado a que cada unidad académica pueda, de manera independiente, suplir esta necesidad. Además, la combinación de la carga como los microondas, cafeteras y cargas puramente resistivas afecta y empujan a que la carga eléctrica aumente en momentos específicos.

La necesidad a la ampliación de instalaciones eléctricas va en aumento, estas a su vez hacen crecer el consumo energético y debilita a un presupuesto preestablecido.

El proyecto que se plantea es para lograr un ahorro económico que pueda ser utilizado para proyectos de poca inversión que ayuden a reducir más el consumo energético y a brindar una mejor calidad energética, así como otros fines en apoyo al proyecto de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Las tarifas eléctricas son establecidas por la CNEE de acuerdo con lo que se establecen en la Ley General de Electricidad por sus siglas LGE, a partir de estas tarifas y las demás normativas aplicable a la materia, se estableció que existen mecanismos y tarifas más adecuadas para reducir los costos del suministro de energía eléctrica, en el cual se estableció que las tarifas y parámetros de contratación del suministro eléctrico para los edificios T-3 y T-10, no resulta ser el más adecuado y económico para la universidad.

Se dedican estos conocimientos en la rama de la ingeniería eléctrica, además de la necesidad de ser energéticamente más competitivos y apegados a la “Política ambiental de la Universidad de San Carlos de Guatemala, aprobada por el Consejo Superior Universitario en sesión celebrada el 30 de julio de 2014 Punto Sexto, Inciso 6.2 Acta 13-2014 y para ser específicos en el inciso 5.5.2 que habla de la Eficiencia en el uso de la energía.”⁴

Se realizó un preanálisis de forma tecnológicamente ingenieril. Por lo que el presente trabajo plantea una solución técnica y legalmente adecuada para reducir estos costos de suministro eléctrico de una manera inmediata y sea mayor inversión por parte de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

⁴ Consejo Superior Universitario. *Política ambiental de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. p 2.

2. MARCO TEÓRICO DE LAS TARIFAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y CONDICIONES DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO

2.1. ¿Quién aprueba las tarifas de energía eléctrica?

El artículo 4 de la Ley General de Electricidad, establece que es función de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, la de cumplir y hacer cumplir la Ley General de Electricidad y sus reglamentos en materia de su competencia e imponer sanciones a los infractores. Velar por el cumplimiento de las obligaciones de los adjudicatarios y concesionario, proteger los derechos de los usuarios y prevenir conductas atentatorias contra la competencia, así como prácticas abusivas o discriminatorias; definir las tarifas de transmisión y distribución sujetas a regulaciones de acuerdo con la ley, así como la metodología para su cálculo.

Tomando de la Ley General de Electricidad define al Artículo No. 4: se crea la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, en adelante la comisión, como un órgano técnico del ministerio. La comisión tendrá independencia funcional para el ejercicio de sus atribuciones y de las siguientes funciones define la: “Inciso c) definir las tarifas de transmisión y distribución, sujetas a regulaciones de acuerdo con la presente ley, así como la metodología para el cálculo de las mismas.”⁵

Se puede concretar que las tarifas de transmisión y distribución están definidas en por la CNEE así como lo indica el artículo anterior y su inciso también como toda la metodología para el cálculo de las fórmulas.

⁵ Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Ley General de Electricidad*. p. 4.

2.1.1. Régimen de precios de la electricidad

Los precios de servicio a los usuarios finales están determinados por la CNEE, pactado entre los distribuidores y generadores dejando un valle de donde se definen estos precios, los que están calculados con formulaciones complejas y que son sumamente laboriosos. Aunque la ley define que deben ser estructuradas para que sean justas y ajustadas a la economía de cada sector. El artículo 61 de la LGE define:

Las tarifas a usuarios de servicio de distribución final serán determinadas por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, a través de adicionar las componentes de costos de adquisición de potencia y energía, libremente pactados entre generadores y distribuidores y referidos a la entrada de la red de distribución con los componentes de costos eficientes de distribución a que se refiere el artículo anterior.

Las tarifas se estructurarán de modo que promuevan la igualdad de tratamiento a los consumidores y la eficiencia económica del sector.

En ningún caso los costos atribuibles al servicio prestado a una categoría de usuarios podrán ser recuperados mediante tarifas cobradas a otros usuarios. Las empresas de generación, transmisión o distribución no podrán otorgar a sus empleados, en carácter de remuneración o prestación o bajo ninguna forma, descuentos sobre las tarifas vigentes o suministro gratuito de energía eléctrica.⁶

Además, la CNEE estructurará el conjunto de tarifas que definen cada costo económico para adquirir y distribuir la energía eléctrica, esto está definido en el Artículo 76. De la LGE que define que la Comisión usará los VAD y los precios de adquisición de energía, “referidos a la entrada de la red de distribución, para estructurar un conjunto de tarifas para cada adjudicatario. Estas tarifas deberán reflejar, en forma estricta, el costo económico de adquirir y distribuir la energía eléctrica.”⁷

⁶ Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Ley General de Electricidad*. p. 15

⁷ *Ibíd.* p. 17.

2.2. Tarifas hay actualmente en el sistema de energía del país

La LGE establece que cada distribuidor final deberá ser determinado por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica CNEE, por los artículos 74, 77 y 78 de la Ley General de Electricidad. Se establece que cada distribuidor deberá calcular los componentes del valor agregado de distribución VAD, mediante un estudio encargado a una firma de ingeniería precalificada por la CNEE y que los términos de referencia del estudio del VAD, serán elaborados por la CNEE, la que tendrá derecho a supervisar el avance de dichos estudios, conforme al procedimiento contenido, tanto en la ley como en el reglamento.

El valor agregado de distribución, junto con los precios de adquisición de energía será utilizado por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica para estructurar un conjunto de tarifas para cada distribuidor y la metodología para la determinación de las tarifas será revisada por la CNEE cada cinco años.

2.2.1. Tarifas aplicables a consumidores finales de distribución final

Definido por el Artículo 71 de la LGE establece que: las tarifas a consumidores finales de servicio de distribución final, en sus componentes de potencia y energía, serán calculadas por la comisión como la suma del precio ponderado de todas las compras del distribuidor, referidas a la entrada de la red de distribución y del valor agregado de distribución VAD. Para referir los precios de adquisición de potencia y energía a la entrada de la red de distribución, la comisión agregará los peajes por subtransmisión que sean pertinentes.

Los precios de adquisición de potencia y energía a la entrada de la red de distribución deberán necesariamente expresarse de acuerdo con una

componente de potencia relativa a la demanda máxima anual de la distribuidora (Q/kw/mes), y a una componente de energía (Q/kw/h).

Los precios de compra de energía por parte del distribuidor que se reconozcan en las tarifas deben reflejar en forma estricta las condiciones obtenidas en las licitaciones a que se refiere el artículo 62.

Las compras de electricidad por parte de los distribuidores de servicio de distribución final se efectuarán mediante licitación abierta.

Toda la información relativa a la licitación y adjudicación de oferta será de acceso público. El reglamento de la ley estipulará el procedimiento y condiciones de adjudicación y los mecanismos por utilizar en caso de desacuerdo por parte de uno o más de los oferentes respecto de la adjudicación.

El VAD corresponde al costo medio de capital y operación de una red de distribución de una empresa eficiente de referencia, operando en un área de densidad determinada.

2.3. ¿Qué parámetros tienen estas tarifas?

Los pliegos tarifarios para EEGSA que la Comisión Nacional de Energía Eléctrica comprende son los siguientes cargos para cada tarifa.

- Tarifa: social TS: conectados en baja tensión (120/240 V), requieren de medidor de energía únicamente la distribuidora suministra la medición y los transformadores, y califican usuarios de baja tensión con consumos menores o iguales a 300 kWh al mes y demandas de potencia inferiores a

11 KW. Generalmente aplica para residencias de bajo consumo de energía.

- Cargo por consumidor (Q/usuario-mes)
- Cargo por consumidor (Q/usuario-mes)

- Tarifa: baja tensión con demanda fuera de punta BTDFp: conectados en baja tensión (120/240 V), la distribuidora suministra la medición y los transformadores, requieren medidor de energía y potencia máxima, califican usuarios de baja tensión con demandas de potencia mayores a 11 KW y factor de carga menor al 60 %. Aplica para residenciales de alto consumo, comercio y pymes.

- Cargo por consumidor (Q/usuario-mes)
- Cargo unitario por energía (Q/kWh)
- Cargo unitario por potencia máxima (Q/kW-mes)
- Cargo por consumidor (Q/usuario-mes)
- Cargo unitario por energía (Q/kWh)
- Cargo unitario por potencia máxima (Q/kW-mes)
- Cargo unitario por energía (Q/kWh)

- Tarifa: media tensión con demanda en punta MTDp: conectados a media tensión (13,8/7,9 KV), la distribuidora suministra la medición y el usuario los transformadores, requieren medidor de energía y potencia máxima, califican usuarios de media tensión con demandas de potencia mayores a 11 KW y factor de carga mayor al 60 %. Aplica para industria y grandes comercios.

- Cargo por consumidor (Q/usuario-mes)
- Cargo unitario por energía (Q/kWh)

- Cargo unitario por potencia máxima (Q/kW-mes)
- Cargo unitario por potencia contratada (Q/kW-mes)
- Tarifa: baja tensión horaria BTH: conectados en baja tensión (120/240 V), requieren medidor por banda horaria y potencia máxima, califican usuarios de baja tensión con demandas de potencia mayores a 11 KW. Aplica para comercio y pymes.
 - Cargo por consumidor (Q/usuario-mes)
 - Cargo unitario por energía en punta (Q/kWh)
 - Cargo unitario por energía intermedia (Q/kWh)
 - Cargo unitario por energía en valle (Q/kWh)
 - Cargo unitario por potencia de punta (Q/kW-mes)
 - Cargo unitario por potencia contratada (Q/kW-mes)
- Tarifa: media tensión horaria MTH: conectados a media tensión (13,8/7,9 KV), la distribuidora suministra la medición y el usuario los transformadores, requieren medidor por banda horaria y potencia máxima, califican usuarios de media tensión con demandas de potencia mayores a 11 KW. Aplica para Industria y grandes comercios.
 - Cargo por consumidor (Q/usuario-mes)
 - Cargo unitario por energía en punta (Q/kWh)
 - Cargo unitario por energía intermedia (Q/kWh)
 - Cargo unitario por energía en valle (Q/kWh)
 - Cargo unitario por potencia de punta (Q/kW-mes)
 - Cargo unitario por potencia contratada (Q/kW-mes)

- Tarifa: alumbrado público, AP: conectados a BT/ sin medidor, califican lámpara de alumbrado público sin medidor. Aplica para alumbrado público municipal.
 - Cargo unitario por energía (Q/kWh)

- Tarifa: peaje en función de transportista baja tensión, PBT: conectados a BT / medidor horario con memoria definido por el AMM, califican grandes usuarios de baja tensión con suministro de E&P independiente a la distribuidora. Aplica para industria y grandes comercios.
 - Cargo unitario por pérdidas de energía en punta (Q/kWh)
 - Cargo unitario por pérdidas de energía intermedia (Q/kWh)
 - Cargo unitario por pérdidas de energía en valle (Q/kWh)
 - Cargo unitario por potencia máxima (Q/kW)

- Tarifa: peaje en función de transportista media tensión, PMT: conectados a MT / medidor horario con memoria definido por el AMM, califican grandes usuarios de baja tensión, con suministro de E&P independiente a la distribuidora. Aplica para industria y grandes comercios.
 - Cargo unitario por pérdidas de energía en punta (Q/kWh)
 - Cargo unitario por pérdidas de energía intermedia (Q/kWh)
 - Cargo unitario por pérdidas de energía en valle (Q/kWh)
 - Cargo unitario por potencia máxima (Q/kW)

Las tarifas calculadas para la empresa eléctrica media tensión con demanda fuera de punta MTDfp, caso en particular para los edificios T-3 y T-10, se definen con las siguientes fórmulas.

- Cargo unitario por energía (Q/kWh) (CE): es el cargo relacionado directamente con el consumo de energía del usuario.

$$CE_{MTDFP} = PEST_{MTDFP} * FPEMT + AT_n$$

Tabla I. Descripción de variables de cargos unitarios por energía

$PEST_{MTDFP}$	Precio base de energía tarifa media tensión con demanda fuera de punta (Q/kWh)
$FPEMT$	Factor de pérdidas de energía, media tensión.
AT_n	Ajuste trimestral en el trimestre n.

Fuente: elaboración propia.

$$CPC_{MTDFP} = CDMT * FACD_{MT} * FAMT * FCRedMT_{MTDFP} * FCI_{MTDFP} * FPCont_{MTDFP} * FPPMT * ALFA$$

- Cargo unitario por potencia máxima (Q/kW-mes) (CPMax): es el cargo aplicado al valor máximo de las potencias integradas en periodos sucesivos de 15 minutos durante las 24 horas de cada día al mes.

$$CPMax_{MTDFP} = PPST * FAPot * FCRedMT_{MTDFP} * FCI_{MTDFP} * FPPMTP + CDMT * FACD_{MT} * FAMT * FCRedMT_{MTDFP} * FCI_{MTDFP} * FPPMT * (1 - ALFA)$$

Tabla II. **Descripción de variables de cargo unitario por potencia máxima**

<i>PPST</i>	Precio base de potencia de tarifas no afectas a tarifa social. (Q kWh-mes)
<i>FAPot</i>	Factor de ajuste de potencia, sin tarifa social.
<i>FCRedMT_{MTDFP}</i>	Factor de coincidencia externa por nivel de tensión, media tensión, demanda fuera de punta.
<i>FCI_{MTDFP}</i>	Factor de coincidencia interna, media tensión demanda fuera de punta.
<i>FPPMTP</i>	Factor de pérdida de potencia media tensión, sin tarifa social.
<i>CDMT</i>	Costos de distribución en media tensión.
<i>FACD_{MT}</i>	Factor de ajuste del cargo por distribución de media tensión.
<i>FAMT</i>	Factor de ajuste de potencia, media tensión.
(1-ALFA)	(1- Proporción del VAD que se recupera a través del cargo por potencia contratada).

Fuente: elaboración propia.

- Cargo unitario por potencia contratada (Q/kW-mes) (CPC): es el cargo relacionado con la potencia que el usuario contrate con la distribuidora.

Tabla III. **Descripción de variables cargo unitario por potencia contratada**

$CDMT$	Costos de distribución en media tensión.
$FACD_{MT}$	Factor de ajuste del cargo por distribución de media tensión (CDMT).
$FAMT$	Factor de ajuste de potencia, media tensión.
$FCRedMT_{MTDFP}$	Factor de coincidencia externa por nivel de tensión, media tensión con demanda fuera de punta.
FCI_{MTDFP}	Factor de coincidencia interna (media tensión con demanda fuera de punta).
$FPCont_{MTDFP}$	Factor de pérdida continuo, en media tensión demanda fuera de punta.
$FPPMT$	Factor de pérdida de potencia, media tensión.
$ALFA$	Proporción del VAD que se recupera a través del cargo por potencia contratada.

Fuente: elaboración propia.

- Tarifas y cargos vigentes: las tarifas y cargos por el consumo de energía eléctrica aprobados por la CNEE en el periodo de análisis son los siguientes:
 - Historial de cargos asociados a EEGSA para el periodo enero 2016 a diciembre 2016, para media tensión simple con demanda fuera de punta mtdfp.
 - Tarifas y cargos vigentes, las tarifas y cargos por el consumo de energía eléctrica aprobados por la CNEE en el periodo de análisis son los siguientes:

Tabla IV. **Pliegos tarifarios vigentes para EEGSA de enero a diciembre 2016**

Resoluciones	CNEE-272-2016 CNEE-273-2016	CNEE-199-2016 CNEE-200-2016	CNEE-98-2016 CNEE-99-2016	CNEE-33-2016 CNEE-34-2016	CNEE-317-2015 CNEE-318-2015
Tarifas / Vigencia	De Nov-2016 a Ene-2017	De Ago-2016 a Oct-2016	De May-2016 a Jul-2016	De Feb-2016 a Abr-2016	De Nov-2015 a Ene-2016
MTdfp					
Cargo por Energía (Q/kWh)	0.654062	0.685923	0.687163	0.679728	0.701651
Cargo por Consumidor (Q/usuario-mes)	819.742258	819.742258	809.142041	809.142041	800.537527
Cargo Unitario por Potencia Máxima (Q/kW-mes)	27.203517	27.203517	27.20575	27.228615	27.225061
Cargo Unitario por Potencia Contratada (Q/kW-mes)	12.084879	12.084879	12.150456	12.150456	12.04606

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Pliegos tarifarios, para usuarios MTDfp*. <http://www.cnee.gob.gt/calculadora/pliegos.php>. Consulta: diciembre de 2019.

3. GENERALIDADES DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA

Considerando la necesidad de normar la distribución, así como los reglamentos, disposiciones y formulaciones eléctricas, la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, definió las Normas Técnicas de Servicio de Distribución NTSD.

Decretadas de conformidad con lo establecido en el Artículo 78, inciso b, el Acuerdo Gubernativo 256-97, reglamento de la Ley General de Electricidad, corresponde a la Comisión Nacional de Energía Eléctrica la elaboración de las normas técnicas del servicio de distribución y que basadas en estas normativas se consideran para las definiciones posteriores.

3.1. Calidad de servicio NTSD

La Comisión Nacional de Energía Eléctrica fue la encargada de realizar las normativas con la finalidad que el servicio eléctrico de distribución debe prestarse a la población, con calidad, continuidad y sin distorsiones que perjudiquen la calidad del servicio al usuario final, debiéndose en todo caso actualizar las normas de calidad que han de exigirse, para que se cumpla con estos requerimientos, definidos como siguen:

- Título VI. Calidad de servicio técnico
 - Capítulo I Generalidades
 - Artículo 52. Evaluación de la calidad del servicio técnico.
 - Artículo 53. Período de control para la calidad el servicio técnico.

- Artículo 54. Interrupciones.
- Capítulo II. Interrupciones.
 - Artículo 55. Índices de calidad para las interrupciones.
 - Artículo 56. Tolerancias para las interrupciones.
 - Artículo 57. Control para las interrupciones.
 - Artículo 58. Indemnización por interrupciones.
- Título VII. Calidad del servicio comercial
 - Capítulo I. Generalidades
 - Artículo 59. Objetivo de la medición de la calidad del servicio comercial.
 - Artículo 60. Evaluación de la calidad del servicio comercial.
 - Artículo 61. Período de control para la evaluación del servicio comercial.
 - Capítulo II. Calidad del servicio comercial del distribuidor
 - Artículo 62. Calidad del servicio comercial del distribuidor.
 - Artículo 63. Índices de calidad del servicio comercial del distribuidor.
 - Artículo 64. Tolerancias para el servicio comercial del distribuidor.
 - Artículo 65. Control para el servicio comercial del distribuidor.
 - Artículo 66. Sanciones o multas por incumplimiento del servicio comercial del distribuidor.
 - Capítulo III. Calidad de la atención al usuario
 - Artículo 67. Objetivo de la calidad de la atención al usuario.
 - Artículo 68. Índices de calidad de la atención al usuario.
 - Artículo 69. Tolerancias para la atención al usuario.
 - Artículo 70. Control para la atención al usuario.

- Artículo 71. Indemnizaciones por incumplimiento en la atención al usuario.

3.2. Acometida eléctrica

Se entiende por acometida a la parte de la instalación eléctrica que se construye desde las redes de distribución, hasta las instalaciones del usuario, y estará conformada por los siguientes componentes: punto de alimentación, conductores, ductos, tablero general de acometidas, interruptor general, armario de medidores.

Aunque podría definirse también como los trabajos y elementos necesarios para interconectar un servicio de una red eléctrica a la de un consumidor.

Por otro lado, aunque la EEGSA define los criterios técnicos y legales para prestar sus servicios de energía, es responsabilidad de la CNEE aprobar dichas normas, así como la de cualquier otra distribuidora de electricidad del país.

EEGSA debe presentar su normativo a la CNEE para que esta los apruebe tal y como se indicó anteriormente con el objetivo de definir los alcances y condiciones generales y los rangos para los cuales deben ser aplicables, así como los suministros de cargas para baja, mediana y alta tensión a la cual esta desea prestar el servicio, dichos parámetros se describen a continuación:

A continuación, se detallan y se adjuntan en los cuatro anexos de la presente según resolución CNEE-61-2004.

- Normas particulares de Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A. (MT 2.00.01), cuyo texto obra en el anexo I de la resolución para empresa eléctrica CNEE-61-2004.
- Normas de requisitos constructivos para acometidas de servicio en alta tensión. (MT.2.60.01), cuyo texto obra en el anexo II de la resolución para empresa eléctrica CNEE-61-2004.
- Normas de requisitos constructivos para acometidas de servicio en media tensión. (MT.2.60.02), cuyo texto obra en el anexo III, de la resolución para empresa eléctrica CNEE-61-2004.
- Normas de condiciones generales para el suministro en baja tensión y requisitos constructivos para acometidas de servicio eléctrico. (MT.2.60.03), cuyo texto obra en el anexo IV de la resolución para empresa eléctrica CNEE-61-2004.

3.3. Tipos de usuarios

De acuerdo con lo establecido a la Ley General de Electricidad, los usuarios, se clasifican en:

- Usuario regulado: son los usuarios cuyo consumo es menor a 100 kW.
- Usuario no regulado o gran usuario: es un consumidor cuya demanda de potencia excede 100 kilovatios, y está registrado como tal en el Ministerio de Energía y Minas. En este caso las condiciones de suministro (potencia y energía) son pactadas con el distribuidor o cualquier otro suministrador (comercializador). El pago por el uso de la red de distribución o peaje en

función de transportista si está regulado, y está establecido por CNEE en las resoluciones donde se establecen los pliegos tarifarios correspondientes. Así, las tarifas dependen únicamente del nivel de tensión (MT, BT) en que está conectado el usuario, y si se consume en punta o fuera de punta, no en función del uso final de la energía. En ese sentido se clasifican en tres categorías:

Tabla V. **Tipos de tarifas de servicio de distribución de energía eléctrica**

ATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	DEMANDA DE POTENCIA	TIPO DE TARIFA APLICADA
A	Usuarios con servicio en baja tensión.	Menor o igual a once kilovatios (kW).	Baja tensión simple (BTS); baja tensión simple social (BTSS).
B	Usuarios con servicio en baja o media tensión.	Mayor de 11 kilovatios (kW).	Baja tensión con demanda en punta (BTDP), baja tensión con demanda fuera de punta (BTDFP), baja tensión horaria (BTH), media tensión con demanda en punta (MTDP), media tensión con demanda fuera de punta (MTDFP), media tensión horaria (MTH).
C	Usuarios con servicio en baja o media tensión que cumplan con los requisitos establecidos en la legislación vigente para obtener la calidad de gran usuario		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.

Fuente: SANTIZO, Miguel. *Conjunto de tarifas para el servicio de distribución de Energía eléctrica*. p. 18.

Algunas consideraciones generales acerca de las categorías tarifarias:

La tarifa social es una especial con carácter benéfico, 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 y su reglamento, y la Ley de Tarifa Social.

Se reconoce como usuario de tarifa social a todo usuario que consuma la cantidad igual o inferior a 300 kWh en un período de facturación mensual, o que tenga un consumo promedio diario de hasta 10 kWh.

Los usuarios de la categoría b) podrán elegir libremente su propia tarifa dentro de las opciones tarifarias aprobadas por la comisión en los pliegos tarifarios. En el caso de 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.

Las tarifas horarias en baja o media tensión (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 Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

Para los usuarios dentro de las opciones tarifarias BTDP; BTDFP; MTDP; MTDFP; 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.

El factor de carga promedio del usuario 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. Una vez actualizado el factor de carga promedio, la clasificación de su participación en la punta o fuera de punta, no podrá modificarse durante un período de seis meses.

Pasado dicho período, el usuario podrá requerir actualizar nuevamente su participación en la punta o fuera de punta, la cual tendrá una vigencia mínima de seis meses.

3.4. Demanda de potencia

La demanda de potencia es la cantidad de potencia que un usuario puede consumir en determinado tiempo y que la empresa que brinda el suministro eléctrico es capaz de proveer por esa potencia consumida. Esta medida es registrada en el medido de energía que la empresa proveedora instala para realizar el cobro respectivo y registrar eficientemente que el usuario se mantenga en el rango de demanda de potencia contratada.

Esta demanda de potencia debe ser contratada por el usuario con base en su capacidad instalada necesaria dado que es penalizada de la siguiente manera según la Normas Técnicas de Servicio de Distribución NTSD.

De acuerdo con ello. el artículo 75 de la NTSD indica que Artículo 75. Variación de la potencia contratada. En el caso que el distribuidor detecte que la potencia utilizada por el usuario es mayor que la contratada, el distribuidor le podrá cobrar la potencia utilizada en exceso, a un precio máximo de dos veces el valor del cargo unitario por potencia contratada de la tarifa correspondiente, por cada kilovatio utilizado en exceso. Dentro de los 2 próximos meses, el distribuidor realizará la ampliación correspondiente con la finalidad de corregir la potencia contratada dentro del contrato respectivos.

Tabla VI. **Tarifas para usuarios con potencia contratada**

TARIFA	DESCRIPCION
TS	Tarifa Social para Usuarios que están comprendidos dentro del rango de 0 a 300 kWh/mes
BTS	Tarifa simple para Usuarios conectados en baja tensión sin cargo por demanda
BTDp	Tarifa con medición de demanda máxima con participación en la Punta para Usuarios conectados en baja tensión
BTDfp	Tarifa con medición de demanda máxima con baja participación en la punta para Usuarios conectados en baja tensión
BTH	Tarifa horaria con medida o control de las demandas máximas de potencia dentro de las horas punta para Usuarios conectados en baja tensión
MTDp	Tarifa con medición de demanda máxima con participación en la Punta para Usuarios conectados en media tensión
MTDfp	Tarifa con medición de demanda máxima baja participación en la punta para Usuarios conectados en media tensión
MTH	Tarifa horaria con medida o control de las demandas máximas de potencia dentro de las horas punta para Usuarios conectados en media tensión
AP	Usuarios de alumbrado público y alumbrado exterior particular

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Normas técnicas del servicio de distribución NTSD*. <https://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Normas%20Tecnicas/03%20NTSD.pdf>.

Consulta: diciembre 2019. p. 74.

3.5. Factor de potencia

Técnicamente se define como la relación entre la potencia activa (potencia útil) y la potencia aparente (potencia total) de un sistema eléctrico. Apegándose a lo que la NTSD la definen de la siguiente terminología, leyes apegadas a cada tipo de usuario.

3.5.1. Valores mínimos de factor de potencia permitidos para los usuarios

El Artículo 49. Valor mínimo para el factor de potencia. El valor mínimo admitido para el factor de potencia se discrimina de acuerdo con la potencia del usuario, de la siguiente forma:

- Usuarios con potencias de hasta 11 kW 0,85
- Usuarios con potencias superiores a 11 kW 0,90

3.5.2. Control del factor de potencia

Para el control del factor de potencia según el artículo 50 se define. Artículo 50. El control se realizará en el punto de medición o en la acometida del usuario, en períodos mínimos de siete días, registrando datos de energía activa y reactiva en intervalos de 15 minutos.

El factor de potencia se determinará, efectuando mediciones, tanto en el período horario de punta como en el resto del día, de acuerdo con lo indicado a continuación:

$$F_{pot_p} = \text{EnergAct}_p / \sqrt{\left(\text{EnergAct}_p^2 + \text{EnergReact}_p^2\right)}$$

Donde:

F_{potp} = factor de potencia para el periodo horario (p).

EnergAct_p = energía activa registrada en el período de registro para el periodo horario.

EnergReact_p = energía reactiva registrada en el período de registro para el periodo horario (p). 32,50 33 37.

3.5.3. Indemnización por bajo factor de potencia

Está definido en el artículo 51 de la NTSD que indica que, indemnización por bajo factor de potencia. Todo lo relativo a la indemnización por bajo factor de potencia será incluido en el contrato entre el distribuidor y el usuario, considerando lo estipulado en los pliegos tarifarios fijados por la comisión.

3.6. Derechos y obligaciones del usuario

Lo estipulado por la NTSD y la CNEE definen en el capítulo II las obligaciones de los usuarios en el Artículo 13. Obligaciones de los usuarios.

- Las obligaciones de los usuarios serán las siguientes:
 - Suscribir con su distribuidor, el contrato de compra-venta de energía eléctrica, de conformidad con la Ley General de Electricidad, su reglamento y estas normas.
 - Cumplir con todas las normas que sean aprobadas por la comisión.
 - Realizar todas las instalaciones internas, incluyendo las reparaciones o modificaciones, que sean necesarias para evitar introducir perturbaciones en la red del distribuidor que afecte la calidad del servicio eléctrico de distribución.
 - Pagar a la comisión, el importe de las sanciones o multas que esta le imponga, dentro de los primeros siete días del mes siguiente a la notificación respectiva.

- Pagar al distribuidor las indemnizaciones que correspondan, en la facturación inmediatamente posterior al período de control, por incumplimiento de la calidad del servicio de energía eléctrica, de acuerdo con estas normas.

3.6.1. Derechos de los usuarios, por la CNNE

La calidad del servicio que le brinda su distribuidora debe cumplir con las normas emitidas por la CNEE, dentro de las cuales se incluyen los siguientes derechos:

- Que el voltaje no tenga fluctuaciones fuera de los límites admisibles.
- Que no sucedan frecuentes interrupciones del servicio.
- Que reparen las fallas en el menor tiempo posible.
- Que la distribuidora reciba todo reclamo que usted haga por cualquier deficiencia en la prestación del servicio. La distribuidora tiene la obligación de informarle el número asignado a su reclamo para su seguimiento.
- Que la distribuidora atienda sus reclamos por interrupción en el suministro de electricidad las 24 horas del día.
- Que la distribuidora le envíe facturas claras y correctas de su consumo de electricidad todos los meses.

- Que la distribuidora publique en los medios de comunicación de mayor circulación, con 48 horas de anticipación, las interrupciones programadas de energía.
- Calificar la percepción de la calidad del servicio prestado por medio de una encuesta anual de calidad que realiza la distribuidora a sus usuarios.
- Derecho a ser indemnizado por incumplimiento a las normas técnicas del servicio de distribución: atraso en reconexión, conexión nueva o facturación.

3.6.2. Obligaciones de los usuarios, por la CNNE

Asimismo, las obligaciones que los usuarios deben cumplir hacia las distribuidoras son las siguientes. El marco legal vigente contempla las siguientes obligaciones para los usuarios.

- Mantener una conducta apropiada con el personal, cables y equipos de la empresa distribuidora.
- No alterar los equipos de medición.
- No efectuar consumos en forma fraudulenta.
- Permitir el acceso al personal de su distribuidora para que revise los equipos de medición.
- No dañar las instalaciones eléctricas.

- No cometer cualquier infracción a la Ley General de Electricidad, su reglamento o normas emitidas por la CNEE.

3.7. Contrato de distribuidora

Los puntos detallados a continuación en los contratos de servicio eléctrico de EEGSA, deben ser estrictamente entregados a cada usuario, dados que son la base legal en donde se detallan las obligaciones de cada usuario. Se detalla a continuación los puntos los 10 puntos transcritos del contrato de EEGSA.

- Características para el contrato para el suministro de energía eléctrica de EEGSA.
 - Condiciones generales: el contrato regula el suministro de energía eléctrica de Empresa Eléctrica de Guatemala, Sociedad Anónima (en adelante EEGSA) al usuario cuyo nombre se consigna en el reverso de este documento, exclusivamente para el inmueble cuya dirección también se identifica al reverso y las obligaciones de ambas partes. El usuario se adhiere a las estipulaciones contenidas en el contrato, que además, se rige por la ley general de electricidad, Decreto 93-95 del Congreso de la República (LGE), su reglamento y demás normativa vigente y sus notificaciones aplicables en el tiempo.
 - Instalaciones: EEGSA proveerá e instalará el contador de energía eléctrica en el punto de entrega siempre y cuando el interesado haya construido la acometida eléctrica conforma a las normas vigentes en el límite de la propiedad privada y la vía pública o previo acuerdo con EEGSA con acceso directo desde la vía pública. Todas las instalaciones a partir del punto de entrega serán efectuadas por

cuenta del usuario. EEGSA no será responsable de los daños o perjuicios causados por desperfectos derivados del uso indebido de las instalaciones internas, aparatos o equipo eléctrico que el usuario tuviera en uso.

El usuario autoriza el ingreso del personal designado por EEGSA, previa identificación para inspeccionar las instalaciones, reparar, retirar, cambiar aparatos propiedad de EEGSA, así como tomar lecturas o comprobarlas en los equipos de medición instalados los cuales deben estar siempre accesibles, es decir, libres de cualquier objeto que impida alcanzarlos, retirarlos o leerlos; esto incluye rejas, nuevas paredes, arbolado, entre otros.

El usuario autoriza a EEGSA para que retire cualquier obstáculo de las instalaciones eléctricas y la exime desde ya de cualquier gasto que ello origine, así como cualquier reclamación que motive dicho retiro.

Además, acepta que se negará o bien, obstaculizará el acceso a EEGSA al medidor de energía eléctrica y para tal cometido EEGSA tuviera que gestionar orden judicial, entonces EEGSA tendrá derecho a reclamar judicialmente al usuario la suma de cinco mil quetzales (Q 5 000,00). el usuario se compromete a no construir obra física alguna sin que cumpla la normativa vigente de distancias de seguridad a la red eléctrica.

- Cargos aplicables: al suministro aplicará la tarifa regulada que se encuentre vigente, contenida en el pliego tarifario y sus ajustes que haya sido válidamente publicada por la comisión Nacional de Energía

Eléctrica correspondiente a la demanda máxima registrada del usuario, siempre que este sea inferior a los 100 KW.

En el caso que el usuario exceda la demanda declarada en el reverso de este documento quedará obligada al pago de los excesos aplicables según la tarifa vigente, si el exceso fuera superior al cinco por ciento el suministro podría ser suspendido a discreción de EEGSA.

No obstante, lo anterior, si el usuario supera el límite de 100 KW de demanda, da derecho a EEGSA a suspender el servicio y a cobrar el exceso, conforme el artículo 49 de la LGE, sin responsabilidad de su parte. Ocurrida tal situación, para el restablecimiento del suministro, el usuario necesariamente deberá pactar las nuevas condiciones y precio de contratación con EEGSA u otro proveedor conforme el último enunciado de la literal c del artículo 59 de la LGE.

En adición a la tarifa, el usuario pagará las tasas e impuestos aplicables que se encuentren vigentes. El usuario se compromete a no construir obra física alguna sin que cumpla la normativa vigente de distancias de seguridad a la red eléctrica.

- Garantía: el usuario constituye una garantía de pago por el monto proyectado de dos facturaciones. Asimismo, se obliga a mantenerla y actualizarla, conforme el consumo que registre y según la modalidad que el usuario haya elegido, sea mediante fianza o bien efectivo. Cuyo monto consta en el reverso de este documento. De tratarse de fianza, el usuario se obliga anualmente y sin requerimiento alguno a

acreditar a EEGSA su renovación y actualización a más tardar diez días hábiles anteriores al vencimiento de la fianza corriente.

En el caso que transcurra dicho plazo (diez días antes a la renovación) sin que se verifique tal renovación, EEGSA tendrá derecho a ejecutar la fianza correspondiente por el monto adeudado y a la suspensión inmediata del servicio: en caso no se acaree deuda, el usuario deberá renovarla a más tardar cinco días después del vencimiento de la anterior, so pena de suspensión del servicio.

En caso la garantía de pago consiste en efectivo, el monto deberá actualizarse con base en sus consumos, cada vez que le sea solicitado por EEGSA, caso contrario dará derecho a la suspensión del servicio; finalizado el presente contrato, el efectivo le será devuelto por EEGSA conforme lo indica el artículo 94 de la LGE.

Las suspensiones previstas en este párrafo serán sin responsabilidad de EEGSA. El usuario no podrá requerir la reanudación del servicio mientras no haya restituido o actualizado la garantía de pago.

- Medición de suministro: EEGSA, medirá la energía y potencia eléctrica a través de su equipo de medición (medidor, en el punto de entrega designado). El personal designado por EEGSA es el único facultado para instalar, remover, sustituir y ajustar los equipos de medición.

El usuario es responsable del equipo de medición y le será cobrado el valor, por su destrucción parcial o desaparecimiento. Asimismo, el usuario no podrá realizar ni permitirá que se realicen las siguientes acciones:

- Tomar energía o potencia que no haya sido medida.
- Impedir el correcto funcionamiento del equipo de medición.
- Alterar el equipo de medición de cualquier manera.
- Alterar de cualquier forma los precintos del contador.
- Reconectar el servicio por sí mismo o por medio de personas no autorizadas por EEGSA.

Redistribuir energía o potencia a otros inmuebles, apartamentos o anexos de inmuebles diferentes al inmueble para el que se contrata este servicio. Si concurrieren cualquiera de los casos anteriores, EEGSA quedará facultada para efectuar el corte del servicio sin necesidad de aviso previo; adicionalmente, el usuario deberá pagar el consumo incurrido no medido que EEGSA le presente conforme cálculos técnicos, sin perjuicio de las sanciones le sean aplicables al usuario de conformidad vigente, para tales situaciones, EEGSA se reserva el derecho de presentar las acciones judiciales y administrativas correspondientes.

- Facturación y pago: la obligación de pago del suministro empieza a correr a partir de la fecha de conexión. El usuario pagará las facturas que se le presenten, dentro del periodo de crédito, en cualquiera de los puntos de pago autorizados por EEGSA.

En caso de atraso en el pago por parte del usuario, después de treinta días de la fecha de emisión de la factura, EEGSA le cobrará intereses sin perjuicio de la desconexión del servicio cuando corresponda. Si el servicio permaneciera cortado por falta de pago por más de una semana posterior a ocurrido el corte, EEGSA

quedara facultada para retirar su equipo de medición y demás accesorios, sin responsabilidad de su parte.

- Otras disposiciones: el usuario: acepta que no podrá utilizar una demanda mayor que la contratada en el reverso de requerir una ampliación en su demanda se obliga a solicitarlo a EEGSA y a sufragar los gastos derivados de los cambios que sean necesarios para las adecuaciones de la red de EEGSA, conforme al artículo 52 de la LGE, previa coordinación con EEGSA.

Se obliga a no requerir ni permitir para el mismo inmueble y propósito ningún otro suministro y desde ya liberar a EEGSA de la obligación de prestarlo. Si el inmueble para el que solicita el presente servicio ya cuenta con suministro, el presente contrato quedara resuelto sin necesidad de declaración judicial. No podrá, dado que no posee calidad de distribuidor, redistribuir energía eléctrica para aprovechamiento de otros inmuebles más que para el indicado al reverso.

- Plazo: este contrato tiene un plazo indefinido a menos, que en el reverso de este documento se haya consignado un plazo determinado menor a un año, en cuyo caso el mismo será considerado temporal a cuyo término EEGSA podrá a su discreción y sin responsabilidad de su parte, suspender el servicio sin previa autorización.

El caso que, habiendo contratado un servicio temporal, el suministro sea prestado por EEGSA y pagado por el usuario por un año o más, ambas partes lo tendrán por contratado como plazo permanente o

indefinido, con todos los efectos que ello implica conforme a la normativa vigente.

- Terminación: además de otras causas señaladas en este documento, este contrato terminará por cualquiera de las siguientes:
 - Por voluntad del usuario, manifestada por escrito.
 - Si dentro de los treinta días calendario después de la suspensión del servicio por falta de pago, el usuario mantiene sin pagar el costo por reconexión o cualquier otro cargo.
 - Si EEGSA, tras cotejar en registros públicos la información presentada por el usuario, verifica la existencia de inconsistencia o alteraciones en esta última.
 - Si el usuario realiza construcciones que incumplan las distancias de seguridad.
 - Si EEGSA constata que el usuario ha contratado este suministro para evadir la tarifa con demanda que resulta aplicable al mismo inmueble.

Asimismo, son condiciones resolutorias del contrato cualquiera de las siguiente circunstancias: (i) que el usuario no disponga de la acometida adecuada a la normativa y a los lineamientos dados por EEGSA al momento de la conexión, y que pasen tres meses contados desde la fecha de pago de la garantía (clausula 5ª) sin que el usuario subsane esta condición ni notifique a EEGSA de la

reparación; (ii) si al momento de la conexión se verifica que para efectuar la misma es necesario construir o modificar la red, dado que no existe la red en la forma que el usuario indicó en la solicitud, o los datos son imprecisos, o la misma no corresponde a EEGSA. (iii) en caso no fuera operada la inscripción de la servidumbre en el registro general de la propiedad, por cualquier motivo: o no fuere cumplido el compromiso de otorgarla que se haya suscrito; esto sin necesidad de declaración judicial alguna o notificación previa. En estos casos, el contrato quedará resuelto y el usuario, deberá realizar un nuevo contrato previo estudio a pagar el aporte reembolsable que corresponda (para el segundo caso). El usuario no obliga a acreditar a EEGSA el traspaso que se hiciere del inmueble para el cual se contrata suministro.

- Resolución de controversias: el usuario renuncia expresamente al fuero de su domicilio y se somete a los tribunales de justicia que EEGSA elija; asimismo, el usuario señala como lugar para recibir notificaciones, la dirección del cobro señalada al reverso, notificaciones que por medio del presente contrato y desde ya las tiene como bien hechas yo, el solicitante dejo constancia que de recibir una copia del presente contrato.

Declaro, bajo juramento, que todos los documentos presentados son auténticos, legítimos y en su caso, corresponden a copias de documentos originales y legítimos. tanto este contrato como la documentación que se acompañó a la respectiva solicitud queda en guarda y disposición de EEGSA, quien podrá facilitarlos o extender

copias a terceros interesados, a su entera y sin responsabilidad de su parte, así como extender copias certificadas.⁸

⁸ Empresa Eléctrica de Guatemala, Sociedad Anónima. *Contrato de distribuidora*. p. 1.

4. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA DEFINIR LA CONTRATACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UN USUARIO REGULADO Y PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO

¿Qué parámetros se deben considerar antes de definir una contratación o entrar en el rango de usuario regulado? Primero, se definió con anterioridad que un usuario regulado es aquel cuya demanda de potencia no excede los 100 kilovatios, por lo tanto, es importante detallar potencias máximas por contratar, así como el consumo de energía, considerando las penalizaciones y ahorros que se puedan obtener del cambio. A continuación, se detallarán algunas consideraciones por tomar.

4.1. Potencia eléctrica máxima y contratada

Un nuevo usuario debe proyectar adecuadamente la potencia máxima por demandar, ya que si se sobrecontrata, tendrá que pagar el excedente de la demanda sobrecontratada como mínimo seis meses y luego de la toma de muestra correcta, deberá proceder a ajustarla. Si la demanda, por el contrario, se subcontrata, el exceso de potencia máxima será penalizada.

Además, según las NTSD detallada en el artículo 75 que el distribuidor debe ajustar el exceso de carga utilizada, pero debe pagar una penalización de dos meses que, a veces es mejor que pagar una carga no utilizada.

- **Potencia contratada:** la Ley General de Electricidad define como la potencia establecida en un contrato de suministro entre un distribuidor y un usuario, obligando al distribuidor a tenerla disponible a requerimiento de este, en cualquier momento. La potencia contratada da derecho a tener una demanda máxima de potencia igual a dicho valor suscrito.
- **Potencia máxima:** es la potencia máxima que una unidad generadora es capaz de suministrar a la red bajo las condiciones de temperatura y presión atmosférica del sitio en que está instalada.

4.2. Energía eléctrica

¿Qué es la energía eléctrica? es un fenómeno causado por la repulsión o la atracción que se genera entre las porciones de una materia en el conductor o material conductor a causa de esto se produce este efecto de energía eléctrica, también produce efectos como calor térmico y un efecto magnético alrededor del material.

Figura 1. **Tipo de contadores, análogo y digital**



Medidor análogo



Medidor digital

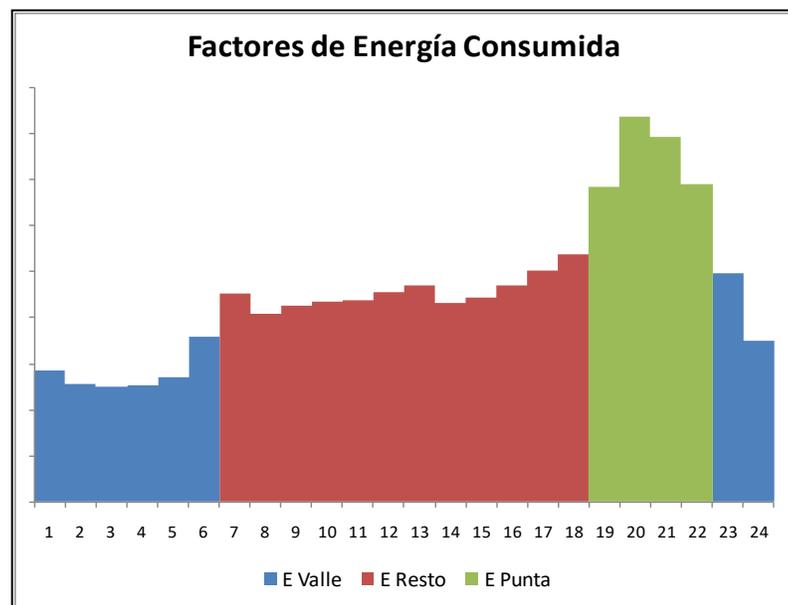
Fuente: elaboración propia.

La energía eléctrica es medida en todo momento a través de un medidor de energía o contador como usualmente se conoce, este puede ser digital o análogo. De acuerdo con la legislación guatemalteca la manera puede ser medida por la distribuidora de forma mensual o bimensual, usualmente se hace mensualmente. Adecuadamente, por bandas horarias para la caracterización tarifaria BTH y MTH, las bandas horarias son las siguientes:

Las bandas horarias en el mercado mayorista de electricidad son tres:

- Banda mínima o punta, está comprendida de las 22:00 a las 06:00 horas
- Banda media o resto, está comprendida de las 06:00 a las 18:00 horas
- Banda máxima o valle, de las 18:00 a las 22:00 horas

Figura 2. **Gráfica de factores de energía, valle, resto, punta**



Fuente: SANTIZO, Miguel. *Conjunto de tarifas para el servicio de distribución de energía eléctrica*. p. 26.

Adicionalmente, cuando se planifica el consumo de un nuevo usuario se debe analizar de acuerdo con el volumen de consumo que le conviene conectarse en BT o MT ya que en MT la energía es más barata, ver comparativos siguientes:

Tabla VII. **Pliegos tarifarios, para usuarios BTDFp y MTDfp**

RESOLUCIÓN	CNEE-317-2015	CNEE-318-2015
Tarifa: Baja Tension con demanda fuera de punta - BTDFp	Valor	
Cargo Unitario por Energía (Q/kWh))	Q	0.759649
Tarifa: Media Tension con demanda fuera de punta - MTDFp	Valor	
Cargo Unitario por Energía (Q/kWh))	Q	0.701651

Fuente: CNEE. *Pliegos tarifarios, para usuarios BTDFp y MTDfp.*

<http://www.cnee.gob.gt/calculadora/pliegos.php>. Consulta: diciembre de 2019.

4.3. Normativas que aplican

- NTSD
- Normas de acometidas
- Pliegos tarifarios

4.4. Penalizaciones

Antes de contratar se debe hacer un buen diseño de las instalaciones ya que existen varias regulaciones en la NTSD, donde se definen las penalizaciones y cargos a los cuales se aplican para los usuarios, tomando en consideración en el título V las incidencias del usuario en la calidad del producto. A continuación, se detallan los artículos.

- Variación de la potencia contratada: en el caso que el distribuidor detecte que la potencia utilizada por el usuario es mayor que la contratada, el distribuidor le podrá cobrar la potencia utilizada en exceso, a un precio máximo de dos veces el valor del cargo unitario por potencia contratada de la tarifa correspondiente, por cada kilovatio utilizado en exceso.

Dentro de los dos próximos meses, el distribuidor realizará la ampliación correspondiente con la finalidad de corregir la potencia contratada dentro del contrato respectivo.

Penalización por bajo factor de potencia: corresponde una penalización de un 1 % de lo facturado por cargos de distribución por cada centésima que el factor de potencia sobrepase los límites permitidos (BT = 0,85 y MT = 0,90).

Penalización por sobrepasar la potencia contratada: corresponde a una penalización de dos veces el precio del cargo por potencia contratada, por cada kW que se consume en exceso de la potencia contratada, si la potencia máxima sobrepasa dos meses consecutivos la potencia contratada, previo aviso, la distribuidora está facultada a ajustar la potencia contratada.

El usuario puede solicitar una reducción de la potencia contratada en un plazo mínimo de 6 meses.

Artículo 41. índice de calidad de la distorsión armónica de la corriente de carga. 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:

$$\begin{aligned} \text{DATI} &= (\sqrt{\sum I_i^2 / I_1^2}) \times 100 \\ \text{DAII} &= (I_1 / I_i) \times 100 \end{aligned}$$

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

I_1 = componente de la 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:

$i_i \text{ límite}$ = intensidad armónica límite admisible

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 adjunta se establecen los límites de corrientes armónicas individuales para distintos niveles de tensión, potencia máxima demandada y orden de armónica.

Artículo 42. Tolerancias para la distorsión armónica de la corriente de carga.

Tabla VIII. Índice de calidad de la distorsión armónica de la corriente de carga

ORDEN DE LA ARMÓNICA (n)	P ≤ 10 kW V ≤ 1kV	P >10Kw 1kV < V ≤ 60kV	P >50kW v >60kV
	INTENSIDAD ARMONICA MAXIMA (AMP)	DISTORSION ARMONICA INDIVIDUAL DE CORRIENTE DAII, EN %	
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	0.20	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
DISTORSION ARMONICA TOTAL DE CORRIENTE DATI, EN %	--	20	12

Fuente: Comisión Nacional de Energía. *Normas técnicas de servicio de distribución*. p. 26, 27.

Se considerará que la energía eléctrica es de mala calidad cuando en un lapso mayor al 5 %, del empleado en las mediciones en el periodo de medición, dichas mediciones reportan que la distorsión armónica de la corriente 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.

Como mínimo, los distribuidores realizarán seis mediciones mensuales en usuarios presuntamente perturbadores, los cuales deberán incluir dos en zonas residenciales, dos en zonas comerciales y dos en zonas industriales.

Las mediciones deberán ser realizadas de acuerdo con la Norma IEC 1000-4-7 registrando la distorsión armónica de tensión y corriente, conjuntamente con la distorsión armónica individual, así como de la corriente de carga, por un tiempo no menor de siete días con intervalos de diez minutos.

En aquellos casos donde se decida realizar mediciones sin carga o carga mínima, para referencia, deberán ser tomadas por cinco horas. En los casos en que se detecten desviaciones a los límites admisibles, los resultados de las mediciones deberán ser puestas en conocimiento de la comisión.

La medición de la distorsión armónica comenzará a partir del inicio de la etapa de transición. De los resultados obtenidos durante dos años de medición, se determinará si es necesario modificar el número de puntos de control. Podrán utilizarse los mismos puntos donde se mida la distorsión armónica de tensión.

Artículo 44. Sanciones o multas por distorsión armónica de la corriente de carga. En los casos en que los distribuidores verificarán que alguno de sus usuarios haya excedido las condiciones de distorsión armónica de la corriente, fijadas como tolerancia en el artículo 42 de estas normas, podrán aplicar una sanción o multa en su facturación determinada en función a la distorsión penalizable individual de armónicas.

Se define como distorsión penalizable individual de armónicas (DPIA) a la distorsión armónica detectada en cada intervalo de medida, que supere los límites de emisión individuales establecidos, según la siguiente expresión:

$$DPAI_k = \text{Max} \left[0, \frac{DATI(k) - DATI}{DATI} \right] + \frac{1}{3} \sum_{i=1}^{40} \text{Max} \left[0, \frac{DAI_i(k) - DAI_i}{DAI_i} \right]$$

Donde:

DATI(k) = es la tasa de distorsión armónica total en corriente registrada en el intervalo de medición k (10 minutos), referida a la corriente contratada por el usuario.

DATI= es el límite de emisión en corriente para la distorsión armónica total.

DAIi (k)= es el valor de la distorsión armónica individual de corriente o intensidad i en el intervalo de medición k que inyecta el usuario en la red.

El límite y las intensidades medidas deben ser expresados en valores absolutos de corrientes o en valores porcentuales respecto de la intensidad de carga correspondiente con la potencia contratada por el usuario, según corresponda.

- DAlli es el límite de emisión individual de la intensidad armónica i.
- DPIAk se calcula para cada intervalo k del período de medición, registrándose la energía consumida por el usuario E(k) durante cada intervalo k.

Existirá sanción o multa en un punto de medición, si durante más del cinco por ciento del tiempo de medida se ha superado alguno de los límites de la distorsión armónica individual especificada para el usuario.

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 indemnización:

$0 < \text{DPIA}_k \leq 1$	$\text{CENS} * \text{DPIA}_k^2$	Q/kWh
$1 < \text{DPIA}_k$	CENS	Q/kWh

Donde:

CENS= costo de la energía no suministrada.

La indemnización se determinará como:

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

Artículo 45. Índice de emisión de *flicker* generado por el usuario. El índice de emisión de *flicker* generado por el usuario se determinará por el Índice de severidad de efecto de parpadeo de corto plazo (Pst) medido sobre la impedancia de referencia fijada por la Norma IEC 1000-3-3.

Artículo 46. Tolerancias para el *flicker* generado por el usuario.

Tabla IX. **Tolerancias permitidas para el *flicker* generado por el usuario**

Carga (SI) kW	Pst
Tensión: (≤ 1 kV)	
$SI \leq 20$	1.00
$20 < SI \leq 30$	1.26
$30 < SI \leq 50$	1.58
$SI > 50$	1.86
Tensión: ($1\text{kV} < V \leq 230$ kV)	
$SI / Scc \leq 0.005$	0.37
$0.005 < SI / Scc \leq 0.02$	0.58
$0.02 < SI / Scc \leq 0.04$	0.74
$SI / Scc > 0.04$	0.80

Fuente: Comisión Nacional de Energía Nacional Eléctrica. *Normas técnicas de servicio de distribución*. p. 28.

Scc = capacidad de corto circuito del sistema en el punto de medición del *flicker* [kVA].

Se considerará que la energía eléctrica es de mala calidad cuando en un lapso mayor al 5 %, del empleado en las mediciones en el período de medición, dichas mediciones reportan que el *flicker* ha excedido el rango de tolerancias establecidas.

Artículo 47. Control para el *flicker* generado por el usuario. El control del *flicker* generado por los usuarios será responsabilidad de los distribuidores, así como también el desarrollo de las acciones necesarias para que se dé solución al problema.

Como mínimo los distribuidores realizarán seis mediciones mensuales en usuarios presuntamente perturbadores los cuales deberán incluir dos en zonas residenciales, dos en zonas comerciales y dos en zonas Industriales.

Las mediciones deberán realizarse usando un medidor de efecto de parpadeo, por un período no inferior a 7 días y en intervalos de 10 minutos, según establece la norma IEC 868. Para cargas de baja tensión, la medición debe ser hecha sobre una impedancia de referencia fijada por la Norma IEC 1000-3-3 con las siguientes características:

$$\begin{aligned} Z_{ph} &= 0.24 + j0.15 \text{ ohms} \\ Z_n &= 0.16 + j0.10 \text{ ohms} \end{aligned}$$

La impedancia de referencia de neutro (Z_n) será utilizada solamente para aquellos usuarios cuya alimentación es monofásica.

Para cargas en media tensión, las mediciones de efecto de parpadeo deben ser realizadas sobre la impedancia de la red o sobre una impedancia que no cause que la tensión de estado estacionario caiga más del 3 %.

Las mediciones sin carga o carga mínima, para referencia, deberán ser tomadas durante cinco horas.

La medición de *flicker* comenzará a partir del inicio de la etapa de transición. De los resultados obtenidos durante dos años de medición, se determinará si es necesario modificar el número de puntos de control. Podrán utilizarse los mismos puntos donde se mida el *flicker* en la tensión.

Artículo 48. Sanción o multas por *flicker* generado por el usuario. En los casos en que los distribuidores verifiquen que alguno de sus usuarios haya excedido las condiciones de *flicker* establecidas en el artículo 46 de estas normas, podrá aplicar una multa en su facturación determinada en función a la distorsión penalizable individual de parpadeo.

Se define como distorsión penalizable individual de parpadeo (DPIF) al valor de distorsión por fluctuaciones rápidas de tensión detectado en cada intervalo de medida, superior al límite de emisión individual establecido en el Artículo 46 La distorsión penalizable individual se define como:

$$DPIF_k = \text{Max} \left[0, \frac{P_{stm}(k) - P_{sti}}{P_{sti}} \right]$$

Donde:

$P_{stm}(k)$ = es el índice de severidad de *flicker* de corta plazo registrado, en el intervalo k de medida (10 minutos).

P_{sti} = es el límite de emisión individual del usuario bajo control

$DPIF_k$ = se calcula para cada intervalo k de 10 minutos de cada semana del período de medición, registrándose el $P_{stm}(k)$ y la energía consumida por el usuario $E(k)$ durante cada intervalo k.

Existirá sanción o multa si durante más del cinco por ciento del tiempo de medida se ha superado el límite de emisión individual especificado para el usuario.

En el caso anterior, en cada intervalo (k) registrado donde se verifique un valor DPIFk 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 penalización:

$$\begin{array}{lll} 0 < \text{DPIFk} \leq 1 & \text{CENS} * \text{DPIF}^2\text{k}^* & \text{Q/kWh} \\ 1 < \text{DPIFk} & \text{CENS} & \text{Q/kWh} \end{array}$$

Donde:

CENS = costo de la energía no suministrada.

4.5. Factor de potencia

Aunque técnicamente el factor de potencia no afecta en mi carga, esta afecta directamente a los equipos que la generan, cables, transformadores, aisladores, entre otros.

Así como a los equipos que la, transportan y distribuyen afectándola de tal manera que deben sopesar un dimensionamiento extra para operar y garantizar la energía al usuario final debido a eso se dictan leyes que protegen penalizando este entrega definido en el Artículo 49 de las NTSD valor mínimo para el factor de potencia.

El valor mínimo admitido para el factor de potencia se discrimina de acuerdo con la potencia del usuario, de la siguiente forma:

- Usuarios con potencias de hasta 11 kW 0,85
- Usuarios con potencias superiores a 11 kW 0,90

Definido en el artículo 50 de la NTSD control para el factor de potencia. El control se realizará en el punto de medición o en la acometida del usuario, en períodos mínimos de siete días, registrando datos de energía activa y reactiva en intervalos de 15 minutos. El factor de potencia se determinará, efectuando mediciones tanto en el período horario de punta como en el resto del día, de acuerdo con lo indicado a continuación:

$$Fpot_p = \text{EnergAct}_p / \sqrt{(\text{EnergAct}_p^2 + \text{EnergReact}_p^2)}$$

Donde:

Fpotp = factor de potencia para el período horario (p).

EnergActp = energía activa registrada en el período de registro para el período horario (p).

EnergReactp = energía reactiva registrada en el período de registro para el período horario (p).

Artículo 51. Sanción o multa por bajo factor de potencia. Todo lo relativo a la penalización por bajo factor de potencia será incluido en el contrato entre el distribuidor y el usuario, considerando lo estipulado en los pliegos tarifarios fijados por la comisión.

5. RECOPIACIÓN DE DATOS FACTURADOS

5.1. Facturación

En este capítulo se evaluaron los parámetros de contratación y facturación de los edificios T-3 y T-10 de la Universidad de San Carlos de Guatemala se tabularon las facturas tales como se muestran a continuación. Se presenta la facturación de 2016, que corresponde al consumo y pago de servicio eléctrico de los edificios T-10 y T-3 que afectan a las facultades de Farmacia e Ingeniería, respectivamente.

Tabla X. **Consumos energéticos del edificio T-10, Farmacia**

Mes	Energía	Potencia Máxima	Potencia Contratada	Potencia Excedente	FP	Cargo Fijo	Cargo Energía	Cargo Potencia Máxima	Cargo Potencia Contratada	Cargo por Bajo FP	IVA	Total facturado
Enero	11,620	131.00	290.00	159.00	0.7464	Q 800.54	Q 8,153.18	Q 3,582.00	Q 3,493.00	Q 2,619.94	Q 2,204.30	Q 20,572.02
Febrero	42,560	166.60	290.00	123.40	0.9195	Q 809.14	Q 28,929.22	Q 4,536.29	Q 3,523.63	Q -	Q 4,535.79	Q 42,334.07
Marzo	28,000	166.60	290.00	123.40	0.8212	Q 809.14	Q 19,032.38	Q 4,536.29	Q 3,523.63	Q 2,391.05	Q 3,348.18	Q 33,640.67
Abril	65,520	166.60	290.00	123.40	0.9462	Q 809.14	Q 44,535.78	Q 4,536.29	Q 3,523.63	Q -	Q 6,408.58	Q 59,813.42
Mayo	47,880	161.00	290.00	129.00	0.9207	Q 809.14	Q 32,901.36	Q 4,380.13	Q 3,523.63	Q -	Q 4,993.71	Q 46,607.97
Junio	41,860	144.20	290.00	145.80	0.9125	Q 809.14	Q 28,764.64	Q 3,923.07	Q 3,523.63	Q -	Q 4,442.46	Q 41,462.94
Julio	40,740	148.40	290.00	141.60	0.9071	Q 809.14	Q 27,995.02	Q 4,037.33	Q 3,523.63	Q -	Q 4,363.81	Q 40,728.93
Agosto	46,200	163.80	290.00	126.20	0.9196	Q 819.74	Q 31,689.64	Q 4,455.94	Q 3,504.61	Q -	Q 4,856.39	Q 45,326.32
Septiembre	45,360	162.40	290.00	127.60	0.918	Q 819.74	Q 31,113.47	Q 4,417.85	Q 3,504.61	Q -	Q 4,782.68	Q 44,638.35
Octubre	46,480	163.80	290.00	126.20	0.9224	Q 819.74	Q 31,881.70	Q 4,455.94	Q 3,504.61	Q -	Q 4,879.44	Q 45,541.43
Noviembre	42,140	151.20	290.00	138.80	0.9147	Q 819.74	Q 27,562.17	Q 4,113.17	Q 3,504.61	Q -	Q 4,319.96	Q 40,319.65
Diciembre	31,920	127.40	290.00	162.60	0.8849	Q 819.74	Q 20,877.66	Q 3,465.73	Q 3,504.61	Q 470.96	Q 3,440.14	Q 32,578.84
Total Anual	490,280	1,853.00	3,480.00	1,627.00	10.73	Q9,754.08	Q333,436.22	Q50,440.03	Q42,157.83	Q 5,481.95	Q52,575.44	Q 493,845.55
Promedio Mensual	40,857	154.42	290.00	135.58	0.89	Q 812.84	Q 27,786.35	Q 4,203.34	Q 3,513.15	Q 456.83	Q 4,381.29	Q 41,153.80

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Consumos energéticos del edificio T-3, Facultad de Ingeniería**

Mes	Energía	Potencia Máxima	Potencia Contratada	Potencia Excedente	FP	Cargo Fijo	Cargo Energía	Cargo Potencia Máxima	Cargo Potencia Contratada	IVA	Total facturado
Enero	15,820	72.00	290.00	218.00	0.9954	Q 800.54	Q 11,100.12	Q 1,981.00	Q 3,493.00	Q 2,085.12	Q 19,459.78
Febrero	33,600	106.40	290.00	183.60	0.9954	Q 809.14	Q 22,838.86	Q 2,897.12	Q 3,523.63	Q 3,608.25	Q 33,677.00
Marzo	25,480	106.40	290.00	183.60	0.9907	Q 809.14	Q 17,319.47	Q 2,897.12	Q 3,523.63	Q 2,945.92	Q 27,495.28
Abril	47,880	116.20	290.00	173.80	0.9945	Q 809.14	Q 32,545.38	Q 3,163.97	Q 3,523.63	Q 4,805.05	Q 44,847.17
Mayo	38,220	126.00	290.00	164.00	0.9932	Q 809.14	Q 26,263.37	Q 3,427.92	Q 3,523.63	Q 4,082.89	Q 38,106.95
Junio	35,560	103.60	290.00	186.40	0.9926	Q 809.14	Q 24,435.52	Q 2,818.52	Q 3,523.63	Q 3,790.42	Q 35,377.23
Julio	31,780	99.40	290.00	190.60	0.9925	Q 809.14	Q 21,838.04	Q 2,704.25	Q 3,523.63	Q 3,465.01	Q 32,340.07
Agosto	35,000	107.80	290.00	182.20	0.9898	Q 819.74	Q 24,007.31	Q 2,932.54	Q 3,504.61	Q 3,751.70	Q 35,015.90
Septiembre	35,280	106.40	290.00	183.60	0.9882	Q 819.74	Q 24,199.36	Q 2,894.45	Q 3,504.61	Q 3,770.18	Q 35,188.34
Octubre	35,000	107.80	290.00	182.20	0.9880	Q 819.74	Q 24,007.31	Q 2,932.54	Q 3,504.61	Q 3,751.70	Q 35,015.90
Noviembre	32,060	106.40	290.00	183.60	0.9865	Q 819.74	Q 20,969.23	Q 2,894.45	Q 3,504.61	Q 3,382.56	Q 31,570.59
Diciembre	28,000	78.40	290.00	211.60	0.9824	Q 819.74	Q 18,313.74	Q 2,132.76	Q 3,504.61	Q 2,972.50	Q 27,743.35
Total Anual	393,680	1,236.80	3,480.00	2,243.20	11.89	Q9,754.08	Q267,837.71	Q33,676.64	Q42,157.83	Q42,411.30	Q395,837.56
Promedio Mensual	32,807	103.07	290.00	186.93	0.99	Q 812.84	Q 22,319.81	Q 2,806.39	Q 3,513.15	Q 3,534.28	Q 32,986.46

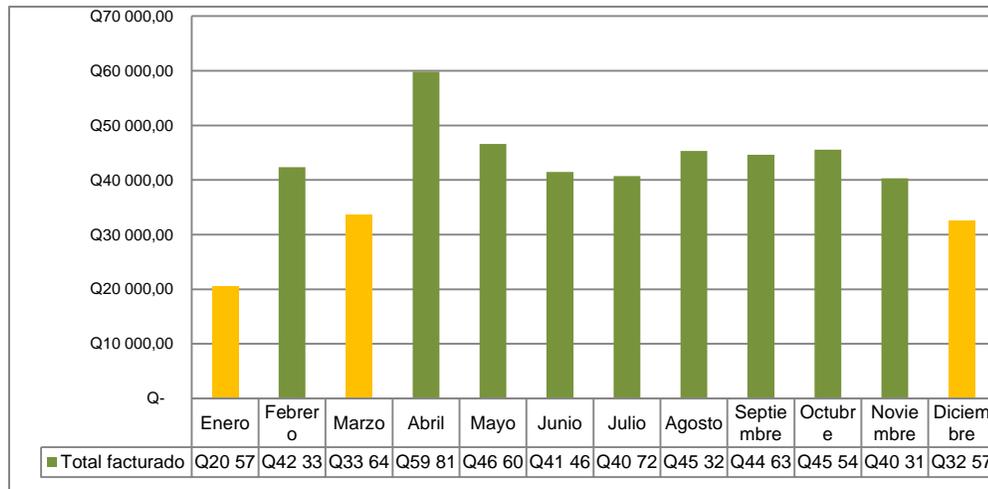
Fuente: elaboración propia.

5.2. Diagnóstico de la facturación actual

Las tablas X y XI de la facturación para el 2016 para el edificio T-10, puede notarse el descenso en los meses de enero, marzo y diciembre, así como el incremento en abril donde se supone el accionamiento de aires acondicionados por la época de verano. Se puede evaluar que el promedio de consumo en quetzales es de Q 41 130,00

A continuación, se muestran las gráficas de las figuras 3 y 4 de los valores en quetzales facturados al edificio T-10

Figura 3. **Valores facturados para 2016 para el edificio T-10**

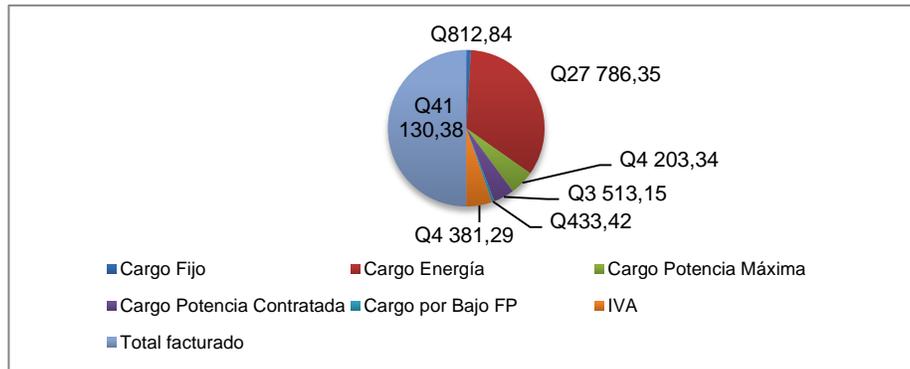


Fuente: elaboración propia.

Como podrá notarse en la tabulación de las facturas aparecen tres multas debidas al bajo factor de potencia en enero y marzo, por el bajo consumo de energía, así como en diciembre.

Aunque el bajo factor de potencia está relacionado directamente con el consumo las multas aplicadas son a los meses con menor consumo energético. Se hizo una marcación en enero, marzo y diciembre pues si se puede notar la facturación.

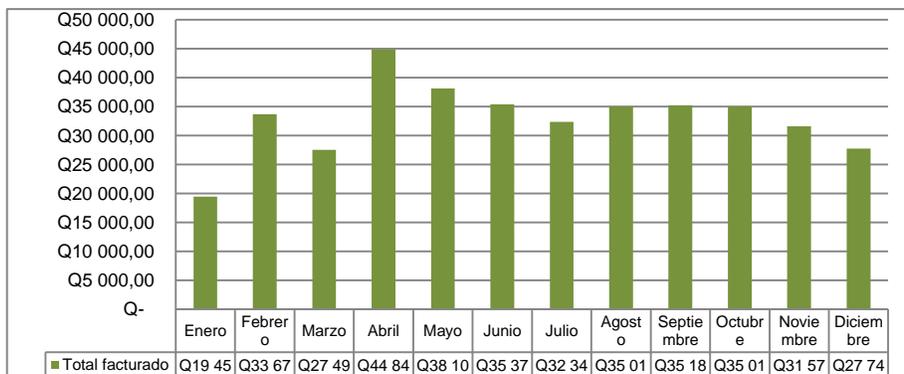
Figura 4. **Muestra los promedios anuales de los cargos en 2016, para el edificio T-10**



Fuente: elaboración propia.

La gráfica de la figura 4 muestra los consumos en quetzales del edificio T-3 para el periodo 2016, podrá notarse el consumo en enero es bajo debido que aún no está toda la carga energética por el periodo de inicio de labores. Además, el incremento en marzo, que se debe al aumento de aires acondicionados por la época de verano. Se puede observar que el promedio de consumo en quetzales es de Q 32 986,46.

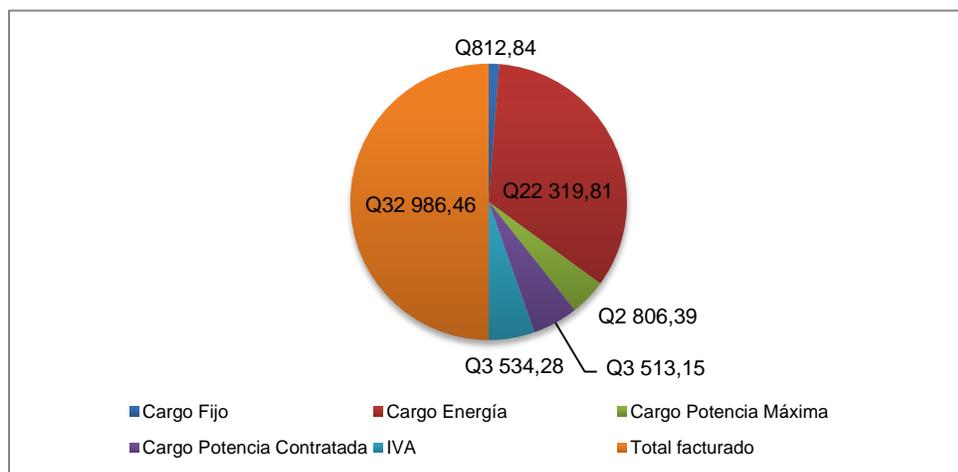
Figura 5. **Valores facturados para 2016 para el edificio T-3**



Fuente: elaboración propia.

El edificio T-3 no fue penalizado por bajo factor de potencia, por eso no se marca en ninguna de las columnas, caso contrario como se indicó en la gráfica del edificio T-10.

Figura 6. **Promedios anuales de los cargos en 2016, para el edificio T-3**



Fuente: elaboración propia.

5.3. Evaluación de demanda y energía contratada

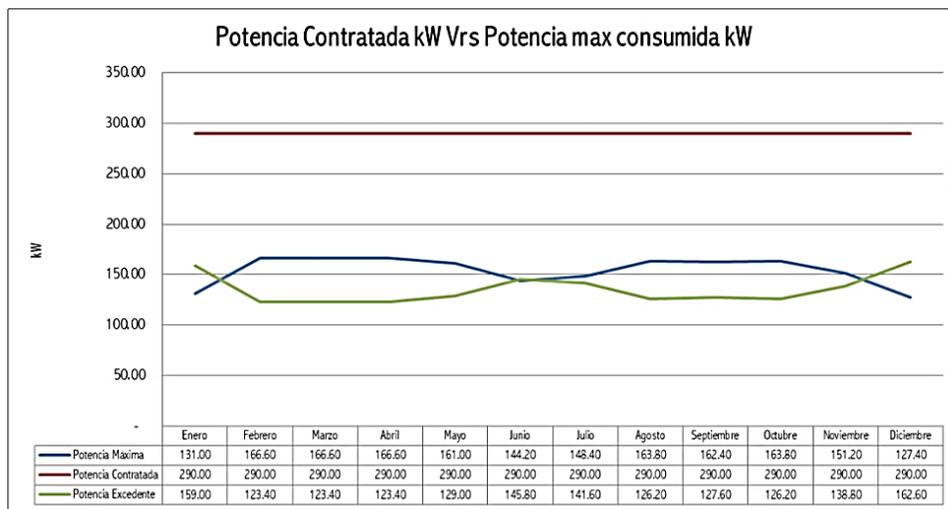
Como se puede ver en los datos mostrados en la tabulación que corresponde a los edificios T-10 y T-3 se puede apreciar en la columna excedente de potencia, la diferencia de potencias contratada frente a la consumida.

Aunque en el edificio T-3 se ve que la diferencia es mucho mayor, las potencias excedentes en este edificio sobrepasan por más de la mitad de lo que realmente se necesita. Es un hecho que las potencias contratadas no están basadas en un cálculo matemático más bien fueron contratadas sin base en un

estudio energético que pudiera definir las cargas y consumos de dichos edificios.

A continuación, se mostrarán las gráficas de la figura 7, estas potencias tomadas desde la base de esta primera tabulación, para el edificio T-10.

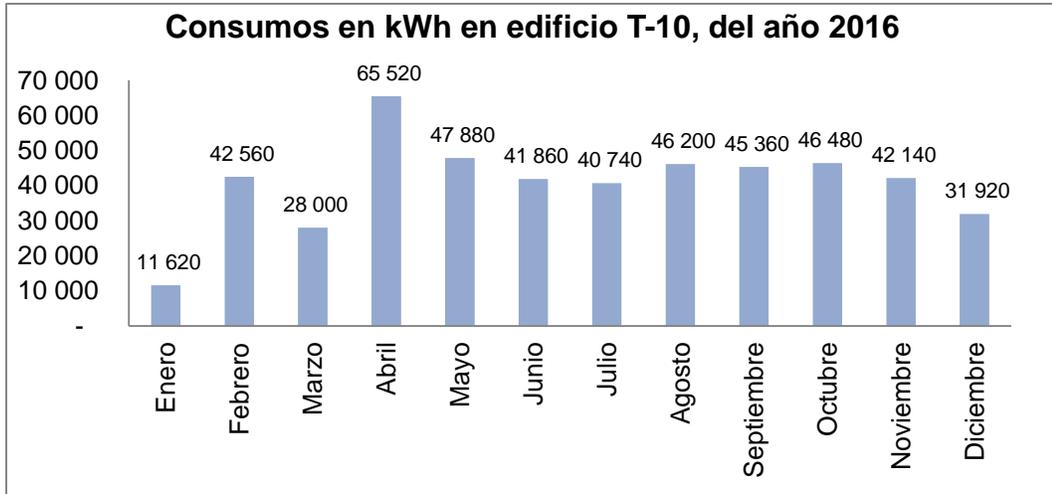
Figura 7. **Potencia contratada frente a potencia máxima consumida**



Fuente: elaboración propia.

La gráfica de la figura 8 evidencia la energía consumida en kWh para cada mes para el edificio T-10, donde se ve que lo consumido es directamente proporcional a lo facturado.

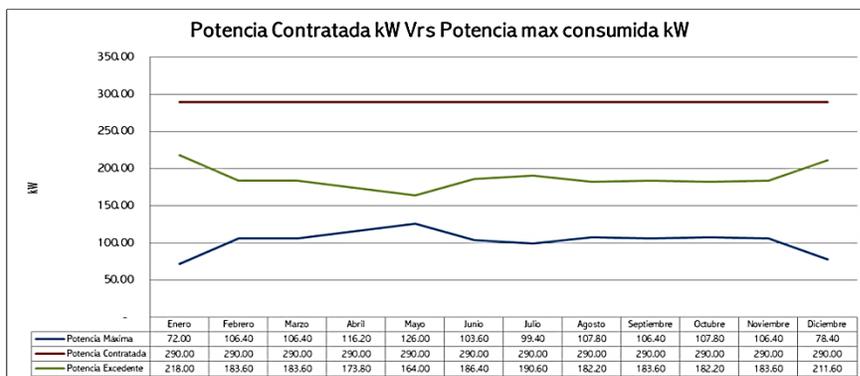
Figura 8. **Consumos en kWh del edificio T-10, de 2016**



Fuente: elaboración propia.

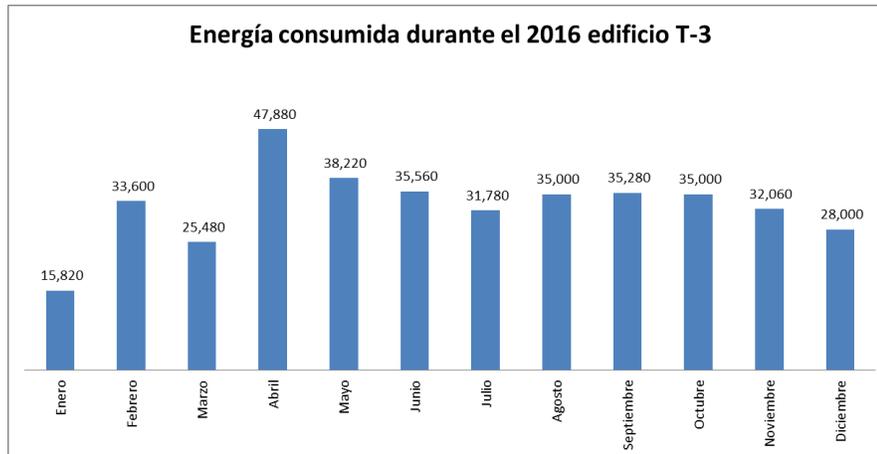
La figura 9 muestra la potencia contratada para el edificio T-3. La potencia para esta grafica esta 290 kW, así como en el edificio del T-10 en el edificio T-3 es notoria la gran diferencia de carga excedente subcontratada.

Figura 9. **Potencias contratadas en kW frente a potencia máxima consumida en kW, en el edificio T3, de Ingeniería**



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Energía consumida durante 2016, del edificio T3, Ingeniería**



Fuente: elaboración propia.

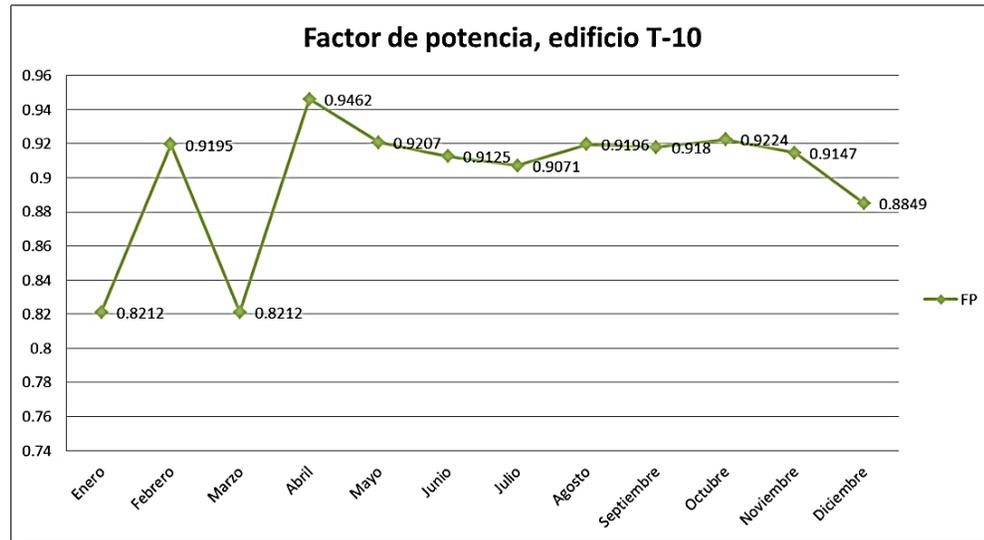
5.4. **Factor de potencia comprometido**

Las Normas Técnicas del Servicio de Distribución por sus siglas NTSD en su capítulo III, Artículo 49. Define los valores mínimos para el factor de potencia que literalmente dice así: Artículo 49. Valor mínimo para el factor de potencia. El valor mínimo admitido para el factor de potencia se discrimina de acuerdo con la potencia del usuario, de la siguiente forma:

- Usuarios con potencias de hasta 11 kW 0,85
- Usuarios con potencias superiores a 11 kW 0,90

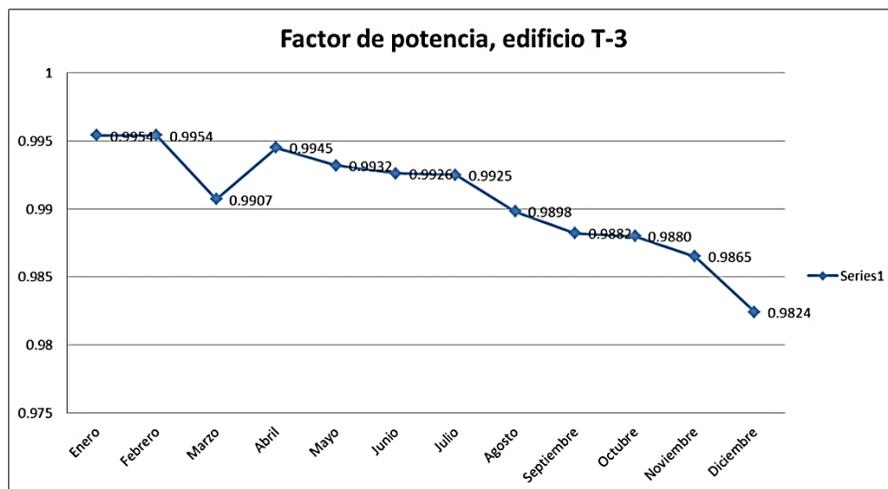
Por eso sí los cargos en factor de potencia comprometidos correspondería a 0,90 dado la potencia contratada que se tienen. Para el edificio T-10 es evidente que existen tres multas asociadas al bajo factor de potencia, que están por debajo del 0,90.

Figura 11. Muestra los consumos del factor de potencia durante 2016 y cómo se comportaron durante este año en el edificio T-10



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Muestra los consumos del factor de potencia durante 2016 y cómo se comportaron durante este año en el edificio T-3



Fuente: elaboración propia.

Los valores comprometidos para esta carga T-3, no caen por debajo del valor mínimo admitido según el artículo 49 de la NTDS estos sobrepasan el 0,90, basados en la NTSD define que la penalización o multa por el bajo factor de potencia serán incluidas en el artículo 51 sanción o multa por bajo factor de potencia.

Todo lo relativo a la penalización por bajo factor de potencia será incluido en el contrato entre el distribuidor y el usuario, considerando lo estipulado en los pliegos tarifarios fijados por la comisión. Penalización por bajo factor de potencia: corresponde a una penalización de un 1 % de lo facturado por cargos de distribución por cada centésima que el factor de potencia sobrepase los límites permitidos (BT = 0,85 y MT = 0,90).

5.5. Parámetros de calidad de energía

Según las Normas Técnicas de Servicio de Distribución NTSD las mediciones de calidad de energía en su artículo 76 define a las normativas que deben responder los equipos para tales fines, este artículo lo describe así:

Artículo 76. Calidad de los equipos

Todos los equipos de medición que sean utilizados para la medición de la calidad de la energía eléctrica, en los parámetros establecidos en estas normas, incluyendo los que miden la energía eléctrica, deberán responder a normas internacionales de fabricación tales como IEC, ANSI e ISO, y otras que apruebe la comisión.

Así también las Normas Técnicas de Servicio de Distribución NTSD en su artículo 64. Tolerancias para el servicio comercial del distribuidor, definen las tolerancias sobre los índices o indicadores las siguientes:

- Porcentaje de reclamos o quejas.
- Tiempo promedio de procesamiento de reclamos o quejas, se dará énfasis al inciso.
- Qué define la precisión de la medición por ser técnicamente ligada con el equipo. En su inciso dice y define los porcentajes aceptados por el medidor.
- Precisión de la medición del consumo de energía eléctrica: la precisión de la medición del consumo de energía eléctrica definida como admisible incluye al conjunto de equipos que conforman el equipamiento de medición (transformadores de medición y medidores), y se la discrimina de acuerdo con la potencia del usuario:
 - Usuarios con potencias de hasta 11 kW: error máximo de la medición 3 %.
 - Usuarios con potencias superiores a 11 kW: error máximo de la medición 2 %.

El equipo de medición deberá responder a normas internacionales de fabricación tales como IEC o ANSI u otras que apruebe la comisión, garantizando la precisión de la medición indicada anteriormente. El valor de la

precisión del equipamiento de medición deberá ser indicado en la boleta de verificación, la cual hará referencia a la norma con la cual cumple.

Además, la NTSD en su Artículo 17: evaluación de la calidad del producto suministrado por el distribuidor, aclara que la calidad del producto en este caso la energía que será suministrada por el distribuidor o el generador. Deberá ser evaluada mediante un sistema de medición y control de la calidad del servicio eléctrico, realizado por el propio distribuidor y supervisado por la comisión para identificar las infracciones a las tolerancias permitidas respecto de los parámetros establecidos para: regulación de tensión, desbalance de tensión en servicios trifásicos, distorsión armónica y *flicker*.

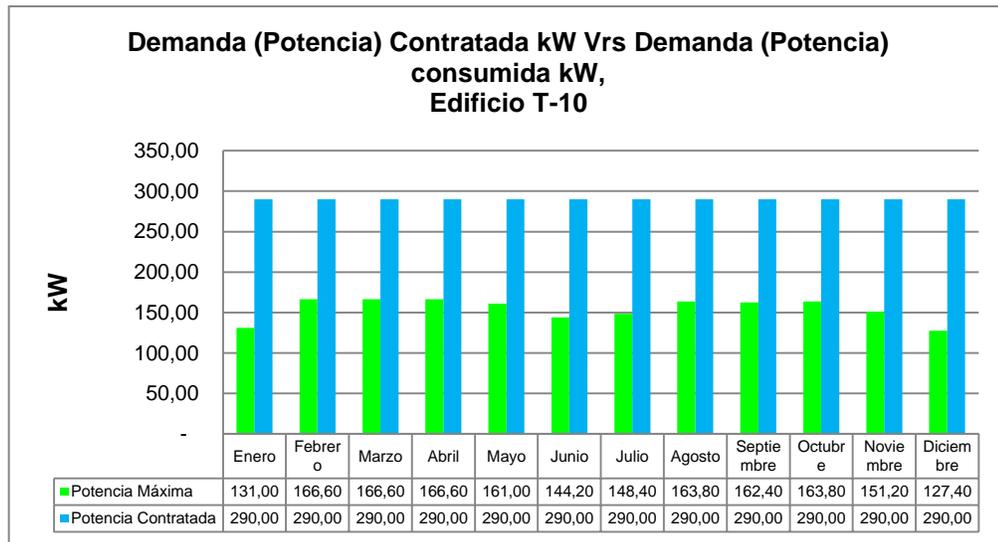
5.6. Comparativo de demanda de potencia y energía contratada frente a demanda de potencia utilizada

Se puede notar en la gráfica de la figura 13, la curva en color celeste representa la potencia excedente, esta sobrepasa en más de 123 kW a la potencia contratada en su punto más bajo, y en 162 kW la más alta.

La potencia contratada mostrada como una constante en color celeste, evidencia a la demanda que es muy superior a la demanda necesaria. Y en verde la potencia máxima que se ha consumido mes a mes en este edificio.

Se puede decir que esta se mantiene constante casi en una recta alrededor de los 160 kW. Es allí es donde se va a considerar el cambio para dicha demanda y hacer el ajuste necesario con base en tablas numéricas para ajustarla a la más pertinente.

Figura 13. **Demanda contratada frente a demanda consumida en el edificio T-10**



Fuente: elaboración propia.

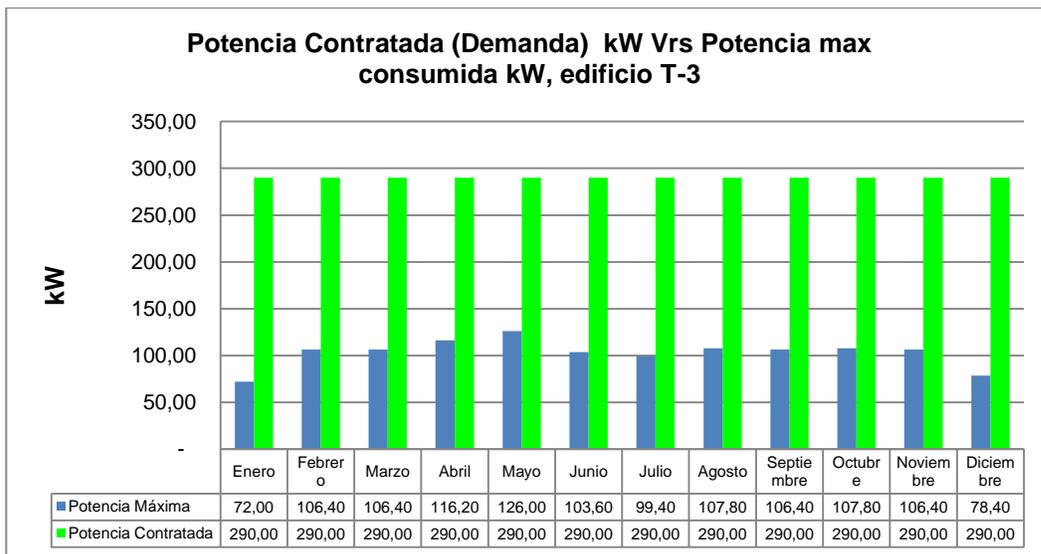
Por otro lado, la potencia en su punto más bajo en enero con 131 kW, sobrepasa en 159 kW sobre lo consumido. La potencia en su punto más alto en agosto con 127 kW, sobrepasa en 126.2 kW sobre lo consumido.

Analizando la gráfica de potencias en el edificio T-3, se puede notar considerablemente el excedente de potencia sobre la potencia contratada, en verde la gráfica de la demanda contratada en 290 kW, sobre lo real consumido.

En enero de 2016 se ve que la potencia consumida llega a los 72 kW, mientras que en su punto más alto de consumo se da en mayo cuando llega a los 126 kW.

Nuevamente podemos considerar el reacomodo de la demanda contratada frente a la demanda utilizada y para fines de análisis esta se realizará en base a consideraciones matemáticas para ajustarla de tal manera que pueda garantizarnos un ahorro económico y que este ahorro pueda utilizarse para mejorar aún más la calidad de servicio.

Figura 14. **Demanda contratada frente a. demanda consumida en el edificio T-3**



Fuente: elaboración propia.

Realizando un análisis para las gráficas de las figuras 13 y 14, tanto para el edificio T-10, como para el edificio T-3 se evidencia para ambos casos que la demanda contratada está muy por encima de la demanda necesaria, para simplificar este análisis se podría realizar una analogía más simple.

Como ejemplo se debe transportar cierta cantidad de sacos de arena y para tal caso usted contrata un furgón de 290 pies de largo, el contratista

cobrará el transporte por este furgón de 290 pies, pero usted solo está transportando menos de la mitad del transporte en carga y en longitud, pudiendo considerarse contratar un furgón que cumpliera con la necesidad de longitud y gastar por un transporte que puede ser más económico para ambos casos.

Contratar una demanda más baja no siempre se considera una mejora en la tarifa, pues aquellos usuarios que consumen más o mejor dicho que necesitan una demanda mayor se consideran grandes usuarios y por ser clientes de alto consumo se obtienen precios preferenciales.

Se cita según la LGE que un gran usuario es un consumidor de energía cuya demanda de potencia excede cien kilovatios, o el límite inferior fijado por el ministerio en el futuro.

El gran usuario no estará sujeto a regulación de precio y las condiciones de suministro serán libremente pactadas con el distribuidor o con cualquier otro suministrador. Para efectos del artículo 59, literal c) de la ley, las tarifas de los consumidores con demanda de potencia igual o inferior a cien kilovatios, o el límite inferior que en el futuro establezca el ministerio, serán fijadas por la comisión.

6. PROCEDIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL AHORRO CON BAJA INVERSIÓN

La pregunta más esencial, ¿puedo ahorrar en mi facturación de consumo energético?, ¿qué puedo hacer para pagar menos? Para muchos puede parecer una tarea compleja que puede llevar inversiones en equipos, mediciones, implementación de revisión de recursos utilizados y por utilizar, además de una cultura empresarial que conlleve esfuerzo y un cambio de actitud.

Para muchos casos puede ser así, aunque muchas veces puede empezar a recibir el beneficio del ahorro si se conoce la ley, para este caso y para todos los casos con el simple procedimiento, una solicitud de cambio de variación de potencia, claro está, que es una de varias implementaciones que pueden permitir un ahorro en su consumo de energía eléctrica y por lo consiguiente ahorro casi de inmediato.

Para tal propósito se puede encontrar y descargar la carta de solicitud de variación de potencia en la página de Empresa Eléctrica de Guatemala “EEGSA” <https://eegsa.com/wp-content/uploads/2016/04/VARIACION-POTENCIA.pdf>, para el caso de los edificios T-10 y T-3 se utilizó este documento para realizar el cambio de potencia contratada.

Para cualquier otro caso fuera de esta comercializadora se debe conocer cuál es la empresa que le brinda el servicio eléctrico y realizar la solicitud respectiva, para el caso de DEOGSA, DEORSA es a través de una carta solicitando el cambio de la variación de potencia.

Figura 15. **Formulario sin llenar de solicitud de cambio de potencia de EEGSA**

EEGSA
Grupo-epsp

**FORMULARIO DE PETICIÓN
DE VARIACIÓN DE POTENCIA CONTRATADA**

Guatemala, _____ de _____ 20_____

Estimado Usuario:

La petición de variación de potencia contratada, la puede solicitar el titular de la cuenta o el representante legal de la misma, dependiendo del caso, deberá adjuntar a este formulario debidamente firmado, los siguientes requisitos.

Persona Individual:

1. Fotocopia de DPI únicamente.

Empresa Jurídica:

1. Fotocopia del nombramiento del representante legal
2. Fotocopia de DPI
3. En caso de arrendatarios (servicio a nombre de terceros), presentar:
 - Fotocopia del contrato de arrendamiento y requisitos de los numerales 1 y 2.

Asimismo, es importante hacer de su conocimiento lo que establece el artículo 75 de las Normas Técnicas del Servicio de Distribución:

1. En el caso que la potencia utilizada por el usuario sea mayor que la contratada; Empresa Eléctrica cobrará la potencia utilizada en exceso a un precio de dos veces el cargo unitario por potencia contratada, por cada kilovatio utilizado en exceso.
2. Adicionalmente, en esa situación, Empresa Eléctrica actualizará al mes siguiente el valor de la potencia contratada al valor de la potencia registrada.

Por lo antes expuesto, si desea reducir o aumentar la potencia, deberá solicitarlo a través de este formulario, completando los siguientes datos:

Yo: _____, solicito el cambio de potencia contratada al valor de _____ KW, del servicio de energía eléctrica identificado con el Contador No.: _____ y Correlativo No.: _____, a nombre de: _____

Firma _____ No. de DPI: _____

Datos importantes:
 Persona contacto: _____
 Número telefónico: _____ Fax: _____
 Dirección para recibir notificaciones: _____
 E-mail: _____

Distribución Gratuita

Fuente: EEGSA. *Formularios*. <http://eegsa.com/wp-content/uploads/2016/04/VARIACION-POTENCIA.pdf>. Consulta diciembre de 2019.

Todo este cambio por supuesto previo a considerar los pro o contras que se den al momento de realizar estos cambios, para eso se requiere plasmar una breve comparación de consumos energéticos en una hoja de Excel con un simple historial de consumos se puede realizar este análisis tal y como se realizará en este capítulo.

6.1. Cartas de solicitud ante la empresa distribuidora para trámite de cambio de potencia y energía contratada

A continuación, se mostrará la carta que fue necesaria para la realización del cambio de potencia ante EEGSA de los edificios T-10 y T-3. Es importante recalcar que se utilizó un juego de papelería por cada usuario.

Según los lineamientos de EEGSA se debe adjuntar la documentación siguiente:

- Formulario de petición de variación de potencia contratada.
- Fotocopia de nombramiento como mandatario especial con representación de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Fotocopia del documento personal de identificación (DPI).

Figura 16. **Carta de autorización para trámite ante EEGSA, para petición de cambio de potencias**

Guatemala, Septiembre 27, 2017

Sres.
EEGSA
Presente.

Estimados señores:

Por éste medio me dirijo a ustedes, en mi calidad de MANDATARIO ESPECIAL CON REPRESENTACIÓN, de la cual adjunto fotocopia, así como copia de mi CUI, para nombrar a los estudiantes Epesistas de la facultad de Ingeniería de la misma universidad

HOOBERTH ORTIZ	DPI	2223 82511 0101
EDWIN CRUZ	DPI	1811 95356 2101
MANUEL GONZALEZ	DPI	2409 77505 0101

Para que realicen trámites relativos a modificación en tarifas contratadas con ustedes de las distintas acometidas de instalaciones eléctricas de nuestra casa de estudios.

Atentamente,


Dany Abraham Hernández López
Asesor Legal de Proyectos
CUI 1997 72495 2212



Documentos Adjuntos:

- Formulario de Petición de variación de Potencia Contratada
- Fotocopia de nombramiento como mandatario especial con representación de Universidad de San Carlos de Guatemala
- Fotocopia del Documento Personal de Identificación –DPI-

Fuente: elaboración propia.

6.2. Presentación de la solicitud de cambio de demanda y energía ante la empresa distribuidora

Ante la empresa distribuidora se presentan los formularios que se encuentran en las figuras 17 y 18.

Figura 17. **Formulario presentado para el cambio de potencia en el edificio T-10**

Como se puede observar el cambio a 163 kW en lugar de 290kW

EEGSO
Grupo-eprog

**FORMULARIO DE PETICIÓN
DE VARIACIÓN DE POTENCIA CONTRATADA**

Guatemala, 27 de Septiembre 2017

AGENCIA CENTRAL
02 OCT 2017
NOMBRE DE QUIEN RECIBE

Estimado Usuario:

La petición de variación de potencia contratada, la puede solicitar el titular de la cuenta o el representante legal de la misma, dependiendo del caso, deberá adjuntar a este formulario debidamente firmado, los siguientes requisitos.

Persona Individual:

1. Fotocopia de DPI únicamente.

Empresa Jurídica:

1. Fotocopia del nombramiento del representante legal
2. Fotocopia de DPI
3. En caso de arrendatarios (servicio a nombre de terceros), presentar:
- Fotocopia del contrato de arrendamiento y requisitos de los numerales 1 y 2.

Asimismo, es importante hacer de su conocimiento lo que establece el artículo 75 de las Normas Técnicas del Servicio de Distribución:

1. En el caso que la potencia utilizada por el usuario sea mayor que la contratada; Empresa Eléctrica cobrará la potencia utilizada en exceso a un precio de dos veces el cargo unitario por potencia contratada, por cada kilovatio utilizado en exceso.
2. Adicionalmente, en esa situación, Empresa Eléctrica actualizará al mes siguiente el valor de la potencia contratada al valor de la potencia registrada.

Por lo antes expuesto, si desea reducir o aumentar la potencia, deberá solicitarlo a través de este formulario, completando los siguientes datos:

Yo: DANY ABRAHAM HERNÁNDEZ LÓPEZ, solicito el cambio de potencia contratada al valor de 163 kW, del servicio de energía eléctrica identificado con el Contador No. 01922866 y Correlativo No.: 972762 a nombre de: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Firma [Firma] No. de DPI: 1997 72495 2212

Datos importantes:
Persona contacto: Manuel Gonzalez/Edwin Cruz/Hoerberth Ortiz
Número telefónico: 5434-8388/5633-1790/5930-5815 Fax: _____
Dirección para recibir notificaciones: 4 Ave. 1-31, San Cristóbal Z. 8 de Mixco/ Ruta 3, 7-26 zona 4 ciudad
E-mail: manuel.gonzalezes@yahoo.com/hortiz@eserman-ca.com

Distribución Gratuita

Fuente: elaboración propia

Figura 18. **Formulario presentado para el cambio de potencia en el edificio T-3**

Como se puede observar el cambio a 107 kW en lugar de 290kW.

EEGSO
Grupo-epmj

FORMULARIO DE PETICIÓN DE VARIACIÓN DE POTENCIA CONTRATADA

Guatemala, 27 de Septiembre 2017

AGENCIA CENTRAL
02 OCT 2017
NOMBRE DE QUIEN RECIBE

Estimado Usuario:
La petición de variación de potencia contratada, la puede solicitar el titular de la cuenta o el representante legal de la misma, dependiendo del caso, deberá adjuntar a este formulario debidamente firmado, los siguientes requisitos.

Persona Individual:

1. Fotocopia de DPI únicamente.

Empresa Jurídica:

1. Fotocopia del nombramiento del representante legal
2. Fotocopia de DPI
3. En caso de arrendatarios (servicio a nombre de terceros), presentar:
- Fotocopia del contrato de arrendamiento y requisitos de los numerales 1 y 2.

Asimismo, es importante hacer de su conocimiento lo que establece el artículo 75 de las Normas Técnicas del Servicio de Distribución:

1. En el caso que la potencia utilizada por el usuario sea mayor que la contratada; Empresa Eléctrica cobrará la potencia utilizada en exceso a un precio de dos veces el cargo unitario por potencia contratada, por cada kilovatio utilizado en exceso.
2. Adicionalmente, en esa situación, Empresa Eléctrica actualizará al mes siguiente el valor de la potencia contratada al valor de la potencia registrada.

Por lo antes expuesto, si desea reducir o aumentar la potencia, deberá solicitarlo a través de este formulario, completando los siguientes datos:

Yo: DANY ABRAHAM HERNÁNDEZ LÓPEZ, solicito el cambio de potencia contratada al valor de 107.00 kW, del servicio de energía eléctrica identificado con el Contador No.: 972767 y Correlativo No.: 972767, a nombre de: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Firma [Firma] No. de DPI: 1997 72495 2212

Datos importantes:
Persona contacto: Manuel Gonzalez/Edwin Cruz/Hoobert Ortiz
Número telefónico: 5434-8388/5633-1790/5930-5815 Fax: _____
Dirección para recibir notificaciones: 4 Ave. 1-31, San Cristóbal Z. 8 de Mixco/ Ruta 3, 7-26 zona 4 ciudad
E-mail: manuel_gonzalez@yahoo.com/hortiz@eserman-ca.com

Distribución Gratuita

Fuente: elaboración propia.

6.3. Análisis del ahorro obtenido

Las tablas de la XI a la XIV muestran los consumos reales desde octubre 2017, fecha en que se realizó el cambio hasta marzo 2018 de 290 kW a 163 kW respectivamente, muestra los consumos si aún se mantuviera la potencia contratada a 290 kW. Se puede ver claramente que el ahorro en este semestre.

Este valor está muy aproximado a lo considerado en la tabla, con las proyecciones de los consumos según las consideraciones tomadas. Análisis del ahorro para el edificio T-10, comparaciones de consumos.

Tabla XII. **Consumos reales con potencia contratada en 163 kW**

Mes	Energía	Potencia Máxima	Cargo Fijo	Cargo Energía	Cargo Potencia Máxima	Cargo Potencia Contratada	Cargo por Bajo FP	IVA	Total facturado 163 kW
oct-17	45,080	144.02	Q 823.70	Q 29,795.13	Q 3,790.46	Q 1,958.10	Q -	Q 4,364.09	Q 40,731.48
nov-17	41,440	141.40	Q 823.70	Q 26,959.04	Q 3,716.86	Q 1,958.10	Q -	Q 4,014.92	Q 37,472.62
dic-17	31,640	121.80	Q 823.70	Q 20,583.59	Q 3,201.65	Q 1,958.10	Q -	Q 3,188.04	Q 29,755.08
ene-18	25,060	123.20	Q 823.70	Q 16,302.93	Q 3,238.45	Q 1,958.10	Q 303.40	Q 2,715.19	Q 25,341.77
feb-18	39,620	138.60	Q 838.07	Q 26,582.44	Q 3,644.08	Q 1,986.42	Q -	Q 3,966.12	Q 37,017.13
mar-18	47,880	149.80	Q 838.07	Q 32,124.37	Q 3,938.55	Q 1,986.42	Q -	Q 4,666.49	Q 43,553.90
Total Anual	230,720	818.82	Q 4,970.94	Q 152,347.50	Q 21,530.05	Q 11,805.24	Q 303.40	Q 22,914.86	Q 213,871.99

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Consumos reales si aún se tuviera la potencia contratada en 290 kW**

Mes	Energía	Potencia Máxima	Cargo Fijo	Cargo Energía	Cargo Potencia Máxima	Cargo Potencia Contratada	Cargo por Bajo FP	IVA	Proyección de Total facturado a 290 kW
oct-17	45,080	144.02	Q 823.70	Q 29,795.13	Q 3,790.46	Q 3,483.74	Q -	Q 4,547.16	Q 42,440.19
nov-17	41,440	141.40	Q 823.70	Q 26,959.04	Q 3,716.86	Q 3,483.74	Q -	Q 4,198.00	Q 39,181.34
dic-17	31,640	121.80	Q 823.70	Q 20,583.59	Q 3,201.65	Q 3,483.74	Q -	Q 3,371.12	Q 31,463.80
ene-18	25,060	123.20	Q 823.70	Q 16,302.93	Q 3,238.45	Q 3,483.74	Q 303.40	Q 2,898.27	Q 27,050.48
feb-18	39,620	138.60	Q 838.07	Q 26,582.44	Q 3,644.08	Q 3,534.12	Q -	Q 4,151.85	Q 38,750.56
mar-18	47,880	149.80	Q 838.07	Q 32,124.37	Q 3,938.55	Q 3,534.12	Q -	Q 4,852.21	Q 45,287.32
Total Anual	230,720	818.82	Q 4,970.94	Q 152,347.50	Q 21,530.05	Q 21,003.19	Q 303.40	Q 24,018.61	Q 224,173.69

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Ahorro real desde la fecha de cambio de potencia octubre 2017 a marzo 2018**

Mes	Proyección de Total facturado a 290 kW	Total facturado 163 kW	diferencial 290 kW a 163 kW
oct-17	Q 42,440.19	Q 40,731.48	Q 1,708.71
nov-17	Q 39,181.34	Q 37,472.62	Q 1,708.71
dic-17	Q 31,463.80	Q 29,755.08	Q 1,708.71
ene-18	Q 27,050.48	Q 25,341.77	Q 1,708.71
feb-18	Q 38,750.56	Q 37,017.13	Q 1,733.43
mar-18	Q 45,287.32	Q 43,553.90	Q 1,733.43
TOTAL AHORRO 1 SEMESTRE			Q 10,301.70

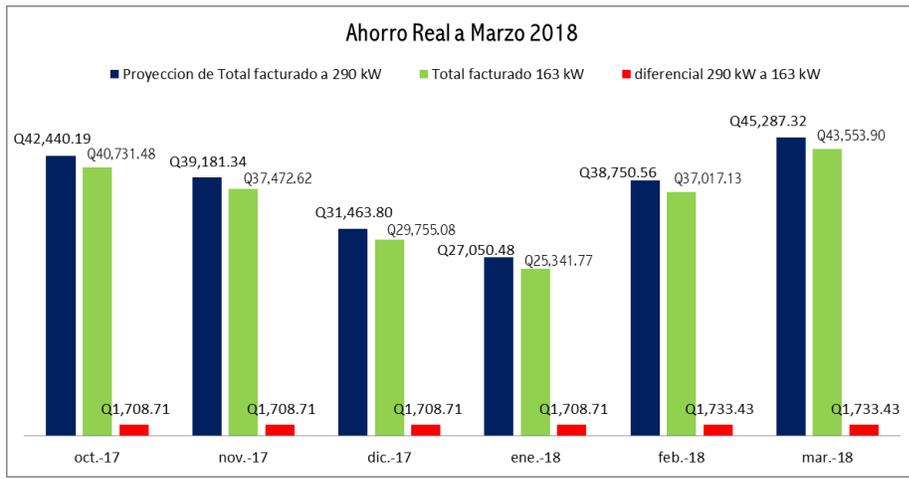
Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Proyección de ahorro a un año del cambio de potencia contratada en edificio T-10**

ID USUARIO	DIRECCIÓN	TARIFA	Potencia Contratada Actual (kW)	Cambiar Potencia Contratada A: (kW)	Pago por Bajo FP	Facturación Actual anual	Facturación Corregida Anual	Ahorro Anual en Q	Ahorro Anual en %
972762	T-10	NRMTDfp	290.00	163.00	Q 4,893.00	Q493,551.37	Q473,242.64	Q 20,308.73	4.1%

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Ahorro obtenido a partir del cambio octubre 2017 a marzo 2018 del edificio T-10**



Fuente: elaboración propia.

El ahorro obtenido está basado no solamente en la modificación de la potencia contratada, sino también se están considerando las diferentes opciones tarifarias, así como los precios en los pliegos tarifarios. Se realiza un análisis para establecer si era pertinente la modificación a otro tipo de tarifa en donde sin duda podría obtener un ahorro mejor.

Tomando en consideraciones todas estas variables, se establece que una opción sería la unificación de algunas cargas y la medición en el lado primario de estas mismas, aunque estas conclusiones se darán más adelante a detalle.

- Análisis del ahorro para el edificio T-3, comparaciones de consumos

Las tablas de la XVI a la XIX muestran los consumos reales desde octubre 2017, fecha en que se realizó el cambio a marzo 2018 de 290 kW a 107 kW respectivamente, muestra también un incremento en la potencia contratada a

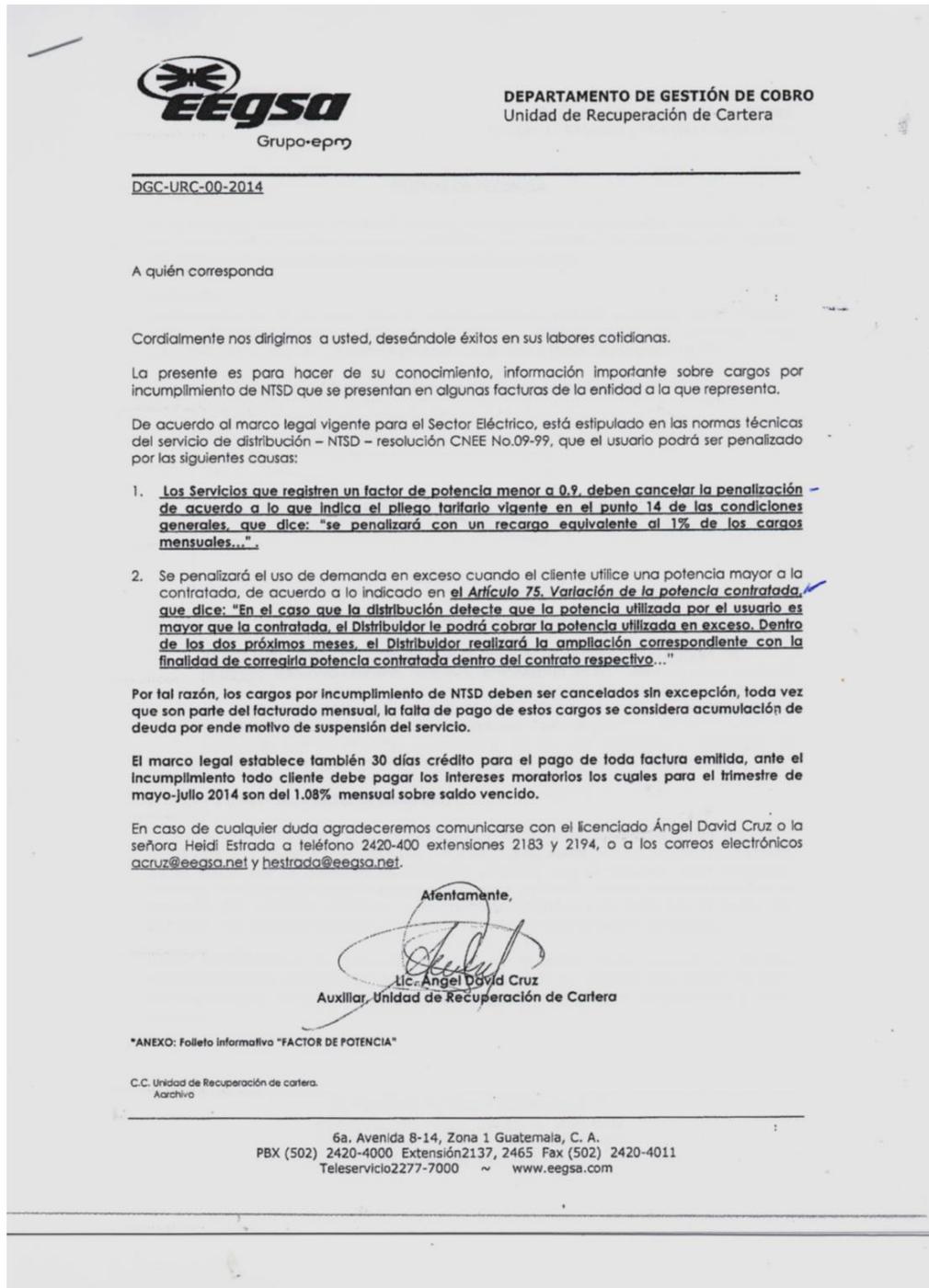
119 kW en el mes de noviembre del 2017 aunque la potencia solicitada inicialmente era de 107kW. A esto la EEGSA argumenta el aumento a este valor de 119 kW debido a un incremento de un solo mes y avalando el cobro del exceso según el artículo 75 de la NTSD, que literalmente se detalla:

Artículo 75. Variación de la potencia contratada. En el caso que el distribuidor detecte que la potencia utilizada por el usuario es mayor que la contratada, el distribuidor le podrá cobrar la potencia utilizada en exceso, a un precio máximo de dos veces el valor del cargo unitario por potencia contratada de la tarifa correspondiente, por cada kilovatio utilizado en exceso.

Dentro de los dos próximos meses, el distribuidor realizará la ampliación correspondiente con la finalidad de corregir la potencia contratada dentro del contrato respectivo.

Acá se subraya la notación del Artículo 75, que faculta a la EEGSA en corregir la demanda una vez se detecte un incremento, la ley indica que, una vez detectado este incremento, la EEGSA posee la facultad de corregir y goza de hasta dos meses después de la detección para ajustar este cambio, tal y como se puede ver en la siguiente tabla y se muestra en el siguiente documento.

Figura 20. Carta enviada por eegsa debido al cambio de potencias



Fuente: EEGSA. *Departamento de gestión de cobro.*

Tabla XVI. **Consumos reales con potencia contratada en 107 kW**

Mes	Energía	Potencia Máxima	Potencia Contratada	Potencia Excedente	FP	Cargo Energía	Cargo Potencia Máxima	Cargo Potencia Contratada	Cargo Exceso de Pot. Cont.	IVA	Total facturado 107 kW
oct-17	36,540	119.00	107.00	(12.00)	0.99	Q 24,150.71	Q 3,128.05	Q 1,285.38	Q 332.91	Q 3,561.14	Q 33,237.29
nov-17	32,480	100.80	119.00	18.20	0.99	Q 21,130.06	Q 2,649.64	Q 1,429.53	Q -	Q 3,123.95	Q 29,156.88
dic-17	28,840	77.00	119.00	42.00	0.99	Q 18,762.04	Q 2,024.03	Q 1,429.53	Q -	Q 2,764.72	Q 25,804.02
ene-18	23,240	68.60	119.00	50.40	0.98	Q 15,118.92	Q 1,803.23	Q 1,429.53	Q -	Q 2,301.05	Q 21,476.43
feb-18	31,360	96.60	119.00	22.40	0.99	Q 21,040.52	Q 2,539.81	Q 1,450.21	Q -	Q 3,104.23	Q 28,972.85
mar-18	38,640	116.20	119.00	2.80	0.99	Q 25,924.93	Q 3,055.14	Q 1,450.21	Q -	Q 3,752.20	Q 35,020.56
Total Anual	191,100	578.20	702.00	123.80	5.92	Q 126,127.18	Q 15,199.90	Q 8,474.39	Q 332.91	Q 18,607.29	Q 173,713.31
Promedio Mensual	15,925	48.18	58.50	10.32	0.49	Q 10,510.60	Q 1,266.66	Q 706.20	Q 27.74	Q 1,550.61	Q 14,476.11

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que la demanda solicitada fue de 107kW, en octubre de 2017 pero que este mismo mes se detectó un incremento a 119 kW, automáticamente se reajustó a este valor en noviembre de 2017, dejándolo fijo para el resto de los meses.

Si el demandómetro detectara un incremento mayor a 119 kW, nuevamente la EEGSA podrá corregir la demanda. Aunque se puede ver claramente que es preferible pagar una penalización dejando en 107 kW pues la diferencia de lo contratado frente a lo consumido es menor a lo que se paga por el valor de la demanda a la que se reajusto.

Tabla XVII. **Consumos reales si aún se tuviera la potencia contratada en 290 kW**

Mes	Energía	Potencia Máxima	Potencia Contratada	Potencia Excedente	FP	Cargo Energía	Cargo Potencia Máxima	Cargo Potencia Contratada	Cargo Exceso de Pot. Cont.	IVA	Proyección de Total facturado a 290 kW
oct-17	36,540	119.00	290.00	-	0.99	Q 24,150.71	Q 3,128.05	Q 3,483.74	Q -	Q 3,790.34	Q 35,376.54
nov-17	32,480	100.80	290.00	-	0.99	Q 21,130.06	Q 2,649.64	Q 3,483.73	Q -	Q 3,370.46	Q 31,457.58
dic-17	28,840	77.00	290.00	-	0.99	Q 18,762.04	Q 2,024.03	Q 3,483.73	Q -	Q 3,011.22	Q 28,104.72
ene-18	23,240	68.60	290.00	-	0.98	Q 15,118.92	Q 1,803.23	Q 3,483.73	Q -	Q 2,547.55	Q 23,777.13
feb-18	31,360	96.60	290.00	-	0.99	Q 21,040.52	Q 2,539.81	Q 3,534.13	Q -	Q 3,354.30	Q 31,306.84
mar-18	38,640	116.20	290.00	-	0.99	Q 25,924.93	Q 3,055.14	Q 3,534.13	Q -	Q 4,002.35	Q 37,355.31
Total Anual	191,100	578.20	1,740.00	-	5.92	Q 126,127.18	Q 15,199.90	Q 21,003.18	Q -	Q 20,076.23	Q 187,378.12
Promedio Mensual	31,850	96.37	290.00	-	0.99	Q 21,021.20	Q 2,533.32	Q 3,500.53	Q -	Q 3,346.04	Q 31,229.69

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Ahorro real desde la fecha de cambio de potencia octubre 2017 a marzo 2018, edificio T-3**

Mes	Proyección de Total facturado a 290 kW	Total facturado 107 kW	diferencial 290 kW a 107 kW
oct-17	Q 35,376.54	Q33,237.29	Q 2,139.25
nov-17	Q 31,457.58	Q29,156.88	Q 2,300.70
dic-17	Q 28,104.72	Q25,804.02	Q 2,300.70
ene-18	Q 23,777.13	Q21,476.43	Q 2,300.70
feb-18	Q 31,306.84	Q28,972.85	Q 2,333.99
mar-18	Q 37,355.31	Q35,020.56	Q 2,334.75
AHORRO TOTAL 1 SEMESTRE			Q 13,710.09

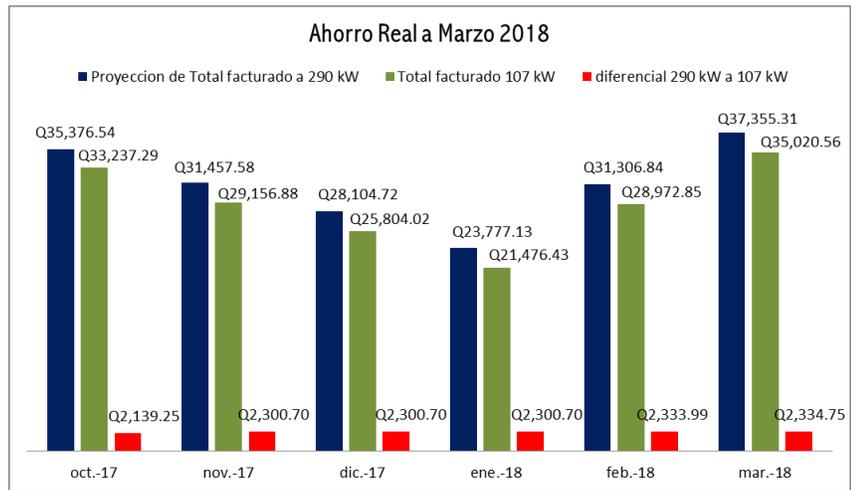
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Proyección de ahorro a un año del cambio de potencia contratada en edificio T-3**

ID USUARIO	DIRECCIÓN	TARIFA	Potencia Contratada Actual (kW)	Cambiar Potencia Contratada A: (kW)	Pago por Bajo FP	Facturación Actual anual	Facturación Corregida Anual	Ahorro Anual en Q	Ahorro Anual en %
972767	T-3	NRMTDfp	290.00	107.00	Q -	Q 395,825.09	Q 367,175.77	Q 28,649.32	7.2%

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Muestra el ahorro obtenido a partir del cambio octubre 2017 a marzo 2018 del edificio T-3**



Fuente: elaboración propia.

El ahorro obtenido para el edificio T-3, durante los primeros seis meses lleva un acumulado de Q 13 710,09, aun con el ajuste que realizara EEGSA por los 119 kW. Según se puede observar en la gráfica el ahorro obtenido mes a mes. La proyección para todo un año será de aproximadamente de Q 28 000,00.

7. REQUERIMIENTOS PARA APLICAR A GRAN USUARIO

El procedimiento, requisitos y material legal se presentarán de una manera para facilitar las obligaciones que deben aplicarse para convertirse en gran usuario, con esta información el usuario podrá entender y facilitar su procedimiento, así como sus obligaciones para participar ante el mercado mayorista.

7.1. Requerimientos técnicos

- Tener una demanda de potencia superior a 100 kW (o el límite mínimo fijado por el ministerio de energía y minas en el futuro).
- Estar inscrito como gran usuario en el registro de agentes y grandes usuarios del Ministerio de Energía y Minas MEM, (Art. 5 del reglamento del administrador del mercado mayorista RAMM).
- Contar con la habilitación comercial por parte del administrador del mercado mayorista AMM para participar en el mercado mayorista según lo establecido en la norma mayorista, según lo establecido en la norma de coordinación comercial 14. (NCC14, sistema de medición comercial).
- Cumplir con los requisitos mínimos de su inscripción inicial (demanda mínima de 100 kW) por lo menos en dos meses de cada trimestre consecutivo dentro del año trimestre consecutivo dentro del año estacional vigente para mantener vigente su inscripción en el registro de agentes y

grandes usuarios del mercado mayorista del MEM y conservar la calidad de gran usuario (Art. 6 acuerdo gubernativo 244-2003 AG 244-2003).

7.2. Requerimientos legales

Para mantener dicha categoría debe cumplir los requisitos establecidos en la ley general de electricidad LGE, su reglamento y demás regulación aplicable.

7.3. Información que se requiere

Tomado de la guía indicativa de los requisitos para participar en el mercado mayorista de electricidad de Guatemala, este documento proporciona los requisitos, tanto legales, así como los requisitos generales y específicos.

Gran usuario: reformado por el artículo 1, acuerdo gubernativo No. 68-2007. Es un consumidor de energía cuya demanda de potencia excede 100 kilovatios, o el límite inferior fijado por el ministerio en el futuro. El gran usuario no estará sujeto a regulación de precio y las condiciones de suministro serán libremente pactadas con el distribuidor o con cualquier otro suministrador. Para efectos del artículo 59, literal c) de la Ley, las tarifas de los consumidores con demanda de potencia igual o inferior a cien kilovatios, o el límite inferior que en el futuro establezca el ministerio, serán fijadas por la comisión.

7.4. Procedimiento para convertirse a gran usuario

Los pasos para convertirse en gran usuario son los siguientes:

- Inscripción en el MEM: para obtener la inscripción en el registro de agentes y grandes usuarios del MEM, se deberá cumplir ante la dirección

general de energía del MEM (24 calle 21-12 zona 12) los requisitos vigentes requeridos por el MEM.

- **Habilitación comercial por el AMM:** el segundo paso por seguir, luego de haber sido inscrito como gran usuario en el registro de agentes y grandes usuarios del MEM, es solicitar al administrador del mercado mayorista la habilitación comercial para participar en el mercado mayorista como gran usuario, para lo cual se debe dirigir su solicitud a la diagonal 6, 10-65 zona 10, Centro Gerencial las Margaritas, torre 1, nivel 15 y cumplir con lo siguiente:
 - Presentar solicitud para operar en el mercado mayorista de electricidad de Guatemala como gran usuario.
 - Presentar certificación de la inscripción en el registro del ministerio de energía y minas, haciendo constar en la misma el requisito señalado en el artículo 5 del reglamento del administrador del mercado mayorista. La certificación debe estar actualizada a un plazo no mayor de seis meses.
 - Presentar copia legalizada de la escritura de constitución de la entidad, copia de la patente de comercio, y documentación de la representación legal.
 - Acta notarial de declaración jurada, en la cual se compromete al pago del monto adeudado por su participación en el mercado mayorista cuando finalice la misma. Adicionalmente, debe comprometerse a permitir el acceso a sus equipos de medición.

- Contar con una garantía, a través de una línea de crédito en el banco liquidador, por un monto inicial establecido por el AMM de acuerdo con lo indicado en la NCC-12. El banco liquidador deberá informar al AMM sobre la habilitación de la línea de crédito, así como una cuenta bancaria para la administración de los abonos y créditos que surjan de las transacciones económicas en el mercado mayoristas. Los grandes usuarios representados no deben presentar este requisito.
- Presentar la planilla 1.8 Representantes y delegados ante el AMM.
- Presentar acuerdo de conexión y servicio de transporte con todos y cada uno de los transportistas y distribuidores involucrados en el suministro.
- Si las instalaciones del gran usuario se conectarán al sistema de transporte, presentar la resolución de autorización de acceso al sistema de transporte, emitida por la CNEE. Adicionalmente, deberán informar que cuentan con los equipos necesarios para participar en el esquema de desconexión automática de baja frecuencia y en el esquema de desconexión manual de carga.
- Si las instalaciones del gran usuario se conectarán al sistema de transporte, debe contar con los equipamientos necesarios para los sistemas de comunicaciones (voz operativa y datos del control supervisorio en tiempo real) que permitan satisfacer el envío de la información requerida.
- Presentar la planilla 5 demandas máximas proyectadas por mes y curvas típicas debidamente llena y firmada. Este requisito lo deben

presentar los grandes usuarios que no cuentan con un valor de demanda firme asignado. El AMM informará el valor de demanda firme correspondiente.

- Solicitar al departamento de medición del AMM la inspección para la habilitación del equipo de medición comercial del gran usuario. Para ser habilitado el sistema de medición comercial deberá cumplir los requisitos establecidos en la NCC-14 y entregar la documentación establecida en el inciso 14,19 de la citada norma.
- Para el gran usuario participante, solicitar al departamento de informática del AMM la adquisición de un token, el cual es un dispositivo electrónico necesario para acceder al sistema Direct@mm, por medio del cual se presentan al AMM las planillas de contratos e información para la coordinación de la operación.
- Para el gran usuario representado, solicitar el código de acceso al Direct@mm para ingresar las planillas correspondientes.
- Para el gran usuario participante, presentar una planilla de contrato del mercado a término que cubra el valor de demanda firme asignada.
- Para el gran usuario representado, presentar conjuntamente con su suministrador, la planilla del contrato de comercialización.

8. PROCEDIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL AHORRO CON INVERSIÓN MÍNIMA

Este procedimiento está desarrollado con base en la experiencia de este trabajo, y se dejará detallado para que este pueda ser implementado en cualquier otro edificio, o cualquier otro sistema de carga eléctrica con medición y con un contrato de demanda que desee obtener ahorros económicos inmediatos en su cuota de facturación de energía eléctrica.

- Definir qué edificio o carga se van a caracterizar.
- Obtener el número de contador y correlativo, del edificio por evaluar. Aunque parece obvio este punto en un edificio pueden aparecer más de un contador y es importante estar claros e inclusive si es posible realizar una medición eléctrica del contador a evaluar.
- Solicitud de carta o nombramiento para autorización de la persona que realizará el trámite: para obtener la información de la facturación por un periodo de un año. De ser necesaria por si no se contara con un historial físico de las facturas.
- Revisión de las facturaciones actuales: Se debe recabar todas las facturas por un periodo de un año, con el fin de tener un espectro del comportamiento de las cargas. La idea es la caracterización del año con una tabulación que permita ver el comportamiento real de toda la carga.

- Tabulación de la facturación: con esta tabulación se pretende caracterizar la carga, pérdidas, cargas máximas, penalizaciones, cargos fijos, cargos por energía, cargos por potencia máxima, cargos por potencia contratada. Se debe tabular las siguientes columnas:
 - Mes, tipo de tarifa, energía, potencia máxima, potencia contratada, potencia excedente, factor de potencia, cargo fijo, cargo energía, cargo por potencia contratada, cargo exceso de potencia contratada, cargo por bajo factor de potencia, IVA, cargos por alumbrado público, aporte al INDE, otros cargos y total facturado.
 - Elaboración de una hoja de cálculo de Excel: donde se debe ingresar los precios en que incurren cada tarifa, tales como tarifa social, baja tensión simple, baja tensión simple con demanda fuera de punta, entre otros

Tabla XX. **Ejemplo de tabulación de precios para evaluar precios para el periodo 2016**

Tarifa: Baja Tension Simple - BTS	Cargo por Consumidor (Q/usuario-mes)	Cargo por Energía (Q/kWh)	Tarifa: Baja Tension con demanda fuera de punta - BTDFp	Cargo por Consumidor (Q/usuario-mes)	Cargo Unitario por Energía (Q/kWh)	Cargo Unitario por Potencia Máxima (Q/kW-mes)	Cargo Unitario por Potencia Contratada (Q/kW-mes)
Valor	Q 10.27	Q 1.10	Valor	Q 236.24	Q 0.70	Q 23.58	Q 29.16
Valor	Q 16.24	Q 1.70	Valor	Q 730.76	Q 0.97	Q 32.16	Q 57.56
Valor	Q 16.38	Q 1.57	Valor	Q 736.96	Q 0.90	Q 29.76	Q 63.45

Fuente: elaboración propia.

Los cargos están definidos en los pliegos tarifarios, estos pueden consultarse a través de la página de internet de la CNEE.

- Solicitud de cambio de demanda y energía ante la empresa distribuidora de energía. Una vez definida la tarifa adecuada se procede a solicitar el cambio de la demanda a la empresa que brinda el servicio, el caso de la EEGSA, existe un formulario, junto con este debe solicitar nuevamente una carta de mandato o para realizar dicho trámite, adjuntando toda la documentación que la empresa solicite.
- Finalización de trámite: una vez presentada la documentación, en el caso de EEGSA resuelve en el siguiente periodo de facturación el ajuste solicitado, además emite un documento en donde hace saber los cambios efectuados, en el caso de DEOCSA y DEORSA, realizan la modificación en el instante y entregan la documentación impresa en el momento.

8.1. Análisis de las mediciones

Para el análisis de las mediciones en los edificios en estudio se debe contar con el levantamiento de las cargas en las áreas de servicio de los edificios T-3 y T-10. En las diferentes áreas existen luminarias y equipo, cuyo funcionamiento genera una carga eléctrica y, por lo consiguiente, un consumo que se refleja en la facturación.

El comportamiento de la carga en los edificios es más alto en lo relacionado a luminarias, en las diferentes plantas se puede observar la capacidad instalada de las lámparas de gas neón, en los pasillos y en las aulas en donde se imparte docencia, las aulas de los laboratorios cuentan con

equipos, los cuales se utilizan en una forma esporádica, y por ello el tipo de carga no es continua.

En ambos edificios se cuenta con equipo de bombeo el cual utilización con más frecuencia si genera un consumo en una medida sensible para el detalle de la facturación.

Es estudio y análisis de la carga energética, así como la potencia instalada es una fuente de información de gran utilidad para los consumidores de energía eléctrica, en lo que a rendimiento y beneficios se refiere, gracias al estudio de la carga instalada se puede determinar si el sistema de distribución eléctrica, puede admitir nuevas cargas, verificar la capacidad del sistema eléctrico y del cableado y de esta forma distribuir la carga correctamente.

Dentro del análisis es importante también realizar un seguimiento del comportamiento del factor de potencia y del consumo de energía para realizar cambios y mejoras en el servicio para propiciar el ahorro energético.

8.2. Parámetros que pueden corregirse

- Mejora del factor de potencia: como primer punto un bajo factor de potencia genera cargos económicos pues esta es penalizada por debajo de 0,9. En el aspecto técnico, un factor de potencia fuera de rango conlleva un menor rendimiento del suministro eléctrico, daña los equipos y maquinarias. Además, las cargas inductivas con un bajo factor de potencia hacen que los generadores, transformadores principales y los sistemas de transmisión/distribución entreguen la corriente reactiva (retrasando la tensión del sistema en 90 grados) con pérdidas de energía asociadas y caídas de tensión. La instalación de banco de capacitores permitirá tener una instalación eficiente optimizándola tanto a nivel técnico como

económico. Un banco de capacitores, su corriente reactiva (capacitiva) recorrerá la misma trayectoria a través del sistema de alimentación que la de la corriente reactiva de carga. Como esta corriente capacitiva I_C (que desfasa la tensión 90 grados) está en oposición de fase directa a la corriente reactiva de carga (I_L), los dos componentes que fluyen a través de la misma trayectoria se anularán mutuamente, de tal forma que, si el banco de capacitores es suficientemente grande e $I_C = I_L$, no habrá flujo de corriente reactiva en el sistema arriba de los condensadores.

- Sistema de tierras físicas. El aterrizaje a tierra es un factor importante que influye en la conservación de los equipos, así como también influye en la seguridad humana por eso la buena instalación de un sistema de aterrizaje a tierra es de vital importancia.

En los edificios T-3 y T-10 funcionan la facultad de ingeniería y la facultad de farmacia, estos albergan laboratorios los cuales poseen equipo de cómputo y equipo de análisis químico-biológico, para la enseñanza, de esta cuenta es imperativo que se haga todo el esfuerzo para proteger estos equipos por alto coste y su utilización.

9. ANALIZADORES DE REDES ELÉCTRICAS UTILIZADOS

Existen en la actualidad una gran variedad de equipos capaces de realizar una medición confiable del sistema eléctrico de una acometida, es importante establecer que necesidades requieren ser analizadas para seleccionar el equipo adecuado, en este caso se utilizó un equipo Dranetz de la serie 4 300.

9.1. Analizador de red

El equipo, utilizado para la verificación de la potencia consumida fue el Dranetz Power Platform Modelo 4 300, equipo portátil, de mano, medidor / monitor de calidad de energía de ocho canales basado en TASKCard. El 4 300 puede monitorear, grabar y visualizar datos en cuatro canales de voltaje y cuatro corrientes canales simultáneamente.

Los datos se pueden grabar y transferir a una tarjeta o computadora portátil que usa el módulo de comunicaciones aislado (P / N PP4300) RS232 y el software de utilidad DRAN-LINKTM 4 300. El DRAN-LINKTM 4 300 puede descargar datos de la memoria interna de la unidad o de un dispositivo opcional tarjeta de memoria.

Con TASKCard® PQLite V4,0 o superior, el 4 300 puede manejar pantalla multilingüe de texto y pantallas de ayuda. Los archivos de ayuda están programados para la sensibilidad del contexto, mostrando los temas de ayuda adecuados sobre errores específicos comprometido La ayuda sensible al contexto está disponible en inglés, francés, italiano, alemán y español.

Figura 22. **Equipo de medición instalado para la medición de características eléctricas**



Fuente: Dranetz, *LPC 4300 Quick Reference Guide*. Dranetz_Engineering_Laboratories_Inc.--
LPC_4300--user--ID9284.pdf. Consulta: 18 septiembre 2018.

9.2. Programas de medida

- Analizador de red Drawview

El software a medida permite gestionar de forma optimizada de una institución y los procesos de gestión que en ella se llevan a cabo, facturas, gestión de rutas.

En el desarrollo de un sistema a medida, siempre se realiza una primera etapa de análisis, en la cual se estudian los procesos de la empresa, se determina como intervendrá el nuevo sistema en estos procesos y siempre es un muy buen momento para repensar los procesos y mejorarlos. Es el software el que se adapta a la institución.

9.2.1. Programa de medida estándar

Los programas estándar, generalmente vienen cargados de múltiples funcionalidades porque pretenden llegar al mayor número posible de destinatarios con un mismo producto. Esto termina provocando que su uso sea más engorroso de lo normal y que solo se aproveche un 20 % de su capacidad, cuando realmente hemos pagado por el 100 % de las utilidades que incorpora.

9.2.2. Programa de medida de energía y potencia

La medición de potencia y energía, parámetros importantes ya que a partir de estas se puede establecer un rango de funcionamiento estable en un proyecto o en cualquier aplicación que involucre estas magnitudes.

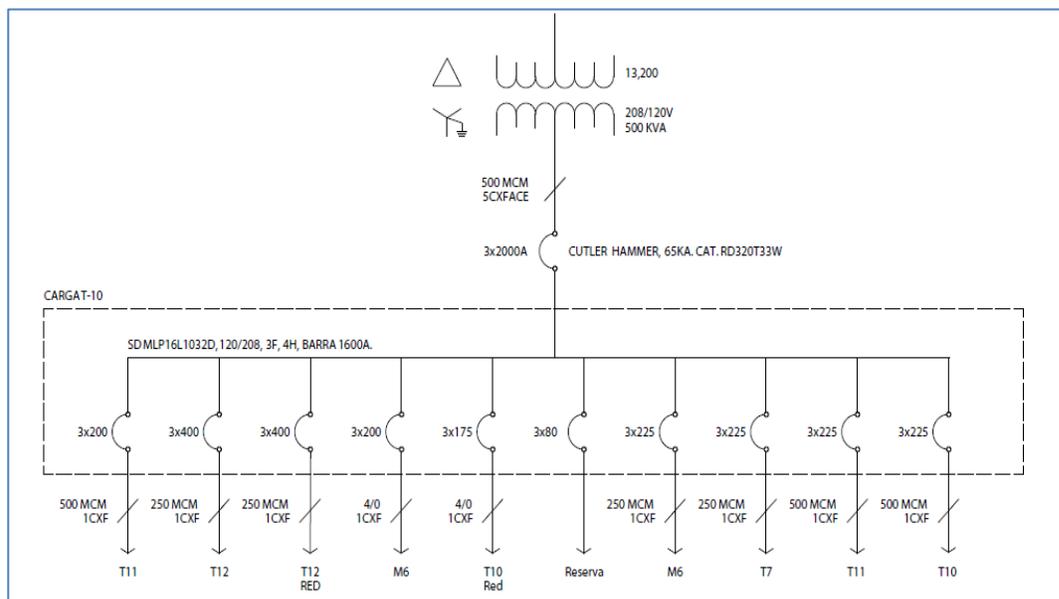
Este concepto aplicado tanto para potencia como energía se refiere a la acción de establecer un valor numérico en base a múltiples pruebas realizadas con medidores diseñados en específico para estas magnitudes, estos medidores pueden ser tanto analógicos como digitales.

Hay cientos de definiciones que intentan explicar el significado de potencia y aun que todas poseen valides científica la verdad es que este significado se puede resumir en que potencia es la velocidad en que la energía eléctrica es consumida o desarrollada en una unidad de tiempo.

- Medición de parámetros eléctricos de los edificios T-3 y T-10

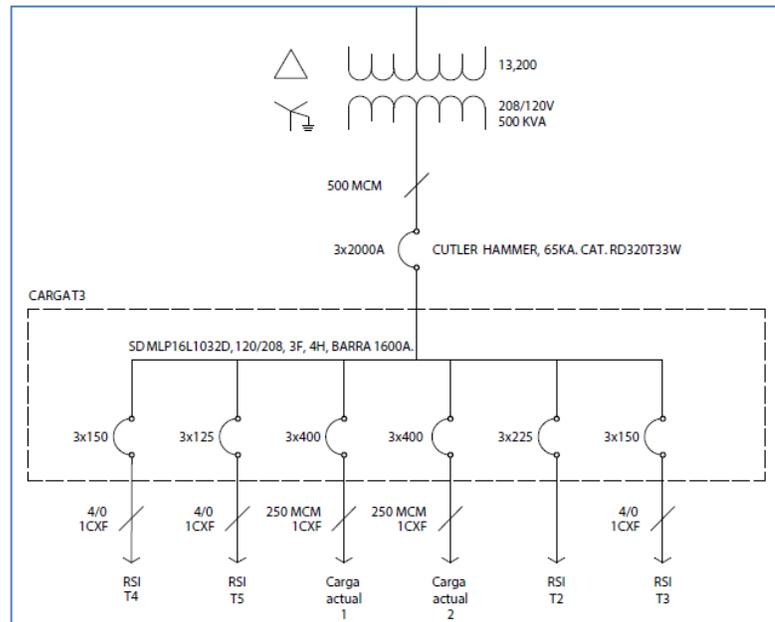
Unifilares de tablero principal de los edificios

Figura 23. Diagrama unifilar del edificio T-10



Fuente: elaboración propia.

Figura 24. Diagrama unifilar del edificio T-3



Fuente: elaboración propia.

9.3. Medición de tierra física de cada edificio y análisis de resultados

La medición de la resistividad del suelo tiene un triple propósito. Primero, los datos se usan para hacer levantamientos geofísicos superficiales y es una ayuda en la identificación de ubicaciones de minerales, en la profundidad de la roca madre y otros fenomenales geológicos. Segundo, la resistividad tiene un impacto directo en el grado de corrosión en las tuberías subterráneas.

Una disminución de la resistividad se relaciona con un aumento en la actividad de corrosión y, por lo tanto, requiere el tratamiento de protección que se utilizará. En tercer lugar, la resistividad del suelo afecta directamente el diseño de un sistema de conexión a tierra, al diseñar un sistema extenso de conexión a tierra, es aconsejable ubicar el área de menor resistencia al suelo

para lograr la instalación de puesta a tierra más económica. Cuanto menor sea el valor de resistividad del suelo, menor será la resistencia del electrodo de puesta a tierra.

- Efecto de la resistencia del suelo en la resistencia del electrodo a tierra: la resistividad del suelo es el factor clave que determina cuál será la resistencia de un sistema de electrodos de puesta a tierra y a qué profundidad se debe conducir para obtener una baja resistencia de tierra, la resistividad del suelo varía ampliamente en todo el mundo y cambia estacionalmente. La resistividad del suelo está determinada en gran parte por su contenido de electrolitos, que consisten en humedad, minerales y sales disueltas. Un suelo seco tiene alta resistividad si no contiene sales solubles.

Tabla XXI. **Resistividad de suelo**

SUELO	Resistividad (aproximada), Ω -cm		
	Mn	Medio	Max
cenizas, ceniza, salmuera, desecho	590	2370	7000
Arcilla, pizarra, gumbo, margas	340	4060	16,300
lo mismo, con diferentes proporciones de arena y grava	1020	15,800	135,000
grava, arena, sobre con poca arcilla o laom	59,000	94,000	458,000

Fuente: CHAUVIN ARNOUX®, INC. D.B.A. AEMC® INSTRUMENTS. *Understanding ground resistance testing.* p.1.

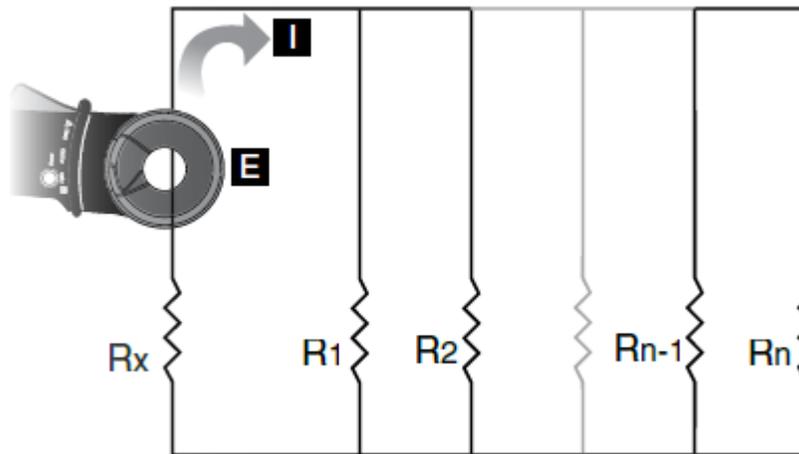
- Medición de resistencia con medidor tipo gancho modelo AMC 3730. el método de medición de tierra tipo abrazadera es innovador y bastante único. Esta medición la capacidad de medir la resistencia sin desconectar los cables de tierra y sin hacer ningún corte o seccionar los cables,

además ofrece la ventaja de incluir la unión a tierra y las resistencias de conexión a tierra en general.

- Principio de funcionamiento: usualmente, un sistema de línea de distribución común conectado a tierra puede simularse como un circuito básico simple como se muestra en la figura 25 o un circuito equivalente en la figura 26, si la tensión E se aplica a cualquier punto de tierra medido Rx a través de un transformador especial, la corriente I, fluye a través del circuito, de la siguiente manera.

$$\frac{V}{I} = R_x + \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}} \quad \text{Donde usualmente} \quad R_x \gg \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}}$$

Figura 25. Sistema de línea de distribución común conectado a tierra

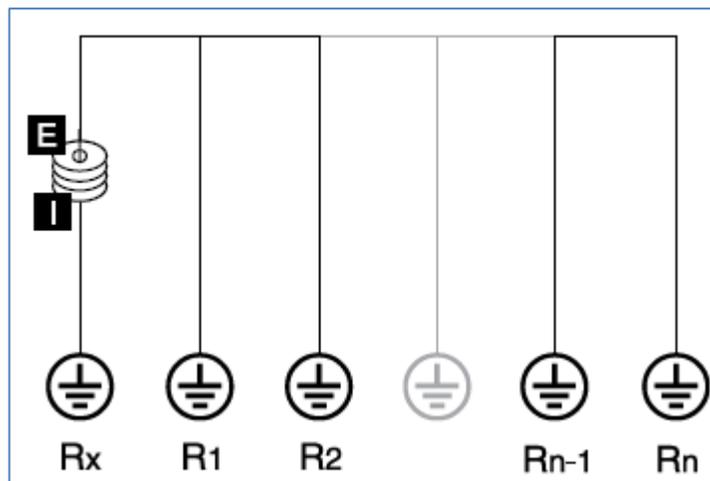


Fuente: CHAUVIN ARNOUX®, INC. D.B.A. AEMC® INSTRUMENTS. *Understanding ground resistance testing*. p.16

Hasta ahora, se establece $E / I = R_x$, si I es detectada con E constante, se puede obtener la resistencia medida del punto de conexión a tierra, refiérase a

la figura 25 y 26. La corriente es alimentada por un transformador especial a través de un amplificador de potencia de un oscilador de voltaje constante de 2,4 kHz. Esta corriente es detectada por un CT o transformador de corriente. Solo la frecuencia de la señal de 2,4 kHz se amplifica mediante un amplificador de filtro. Esto ocurre antes de la conversión A/D y después de la rectificación sincrónica. Es lo que se muestra en la pantalla del medidor.

Figura 26. **Circuito equivalente del sistema de línea de distribución**



Fuente: CHAUVIN ARNOUX®, INC. D.B.A. AEMC® INSTRUMENTS. *Understanding ground resistance testing*. p.16

El amplificador de filtro se usa para cortar tanto la corriente de tierra a frecuencia como el ruido de alta frecuencia. El voltaje se detecta mediante bobinas enrolladas alrededor de la inyección transformador de corriente CT, que luego se amplifica, se rectifica y se compara con un comparador de nivel si la pinza no se cierra adecuadamente, aparece un anunciador de mandíbula abierta en la pantalla LCD. Las mediciones se realizaron de cada edificio en un punto, específicamente en el punto de tierra de los transformadores tipo *pad*

monted principales de cada edificio, T-3 y T-10, por lo que se puede definir como ideales y exactas.

Figura 27. **Medición de resistencia para el punto del transformador tipo *pad-mounted* del edificio T-3**

R=0,6 Ω



Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Medición de resistencia para el punto del transformador tipo *pad-mounted* del edificio T-10**

R=0,4 Ω



Fuente: elaboración propia.

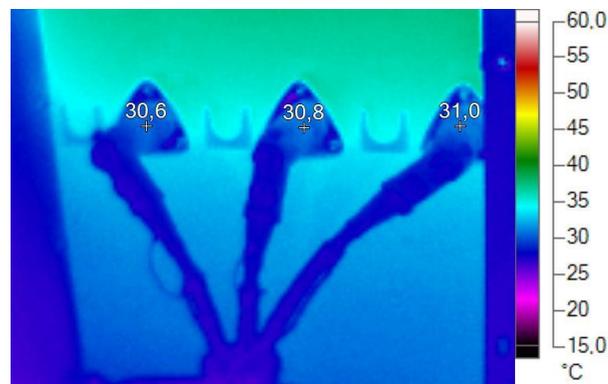
El procedimiento fue simple, tomar toda la línea de conductores aterrizados y colocar la medición tipo dona en los conductores desnudos según se pude apreciar en las fotografías anteriores.

9.4. Mediciones termográficas de tablero principal de subestación

Las fotografías que se tomaron en cada edificio fueron realizadas en un horario accesible para las tomas, las condiciones generales de dichas termografías muestran el comportamiento para ese momento. Por tal razón, en algunos casos no se verán cambios sustanciales. En cambio, se dará énfasis en aquellos que si lo muestran.

- Termografía lado alta, en transformador *pad mounted* que alimenta al edificio T10

Figura 29. Termografía lado alta T10



28/08/2018 9:29:59

No presenta puntos calientes

Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Imagen de luz visible lado alta T10**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Información de la imagen y temperaturas lado alta en edificio T10**

Temperatura de fondo	22,0°C
Emisividad	0,95
Transmisión	1,00
Temperatura promedio	31,5°C
Rango de la imagen	25,5°C a 37,7°C
Tamaño de sensor IR	160 x 120
Fabricante	Fluke Thermography
Descripción de la lente	20mm
Nombre	Temperatura
P0	30,6°C
P1	30,8°C
P2	31,0°C

Fuente: elaboración propia.

- Termografía lado baja, en transformador *pad mounted* que alimenta al edificio T10

Figura 31. **Termografía lado baja T10**



No presenta puntos calientes

Fuente: elaboración propia.

Figura 32. **Imagen de luz visible lado alta T10**



No presenta puntos calientes

Fuente: elaboración propia.

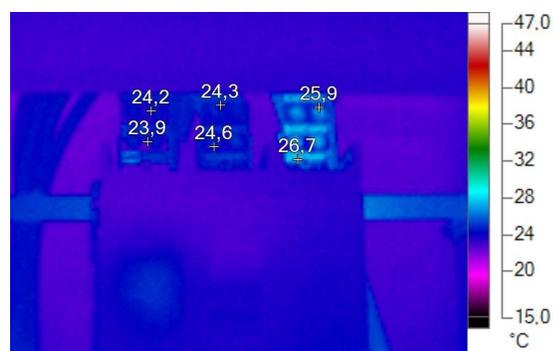
Tabla XXIII. **Información de la imagen y temperaturas lado baja en edificio T10**

Temperatura de fondo	22,0°C
Emisividad	0,95
Transmisión	1,00
Temperatura promedio	32,0°C
Rango de la imagen	22,9°C a 40,6°C
Tamaño de sensor IR	160 x 120
Fabricante	Fluke Thermography
Descripción de la lente	20mm
Nombre	Temperatura
P0	31,8°C
P1	28,3°C
P2	36,9°C
P3	32,3°C

Fuente: elaboración propia.

- Termografía en *breaker* principal edificio T10

Figura 33. **Breaker principal edificio T10**



No presenta puntos calientes

Fuente: elaboración propia.

Figura 34. **Imagen de luz visible, *breaker* principal T10**



No presenta puntos calientes

Fuente: elaboración propia.

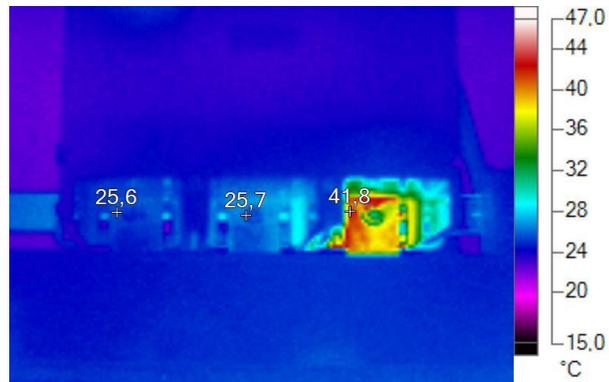
Tabla XXIV. **Información de la imagen en terminales de entrada *breaker* del edificio T10**

Temperatura de fondo	22,0°C
Emisividad	0,95
Transmisión	1,00
Temperatura promedio	23,6°C
Rango de la imagen	22,1°C a 27,8°C
Tamaño de sensor IR	160 x 120
Fabricante	Fluke Thermography
Descripción de la lente	20mm
Nombre	Temperatura
P0	24,2°C
P1	23,9°C
P2	24,3°C
P3	24,6°C
P4	25,9°C
P5	26,7°C

Fuente: elaboración propia.

- Termografía *breaker* principal terminales de carga del edificio T10

Figura 35. **Terminales de distribución, con carga T10**



Presenta puntos calientes

Fuente: elaboración propia.

Figura 36. **Imagen de luz visible, con carga T10**



Presenta línea caliente

Fuente: elaboración propia.

Se puede notar claramente un punto que necesita ser revisado y reapretado, con tan poca carga hay una diferencia de 17 °C entre las dos primeras fases y la tercera.

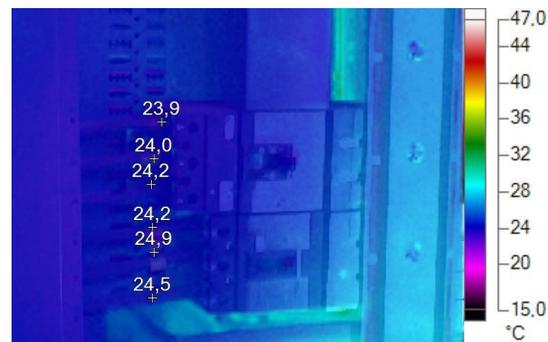
Tabla XXV. **Información de la imagen en terminales de salida de *breaker* del edificio T10**

Temperatura de fondo	22,0°C
Emisividad	0,95
Transmisión	1,00
Temperatura promedio	24,8°C
Rango de la imagen	22,2°C a 43,6°C
Tamaño de sensor IR	160 x 120
Fabricante	Fluke Thermography
Descripción de la lente	20mm
Nombre	Temperatura
P0	25,6°C
P1	25,7°C
P2	41,8°C

Fuente: elaboración propia.

- Termografía de ramales T10 y M6 de tablero principal del edificio T10

Figura 37. **Breakers T10 y M6**



No presenta puntos calientes

Fuente: elaboración propia.

Figura 38. **Imagen de luz visible, *breaker* secundarios T10**



No presenta puntos calientes

Fuente: elaboración propia.

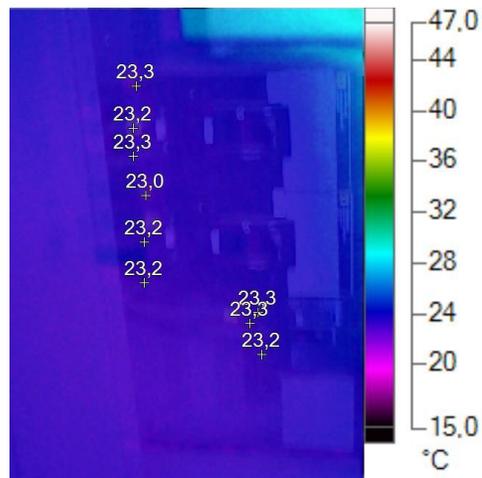
Tabla XXVI. **Información de la imagen y temperaturas en *breaker* T10 y M6 del edificio T10**

Temperatura de fondo	22,0°C
Emisividad	0,95
Transmisión	1,00
Temperatura promedio	25,2°C
Rango de la imagen	23,3°C a 30,8°C
Tamaño de sensor IR	160 x 120
Fabricante	Fluke Thermography
Descripción de la lente	20mm
Nombre	Temperatura
P0	23,9°C
P1	24,0°C
P2	24,2°C
P3	24,2°C
P4	24,9°C
P5	24,5°C

Fuente: elaboración propia.

- Termografía de ramales T12, TP12, PD12 y TPE TSI de tablero principal del edificio T10

Figura 39. **Breakers T12 TP12, PD12 y TPE RSI**



No presenta puntos calientes

Fuente: elaboración propia.

Figura 40. **Imagen de luz visible, breaker secundarios izquierdos T10**



No presenta puntos calientes

Fuente: elaboración propia.

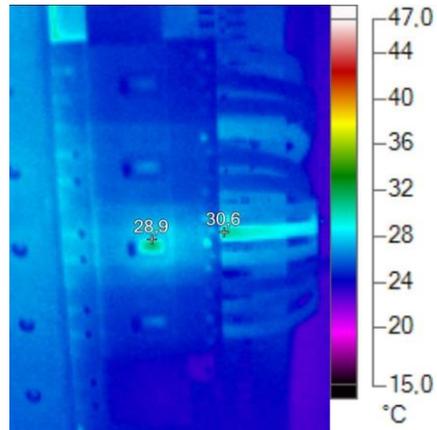
Tabla XXVII. **Información de la imagen y temperaturas *breaker* T12, TP12, PD12, RSI, del edificio T10**

Temperatura de fondo	22,0°C
Emisividad	0,95
Transmisión	1,00
Temperatura promedio	23,6°C
Rango de la imagen	22,4°C a 29,3°C
Tamaño de sensor IR	160 x 120
Fabricante	Fluke Thermography
Descripción de la lente	20mm
Nombre	Temperatura
P0	23,3°C
P1	23,2°C
P2	23,3°C
P3	23,0°C
P4	23,2°C
P5	23,2°C
P6	23,2°C
P7	23,3°C
P8	23,3°C

Fuente: elaboración propia.

- Termografía de ramales T10, T11, M7, M6 y reserva de tablero principal del edificio T10

Figura 41. **Breakers T10, T11, M7, M6 y reserve**



Presenta puntos calientes

Fuente: elaboración propia.

Figura 42. **Imagen de luz visible, breakers secundarios derechos T10**



Presenta puntos calientes.

Fuente: elaboración propia.

Presenta puntos calientes, en el *breaker* M7 tiene más temperatura en el cable de fase central y también en el *breaker*, internamente ese *breaker* está sometido a mayor carga y es posible que en el momento de mayor carga se incremente esta fase.

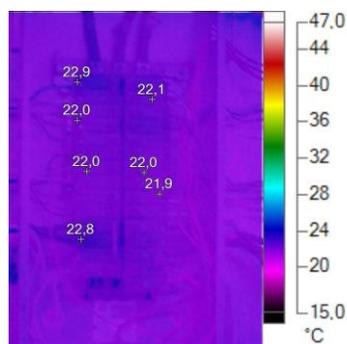
Tabla XXVIII. **Información de la imagen y temperatura *breaker* M7 del edificio T10**

Temperatura de fondo	22,0°C
Emisividad	0,95
Transmisión	1,00
Temperatura promedio	25,5°C
Rango de la imagen	22,5°C a 31,4°C
Tamaño de sensor IR	160 x 120
Fabricante	Fluke Thermography
Descripción de la lente	20mm
Nombre	Temperatura
P0	28,9°C
P1	30,6°C

Fuente: elaboración propia.

- Termografía de tablero ubicado en baño de damas edificio T10

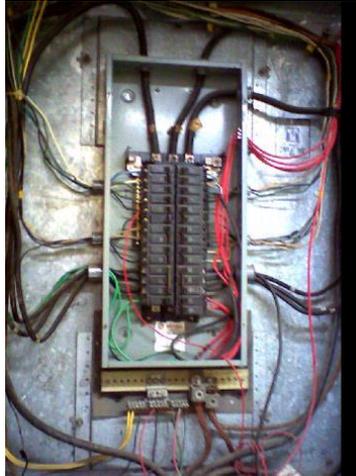
Figura 43. **Tablero baño mujeres**



No presenta puntos calientes.

Fuente: elaboración propia.

Figura 44. **Imagen de luz visible, tablero baño mujeres**



No presenta puntos calientes.

Fuente: elaboración propia.

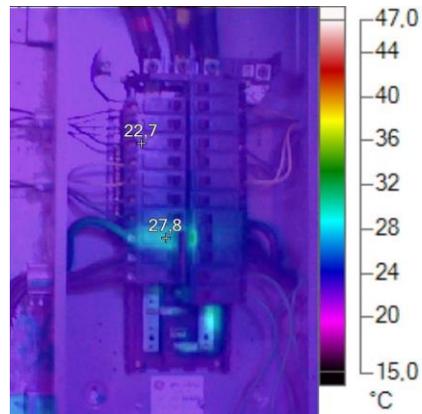
Tabla XXIX. **Información de la imagen y temperatura de tablero baño mujeres del edificio T10**

Temperatura de fondo	22,0°C
Emisividad	0,95
Transmisión	1,00
Temperatura promedio	22,0°C
Rango de la imagen	21,3°C a 24,4°C
Tamaño de sensor IR	160 x 120
Fabricante	Fluke Thermography
Descripción de la lente	20mm
Nombre	Temperatura
P0	22,9°C
P1	22,0°C
P2	22,0°C
P3	22,8°C
P4	21,9°C
P5	22,1°C
P6	22,0°C

Fuente: elaboración propia.

- Termografía de tablero ubicado en baño de caballeros edificio T10

Figura 45. **Tablero baño de hombres**



Presenta punto caliente

Fuente: elaboración propia.

Figura 46. **Imagen de luz visible, tablero baño hombres**



Presenta punto caliente

Fuente: elaboración propia.

La termografía muestra un *breaker* trifásico con más temperatura, tiene una distribución de temperatura en su interior anormal, aun con poca carga se puede notar el cambio de temperatura.

Tabla XXX. **Información de la imagen y temperatura de tablero baño hombres del edificio T10**

Temperatura de fondo	22,0°C
Emisividad	0,95
Transmisión	1,00
Temperatura promedio	23,0°C
Rango de la imagen	21,9°C a 31,1°C
Tamaño de sensor IR	160 x 120
Fabricante	Fluke Thermography
Descripción de la lente	20mm
Nombre	Temperatura
P0	27,8°C
P1	22,7°C

Fuente: elaboración propia.

- Termografía de transformador Edificio T3 lado de alta

Figura 47. **Transformador edificio, lado alta T3**



No presenta puntos calientes

Fuente: elaboración propia.

Figura 48. **Imagen de luz visible, lado ala T3**



No presenta puntos calientes

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Información de la imagen y temperatura de transformador del edificio T3, lado alta**

Temperatura de fondo	22,0°C
Emisividad	0,95
Transmisión	1,00
Temperatura promedio	29,3°C
Rango de la imagen	24,0°C a 33,8°C
Tamaño de sensor IR	160 x 120
Fabricante	Fluke Thermography
Descripción de la lente	20mm
Nombre	Temperatura
P0	28,1°C
P1	28,3°C
P2	28,1°C

Fuente: elaboración propia.

- Termografía de transformador edificio T3, lado de baja

Figura 49. **Transformador edificio, lado baja T3**



No presenta puntos calientes

Fuente: elaboración propia.

Figura 50. **Imagen de luz visible, lado de baja T3**



No presenta puntos calientes

Fuente: elaboración propia.

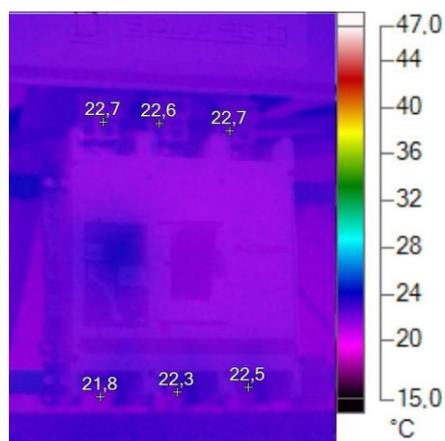
Tabla XXXII. **Información de la imagen y temperatura de transformador del edificio T3, lado baja**

Temperatura de fondo	22,0°C
Emisividad	0,95
Transmisión	1,00
Temperatura promedio	27,8°C
Rango de la imagen	22,3°C a 33,9°C
Tamaño de sensor IR	160 x 120
Fabricante	Fluke Thermography
Descripción de la lente	20mm
Nombre	Temperatura
P0	28,2°C
P1	31,6°C
P2	29,2°C
P3	29,9°C

Fuente: elaboración propia.

- Termografía de breaker principal del Edificio T3

Figura 51. **Breaker principal edificio T3**



No presenta puntos calientes

Fuente: elaboración propia.

Figura 52. **Imagen de luz visible**



No presenta puntos calientes

Fuente: elaboración propia.

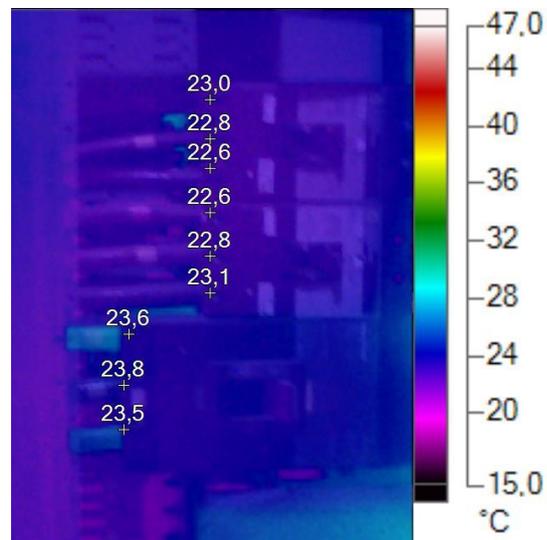
Tabla XXXIII. **Información de la imagen y temperatura de *breaker* del edificio T3**

Temperatura de fondo	22,0°C
Emisividad	0,95
Transmisión	1,00
Temperatura promedio	22,3°C
Rango de la imagen	21,2°C a 24,1°C
Tamaño de sensor IR	160 x 120
Fabricante	Fluke Thermography
Descripción de la lente	20mm
Nombre	Temperatura
P0	22,7°C
P1	22,6°C
P2	22,7°C
P3	21,8°C
P4	22,3°C
P5	22,5°C

Fuente: elaboración propia.

- Termografía del *breaker* del tablero principal del edificio T3

Figura 53. **Breaker RSI T3, RSI T2**



No presenta puntos calientes

Fuente: elaboración propia.

Figura 54. **Imagen de luz visible**



No presenta puntos calientes

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Información de la imagen y temperatura de *breakers* del edificio T3**

Temperatura de fondo	22,0°C
Emisividad	0,95
Transmisión	1,00
Temperatura promedio	23,6°C
Rango de la imagen	21,7°C a 27,6°C
Tamaño de sensor IR	160 x 120
Fabricante	Fluke Thermography
Descripción de la lente	20mm
Nombre	Temperatura
P0	23,0°C
P1	22,8°C
P2	22,6°C
P3	22,6°C
P4	22,8°C
P5	23,1°C
P6	23,6°C
P7	23,8°C
P8	23,5°C

Fuente: elaboración propia.

Como resultado de las mediciones de las termografías en los edificios T10 y T3, es notable concluir que es primordial realizar una termografía a plena carga, dado que fueron realizados en un horario operativo del personal de la universidad y la disponibilidad del acceso a los equipos se realizaron en horarios de bajo consumo energético. Aun así, algunos puntos muestran temperaturas altas.

Debe tomarse acciones preventivas inmediatas para evitar fallas en estos puntos, y la implementación de un mantenimiento preventivo y predictivo.

9.5. Montaje de los equipos de medición eléctrica

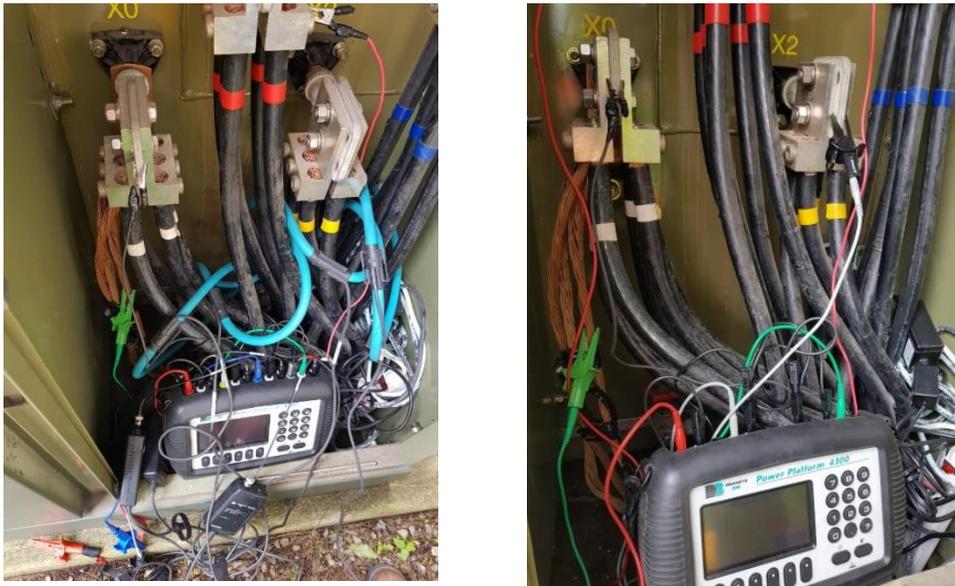
Es importante que la seguridad sea primordial en el montaje de estos equipos, por eso acá se muestran los tipos de protecciones que se deben utilizar y la forma de conexión de los instrumentos.

Figura 55. **Montaje del equipo de seguridad y medición en el edificio T-3**



Fuente: elaboración propia.

Figura 56. **Montaje de equipo en el lado de baja del transformador del T-3**



Fuente: elaboración propia.

Figura 57. **Montaje del equipo de medición en el edificio T-10**



Fuente: elaboración propia.

Figura 58. **Toma de muestras de temperatura en transformadores *pat-mounted***



Fuente: elaboración propia.

Figura 59. **Toma de muestras de temperatura en *breakers***



Fuente: elaboración propia.

9.6. Programación de parámetros del equipo de medición

Para ambas mediciones se utilizaron la misma configuración del equipo considerando que las cargas, transformadores y tableros son exactamente los mismos modelos y las consideraciones eléctricas por medir eran iguales en ambas mediciones.

Tabla XXXV. Parámetros de medidor de energía

		INSTRUMENT SET-UP INFORMATION		Date 29/06/2005 03:09:17 Page 12
			Survey by:	
			Site Name:	T3
Actual instrument configuration at 27/06/2018 14:49:54				

SYSTEM ID:				

Instrument id	=	MODEL 4300 POHTME		
Database id	=	V3.70		
Language	=	0		
Site id	=	T3		

INSTRUMENT PQ CONFIG:				

Number of cycles for pretrigger	=	1		
Number of cycles for posttrigger	=	1		
CH AV :				
RMS hysteresis	=	5.0 V		
Sag/swell timeout	=	30000 ms		
Rel imp. cycles timeout	=	10 ms		
Rel cycles ret. to normal timeout	=	2 ms		
Peak imp. cycles timeout	=	10 ms		
Peak cycles ret. to normal timeout	=	2 ms		
Crest hysteresis	=	0.5 V		
Period hysteresis	=	0.5 V		
CH AI :				
RMS hysteresis	=	5.0 A		
Sag/swell timeout	=	-1 ms		
Rel imp. cycles timeout	=	10 ms		
Rel cycles ret. to normal timeout	=	2 ms		
Peak imp. cycles timeout	=	10 ms		
Peak cycles ret. to normal timeout	=	2 ms		
Crest hysteresis	=	0.5 A		
Period hysteresis	=	0.5 A		
CH BV :				
RMS hysteresis	=	5.0 V		
Sag/swell timeout	=	30000 ms		
Rel imp. cycles timeout	=	10 ms		
Rel cycles ret. to normal timeout	=	2 ms		
Peak imp. cycles timeout	=	10 ms		
Peak cycles ret. to normal timeout	=	2 ms		
Crest hysteresis	=	0.5 V		
Period hysteresis	=	0.5 V		
CH BI :				
RMS hysteresis	=	5.0 A		
Sag/swell timeout	=	-1 ms		
Rel imp. cycles timeout	=	10 ms		
Rel cycles ret. to normal timeout	=	2 ms		
Peak imp. cycles timeout	=	10 ms		
Peak cycles ret. to normal timeout	=	2 ms		
Crest hysteresis	=	0.5 A		
Period hysteresis	=	0.5 A		
CH CV :				
RMS hysteresis	=	5.0 V		
Sag/swell timeout	=	30000 ms		
Rel imp. cycles timeout	=	10 ms		
Rel cycles ret. to normal timeout	=	2 ms		
Peak imp. cycles timeout	=	10 ms		
Peak cycles ret. to normal timeout	=	2 ms		
Crest hysteresis	=	0.5 V		
Period hysteresis	=	0.5 V		
CH CI :				
RMS hysteresis	=	5.0 A		
Sag/swell timeout	=	-1 ms		
Rel imp. cycles timeout	=	10 ms		
Rel cycles ret. to normal timeout	=	2 ms		
Peak imp. cycles timeout	=	10 ms		
Peak cycles ret. to normal timeout	=	2 ms		
Crest hysteresis	=	0.5 A		
Period hysteresis	=	0.5 A		
CH DV :				
RMS hysteresis	=	5.0 V		
Sag/swell timeout	=	30000 ms		
Rel imp. cycles timeout	=	10 ms		
Rel cycles ret. to normal timeout	=	2 ms		

Fuente: elaboración propia, empleando DRANVIEW® software.

9.7. Descarga de resultados por software

Cuando se inicia, el software escanea los puertos de la PC para encontrar el analizador conectado. Eso no es necesario para ajustar la velocidad de baudios de la PC y el analizador.

Para otras aplicaciones, la velocidad de transmisión de la comunicación se puede ajustar de la siguiente manera:

- Presione Tecla SETUP.
- Función F4 - preferencia del usuario.
- Seleccione RS-232 usando las teclas de flecha arriba / abajo y enter.
- Ajuste la velocidad en baudios con la flecha izquierda / derecha y salir del menú con F5 - ATRÁS. Baudrit y número de puerto COM debe ajustarse correctamente.

9.8. Análisis de los resultados de la medición

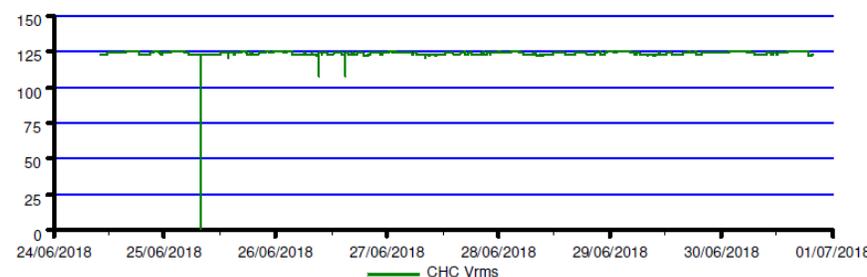
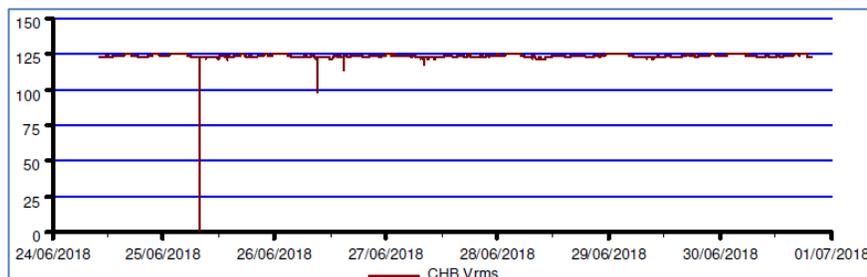
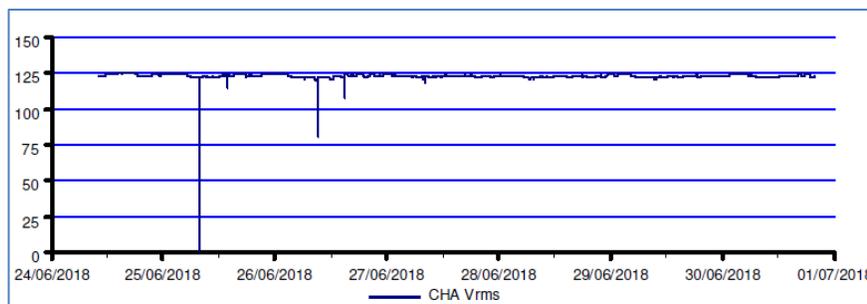
Cuando se habla de la calidad de la energía debe definirse que sirve para caracterizar el fenómeno electromagnético en un circuito eléctrico, y sirve para determinar la incompatibilidad entre el sistema eléctrico y la carga. El monitoreo es usado para predecir el comportamiento de las cargas en un sistema eléctrico.

Además, este análisis está realizado específicamente solo para mostrar que los voltajes, corrientes y potencias soportan los cuadros de Excel anteriormente mostrados.

Gráficas del edificio T-3, se puede notar que existió una caída de voltaje en todos los canales A, B, C y el de tierra D, esto debido a una interrupción del servicio alimentación eléctrico general.

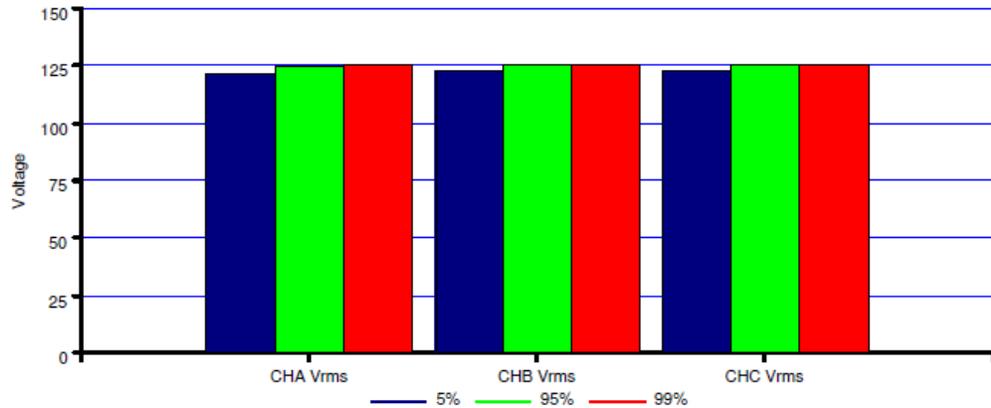
Figura 60. Voltajes de las tres fases de transformador del T-3

	Channel A	Channel B
Min V	0.5 on 25/06/2018 at 07:43:55	0.5 on 25/06/2018 at 07:43:55
Max V	125.7 on 24/06/2018 at 16:42:25	125.7 on 29/06/2018 at 01:57:24
Med V	123.1	123.9
	Channel C	Channel D
Min V	0.5 on 25/06/2018 at 07:43:55	0.2 on 29/06/2018 at 06:12:25
Max V	125.5 on 24/06/2018 at 16:42:25	0.3 on 25/06/2018 at 16:57:23
Med V	124.1	0.3



Fuente: elaboración propia, empleando DRANVIEW® software.

Figura 61. **Diagrama de barras de voltajes de tres fases de voltaje del T-3**



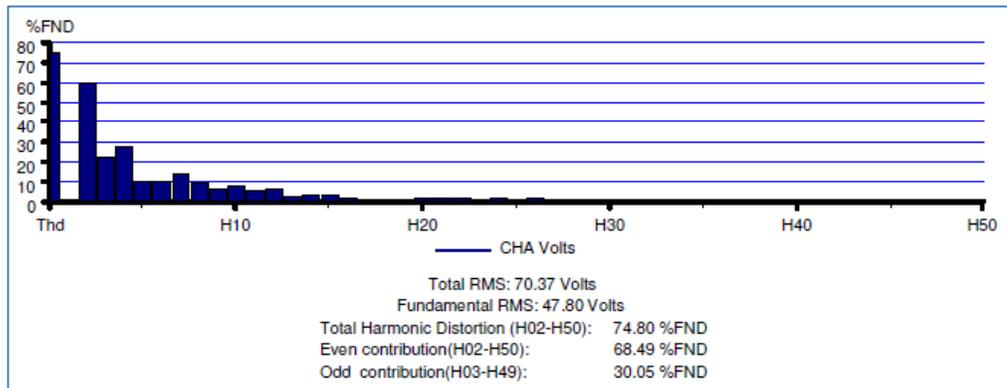
	Channel A	Channel B
Min I	1.9 on 25/06/2018 at 07:43:55	1.9 on 25/06/2018 at 07:43:54
Max I	73.0 on 26/06/2018 at 09:19:58	50.7 on 27/06/2018 at 11:57:24
Med I	29.3	15.8
	Channel C	Channel D
Min I	2.2 on 25/06/2018 at 07:43:55	1.4 on 25/06/2018 at 07:43:54
Max I	92.4 on 27/06/2018 at 08:30:51	35.1 on 25/06/2018 at 07:43:55
Med I	17.3	11.3

Fuente: elaboración propia, empleando DRANVIEW® software.

Se puede observar que las corrientes en todos los canales disminuyeron al mismo tiempo en el mismo tiempo que los voltajes, lo que define que definitivamente existió un corte energético desde la alimentación de entrada. Sin determinar su origen.

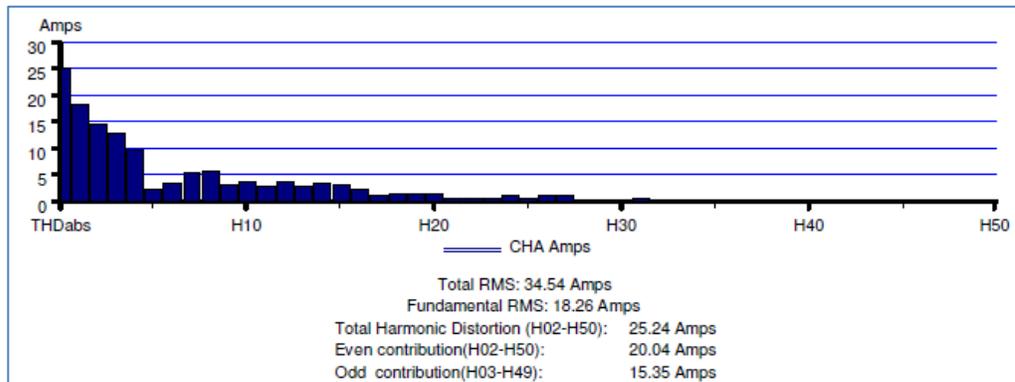
Gráficas de la figura 62 del edificio T-3, se puede notar que existió una caída del voltaje en todos los canales A, B, C y el de tierra D, esto debido a una interrupción del servicio alimentación eléctrico general.

Figura 62. Armónicos en voltaje canal A, T-3



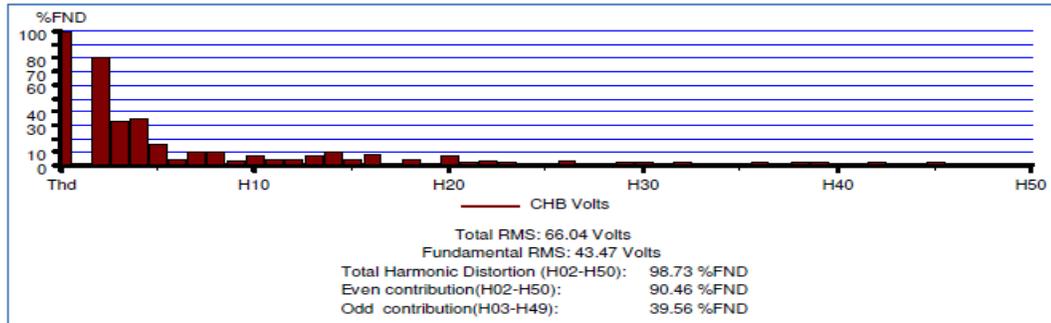
Fuente: elaboración propia, empleando DRANVIEW® software.

Figura 63. Armónicos en corriente canal A, T-3



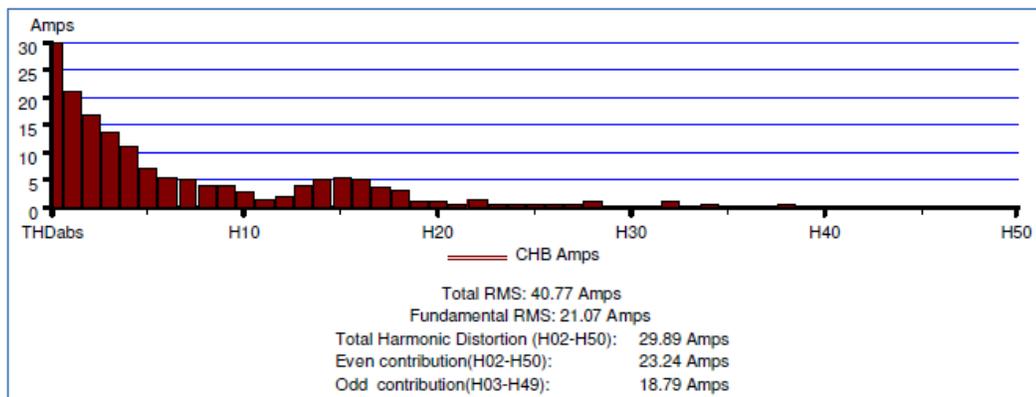
Fuente: elaboración propia.

Figura 64. Armónicos en voltaje canal B, T-3



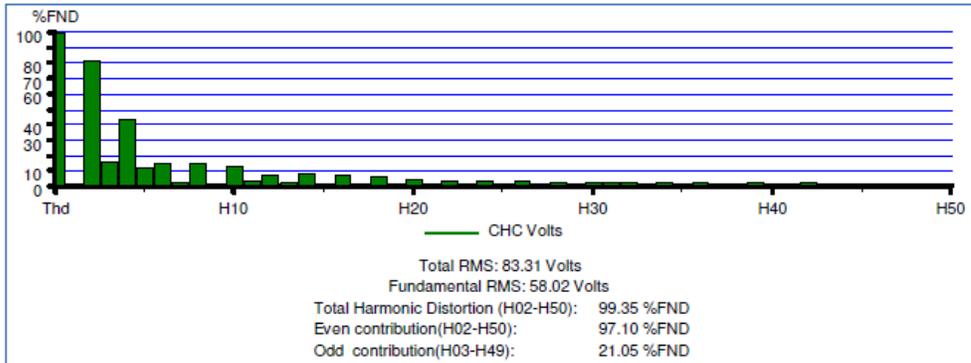
Fuente: elaboración propia, empleando DRANVIEW® software.

Figura 65. Armónicos en corriente canal B, T-3



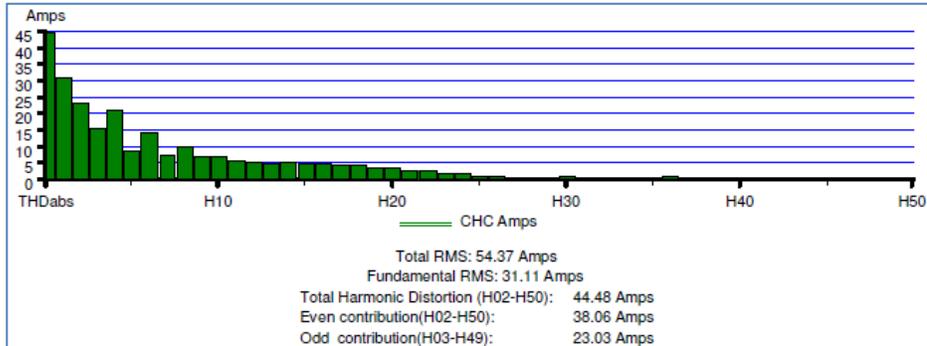
Fuente: elaboración propia, empleando DRANVIEW® software.

Figura 66. Armónicos en voltaje canal C, T-3



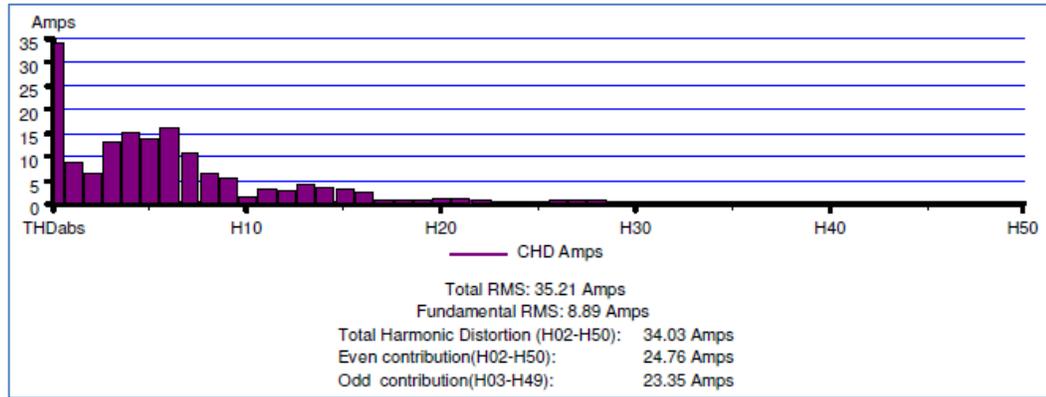
Fuente: elaboración propia, empleando DRANVIEW® software.

Figura 67. Armónicos en corriente canal C, T-3



Fuente: elaboración propia, empleando DRANVIEW® software.

Figura 68. Armónicos de corriente en canal D, T-3



Fuente: elaboración propia, empleando DRANVIEW® software.

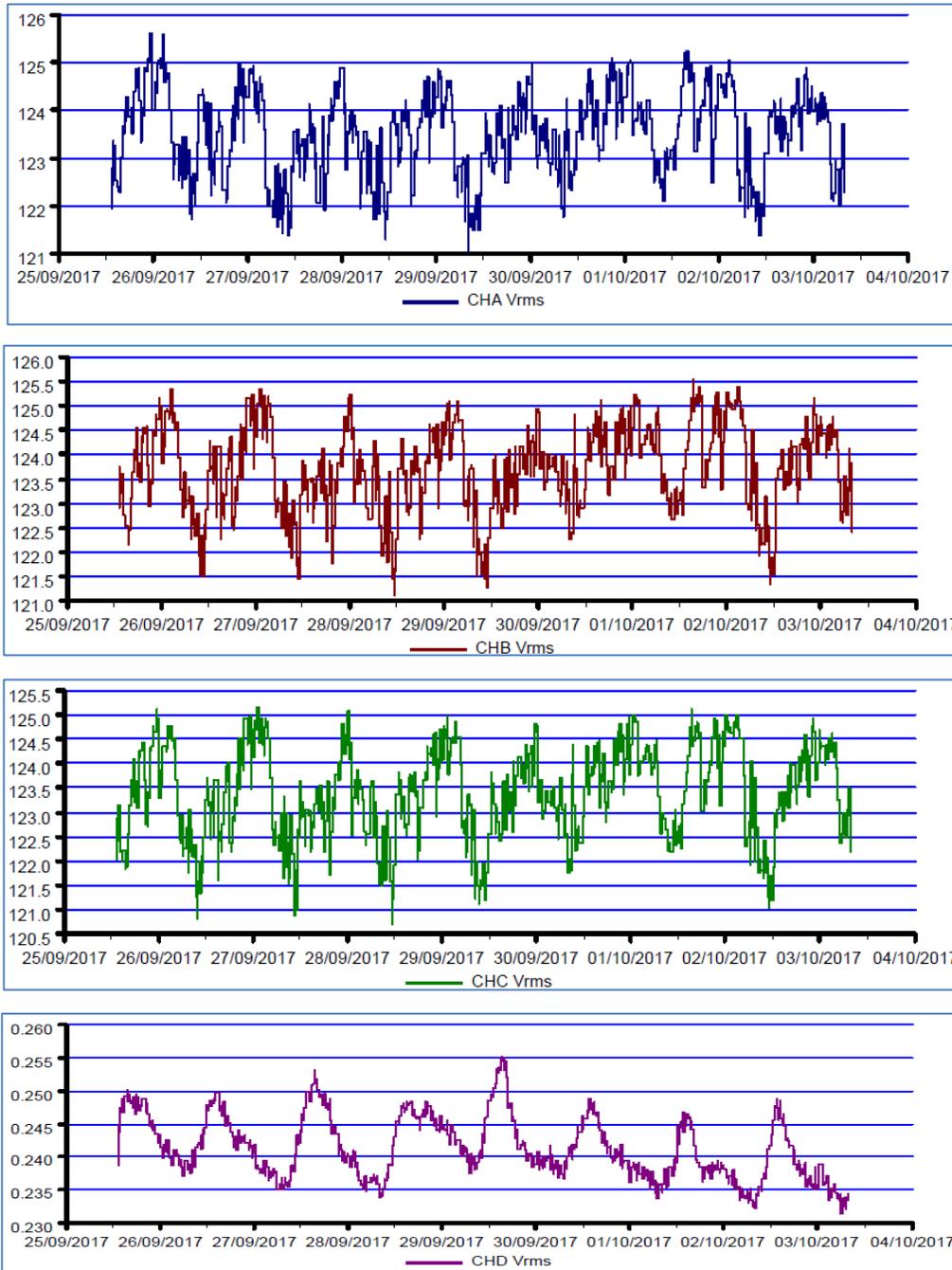
Gráficas de la figura 69 del edificio T-10, se observa que existe variación de voltaje en sus diferentes fases, los voltajes detallados a continuación se detallan las fluctuaciones no sobrepasaron los porcentajes de voltaje deseados.

Figura 69. Voltajes de las tres fases de transformador del T-10

	Channel A	Channel B
Min V	121.0 on 29/09/2017 at 08:15:41	121.1 on 28/09/2017 at 11:15:41
Max V	125.6 on 25/09/2017 at 23:30:39	125.5 on 01/10/2017 at 15:15:42
Med V	123.6	123.7
	Channel C	Channel D
Min V	120.7 on 28/09/2017 at 11:15:41	0.2 on 03/10/2017 at 06:00:41
Max V	125.2 on 27/09/2017 at 01:00:41	0.3 on 29/09/2017 at 15:15:41
Med V	123.4	0.2

Fuente: elaboración propia, empleando DRANVIEW® software.

Figura 70. Voltajes de las tres fases de transformador del T-3

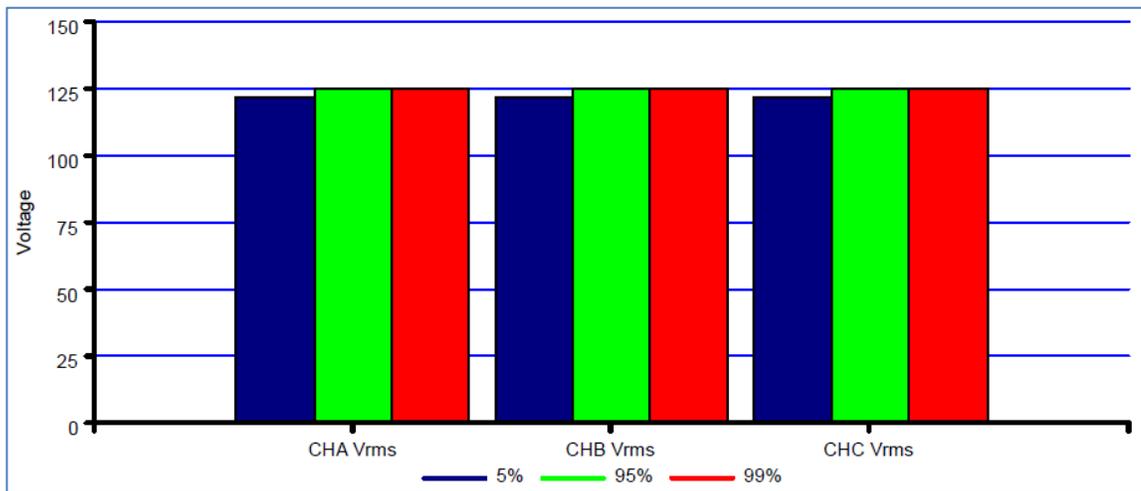


Fuente: elaboración propia, empleando DRANVIEW® software.

La figura 70 muestra los valores medios más claramente y no muestra esas variaciones que se ven mejor detallados en cada canal. Que como bien se indicó anteriormente no se salen de los valores medios esperados.

Figura 71. **Diagrama de barras de voltajes de tres fases de voltaje del T-**

10



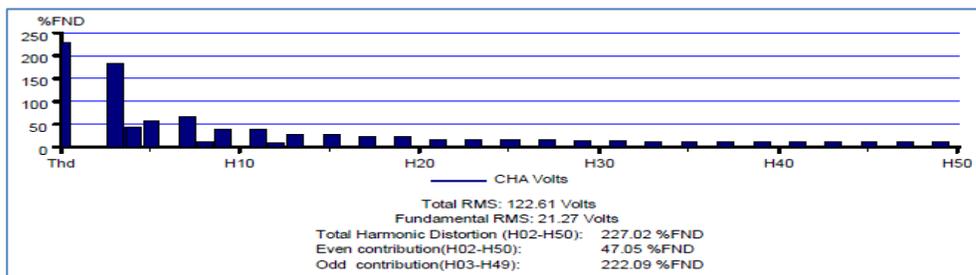
	<p>Channel A</p> <p>Min I 85.3 on 01/10/2017 at 16:30:41</p> <p>Max I 906.7 on 25/09/2017 at 13:11:57</p> <p>Med I 142.3</p>	<p>Channel B</p> <p>Min I 60.5 on 01/10/2017 at 13:15:42</p> <p>Max I 1016.1 on 25/09/2017 at 13:11:18</p> <p>Med I 120.0</p>
	<p>Channel C</p> <p>Min I 73.8 on 03/10/2017 at 00:45:41</p> <p>Max I 1020.0 on 25/09/2017 at 13:11:18</p> <p>Med I 122.1</p>	<p>Channel D</p> <p>Min I 16.9 on 01/10/2017 at 23:45:42</p> <p>Max I 771.7 on 25/09/2017 at 13:12:56</p> <p>Med I 38.9</p>

Fuente: elaboración propia, empleando DRANVIEW® software.

Los datos de la figura 71 muestran variaciones significativas en las corrientes, esto definitivamente debe ser a la variación de carga en este transformador, las muestras fueron tomadas en los momentos de la mañana en

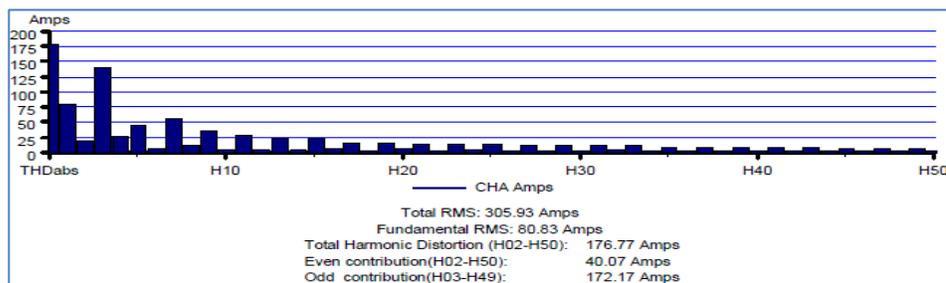
donde no hay carga importante. Por lo que se puede concluir que todas variaron en proporciones muy parecidas.

Figura 72. **Armónicos en voltaje canal A, T-10**



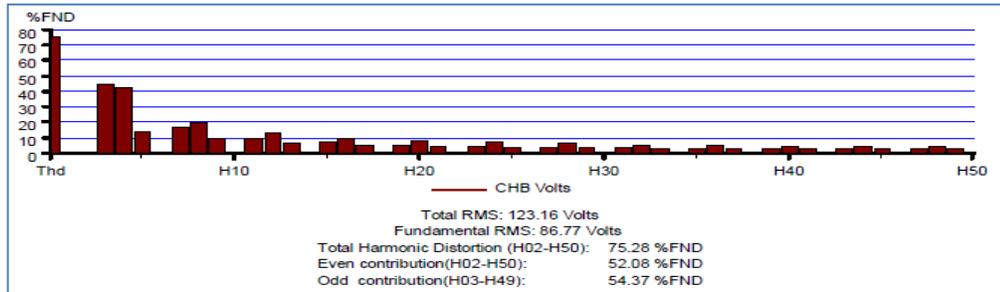
Fuente: elaboración propia, empleando DRANVIEW® software.

Figura 73. **Armónicos en corriente canal A, T-10**



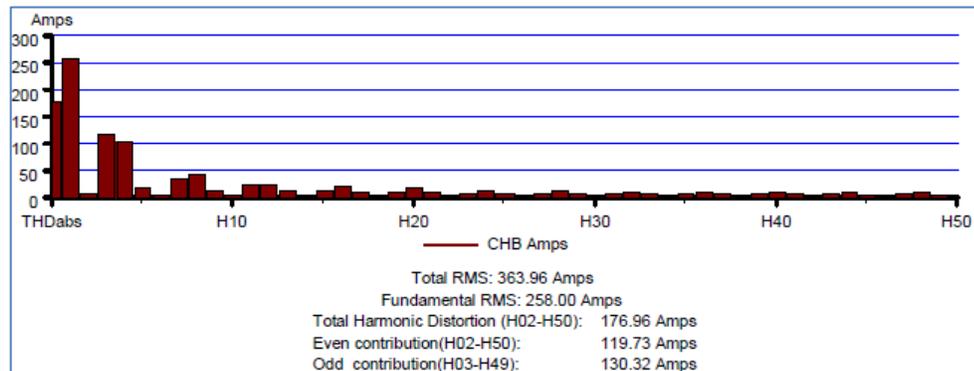
Fuente: elaboración propia, empleando DRANVIEW® software.

Figura 74. Armónicos en voltaje canal B, T-10



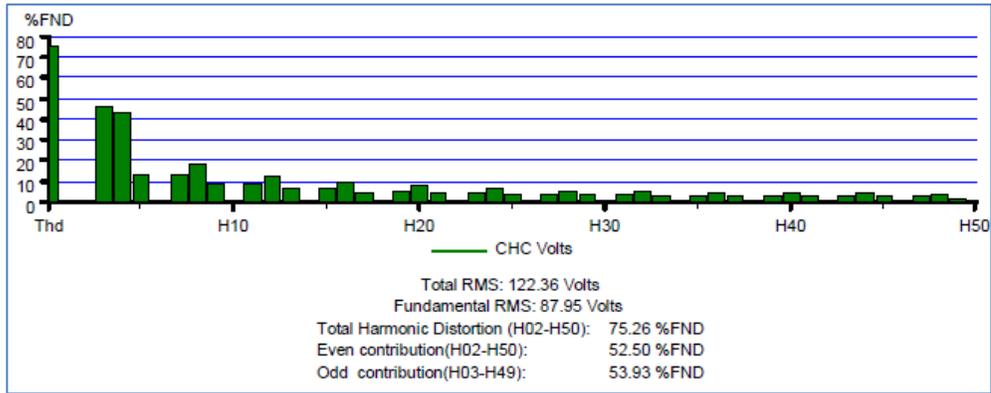
Fuente: elaboración propia, empleando DRANVIEW® software.

Figura 75. Armónicos en corriente canal B, T-10



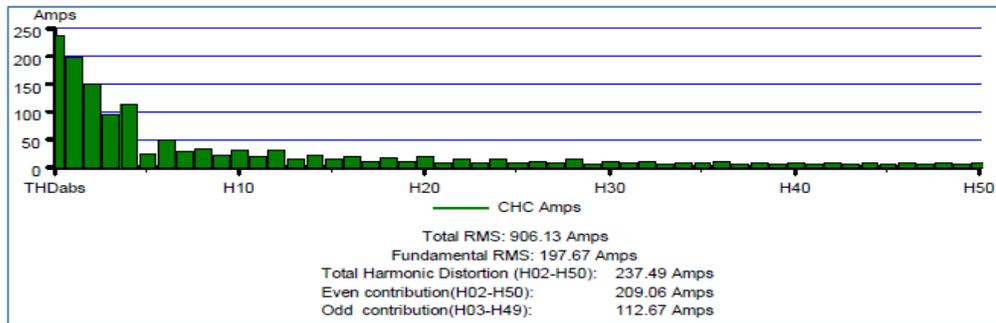
Fuente: elaboración propia, empleando DRANVIEW® software.

Figura 76. Armónicos en voltaje canal C, T-10



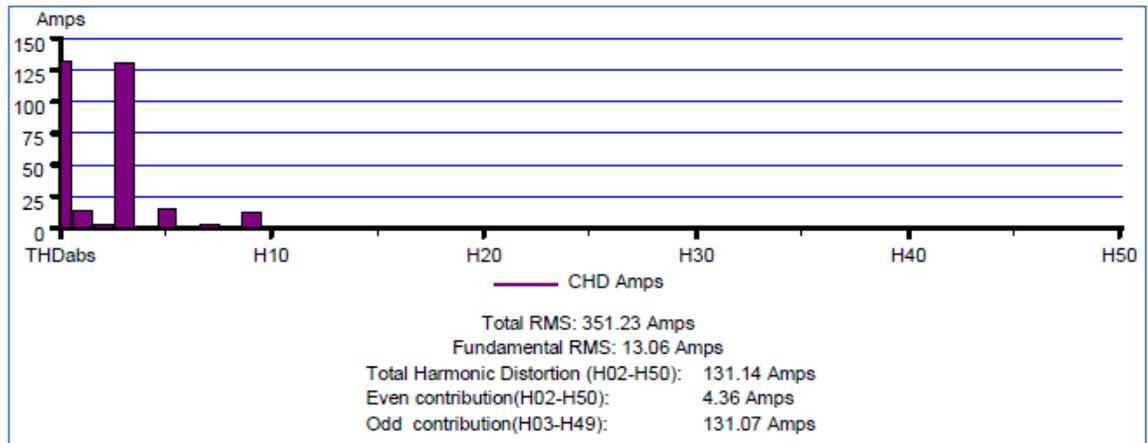
Fuente: elaboración propia, empleando DRANVIEW® software.

Figura 77. Armónicos en corriente canal C, T-10



Fuente: elaboración propia, empleando DRANVIEW® software.

Figura 78. Armónicos en corriente canal D, T-10



Fuente: elaboración propia, empleando DRANVIEW® software.

10. GENERACIÓN DE PROYECTOS A MEDIANO PLAZO, PARA DISMINUIR LOS COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DE INVERSIONES MAYORES

10.1. Presentación de alternativas para el ahorro de energía eléctrica

Hay varias opciones para conseguir el ahorro de energía eléctrica, algunas de las más destacadas se enuncian en los siguientes apartados:

- Eficiencia energética
 - Medidas de ahorro de energía eléctrica sin inversión
Las medidas de ahorro sin inversión, son de alguna manera actividades que pueden ser implementados siempre que sea posible con los siguientes puntos.
 - Aprovechar al máximo la iluminación natural.
 - Limpieza de difusores de luminarias.
 - Vigilar que las luces no permanezcan encendidas cuando no se necesiten.
 - Implementar la cultura de encendido y apagado de equipos eléctricos.
 - Verificar si existen niveles elevados de iluminación.
 - Revisar apagado de equipos en áreas generales que no se utilicen.
 - Ventilar de manera natural los espacios para disminuir el uso de aire acondicionado.

- Desconectar equipos de bombeo en horario pico para controlar la demanda máxima.
- Calibración adecuada del sistema hidroneumático en el sistema de bombeo.
- Revisión de los contratos de potencia y energía.

10.2. Propuesta de cambio de luminarias

- Iluminación: este es un parámetro que puede ser sujeto de mejora con la realización de un cambio total de tecnología.

El cambio de tecnología es importante para lograr niveles altos de ahorro energético, así como una alta contribución a la salud de las personas. Se debe realiza el cambio a un sistema led para lograr la corrección de este parámetro.

10.3. Propuesta de cambio de equipos de mayor eficiencia

- Sustituir lámparas incandescentes por fluorescentes compactas y led.
- Reemplazar lámparas fluorescentes lineales T12 con balastro electromagnético por T-8 o T-5 con balastro electrónico.
- Instalar sensores presenciales.
- Instalar fotoceldas para que no se enciendan las luminarias cuando exista aportación de luz natural.
- En sistemas de bombeo, reemplazar bombas ineficientes por unidades de mayor eficiencia y corregir sobredimensionamientos.

- Sustituir unidades de baja eficiencia por equipos de mayor eficiencia y utilizar motores de alta eficiencia.
- Las fotocopiadoras e impresoras nuevas deben tener un modo de ahorro de energía, y configurarlo desde el momento de la instalación.
- Apagar impresoras y fotocopiadoras durante la noche y los fines semana.
- Reciclar papel para fotocopias.
- Suspende o apagar equipos de cómputo cuando no se esté trabajando en periodos superiores a una hora.
- Utilización de equipos con certificaciones FIDE fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica.

Figura 79. **Sello del fideicomiso para ahorro de energía eléctrica**



Fuente: FIDE. *Sello del fideicomiso para ahorro de energía eléctrica*. www.fide.org.mx, consulta: diciembre 2018.

Este es un distintivo que se otorga a productos que inciden directa o indirectamente en el ahorro de energía eléctrica. Instituido con el carácter de voluntario desde 1992, este sello ha logrado posicionarse de manera importante dentro del sector eléctrico. Está orientado a reconocer a las empresas interesadas en fabricar equipos que se destacan por su eficiencia energética.

Esto quiere decir, que al comprar un aparato con la mencionada etiqueta, se tiene la garantía de que se trata de un producto eficiente o con características tales que permiten contribuir al ahorro de energía. Dependiendo de si es lo primero o lo segundo, el fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica (FIDE) otorga un sello tipo A o B.

Esta iniciativa ha sido adoptada por los principales fabricantes vinculados a los sectores de iluminación, electrodomésticos y electrónica –como Osram, Philips, Sola Basic, Mabe, Panasonic y Sony, entre otras; los cuales han obtenido el uso de sello FIDE A para algunos de sus productos.

Los beneficios de elegir equipos más eficientes usando la información de la etiqueta son varios, además de identificar aquellos sellos que representan que los equipos por utilizarse cumplen con garantías de ahorro de energía eléctrica.

Los productos calificados con sello FIDE deberán cumplir las cualidades y el rendimiento que demandan los consumidores, sus características son verificadas mediante pruebas de laboratorio y, una vez aprobadas, se identifican con un distintivo que es fácil de observar por parte de los consumidores.

Los productos bajo el Sello FIDE, además de presentar características energéticas superiores, deben cumplir las características de calidad y seguridad que garanticen el buen desempeño del producto

- Para el medio ambiente
 - Un electrodoméstico eficiente energéticamente consume menos energía y emite menos gases efecto invernadero.
 - El consumo de menos energía fomenta un uso racional de los recursos naturales empleados para producir energía.

- Para el bienestar de todos
 - Se reduce el valor de las facturas de electricidad o gas, al hacer un menor consumo de estos.
 - Se obtiene un equipo con mejor tecnología.
 - Se obtiene el mismo, o mayor confort, con menores costos por consumo de energía, y generando menos contaminación para el ambiente.
 - Se recupera la inversión hecha en un menor tiempo, a través de los ahorros en facturas de energía.

- Para el país
 - Un menor consumo de energía eléctrica supone una menor demanda de este servicio y, en consecuencia, ahorro en los costos para producirla.

10.4. Propuesta de granja solar

También conocidas como campos o huertas solares, una granja solar es un lugar donde se pueden encontrar gran cantidad de paneles solares con uno o muchos dueños.

Los parques solares, si bien son similares, son mucho más grandes que una granja, utilizan equipos más sofisticados y requieren de una gran sala de control.

Una granja solar que ocupa un área de una hectárea puede generar electricidad para unas 100 familias. Incluso algunas granjas permiten realizar una inversión total o financiarla en varios años.

En el caso de los edificios T-3 y T-10 por el área que cubren sus azoteas o terrazas se puede instalar una cantidad de paneles solares igual a esa área para hacer un sistema combinado de energía solar, considerando todos los lineamientos legales y autorizaciones que la ley establece en el artículo 36 de las NTGDR y que define a los autoprodutores con excedente de energía.

Del capítulo IV, de la Norma Técnica de Generación de Distribuidora Renovable y usuarios autoprodutores con excedente de energía por sus siglas NTGDR define:

Autorización y medición neta de energía eléctrica de usuarios con excedentes de energía en el punto de consumo.

Este artículo limita que, aunque existe la posibilidad de implementar un sistema de autoproducción este debe cumplir con los lineamientos técnico y legales tales como los definen los siguientes artículos. Artículo 36. Autorización

para usuarios autoprodutores con excedentes de energía. En el caso de usuarios auto productores que cuenten, dentro de sus instalaciones de consumo, con excedentes de energía renovable para inyectarla al sistema de distribución, pero que manifiesten expresamente que no desean participar como vendedores de energía eléctrica, deberán informar al distribuidor involucrado de tal situación, por medio del formulario correspondiente.

Cumplido este requisito podrán operar en esta modalidad. Estos usuarios no requerirán de autorización alguna; sin embargo, deberán instalar los medios de protección, control y desconexión automática apropiados que garanticen que no podrán inyectar energía eléctrica al sistema de distribución ante fallas de este o cuando el voltaje de la red de distribución se encuentre fuera de las tolerancias establecidas en las NTSD.

Además, del cumplimiento técnico legal el auto productor debe conocer que el Artículo 37 de la NTGDR plazo para inspección técnica. El distribuidor luego de recibida la notificación por parte del interesado, tendrá un plazo de quince (15) días para realizar una inspección técnica de las instalaciones del UAEE, usuario auto productor con excedente de energía, con el objetivo de verificar que cumple con lo requerido en esta norma.

Si los resultados de la inspección son positivos, el distribuidor emitirá una constancia al interesado donde conste que las instalaciones han sido revisadas, y procederá a la instalación cuando corresponda del medidor correspondiente, en un plazo no mayor a 28 días de recibida la notificación por parte del interesado.

Artículo 38. Informe de nuevos UAEE. El distribuidor deberá informar a la CNEE trimestralmente los nuevos UAEE conectados a su red, de conformidad con el formulario habilitado por la CNEE en su sitio web.

Artículo 39. Sistema de medición para usuarios auto productores con excedentes de energía. El sistema de medición de energía eléctrica de las instalaciones de un usuario auto productor con excedentes de energía, deberá tener la característica de medición, registro y lectura en forma bidireccional. En el caso de usuarios regulados, el suministro e instalación del medidor respectivo lo cubrirá el distribuidor; mientras que los grandes usuarios son responsables de su sistema de medición.

El artículo 40, define que aun que se esté inyectando al sistema un excedente de energía no recibirán una remuneración económica, en donde define si se sobrepasa de su energía consumida y viceversa artículo 40. lectura y crédito por energía inyectada al sistema de distribución por parte de usuarios auto productores con excedentes de energía (Net metering). Los usuarios auto productores con excedentes de energía no recibirán ningún tipo de pago por la energía eléctrica inyectada al sistema de distribución.

Para efectos de la facturación mensual del usuario, el distribuidor leerá cada mes los registros del medidor correspondiente; si la medición neta del mes corresponde a un consumo de energía, cobrará dicho consumo al usuario, de conformidad con la tarifa que le corresponda.

Por el contrario, si la medición neta corresponde a una inyección de energía del usuario hacia el sistema de distribución, el distribuidor se la reconocerá como crédito de energía a favor del usuario hasta que dicho crédito sea agotado contra el consumo del UAEE. No obstante, el distribuidor cobrará

el cargo fijo y los cargos por potencia que le sean aplicables a cada usuario, según la tarifa correspondiente. Para el caso de tarifas sin medición de potencia, el distribuidor podrá cobrar los cargos por distribución correspondientes en función de la energía que entregue al usuario. Todos los cargos deben ser detallados en la factura.

CONCLUSIONES

1. El análisis regulatorio de la facturación por servicio de energía eléctrica en la Universidad de San Carlos de Guatemala en el edificio T3 y T10, mostraron valores en demandas muy por encima de las requeridas, todos estos valores fueron tomados en base a una facturación de 2016.
2. Con el cambio de demanda en el servicio de energía eléctrica en los edificios T-3 y T-10 se obtuvo un ahorro en la facturación en estos edificios.
3. El análisis se realizó en los parámetros de facturación por servicio eléctrico de 2016 en los cuales se plasmó el ajuste adecuado y se efectuaron los cambios en los contratos de servicio.
4. Las regulaciones eléctricas y leyes que rigen a los usuarios del servicio eléctrico en Guatemala deben ser consideradas para tomar decisiones que ayuden al consumidor a una mejor selección de su contrato de servicio eléctrico apoyado de un profesional del tema, tomando en cuenta todo el espectro de servicio requerido.
5. El monitoreo del sistema eléctrico de medición de energía no mostró un desfase, desbalance o pago por penalización, por lo que no será necesario implementar un equipo de corrección.
6. Considerando que la USAC por sus características de demanda de potencia puede pasarse a la categoría de gran usuario y para esta pueden

existir dos posibilidades. La primera sería unificando todos sus servicios para constituirse como un único gran usuario, para este se tendría que hacer de un anillo de distribución propio ya que el actual es propiedad de EEGSA, lo cual conllevaría a una inversión importante en líneas de 13,8 kV, La segunda posibilidad sería que actualmente existen seis edificios S-5, T-10, ITUGS, T-3, rectoría y biblioteca, que por su nivel de consumo pueden calificar como grandes usuarios.

RECOMENDACIONES

1. Velar ante EEGSA por el cumplimiento de los contratos por consumo de energía eléctrica, de los ahorros obtenidos por el cambio de las demandas y de que permanezcan los valores modificados 163 KW y 107 kW para el T-10 y T-3, respectivamente.
2. Realizar ajustes en el uso de energía eléctrica en los edificios T-10 y T-3 con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica, dado que el ahorro obtenido se realizó sobre el análisis de los parámetros de facturación de 2016.
3. Seguir un monitoreo regular para mantener el sistema eléctrico en buen estado dado que los estudios de medición de energía no mostraron un desfase, desbalance o pago por penalización.
4. Buscar opciones con comercializadoras de energía eléctrica que puedan apoyar la migración de estos edificios como grandes usuarios.
5. Se exhorta para que este trabajo sirva de guía para establecer un lineamiento que permita implementarse en otros edificios duende de la Universidad de San Carlos de Guatemala para reducir sus costos de facturación por energía eléctrica.

BIBLIOGRAFÍA

1. AEMC Instruments. (INSTRUMENTOS AEMC). *Understanding Ground Resistance Testing (Comprensión de las prueba de resistencia de tierra)*. 13a ed. Chauvin Arnoux, Inc. d.b.a AEMC instruments, 25 p.
2. Consejo Superior Universitario. *Política ambiental de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. Guatemala: Editorial Universitaria, 2018 42 p.
3. Comisión Nacional de Energía Eléctrica CNEE. *Normas Técnicas del Servicio de Distribución*. Guatemala: 2013. 42 p.
4. Comisión Nacional de Energía Eléctrica CNEE. *Marco Legal del Sub Sector Eléctrico de Guatemala, Compendio de Leyes y Reglamentos*. Guatemala: Editorial Serviprensa, 2013, 104 p.
5. Comisión Nacional de Energía Eléctrica CNEE. *Pliegos tarifarios autorizados para la Empresa Eléctrica de Guatemala, de enero a diciembre 2016*. [en línea] <<http://www.cnee.gob.gt/Calculadora/pliegos.php>>. [Consulta: diciembre de 2019].
6. Empresa Eléctrica De Guatemala, S. A. *Normas para acometidas de servicio eléctrico*. 12a ed. Guatemala: 1998. 117 p.

7. Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. *Contratos de energía eléctrica EEGSA*. [en línea]. <<https://asisehace.gt/media/CONTRATO%20ENERGIA%20ELECTRICA%20EEGSA.pdf>>. [Consulta: enero de 2019].
8. Normas Técnicas del Servicio de Distribución. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Pliego tarifario tarifa social, Resolución de la CNEE No.164-2013*. [en línea]. < <https://www.cnee.gob.gt/pdf/resoluciones/2013/CNEE%20164%202013.pdf> >. [Consulta: enero 2019].
9. _____. *Pliego tarifario tarifa no social, Resolución de la CNEE No.165-2013*. [en línea]. < <https://www.cnee.gob.gt/pdf/resoluciones/2013/CNEE%20165%202013.pdf> >. [Consulta: enero 2019].
10. _____. *Pliego tarifario tarifa social, Resolución de la CNEE No. 43-2014*. [en línea]. < <https://www.cnee.gob.gt/pdf/resoluciones/2014/CNEE%20043%202014.pdf> >. [Consulta: enero 2019].
11. _____. *Pliego tarifario tarifa no social, Resolución de la CNEE No. 44-2014*. [en línea]. < <https://www.cnee.gob.gt/pdf/resoluciones/2014/CNEE%20043%202014.pdf> >. [Consulta: enero 2019].
12. _____. *Pliego tarifario tarifa social, Resolución de la CNEE No. 48-2014*. [en línea]. < <https://www.cnee.gob.gt/pdf/resoluciones/2014/CNEE%20048%202014.pdf> >. [Consulta: enero 2019].

13. _____. *Pliego tarifario tarifa no social, Resolución de la CNEE No. 49-2014.* [en línea] < <https://www.cnee.gob.gt/pdf/resoluciones/2014/CNEE%20049%202014.pdf> >. [Consulta: enero 2019].
14. _____. *Pliego tarifario, Resolución de la CNEE No. 170-2017.* [en línea]. <<https://www.cnee.gob.gt/pdf/resoluciones/2017/CNEE%20170%202017.pdf>>. [Consulta: enero 2019].
15. _____. *Pliego tarifario, Resolución de la CNEE No. 216-2013.* [en línea]. < <https://www.cnee.gob.gt/pdf/resoluciones/2013/CNEE%20216%202013.pdf> >. [Consulta: enero 2019].
16. Presidencia de la República. *Reglamento de la Ley General de Electricidad: Acuerdo Gubernativo 256-97.* Guatemala: Presidencia de la República, 1997. 62 p
17. SAGASTUME GEMMELL, *Marco Antonio. Síntesis histórica de la Universidad de San Carlos de Guatemala.* Guatemala: Editorial Universitaria, 2013. 55 p.

