

**CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO DE INGENIERÍAS  
ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES DE LA  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER APLICANDO LA  
METODOLOGÍA DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA  
(SGIE)**

**HAROLD ALBERTO DIAZ BARROSO  
CARLOS ALBERTO FAJARDO ROJAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2017**

**CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO DE INGENIERÍAS  
ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES DE LA  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER APLICANDO LA  
METODOLOGÍA DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA  
(SGIE)**

**HAROLD ALBERTO DÍAZ BARROSO  
CARLOS ALBERTO FAJARDO ROJAS**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista**

**Director  
HERMANN RAÚL VARGAS TORRES  
Doctor en Ingeniería Eléctrica**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2017**

## **DEDICATORIA**

Dios gracias infinitamente por la sabiduría, entendimiento e inteligencia que me brindas todos los días, por tal bendición es que he logrado esta nueva meta aunque a veces sea un poco desagradecido.

A la memoria de un ser muy querido, mi tío Antonio Barroso Chogo porque, la última vez que lo vi con tan solo doce (12) años de edad era muy inocente y no entendía lo que sucedía, siendo muy tranquilo como si fuera un juego la pérdida de la persona que compartía y apoyaba nuestra situación, junto con mi madre y mis hermanos en esos momentos tan duros. Iniciando mi etapa educativa con mis primeros pasos en el colegio, deseando que me hubieras visto crecer poco a poco como profesional y apoyándome en todo lo que pudieras.

**Harold Alberto Diaz Barroso**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi madre Sonia Barroso Chogo por su apoyo incondicional, por el amor que me tiene, por encomendarme siempre en tus oraciones, y por ser mi consejera número uno y la primera mujer que más amo de las tres, te dedico mi título de Ingeniero Electricista y mi Distinción CUM LAUDE.

A mi abuela Carmen Rosa Chogo mujer digna de admirar te agradezco por la crianza que me diste y el apoyo integral que brindas a mi vida, por quererme y tenerme en tus oraciones, por eso eres la segunda mujer que amo.

A mi padre Alberto Diaz Duque que a pesar de la distancia siempre esta hay para escucharme, darme consejos, hablarme de Dios, y apoyarme en lo que más pueda, gracias sinceramente por todo y por quererme tanto.

A mi tío Wilmar Barroso Chogo por sus palabras alentadoras y la confianza que deposita en mí, y porque sé que me quiere mucho, lo felicito por esforzarse tanto en la vida, por aprender a superar cualquier dificultad, porque ni el promedio más alto de un estudiante de la UIS llegaría a darte en los tobillos, por tal motivo me le quito el sombrero como el caballero que soy.

A mi hermanos Yurlevison Diaz Barroso y Duvan Sneider Diaz Barroso les agradezco eternamente por su apoyo emocional, por confiar en mí y por quererme tanto.

A mi novia Nurys del Carmen Hoyos Cuellar, gracias por ser tan linda, especial y apoyarme en todos los aspectos, porque mujer como tu pocas en la vida y por eso eres la tercera mujer que amo.

A mi amiga Julieth Xiomara Caro le agradezco su apoyo incondicional, por brindarme siempre una mano cuando la necesitaba, la felicito por ser esa mujer luchadora capaz de romper cualquier barrera por sus seres queridos, a pesar de sus dificultades.

Y por último, a mis compañeros y amigos más cercanos Carolina Sarmiento, Carlos Fajardo, Brayan Cuellar, Edinson Moreno, Miguel Archila que siempre estábamos para colaborarnos, más que compañeros una familia. Gracias a todos

**Harold Alberto Diaz Barroso**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primero que todo a Dios por la oportunidad de formarme profesionalmente brindándome salud, sabiduría y fortaleza que me permitió afrontar todas las pruebas y dificultades que se me presentaron.

A mi familia agradezco enormemente por el apoyo que me supo y pudo brindar durante los momentos que se pudieron considerar difíciles, de manera muy especial a mi madre Sandra Aide por ser ese pilar que me apoyo dando motivación, cariño y consejos que siempre me formaron tanto profesionalmente como personalmente, de igual forma a mi hermana Alejandra y mi padrastro Ismael quienes formaron el núcleo familiar el cual fue de apoyo durante este proceso junto a toda mi familia.

No menos dejare a un lado a todos los compañeros y amigos que fueron incondicionales en todas las actividades académicas y experiencias personales, a todos los docentes que formaron parte de mi proceso de convertirme en un profesional en esta la universidad industrial de Santander. Quedan muchos más por mencionar, pero de igual forma les agradezco inmensamente por acompañarme durante todo este proceso.

**Carlos Alberto Fajardo Rojas**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	29
1. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN .....	31
1.2. OBJETIVOS .....	32
1.2.1. Objetivo general .....	32
1.2.2. Objetivos específicos .....	32
1.3. ALCANCE .....	32
1.4. MARCO TEÓRICO .....	33
1.5. ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA (SGIE) .....	35
1.6. METODOLOGÍA .....	38
2. DECISIÓN ESTRATÉGICA .....	40
2.1. CARACTERIZACIÓN ENERGETICA DEL EDIFICIO DE LA E3T .....	40
2.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO DE LA E3T .....	41
2.3. HERRAMIENTAS PARA EL ESTUDIO Y ORGANIZACIÓN ENERGÉTICA .....	48
2.3.1. Aplicación del calificador de niveles de gestión energética.....	50
2.4. CENSO DE CARGA .....	59
2.5. COMPORTAMIENTO ESTADÍSTICO DEL CENSO DE CARGA TOMANDO LOS EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA DEL EDIFICIO E3T .....	65
2.6. DIAGRAMA DE PARETO DE CONSUMO DE ENERGÍA.....	68
2.6.1. Diagrama de Pareto aplicado al consumo energético total del edificio de la E3T. ....	72
3. ANÁLISIS DE CONSUMO DE ENERGÍA .....	75
3.1. GRÁFICO DE CONTROL .....	81

3.1.1. Comportamiento de consumo y producción en el tiempo (E-P VS T).....	86
3.1.2. Gráfico de consumo- producción (E VS P). .....	87
3.1.3. Gráfico de consumo – producción línea base y línea meta (E VS P META).....	89
3.1.4. Gráfico índice de consumo- producción (IC VS P).....	90
4. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO .....	93
4.1. SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	93
4.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN INTERIOR DE LA E3T .....	94
4.3. EQUIPO PARA MEDICIÓN DE ILUMINANCIA .....	97
4.3.1. Equipo utilizado.....	97
4.4. MEDICIÓN DE ILUMINANCIA EN LAS DEPENDENCIAS DEL EDIFICIO E3T .....	98
4.4.1. Valoración de resultados.....	105
4.5. UNIFORMIDAD.....	106
4.6. ANÁLISIS TERMOGRÁFICO.....	119
4.6.1. Resultados de termografía infrarroja.....	122
4.7. CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA ANÁLISIS DE MEDICIONES .....	128
4.7.1 Normatividad establecida.....	129
4.7.2. Equipo medida y ubicación del punto de medición para el análisis de calidad de la energía eléctrica en la E3T. ....	130
4.7.3. Análisis de los niveles de tensión en el edificio de la E3T. ....	133
4.7.4. Niveles de corriente en el edificio de la E3T. ....	155
4.7.5. Factor de potencia en el edificio de la E3T. ....	174
4.7.6. Frecuencia en el edificio de la E3T. ....	182
4.7.7. Distorsión armónica de tensión y corriente en la E3T.....	189
5. USO EFICIENTE Y RACIONAL DE LA ENERGÍA EN EL EDIFICIO DE LA E3T .....	206
5.1. CULTURA ENERGÉTICA.....	216

5.1.1. Metodología para la concientización de la cultura energética.....	216
6. CONCLUSIONES .....	219
CITAS BIBLIOGRAFICAS.....	223
BIBLIOGRAFÍA.....	226
ANEXOS.....	229

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Etapas del MGIE.....	34
Figura 2. Procedimiento para la caracterización energética. ....	34
Figura 3. Secuencia de tareas aplicada en la caracterización energética. ....	41
Figura 4. Diagrama Unifilar Edificio E3T (a la fecha especificada anteriormente).....	43
Figura 5. Transformador trifásico SIEMENS de 630 kVA. ....	45
Figura 6. Seccionador Tripolar bajo carga marca SOCOL S.A.....	46
Figura 7. Transferencia automática de 800 A. ....	48
Figura 8. Calificación, buenas prácticas de gestión energética. ....	58
Figura 9. Porcentaje de consumo del primer piso (kWh/ Mensual).....	61
Figura 10. Porcentaje de consumo del segundo piso (kWh/ Mensual). ....	62
Figura 11. Porcentaje de consumo del tercer piso (kWh/ Mensual).....	63
Figura 12. Porcentaje de consumo del cuarto piso (kWh/ Mensual).....	64
Figura 13. Porcentaje de consumo del quinto piso (kWh/ Mensual). ....	65
Figura 14. Porcentaje de consumo E3T por equipo eléctricos (kWh/ Mensual).....	66
Figura 15. Porcentaje de consumo E3T por pisos (kWh/ Mensual) ....	67
Figura 16. Diagrama de Pareto, consumo eléctrico primer piso. ....	69
Figura 17. Diagrama de Pareto, consumo eléctrico segundo piso.....	70
Figura 18. Diagrama de Pareto, consumo eléctrico tercer piso. ....	70
Figura 19. Diagrama de Pareto, consumo eléctrico cuarto piso. ....	71
Figura 20. Diagrama de Pareto, consumo eléctrico quinto piso.....	72
Figura 21. Diagrama de Pareto, consumo eléctrico E3T por equipos eléctricos....	73
Figura 22. Diagrama de Pareto, consumo eléctrico E3T por pisos. ....	74
Figura 23. Tendencia de consumo energético. ....	81
Figura 24. Control eléctrico anual del edificio E3T.....	83

Figura 25. Control eléctrico del edificio E3T del 05/jun/2017 hasta 23/jun/2017. ....	84
Figura 26. Control eléctrico del edificio E3T del 24/jun/2017 hasta 04/jul/2017. ....	85
Figura 27. E-P VS T. ....	87
Figura 28. E VS P. ....	88
Figura 29. E VS P LÍNEA META. ....	90
Figura 30. IC VS P. ....	91
Figura 31. Luxómetro [18].....	97
Figura 32. Luxómetro a la altura del nivel de trabajo de 0,75 m. ....	100
Figura 33. Medición en el área de trabajo para la iluminancia promedio. ....	100
Figura 34. Medición en el área de trabajo para la iluminancia promedio. ....	102
Figura 35. Medición en el área de trabajo para la iluminancia promedio. ....	102
Figura 36. Medición en el área de trabajo para la iluminancia promedio. ....	104
Figura 37. Niveles de iluminancia Primer piso en horas de la mañana.....	107
Figura 38. Niveles de iluminancia Primer piso en horas de la tarde. ....	108
Figura 39. Niveles de iluminancia Segundo piso en horas de la mañana.....	109
Figura 40. Niveles de iluminancia Segundo piso en horas de la tarde.....	110
Figura 41. Niveles de iluminancia Segundo piso en horas de la noche.....	111
Figura 42. Niveles de iluminancia Tercer piso en horas de la mañana.....	112
Figura 43. Niveles de iluminancia Tercer piso en horas de la tarde.....	113
Figura 44. Niveles de iluminancia Tercer piso en horas de la noche.....	114
Figura 45. Niveles de iluminancia Cuarto piso en horas de la mañana. ....	115
Figura 46. Niveles de iluminancia Cuarto piso en horas de la tarde. ....	115
Figura 47. Niveles de iluminancia Cuarto piso en horas de la noche.....	116
Figura 48. Niveles de iluminancia Quinto piso en horas de la mañana.....	117
Figura 49. Niveles de iluminancia Quinto piso en horas de la tarde. ....	118
Figura 50. Características técnicas cámara termografía [10]. ....	120
Figura 51. Analizador Power Visa 440 (Dranetz). ....	130
Figura 52. Transformador con el analizador de calidad de energía. ....	132

Figura 53. Tensión por fase promedio [V] fases A, B, C - 04/jun-18/jun de 2017. ....	134
Figura 54. Desbalance de tensión de la componente de secuencia inversa - 04/jun-18/jun/17. ....	138
Figura 55. Desbalance de tensión de la componente de secuencia homopolar - 04/jun-18/jun/17. ....	139
Figura 56. Tensión por fase promedio [V] fases A, B, C-19/jun-04/jul de 2017. ....	141
Figura 57. Desbalance de tensión de la componente de secuencia inversa -19/jun-04/jul/17. ....	145
Figura 58. Desbalance de tensión de la componente de secuencia homopolar - 19/jun-04/jul/17. ....	146
Figura 59. Tensión por fase promedio [V] fases A, B, C-04/jul-18/jul de 2017. ....	148
Figura 60. Desbalance de tensión de la componente de secuencia inversa - 04/jul-18/jul/17. ....	152
Figura 61. Desbalance de tensión de la componente de secuencia homopolar- 04/jul-18/jul/17. ....	153
Figura 62. Corrientes por fase [A], fases A, B, - 04/jun - 18/jun de 2017. ....	155
Figura 63. Corrientes por fase [A], fases A,B,C-19/jun-04/jul de 2017. ....	158
Figura 64. Corrientes por fase [A], fases A, B, C-04/jul-18/jul de 2017. ....	160
Figura 65. Desbalance de corriente de la componente de secuencia inversa - 4/jun - 18/jun/17. ....	163
Figura 66. Desbalance de corriente de la componente de secuencia homopolar - 04/jun-18/jun/17. ....	164
Figura 67. Desbalance de corriente de la componente de secuencia inversa - 19/jun-04/jul/17. ....	167
Figura 68. Desbalance de corriente de la componente de secuencia homopolar- 19/jun-04/jul/17. ....	168
Figura 69. Desbalance de corriente de la componente de secuencia inversa - 04/jul-18/jul/17. ....	171

Figura 70. Desbalance de corriente de la componente de secuencia homopolar - 04/jul-18/jul/17. ....	172
Figura 71. Factor de potencia total y por fase A, B, C-04/jun-18/jun/2017.....	175
Figura 72. Factor de potencia total y por fase A, B, C-19/jun-04/jul/2017.....	178
Figura 73. Factor de potencia total y por fase A,B,C---04/jul-18/jul/2017.....	180
Figura 74. Frecuencia [Hz]---04/jun –18/jun/2017.....	183
Figura 75. Frecuencia [Hz]-19/jun –04/jul/2017. ....	185
Figura 76. Frecuencia [Hz]-04/jul –18/jul/2017. ....	187
Figura 77. Distorsión armónica total de tensión [%] por fase A, B, C - 04/jun-18/jun/2017. ....	190
Figura 78. Distorsión armónica total de tensión [%] por fase A,B,C ---19/jun-04/jul/2017. ....	192
Figura 79. Distorsión armónica total de tensión [%] por fase A, B, C - 04/jul-18/jul/2017. ....	194
Figura 80. Distorsión armónica total de corriente [%] por fase A,B,C - 04/jun-18/jun/2017. ....	196
Figura 81. Distorsión armónica total de corriente [%] por fase A,B,C ---19/jun-04/jul/2017. ....	199
Figura 82. Distorsión armónica total de corriente [%] por fase A,B,C - 04/jul-18/jul/2017. ....	202
Figura 83. Diferencias de ahorro energético dependiendo del tipo de tecnología. [12] .....	209
Figura 84. Unidades condensadoras de aires acondicionados (mini Split) del quinto piso.....	212
Figura 85. Unidades condensadoras de aires acondicionados (tipo Cassette) cuarto piso. ....	213
Figura 86. Unidad condensadora de aires acondicionados (tipo Cassette) sala individual.....	213
Figura 87. Etiqueta de eficiencia energética, ejemplo con explicación. [15] .....	215
Figura 88. Equipos etiquetados con la entrada en vigencia. [16].....	215

Figura 89. Lema y logo de la campaña.....218

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Pasos para la implementación de (SGIE) [1].	37
Tabla 2. Subestación E3T.	44
Tabla 3. Características técnicas del transformador trifásico SIEMENS de 630 kVA.	45
Tabla 4. Características técnicas del seccionador bajo carga.	46
Tabla 5. Especificaciones técnicas de la planta de emergencia.	47
Tabla 6. Especificaciones técnicas de la transferencia automática	48
Tabla 7. Lista de chequeo 1 [2].	49
Tabla 8. Lista de chequeo 2 [2].	50
Tabla 9. Calificador de niveles de gestión energética (UPME). [21].	51
Tabla 10. Censo de carga del primer piso.	60
Tabla 11. Censo de carga del segundo piso.	61
Tabla 12. Censo de carga del tercer piso.	62
Tabla 13. Censo de carga del cuarto piso.	63
Tabla 14. Censo de carga del quinto piso.	64
Tabla 15. Personal fijo asociado al edificio E3T.	76
Tabla 16. Personal externo asociado al edificio E3T.	76
Tabla 17. Producción por días del edificio E3T.	78
Tabla 18. Consumo eléctrico del edificio E3T, en un mes.	79
Tabla 19. Consumo eléctrico del edificio E3T, en un año.	80
Tabla 20. Análisis de variable en el proceso de control anual.	82
Tabla 21. Análisis de variable en el proceso de control del 05/jun/2017 hasta 23/jun/2017.	84
Tabla 22. Análisis de variable en el proceso de control de 24/jun/2017 hasta 04/jul/2017.	85

Tabla 23. Iluminación edificio E3T. ....	94
Tabla 24. Iluminación del edificio E3T. ....	96
Tabla 25. Niveles de iluminancia exigibles para diferentes áreas y actividades. [19]. ....	105
Tabla 26. Uniformidades según el nivel de iluminancia en cada área. ....	106
Tabla 27. Niveles de iluminancia Primer piso en horas de la mañana. ....	107
Tabla 28. Niveles de iluminancia Primer piso en horas de la tarde. ....	108
Tabla 29. Niveles de iluminancia Segundo piso en horas de la mañana. ....	109
Tabla 30. Niveles de iluminancia Segundo piso en horas de la tarde. ....	110
Tabla 31. Niveles de iluminancia Segundo piso en horas de la noche. ....	110
Tabla 32. Niveles de iluminancia Tercer piso en horas de la mañana. ....	111
Tabla 33. Niveles de iluminancia Tercer piso en horas de la tarde. ....	112
Tabla 34. Niveles de iluminancia Tercer piso en horas de la noche. ....	113
Tabla 35. Niveles de iluminancia Cuarto piso en horas de la mañana. ....	114
Tabla 36. Niveles de iluminancia Cuarto piso en horas de la tarde. ....	115
Tabla 37. Niveles de iluminancia Cuarto piso en horas de la noche. ....	116
Tabla 38. Niveles de iluminancia Quinto piso en horas de la mañana. ....	117
Tabla 39. Niveles de iluminancia Quinto piso en horas de la tarde. ....	118
Tabla 40. Valoración y niveles de relevancia por temperatura. [11]. ....	122
Tabla 41. Perfil termográfico general del transformador. ....	123
Tabla 42. Perfil termográfico de los bornes de baja tensión en el transformador. ....	124
Tabla 43. Perfil termográfico del totalizador de 2 000 A. ....	125
Tabla 44. Perfil termográfico de totalizadores en el barraje de 1 000 A. ....	126
Tabla 45. Perfil termográfico de totalizadores en el barraje de 800 A. ....	127
Tabla 46. Normatividad de referencia para la calidad de la energía ....	129
Tabla 47. Especificaciones técnicas analizador Power Visa 440 (Dranetz). ....	131
Tabla 48. Categorías y las características típicas de los fenómenos electromagnéticos del sistema de potencia. ....	133
Tabla 49. Resumen estadístico del perfil de tensión de la figura 53, 04jun-18jun. .....	136

Tabla 50. Resumen estadístico del perfil de la figura 54 y 55, 04/jun-18/jun/2017.	140
Tabla 51. Resumen estadístico del perfil de tensión de la figura 56, 19/jun-04/jul.	143
Tabla 52. Resumen estadístico del perfil de la figura 57 y 58, 19/jun-04/jul/2017.	147
Tabla 53. Resumen estadístico del perfil de tensión de la figura 59, 04/jul-18/jul.	150
Tabla 54. Resumen estadístico del perfil de la figura 60 y 61, 04/jul-18/jul/2017.	154
Tabla 55. Resumen corriente eficaz del perfil de la figura 62, 04/jun-18/jun/2017.	156
Tabla 56. Resumen corriente eficaz del perfil de la figura 63, 19/jun-04/jul/2017.	159
Tabla 57. Resumen corriente eficaz del perfil de la figura 64, 04/jul-18/jul/2017.	162
Tabla 58. Resumen estadístico del perfil de la figura 65 y 66, 04/jun-18/jun/2017.	165
Tabla 59. Resumen estadístico del perfil de la figura 67 y 68, 19/jun-04/jul/2017.	169
Tabla 60. Resumen estadístico del perfil de la figura 69 y 70, 04/jul - 18/jul/2017.	173
Tabla 61. Registro de datos importantes para el 95% de la semana, 04/jun-18/jun/2017.	177
Tabla 62. Registro de datos importantes para el 95% de la semana, 19/jun-04/jul/2017	179
Tabla 63. Registro de datos importantes para el 95% de la semana, 04/jul-18/jul/2017.	181
Tabla 64. Registro para el 95% de los datos en una semana, 04/jun-18/jun/2017.	184
Tabla 65. Registro para el 95% de los datos en una semana, 19/jun-04/jul/2017.	186
Tabla 66. Registro para el 95% de los datos en una semana, 04/jul-18/jul/2017.	188
Tabla 67. Resultados estadísticos del percentil 95 en la semana por fase, 04/jun-18/jun/2017.	191

Tabla 68. Resultados estadísticos del percentil 95 en la semana por fase, 19/jun-04/jul/2017. ....	193
Tabla 69. Resultados estadísticos del percentil 95 en la semana por fase, 04/jul-18/jul/2017. ....	195
Tabla 70. Resultados estadísticos del percentil 95 en la semana por fase, 04/jun-18/jun/2017. ....	198
Tabla 71. Resultados estadísticos del percentil 95 en la semana por fase, 19/jun-04/jul/2017. ....	201
Tabla 72. Resultados estadísticos del percentil 95 en la semana por fase, 04/jul-18/jul/2017. ....	204

## LISTA DE SÍMBOLOS

<i>A</i>	ampere
<i>V</i>	volt
<i>W</i>	watt
<i>kWh</i>	kilowatt-hora
<i>AC</i>	Corriente Alterna
<i>lx</i>	Lux
<i>°C</i>	Grados Celsius
<i>m</i>	metro
<i>kVAr</i>	kilovolt-ampere reactivos
<i>kVA</i>	kilovolt-ampere
<i>%</i>	Porcentaje
<i>\$</i>	Pesos colombianos
<i>f.p</i>	Factor de potencia
<i>Hz</i>	hertz

## ABREVIATURA

- CP. Consumo Promedio.
- DS. Desviación Estándar.
- E3T. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.
- IC. Índice de Consumo base.
- LCS. Límite de Control Superior.
- LCI. Límite de Control Inferior
- MSGIE. Metodología del Sistema de Gestión Integrada de la Energía.
- PCC. Punto de Acople Común.
- RETILAP. Reglamento Técnico de Iluminación y Alambrado Público.
- RETIE. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.
- SGIE. Sistema de Gestión Integral de la Energía.
- UPME. Unidad de Planeación Minero Energética.
- URE. Uso Racional de la Energía.

## GLOSARIO

- **Armónicos:** los armónicos son ondas senoidales cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental. [9]
- **Calidad de potencia:** conjunto de características de la electricidad en un punto dado de un sistema de potencia en un momento determinado, que permite satisfacer las necesidades requeridas por el usuario de la electricidad. [9]
- **Caracterización energética:** procedimiento de análisis cualitativo y cuantitativo que permite evaluar la eficiencia con que una organización administra y usa todos los tipos de energía requeridos en su proceso productivo. [1]
- **Carga no lineal:** una carga eléctrica cuya característica tensión/corriente es no lineal, es decir que la señal no sigue la misma forma de onda de la señal de tensión, de la cual se está alimentado la carga. [9]
- **Condiciones normales de operación:** Condiciones de tensión, corriente y frecuencia que permiten atender la demanda del sistema, las maniobras en la red y la eliminación de fallas, en ausencia de condiciones de fuerza mayor. [9]
- **Desbalance de tensión:** en un sistema polifásico, es el estado en el cual el valor eficaz de las tensiones de las fases o los ángulos entre fases consecutivas no son todos iguales. [9]
- **Diagrama de Pareto:** diagrama que representa el 20% de las causas que provocan el 80% de los efectos de un fenómeno dado. (UPME) [1]

- **EFICIENCIA ENERGÉTICA:** Es la relación entre la energía aprovechada y la total utilizada en cualquier proceso de la cadena energética, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables. (UPME) [1]
- **Elevación(SWELL):** aumento brusco de la tensión de alimentación a un valor situado, por encima del 110% de la tensión declarada  $V_c$  seguida del restablecimiento de la tensión después de un corto lapso de tiempo. [9]
- **Emisividad:** la emisividad ( $\epsilon$ ) es la medida de la capacidad de un material de emitir (propagar) radiación infrarroja. Varía según la propiedad de la superficie, el material y en algunos casos la temperatura del objeto medido. [24]
- **Factor de potencia:** es la relación entre la potencia útil (activa) consumida por un circuito o carga y la potencia aparente de este, la cual corresponde a la máxima potencia que se puede consumir o suministrar a un circuito, dados unos valores eficaces de tensión y de corriente. [9]
- **Hundimiento (SAG):** Disminución brusca de la tensión de alimentación a un valor situado, entre 90% y el 10 % de la tensión declarada  $V_c$  seguida del restablecimiento de la tensión. [9]
- **Iluminancia:** densidad del flujo luminoso que incide sobre una superficie. Su unidad de medida es el lux. [19]
- **Luminaria:** Es un dispositivo que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más lámparas, que incluye todos los componentes necesarios para fijarla y protegerlas y, donde corresponda, los equipos auxiliares, así como los medios necesarios para la conexión eléctrica de iluminación. [23]

- **Percentil 95%:** es un valor estadístico extraído de una muestra de datos para el cual la probabilidad de que se presenten valores en la muestra inferiores o iguales a este estadístico es del 95%, o visto de otra forma, se tiene una probabilidad del 95% de encontrar en la muestra valores inferiores o iguales al percentil 95%. [9]
  
- **Sistema de gestión integral de la energía:** conjunto de factores estructurados mediante normas, procedimientos y actuaciones que permite la materialización de la política, los objetivos y las metas de eficiencia energética a través de una participación activa de los trabajadores en relación con la tecnología y los procesos. (UPME) [1]

## RESUMEN

**TÍTULO:** CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA (SGIE)\*

**AUTORES:** Harold Alberto Díaz Barroso  
Carlos Alberto Fajardo Rojas\*\*

**PALABRAS CLAVES:** *Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE), Uso Racional de la Energía (URE), sistema de gestión de la calidad (SGC), eficiencia energética, caracterización energética, uso significativo de energía (USE).*

### DESCRIPCIÓN:

El trabajo de grado se basó en la caracterización energética en el edificio de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander, aplicando los lineamientos sugeridos por la metodología del Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE). Para realizar estas actividades se inició con un reconocimiento general del uso de energía del edificio permitiendo la identificación de los puntos o áreas masivas de consumo energético, teniendo en cuenta la cantidad de equipos y dispositivos eléctricos o electrónicos instalados de los cuales se obtuvieron información de parámetros eléctricos o datos técnicos en manuales y placa característica de dichos equipos, estableciendo la relación entre cantidad de personas que se encuentran constantemente en el plantel y el consumo energético diario, además se llevó a cabo un diagnóstico, tomando en cuenta los lineamientos propuestos en la norma ISO 50001, en el marco del SGIE.

Por otra parte, para el análisis del consumo de energía se tuvieron en cuenta dos planteamientos principales:

- (1) La producción, caracterizada por el conteo del personal que entra al edificio como trabajadores, estudiantes y visitantes.
- (2) El consumo de energía eléctrica del edificio, determinado por los kWh durante el período de un (1) mes y quince (15) días.

Como resultado del trabajo se logró determinar que se puede reducir el consumo de energía eléctrica con la aplicación de ahorro sin inversión tecnológica.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director Hermann Raúl Vargas Torres Doctor Ingeniero Electricista

## ABSTRACT

**TITLE:** ENERGETIC CHARACTERIZATION OF THE ENGINEERING BUILDING ELÉCTRICA, ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS OF THE INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER APPLYING THE METHODOLOGY OF THE ENERGY INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM (SGIE)\*

**AUTHORS:** Harold Alberto Díaz Barroso  
Carlos Alberto Fajardo Rojas\*\*

**KEY WORDS:** Integral Energy Management System (IEMS), Rational Use of Energy (RUE), quality management system (QMS), energy efficiency, energy characterization, significant use of energy (SUE).

### DESCRIPTION:

The degree work was based on the energy characterization in the Electrical, Electronics and Telecommunications Engineering building of the Industrial University of Santander, applying the guidelines suggested by the Integral Energy Management System (SGIE), to carry out these activities began with a general recognition of the energy use of the building allowing the identification of the points of the massive areas of energy consumption, taking into account the number of installed electrical and electronic equipment and devices from which information on electrical parameters or technical data was obtained in manuals and on the nameplate of such equipment, establishing the relationship between the number of people who are constantly on campus and the daily energy consumption, a diagnosis was also made, taking into account the guidelines proposed in ISO 50001, within the framework of the SGIE.

On the other hand, two main approaches were taken into account for the analysis of energy consumption:

- (1) Production, characterized by the count of personnel entering the building as workers, students and visitors.
- (2) The electrical energy consumption of the building, determined by the kWh during the period of one (1) month and fifteen (15) days.

As a result of this research, it was determined that the appliance of saving without technological investment can reduce the electric energy housing.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Mechanical Engineering and Physical. School of Electrical Engineering, Electronics and Telecommunications. Director Hermann Raúl Vargas Torres Doctor Electrical Engineer

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático en todo el mundo tiene preocupado a muchas naciones ya que se han dado cuenta que las acciones descontroladas por la humanidad traen consecuencias negativas al ecosistema. Dentro de las cuales está la más importante y es el envejecimiento prematuro de las capas que cubren el planeta, dado a la utilización excesiva de las fuentes de energías convencionales lo cual es la causa principal de dicho envejecimiento. Por ende, se han tomado estrategias que controlen estas actividades no dejando de comprometerse con los servicios de calidad prestados a nivel mundial, por tal razón la gestión energética constituye una herramienta clave para iniciar con un gran porcentaje de ahorro de energía, implementando mejoras en los sistemas eléctricos y en cualquier tipo de proceso.

Antes de realizar acciones con fuentes de energía no convencional se pretende establecer estrategias de bajo costo con el fin de obtener resultados positivos para el medio ambiente, pero además trayendo un ahorro económico a empresas de cualquier sector, universidades, edificio residenciales o comerciales y a entidades del sector minero energético, tanto públicas como privadas logrando un desarrollo y aprovechamiento de los recursos.

Por tal motivo es que muchas de las empresas del sector productivo y edificaciones institucionales han implementado los sistemas de gestión de la energía eléctrica, ya que con esto demuestran a los interesados que cuentan con metodologías de calidad garantizando tener un compromiso con el medio ambiente y la humanidad, lo cual logran ser más competitivos mostrando un grado de confiabilidad mayor a sus clientes, por tal razón entra en escena la Norma UNE-EN ISO50001, la cual se en carga de certificar a las organizaciones que tienen establecido un sistema de gestión de ahorro energético conforme a unos requisitos determinados.

En Colombia el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC emplea dicha norma a través de la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 50001.

Colombia cuenta con la Unidad de Planeación Minero-Energética, UPME quien tiene por objetivo planear de forma integral, indicativa, permanente y coordinada con las entidades del sector minero energético, tanto entidades públicas como privadas, el desarrollo y aprovechamiento de los recursos energéticos y mineros, producir y divulgar la información minero energética requerida [7].

## 1. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Durante décadas se ha visto la evolución de la industria, la construcción de diversas edificaciones, laboratorios y grandes universidades en muchos países llevando consigo un aumento del consumo de la energía, afectando así nuestro medio ambiente y elevando el índice de contaminación.

Para la Universidad Industrial de Santander es importante el tema energético-ambiental que se presenta en cada uno de sus edificios y en el campus en general estableciendo políticas de concientización e implementación acerca del ahorro hídrico, uso eficiente de energía, cuidado de la flora y conservación de la fauna. Lo anterior permite la motivación de un manejo adecuado del medio ambiente y una alta contribución positiva al problema de contaminación que se presenta actualmente en el planeta.

Con la finalidad de darle un buen uso a la energía eléctrica y motivar a la comunidad en general a conocer sobre temas energéticos, se ha dado la tarea de verificar el consumo y uso de la energía por parte de la Universidad Industrial de Santander llevando consigo la caracterización energética de edificaciones que la constituyen, consolidando así el buen uso de la energía [2,4].

Por tal razón se procede a integrar los conocimientos obtenidos a lo largo del ciclo profesional de nuestra carrera (ingeniería eléctrica) permitiendo la implementación de un modelo de gestión integral de la energía en el edificio de ingenierías eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander [1].

## **1.2. OBJETIVOS**

**1.2.1. Objetivo general.** Realizar la caracterización energética en el edificio de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander, aplicando los lineamientos propuestos en la metodología del Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE).

### **1.2.2. Objetivos específicos.**

- Identificar las variables que impactan la eficiencia energética del edificio de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander - UIS.
- Implementar herramientas estadísticas y probabilísticas básicas para la caracterización, diagnóstico y valoración energética, de las operaciones que se realizan en el edificio de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander - UIS.
- Plantear con base en la caracterización energética, alternativas para el uso eficiente y racional de la energía eléctrica a partir de la localización de los puntos de ahorro energético en el edificio de Ingenierías Eléctricas, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander - UIS.

## **1.3. ALCANCE**

Se realizará la caracterización energética del edificio de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander, aplicando la metodología del Sistema de Gestión Integrada de la Energía (SGIE).

Con el fin de llevar a cabo la caracterización energética adecuada se necesita de cierta información previa por tal razón se establecen las siguientes actividades: Aforo de cargas, Identificación de zonas de mayor consumo, Identificación de equipos electrónicos o eléctricos de alto consumo, realización de encuestas acerca del uso de la energía, medición de termografía infrarroja en la subestación del edificio, cajas cortacircuitos, barrajes, tablero general de baja tensión y tableros de transferencias, se medirá la luminosidad de cada ambiente de trabajo tanto de los estudiantes como del personal docente y administrativo, además la realización de las medidas adecuadas para el consumo de energía eléctrica del edificio durante un mes .

Con las actividades resaltadas anteriormente se valorarán las operaciones energéticas del edificio, planteando sugerencias y alternativas de mejora en el proceso de verificación del sistema energético para el uso eficiente de la energía. Ahora bien, al conocer, analizar e identificar los puntos potenciales de ahorro de la energía se facilitará el diagnóstico energético del edificio estructurando las recomendaciones convenientes para cada situación de acuerdo con los lineamientos del Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE).

#### **1.4. MARCO TEÓRICO**

El Modelo de Gestión Integral de la Energía (MGIE) es un proceso estructurado de actividades de manera conjunta que consiste en el estudio de normas, procedimientos, hábitos de consumo energético, además promueve la actuación de soluciones técnicas y organizacionales.

Por otra parte, el modelo de gestión integral de la energía eléctrica busca disponer de recursos humanos, financieros, materiales tecnológicos, con el objetivo de

mejorar la eficiencia y aumentar la productividad de forma positiva. El MGIE se desglosa en tres etapas como se muestra a continuación en la figura 1.

**Figura 1. Etapas del MGIE.**



**Caracterización energética.** La caracterización energética es un proceso que tiene por objetivo encontrar las oportunidades para optimizar el consumo energético dentro de cualquier sistema consumidor de energía, en este proceso se asocia la eficiencia energética, el mantenimiento y las condiciones de operación como principales componentes para efectuar el análisis de los sistemas. [2]

Se muestra a continuación un diagrama de secuencia el cual representa el procedimiento para la caracterización energética figura 2.

**Figura 2. Procedimiento para la caracterización energética.**



Según la guía de la Norma ISO 50001:2011 el sistema de gestión de la energía establece requisitos generales [5]:

- Esta Norma Internacional tiene por objeto la mejora del desempeño energético.

- La organización revisará y evaluará periódicamente su sistema de gestión de la energía para identificar oportunidades de mejora y su implementación.
- El ritmo de avance, la extensión y la duración del proceso de mejora continua son determinados por la propia organización.

El concepto de desempeño energético incluye el uso de la energía, la eficiencia energética y el consumo energético. Por lo que la organización puede elegir entre un amplio rango de actividades de desempeño energético. Por ejemplo, la organización puede reducir su pico de demanda, utilizar el excedente de energía o la energía desperdiciada o mejorar las operaciones de sus sistemas, sus procesos o su equipamiento. [5]

### **1.5. ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA (SGIE)**

Considerando las diferentes situaciones de estudio se plantea las siguientes etapas fundamentales de análisis para el presente trabajo de grado. Con estas tres (3) etapas se describe la implementación del SGIE y las actividades que la componen, con las herramientas recomendadas para su ejecución [6]:

**Decisión Estratégica.** En esta primera etapa se identifica el estado actual de la empresa en este caso el edificio de la E3T, los potenciales globales del futuro energético, impactos ambientales, los mayores puntos de consumo energético ya que son estos quienes representan más pérdidas y de los cuales se puede obtener mayor eficiencia si se plantean metas estratégicas que serán reflejadas positivamente en la productividad. A través de:

- Compromiso de la Alta Dirección.
- Alineación de estrategias de la empresa hacia el uso racional de la energía.

- Definición y conformación de la estructura técnica y organizacional.

**Instalación del SGIE.** Con los datos obtenidos previamente, y la participación activa del personal se caracterizará el edificio con el (SGIE). En esta etapa se requiere:

- Establecimiento de los índices que caracterizan el SGIE.
- Identificación de las variables de control por centros de costo y áreas de gestión organizacional.
- Acciones correctivas de uso racional de la energía (URE) en procesos.
- Definición de sistemas de monitoreo.
- Diagnóstico energético.
- Identificación de un plan de medidas para el uso racional y eficiente de la energía.
- Actualización y validación de la gestión organizacional del SGIE.
- Concientización del personal fijo y externo en las instalaciones del edificio.
- Documentación del SGIE.
- Auditoría interna al SGIE.
- Implementación y seguimiento del SGIE.

**Operación del SGIE.** En esta etapa final, una vez instalado y en operación el SGIE se debe ir garantizando el desarrollo cultural y comprometerse con la mejora continua de la gestión energética del edificio, para que permanezca el interés y compromiso de la comunidad universitaria, teniendo presente las siguientes actividades:

- Seguimiento de indicadores energéticos.
- Seguimiento y evaluación de buenas prácticas de operación.
- Chequeos realizados por los altos directivos.
- Evaluación de resultados.

**Proceso de implementación del SGIE.** Pasos para la implementación del SGIE indicados en la Tabla 1

**Tabla 1. Pasos para la implementación de (SGIE) [1].**

<b>ETAPAS</b>	<b>ACTIVIDADES</b>		<b>OBJETIVOS</b>
<b>DECISIÓN ESTRATÉGICA</b>	1	Caracterización Energética de la Empresa	Potencial, Rentabilidad del SGIE, Asignación de Recursos
	2	Compromiso de la Alta Dirección	
	3	Alineación de Estrategias	
	4	Definición y Conformación de la Estructura Técnica y Organizacional	
<b>INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE ENERGÍA</b>	5	Establecimiento de los Indicadores del Sistema de Gestión	Crear la Estructura Organizativa, las Bases Técnicas, Preparar e Involucrar el Personal, Identificar los Programas, Documentar el SGIE, y Verificar la Capacidad de la Empresa para Ejecutar el SGIE
	6	Indicación de las Variables de Control por Centros de Costo	
	7	Definición de los Sistemas de Monitoreo	
	8	Diagnóstico Energético	
	9	Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva	
	10	Plan de Medidas de Uso Eficiente de la Energía	
	11	Actualización y Validación de la Gestión Organización del SGIE	
	12	Preparación del Personal	
	13	Elaboración de la Documentación de SGIE	
	14	Auditoría Interna al SGIE	
<b>OPERACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE ENERGÍA EN LA EMPRESA</b>	15	Seguimientos y Divulgación de Indicadores	Ejecutar los Programas, Cuantificar los Resultados, Ajustar y Actualizar los Modelos, Presupuestos de Ahorros
	16	Plantear Programas y Proyectos de Mejora	
	17	Sugerir un Plan de Entrenamiento y Evaluación del Personal	
	18	Ajustes del Sistema de Gestión	
	19	Evaluación de Resultados	

Fuente: Disponible en Internet: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Guis.pdf>

## 1.6. METODOLOGÍA

Para el desarrollo y cumplimiento de los objetivos establecidos en este trabajo, seguiremos necesariamente una secuencia de actividades para llevar a cabo la caracterización energética del edificio de la E3T de la UIS, las cuales se presentan a continuación:

- ✓ Inspecciones técnicas en aulas y oficinas
  - Estructura del consumo energético.
  - Conocimiento del área de aulas y oficinas.
  - Unifilares de energía
  - Toma de datos
  - Censo general de cargas.
  
- ✓ Realización de mediciones de consumo energético
  - Variables eléctricas.
  - Variables fotométricas.
  - Variables térmicas en elementos o dispositivos eléctricos.
  
- ✓ Análisis de datos utilizando herramientas estadísticas y probabilísticas para la caracterización, diagnóstico y valoración energética de las operaciones realizadas en el edificio de la E3T-UIS.
  - Diagrama de Pareto.
  - Gráficos de control.
  - Gráficos E-P en el tiempo.
  - Gráficos E vs P.
  - Fenómeno de la variabilidad del consumo en diagramas de dispersión.
  - Gráfico de tendencia.

- ✓ Identificación de los procesos que impactan la eficiencia energética en el edificio de la E3T-UIS.
  - Indicadores energéticos.
  - Establecimiento del consumo base.
  - Establecimiento de líneas metas.
  
- ✓ Planteamiento de alternativas teniendo en cuenta la localización de los posibles puntos de ahorro logrando una mejora en la eficiencia energética y en el uso racional de energía, basados en la metodología del sistema de gestión integral de la energía eléctrica del edificio de la E3T-UIS.
  - Análisis y conclusiones de los resultados.
  - Planes de mejora continua enfocada en la eficiencia energética.
  
- ✓ Análisis y conclusiones de los resultados.
  - Se mostrarán los resultados con sus respectivos análisis en la memoria del trabajo de grado, además de las conclusiones adquiridas.

## **2. DECISIÓN ESTRATÉGICA**

### **2.1. CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO DE LA E3T**

Teniendo en cuenta el SGIE, según la guía de la UPME la caracterización energética es un modelo que permite evaluar la eficiencia en la administración y los usos de la energía en los procesos productivos lo cual plantea procedimientos de análisis cuantitativo y cualitativo [1]. Por tal motivo en esta etapa del trabajo de grado se harán inspecciones técnicas, toma de datos, revisiones y el análisis del comportamiento del consumo energético y su modo de uso.

Con base a lo mencionado anteriormente se podrá encontrar pérdidas energéticas tomando como referencia el consumo que realmente se está evidenciando o analizando, de tal manera que para lograr los objetivos propuestos y poder mostrar los desgastes energéticos se establecieron los puntos de mayor consumo y donde probablemente se presentan las mayores pérdidas de energía teniendo en cuenta además los lineamientos propuestos en la norma NTC ISO 50001, con el sistemas de gestión integral de la energía(SGIE).

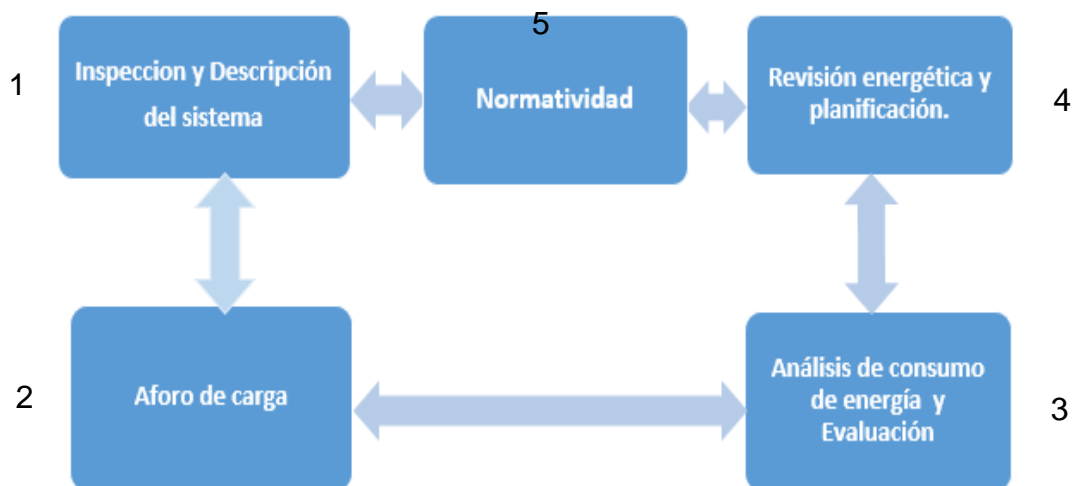
Para la caracterización del edificio siguiendo dichos lineamientos de la norma se consultó en cada uno de los manuales, fichas técnicas y placas de los equipos eléctricos y electrónicos además del modo de uso, dentro de los cuales se encuentra el tiempo de utilización diaria y el número de equipos instalados ya que con esto se logró establecer el estado inicial del consumo energético adicionalmente. Por otra parte, se identificó la cantidad de usuarios y su relación con el consumo energético actual y constante.

En la caracterización energética propuesta para el edificio de la E3T de la UIS, se tienen en cuenta los modelos matemáticos aleatorios propuestos por la UPME, en relación al procesamiento de datos [2].

### **Secuencia general aplicada en la caracterización energética del edificio de la E3T**

Se da a conocer la secuencia de tareas generales que se realizaron para llevar a cabo la caracterización del edificio lo cual se muestra de manera ilustrativa de la siguiente manera:

**Figura 3. Secuencia de tareas aplicada en la caracterización energética.**



### **2.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL EDIFICIO DE LA E3T**

El edificio de la E3T dispone del servicio de energía a través del operador de red ESSA S.A. E.S.P desde un pórtico de concreto ubicado cerca a la entrada de la carrera 25, haciendo una transición de línea en acometida subterránea pasando por el laboratorio de alta tensión hasta llegar a la subestación de la E3T. Dicho edificio

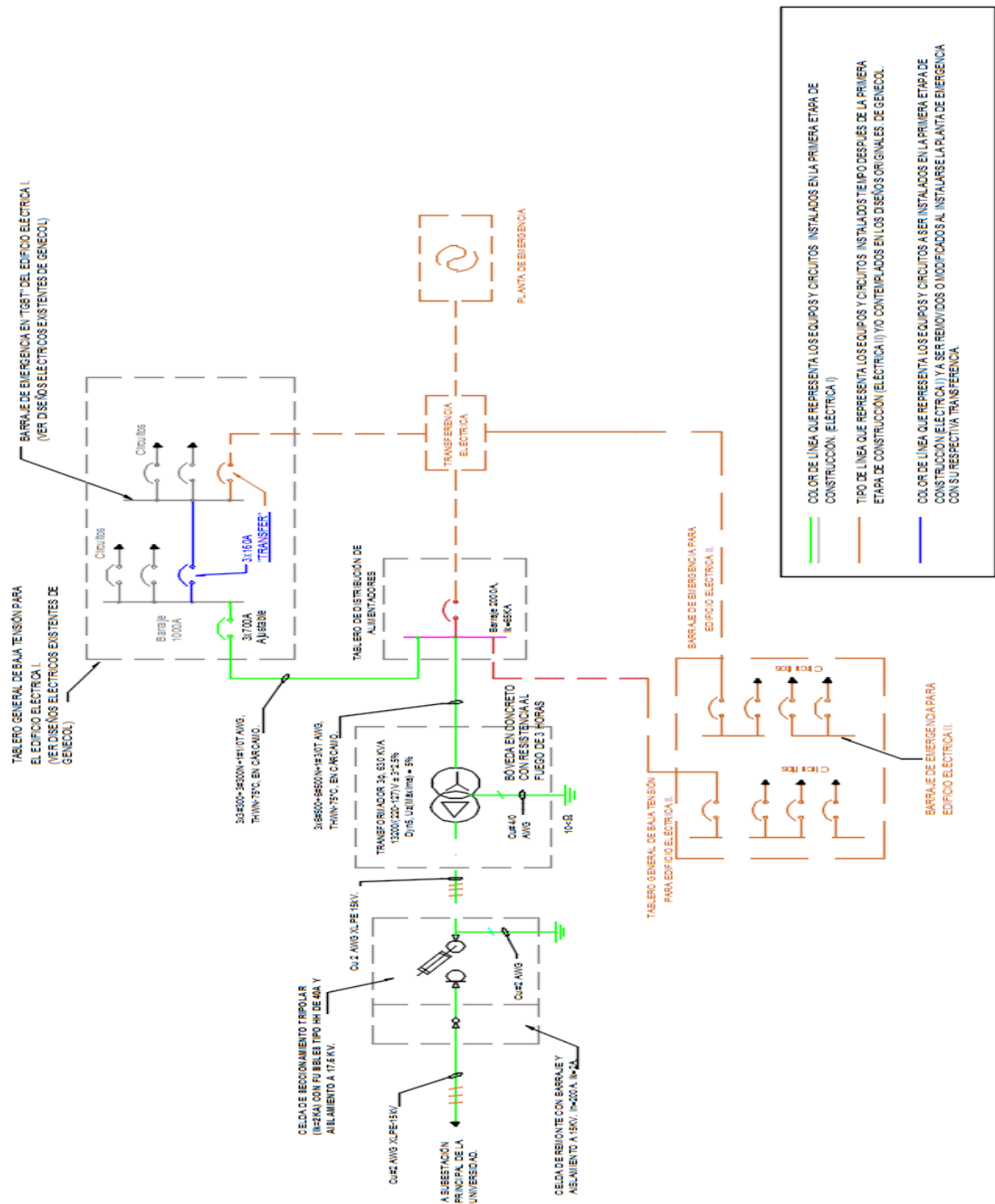
cuenta con un novedoso diseño de automatización dentro de los cuales se encuentra el accionamiento de las lámparas en cada salón de acuerdo a la presencia del personal o el estudiantado, la activación de los aires acondicionados tipo cassette ubicados en los salones del cuarto piso al cerrar todas las ventanas y la puerta del aula, además cuenta con sistemas de iluminación natural tipo claraboya solar instalados en dos salones del cuarto piso 401 y 402.

El suministro de energía se hace a través de una red subterránea trifásica trifilar de media tensión de 13,2 kV que consta de un conductor por fase XLPE-15 kV No. 2 AWG en cobre (Cu) con canalización en cárcamo de 40 cm de profundidad con tapa en lámina de alfajor antideslizante de 1/8" de espesor, que al llegar a la subestación de la E3T entra a una celda de seccionamiento tripolar bajo carga con fusible limitador de corriente para luego energizar el transformador de 630 kVA y es que alimenta todas las cargas de dicho edificio.

Actualmente la subestación cuenta con un transformador trifásico de 630 kVA con paredes cortafuego, planta de emergencia, seccionador bajo carga, transferencia automática y el tablero general de baja tensión.

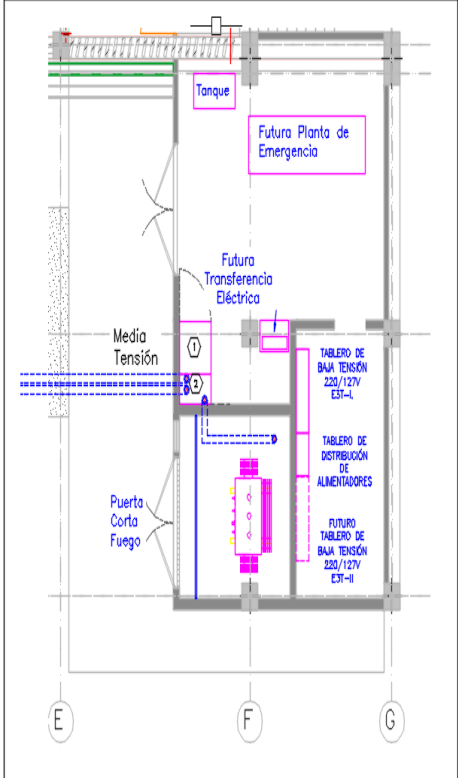
A continuación, se muestra el diagrama unifilar actual del edificio de la E3T que suministró la división de planeación de la UIS el día 17/08/2017.

Figura 4. Diagrama Unifilar Edificio E3T (a la fecha especificada anteriormente).



## SUBESTACIÓN DEL EDIFICIO

**Tabla 2. Subestación E3T**

Obra civil	Caracterización eléctrica	Plano Actual Subestación
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Interior a la vista de planta.</li> <li>➤ Área: 78,69 m<sup>2</sup>.</li> <li>➤ Perímetro: 36,28 m.</li> <li>➤ Construcción en ladrillo y cemento.</li> <li>➤ Puerta de acceso al transformador en material metálico, cortafuego y con barra antipático.</li> <li>➤ Puerta para acceder a la planta de emergencia, seccionador, transferencia automática y tableros, en material de lámina de hierro con dos abras y pintura anti-corrosiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Transformador: 630 kVA.</li> <li>➤ Seccionador tripolar con fusible tipo HH: 1</li> <li>➤ Tablero de distribución general de baja tensión: 1</li> <li>➤ Transferencia automática: 800 A.</li> <li>➤ Tableros de transferencia actual: 2</li> <li>➤ Planta eléctrica Diesel: 260 kVA</li> </ul>	

### Transformador de 630 kVA

El transformador de 630 kVA es de marca SIEMENS, conectado en delta por alta y en Ye por baja, con un conmutador de 5 posiciones para operar sin carga por el lado de alta con tensión nominal 13 200 V, está destinado alimentar todo el edificio. En la figura 5 se muestra el transformador, y en la Tabla 3 se presenta las características principales del mismo.

**Figura 5. Transformador trifásico SIEMENS de 630 kVA.**



**Tabla 3. Características técnicas del transformador trifásico SIEMENS de 630 kVA.**

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y MECÁNICAS TRANSFORMADOR 630 kVA FABRICANTE: SIEMENS</b>			
Potencia Nominal: 630 kVA	Frecuencia (Hz): 60	Tensión serie (kV): 15,0/1,2	Altura de diseño(msnm): 1 000
Fases: 3	Refrigeración: ONAN	BIL AT/BT (kV): 95/30	Clase de Aislamiento: A
Líquido Aislante: Aceite Mineral	Tensión Ruptura (kV): 27	Masa Total (kg): 1 703	Volumen de líquido aislante (L): 388
<b>VALORES NOMINALES</b>			
	Devanados	Tensión (V)	Corriente (A)
Alta tensión	Primario	13 200	27,56
Baja tensión	Secundario	229/132,2	1 588,34
Grupo de conexión: Dyn5			
Tensión CC (Uz%): 4,45			
Corriente CC: 35,69 kA			
Material devanado Cu/Cu			
Conmutador para realizar maniobra sin tensión y sin carga	Taps	Taps actual	Tensiones (V)
	1		13 860
	2		13 530
	3	x	13 200
	4		12 870
	5		12 540

## Seccionador Tripolar Bajo Carga

El seccionador tripolar bajo carga marca SOCOLO S.A. Está destinado para el corte del suministro de energía por media tensión ósea por el lado de alta del transformador, posee fusibles limitadores de corriente tipo HH de 40 A. en la figura 6 se muestra la celda del seccionador tripolar y en la tabla 4 se muestran las características técnicas del seccionador tripolar.

**Figura 6. Seccionador Tripolar bajo carga marca SOCOL S.A.**



**Tabla 4. Características técnicas del seccionador bajo carga.**

TIPO	GAV/V 17
AÑO	2012
CORRIENTE NOMINAL	630 [A]
TENSION MAXIMA	17,5 [kV]
TENSION DE SOPORTABILIDAD NORMALIZADA AL IMPULSO TIPO RAYO	110 [kV]
INTENSIDAD NOMINAL TERMICA	16 [kA]
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO	40 [kA]

## Planta Eléctrica

La planta de emergencia funciona en la ausencia del suministro de energía eléctrica, solo para cargas esenciales en este caso para el quinto piso (oficinas área

administrativa) y pasillos. Utiliza ACPM y sus especificaciones técnicas se muestran en la tabla 5 junto con la imagen de la planta eléctrica del edificio de la E3T.

**Tabla 5 .Especificaciones técnicas de la planta de emergencia.**

PLANTA DE EMERGENCIA				
MARCA	CUMMINS POWER GENERATION			
MODELO	C200 D6 4		VELOCIDAD	1 800 [RPM]
POTENCIA NOMINAL	208/260 [kV/kVA]	CORRIENTE	FACTOR DE POTENCIA	0,8
TENSION	120/240 [V]	682 [A]	COMBUSTIBLE	ACPM
	127/220 [V]	682 [A]	FRECUANCIA	60 [HZ]
	220/380 [V]	395 [A]	FASES	3
	254/440 [V]	341 [A]		
	266/460 [V]	341 [A]		
	277/480 [V]	313 [A]		





### Transferencia automática

La transferencia automática es un equipo capaz de hacer cambios en dos fuentes de alimentación ante la ausencia de tensión para mantener el suministro de energía en cualquier área de trabajo, se utiliza generalmente en media tensión (13,2 kV) y baja tensión, en el edificio de la E3T se utiliza para las cargas esenciales y para un nivel de tensión que se especifica en la tabla 6. Y en la figura 7 se muestra la imagen de la transferencia instalada en la E3T.

**Figura 7. Transferencia automática de 800 A.**



**Tabla 6. Especificaciones técnicas de la transferencia automática**

<b>MARCA</b>	CUMMINS POWER GENERATION
<b>MODELO</b>	GT40800UQ72
<b>TENSIÓN</b>	110/190 [V] 277/480 [V]
<b>CORRIENTE</b>	800 [A]
<b>FRECUENCIA</b>	60 [HZ]

### **2.3. HERRAMIENTAS PARA EL ESTUDIO Y ORGANIZACIÓN ENERGÉTICA**

De acuerdo a la metodología del sistema de gestión integrada de la energía (MSGIE), En esta etapa se realiza la identificación, revisión, consumo de energía y organización de las prácticas para la buena gestión integrada de la energía, aplicando técnicas cualitativas y cuantitativas que orientan el análisis de los censos de cargas y demandas energéticas, además se utilizan listas de chequeos eléctricos presentadas en las tablas 7 y 8 respectivamente con el fin de conocer los componentes eléctricos, realizar inventarios, monitorear el uso y mantenimiento. Como complemento se realiza una calificación de niveles de gestión energética en la tabla 9, lo cual es muy útil para conocer los hábitos en el consumo de la energía

por parte del personal externo y fijo además de establecer como se encuentra el edificio de la E3T energéticamente según el SGIE.

### Lista de chequeo equipos eléctricos

Tabla 7. Lista de chequeo 1 [2].

1	INFORMACIÓN DE EQUIPOS ELÉCTRICOS CON QUE CUENTA EL EDIFICIO E3T	SI	NO	OBSERVACIONES
	CALDERAS		X	
	COMPRESORES DE AIRE		X	
	CHILLERS		X	
	MOTORES ELÉCTRICOS	X		
	UPS	X		
	AIRES ACONDICIONADOS	X		
	LUMINARIAS	X		
	TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA	X		
	PANELES SOLARES	X		
	PLANTA ELÉCTRICA	X		
	EQUIPOS DE CÓMPUTO	X		
	OTROS	X		Cafeteras, cámaras de seguridad, fotocopiadoras, hornos microondas, impresoras, neveras, routers inalámbricos, teléfonos, televisor,

## Lista de chequeo mantenimiento



Tabla 8. Lista de chequeo 2 [2].

2	DATOS REFERENTES AL MANTENIMIENTO PLANIFICADO	SI	NO	OBSERVACIONES
	¿EL EDIFICIO DE LA E3T, REALIZA MANTENIMIENTO A LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS?	X		
	¿CON QUE FRECUENCIA SE REALIZA EL MANTENIMIENTO EN LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS?			Cada semestre se realiza mantenimiento a los equipos de cómputo, a los artefactos de cafetería, equipos de ofimática, aires acondicionados y otros equipos se les realizan mantenimiento cuando el personal lo solicita.

**2.3.1. Aplicación del calificador de niveles de gestión energética.** El modelo de la Gestión integrada de la Energía permite dar indicadores de la gestión energética de una empresa en este caso el edificio E3T, la UPME cuenta con un software que permite evaluar en qué estado se encuentra energéticamente y poder dar soluciones. Se darán por ítem una calificación parcial numérica de cada pregunta para luego llegar a una calificación total promedio, donde cero (0) es la calificación más baja y cinco (5) es la más alta.

En la siguiente tabla 9 se muestra el resultado del calificador de niveles de gestión energética eficiente expuesto por la UPME de toda la estructura organizacional del edificio de la E3T, realizando esta encuesta a 17 personas relacionadas directamente con el edificio, 3 del personal administrativo, 4 docentes planta, y 10 estudiantes de noveno (9) nivel, con el fin de identificar el estado actual del mismo.

**Tabla 9. Calificador de niveles de gestión energética (UPME). [21].**

<b>PROYECTO ACADÉMICO DE PRE-CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA</b>		
	<b>SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADA DE LA ENERGÍA</b>	
	<b>EDIFICIO E3T- UIS</b>	
	<b>FORMATO CALIFICADOR DE NIVELES DE GESTIÓN ENERGÉTICA</b>	
<b>EVALUACIÓN DE LAS BUENAS PRÁCTICAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA</b>		<b>Calificación de 0 a 5</b>
<b>PLANEACIÓN</b>		<b>3,80</b>
Existe una política energética insertada en la política general del edificio o de forma independiente.		4,0
Existen objetivos energéticos cuantitativos y cualitativos insertados en los objetivos generales del edificio o de forma independiente a estos.		3,5
Existen metas a nivel del edificio y a nivel de áreas cuyo cumplimiento permite lograr la política y los objetivos energéticos o generales del edificio.		4,5
Existe un presupuesto de consumo de energía para el edificio y en cada centro de costo, determinado cuantitativamente en función de los pronósticos de venta, de producción y de los índices de consumo esperados de cada producto, de acuerdo con el nivel de eficiencia real de los procesos productivos que posee el edificio.		3,5
El presupuesto de energía anual del edificio tiene en cuenta las metas de eficiencia energética logrables por cada área o centro de costo.		3,8
Están identificadas y cuantificadas en cada área las variables que impactan la eficiencia energética a nivel operacional.		3,6
Existe un procedimiento establecido para determinar el indicador de eficiencia energética que puede alcanzar el área o centro de costo en función del nivel de producción presupuestado.		3,5
Los presupuestos de consumo y eficiencia energética son discutidos y aprobados con participación de las áreas que deben cumplirlos.		4,0
<b>GERENCIA</b>		<b>3,37</b>
Existen mecanismos de chequeo de las metas energéticas a nivel del edificio y a nivel de áreas.		3,5

Existen indicadores energéticos a nivel del edificio y a nivel de áreas que son chequeados con igual frecuencia y al mismo nivel de los indicadores productivos, de seguridad y financieros del edificio.	4,0
Existe una entidad que evalúa la marcha del desempeño de los indicadores energéticos del edificio y las áreas productivas periódicamente adoptando medidas en casos necesarios.	2,5
Existe un procedimiento establecido para determinar y validar el potencial de reducción del consumo de energía en cada área.	3,0
Existe un procedimiento para efectuar el monitoreo de los indicadores energéticos diarios a nivel de áreas productivas o centros de costo.	2,5
Existen líderes y equipos en cada área encargados de analizar la información del resultado del monitoreo, tomar decisiones operativas, evaluar el resultado del accionamiento de las variables de control e identificar nuevos potenciales de incremento de la eficiencia energética.	4,5
Existe una estructura formal o no formal en el edificio para atender la eficiencia energética a nivel de áreas y a nivel del edificio.	3,5
Están definidas las responsabilidades y autoridades de las personas que componen la estructura del edificio para atender la eficiencia energética.	4,4
Están definidas las responsabilidades y los procedimientos que garantizan la eficiencia energética del edificio en las áreas de: compras y comercialización, proyectos, gestión humana, salud y seguridad, producción y operación, mantenimiento, gestión ambiental, contabilidad y finanzas, calidad y divulgación.	2,5
<b>PRODUCCIÓN Y OPERACIÓN</b>	<b>3,38</b>
Existe un sistema de monitoreo de indicadores energéticos y metas diario a nivel de operación que permite corregir desviaciones de estos respecto a la meta loggable.	3,0
El edificio evalúa la posibilidad de comprar material semiprocesado teniendo en cuenta el impacto energético de esta estrategia.	4,0
Están capacitados y entrenados los operadores y supervisores en el conocimiento energético de los procesos que manejan para efectuar, mediante listas de chequeo, auto diagnósticos energéticos y corregir o identificar potenciales de mejora. Existen procedimientos para documentar y tramitar los resultados de los autodiagnósticos.	3,5

Existen procedimientos establecidos en cada área para que los operadores actúen siempre en la dirección del menor gasto energético posible ante eventos operacionales no continuos.	3,0
<b>MANTENIMIENTO</b>	<b>3,51</b>
Existe una infraestructura de medición de los consumos energéticos en las áreas que permite medir los gastos energéticos unitarios de los productos o semiproductos elaborados y evaluar el desempeño de este indicador en el tiempo.	2,5
Existe documentación técnica del fabricante de los equipos claves de consumo con las recomendaciones de mantenimiento, operación, arranques, paradas, sistemas de control etc... y es conocida y aplicada correctamente por sus operadores.	3,5
Existe implementado un sistema de mantenimiento autónomo a los equipos y los operadores cuentan con un procedimiento para informar los daños, inconformidades o eventos observados en sus equipos a partir del chequeo del mantenimiento autónomo a sus equipos.	3,0
Los operadores realizan mantenimiento autónomo de sus equipos principales a partir de listas de chequeo predeterminadas, evitando paradas o incrementos de consumos por suciedad de filtros, fugas, pases de válvulas, desajuste de uniones etc...	4,0
Los tiempos de recibo de la información de requerimiento de mantenimiento, presencia en sitio del mantenedor y reparación de la falla, inconformidad o evento reportado, se consideran adecuados en el edificio.	3,0
Existe un nivel de prioridad del mantenimiento programado a equipos, sistemas y procesos en función de la importancia productiva, su estadística de fallos y del impacto en el consumo de energía del edificio o área.	4,0
Se organiza y planifica el programa de mantenimiento planificado correctivo, preventivo o predictivo, a todos los equipos y maquinaria en función del orden de prioridad establecido y los resultados son debidamente documentados.	3,0
El edificio mantiene un inventario de partes y repuestos claves para equipos críticos.	3,0
La planta, los procesos y los equipos están diseñados para procurar un ambiente seguro para el trabajador y cuenta con la instrumentación suficiente para que el mismo pueda operar seguro y eficiente.	4,2

El edificio realiza, documenta y registra auditorías energéticas anualmente para conocer el estado de eficiencia energética de sus equipos claves y actualizar sus planes de mantenimiento y de proyectos de mejora de la eficiencia.	4,0
El edificio ha realizado un estudio de aplicación, aplica y mantiene, todas las formas de energía renovable económicamente rentables y técnicamente posibles en sus procesos productivos.	4,5
<b>ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD</b>	<b>1,81</b>
Las normas de calidad para todos los productos del edificio incluyen aspectos de la eficiencia energética, como el control de pérdidas, de efluentes energéticos e índices de consumos y están debidamente documentadas y son conocidas y aplicadas por las personas responsables de su cumplimiento.	4,0
Los productos del edificio cumplen con las normas técnicas establecidas para el sector y existe un benchmarking en cuanto a índices de consumo energético conocido por todos.	4,0
Existe un nivel de prioridad del mantenimiento programado a equipos, sistemas y procesos en función de la importancia productiva, su estadística de fallos y del impacto en el consumo de energía del edificio o área.	3,0
El edificio dispone de información de sus competidores en cuanto a calidad del producto y composición de los precios, especialmente el componente energético de los mismos.	3,5
El edificio está certificado con las normas ISO14000.	0,0
El edificio está certificado con las normas ISO 9000.	0,0
El edificio promueve auditorías periódicas para mantener y mejorar el cumplimiento de las normas ISO.	0,0
El edificio aplica voluntariamente una norma de gestión energética.	0,0
<b>COMERCIALIZACIÓN Y COMPRAS</b>	<b>3,58</b>
Existe un procedimiento para la compra de energía en el edificio.	3,5
Existe un procedimiento para el seguimiento al cumplimiento del contrato de energía del edificio con sus proveedores.	4,0
Está cuantificado cuanto puede impactar la gestión de abastecimiento en el consumo y eficiencia energética del edificio.	3,0
Existe un nivel óptimo de inventarios y en el mismo se ha considerado el impacto de los índices de consumo y la variación de los costos unitarios de la energía de los productos con la variación de la rata de producción de la maquinaria.	3,2

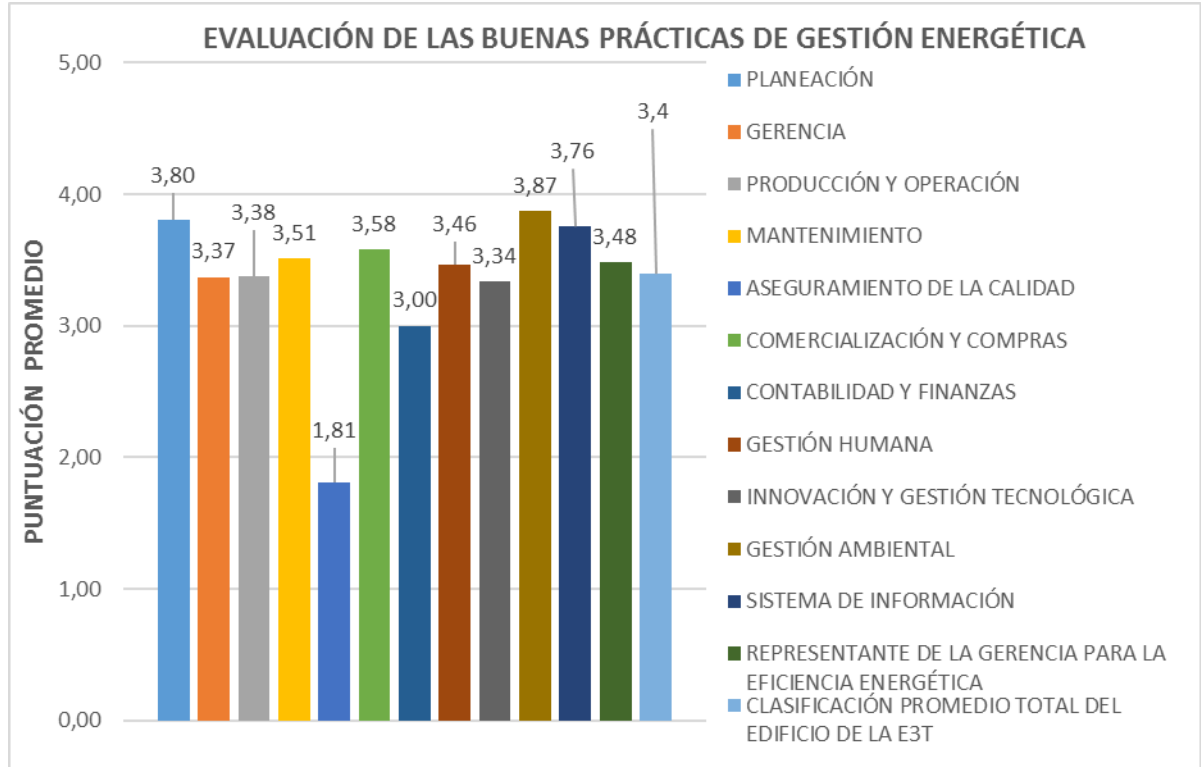
El edificio cuenta con una fuente de proveedores o asesores de servicios energéticos especializados con capacidad profesional y debidamente certificados que satisfacen oportunamente sus necesidades en este campo.	4,2
<b>CONTABILIDAD Y FINANZAS</b>	<b>3,00</b>
Existe la infraestructura de medición y contable de las salidas y entradas de recursos y materiales requeridas para hacer de cada etapa del proceso productivo un centro de costo.	4,0
Existe la posibilidad de contabilizar y registrar diariamente la producción realizada y el consumo de cada energético consumido para esa producción en cada centro de costo.	2,5
Existe un procedimiento para pre facturación, verificar la factura energética del edificio y para aprobación del pago de la misma.	2,5
Existe un sistema claro para definir los costos energéticos en las áreas y en el edificio, dependiendo de las características de los productos y de los procesos.	3,0
<b>GESTIÓN HUMANA</b>	<b>3,46</b>
El edificio tiene un organigrama escrito e implantado donde las líneas de autoridad y responsabilidad formal y no formal están claramente definidas. En el mismo se incluye lo referente a la gestión energética.	4,3
El edificio tiene unas políticas y manuales de procedimientos escritos, conocidos y acatados por todo el personal. Entre los manuales se encuentra un manual de gestión energética.	2,8
Existen indicadores de desempeño energético a nivel de compañía y de áreas claramente entendidos por todos y que su divulgación permite conocer la situación mensual de los mismos.	3,8
Los indicadores de desempeño energético forman parte de los calificadores para la obtención de bonificaciones por resultados en el edificio.	2,8
Es estimulado el trabajo en equipo por la eficiencia energética a nivel de áreas y en el edificio.	3,0
El edificio ha establecido programas e incentivos para mejorar la cultura energética.	4,0
El edificio involucra anualmente sus recursos humanos en ejercicios dirigidos de actualización, crítica e innovación de sus procedimientos y procesos para el incremento de la eficiencia energética.	3,5
<b>INNOVACIÓN Y GESTIÓN TECNOLÓGICA</b>	<b>3,34</b>

Están identificados los proyectos de recuperación de residuos energéticos a nivel de áreas y en el edificio.	3,5
Se conoce la eficiencia energética de los equipos principales de servicios industriales en el edificio y están identificados los proyectos de mejora de los mismos.	3,2
Están identificadas tecnológicamente las potenciales mejoras productivas del proceso para el incremento de la productividad y sus proyectos asociados.	3,5
Existe un procedimiento para la revisión de los proyectos productivos o sociales del edificio que garantiza su ejecución con la mayor eficiencia energética posible económicamente.	3,5
Existe un proceso formal de investigación de nuevas materias primas, tecnologías de procesos de producción y tecnologías energéticas eficientes.	3,0
<b>GESTIÓN AMBIENTAL</b>	<b>3,87</b>
El edificio conoce las normas ambientales que la controlan y tiene establecidos los procedimientos y procesos para cumplirlas.	4,2
La cultura y la estrategia productiva y gerencial de la compañía involucran aspectos, impactos y riesgos ambientales.	4,5
El edificio mide el desempeño ambiental frente a metas y estándares preacordados.	3,2
Uno de los aspectos del desempeño ambiental que mide el edificio es la eficiencia energética de sus procesos.	3,5
El edificio considera las regulaciones ambientales y el impacto en la eficiencia energética cuando desarrolla nuevos productos y servicios, o realiza cambios en su infraestructura física.	4,0
Para la selección, instalación, operación y mantenimiento de equipos se realizan consideraciones ambientales, además de los aspectos técnicos y económicos.	3,8
<b>SISTEMA DE INFORMACIÓN</b>	<b>3,76</b>
Hay gestión a la vista del cumplimiento del presupuesto y los indicadores de eficiencia energética en las áreas claves y a nivel del edificio.	3,0
Existe una buena comunicación oral y escrita a través de los diferentes niveles de la compañía.	4,5
En el sistema de información general del edificio están incorporados los indicadores energéticos.	3,5

El diseño técnico y funcional del sistema de información que posee el edificio responde a las necesidades de información de las áreas y es óptimo con relación al tiempo de proceso y seguridad.	3,8
En el sistema de información del edificio, o en forma independiente, existe un subsistema específico para la gestión energética que permite la toma de decisiones oportuna a nivel de operación, superintendencia y gerencia de procesos.	4,0
<b>REPRESENTANTE DE LA GERENCIA PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA</b>	<b>3,48</b>
Existe un representante de la gerencia para la eficiencia energética del edificio.	4,5
Existe una evaluación y un registro diario o semanal de los comportamientos de los presupuestos, indicadores de eficiencia y consumos absolutos de energía a nivel de áreas y a nivel del edificio.	3,8
Existe retroalimentación del representante de gerencia a las áreas y la gerencia sobre los resultados del monitoreo del comportamiento de los indicadores, presupuestos y consumos en cada área y en el edificio.	3,0
Existen chequeos periódicos ante gerencia de las buenas prácticas de gestión empresarial por la eficiencia energética, documentado y registrado.	3,2
Existen auditorias por el representante de gerencia para la eficiencia energética a las buenas prácticas de gestión a nivel de áreas.	3,5
Existe un árbol de indicadores energéticos a nivel del edificio que permite evaluar el impacto de cada área en el indicador general del edificio.	2,9
<b>CLASIFICACIÓN PROMEDIO TOTAL DEL EDIFICIO DE LA E3T</b>	<b>3,4</b>

## RESULTADO PROMEDIO DE LA ENCUESTA

**Figura 8. Calificación, buenas prácticas de gestión energética.**



En la encuesta de la tabla 9 se demuestra que existen algunas falencias respecto a las buenas prácticas de la gestión energética. Se puede inferir que en la planeación existen políticas energéticas, aunque no se tiene un control adecuado de la misma, pero existen metas a nivel del edificio que permiten lograr los objetivos energéticos y permite que se discutan los presupuestos para la eficiencia energética en cada área de trabajo. Para la gerencia se contribuye altamente al sistema de eficiencia energética ya que tiene definido un equipo y líderes sólidos con capacidades de proponer y hacer gestión energética entregando resultados favorables para el edificio, aunque no cuenta con procedimientos energéticos bien establecidos para entregar indicadores de la demanda de energía de forma periódica. Dentro de las políticas de mantenimiento se observa en la encuesta que existe un déficit en la medición del consumo energético en el edificio ya que no se cuenta con registros

unitarios de la demanda energética puesto que el consumo de energía se mide en general con las demás escuelas, por otra parte, cuenta con una alta calificación en aplicaciones de energías renovables. Adicionalmente se evidenciaron bajas calificaciones promedio en los temas de **ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD, CONTABILIDAD Y FINANZAS**, lo cual se recomienda implementar políticas de calidad y tener más en cuenta los costos del registro energético diariamente, mensualmente y anualmente. Para los otros temas de la encuesta logran tener calificaciones estándares manteniendo un sistema de gestión energético estables.

Los datos de la encuesta proporcionan información de gran importancia a la hora de establecer indicadores de los Sistemas de Gestión Integrada de la Energía, permitiendo crear en un futuro lineamientos de mejora en cada proceso productivo.

#### **2.4. CENSO DE CARGA**

Los censos de carga son muy importantes a la hora de caracterizar una instalación eléctrica lo cual consiste en inspeccionar visualmente la característica de cada equipo instalado en el sistema eléctrico, dicha característica se puede observar en la placa o en manuales donde se tenga la información técnica, por otra parte el censo de carga considera los parámetros principales que aportan la información adecuada para realizar el estudio correspondiente, para nuestro análisis los parámetros de interés fueron, número de equipos, potencia nominal, horas de uso, energía total diaria y la energía total mensual.

Además, para el SGIE (Sistema de Gestión Integral de la Energía) el censo de carga es una información básica para poder implementarse, por lo que se refiere a dicho censo como un inventario de tipo energético y que también se puede realizar por medio de equipos de medida.

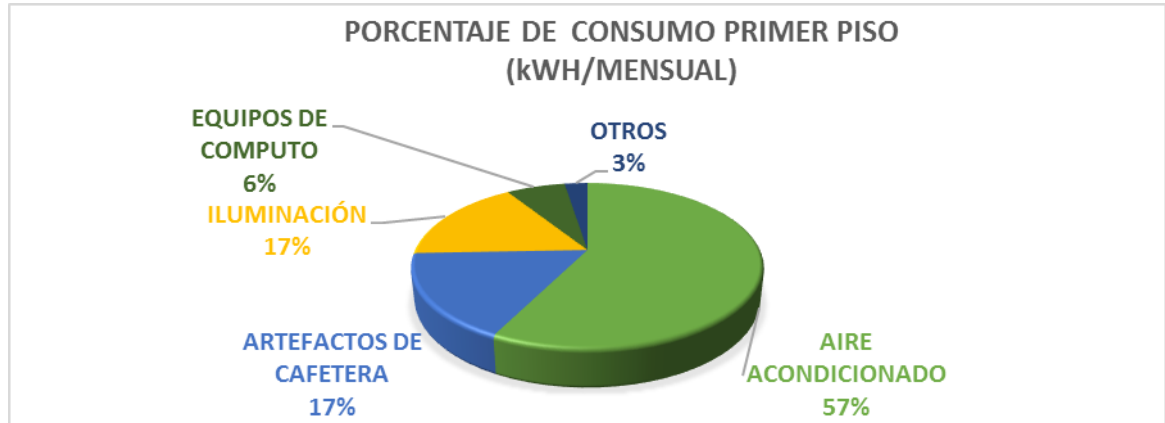
A continuación, desde la tabla 10 a la 14 se muestra el censo de carga realizado en cada piso del edificio de la E3T. Los cálculos se presentan en un archivo adjunto llamado Anexo 2.

**Tabla 10. Censo de carga del primer piso.**

PISO 1							
EQUIPOS DE COMPUTO	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS DE USO DIARIO	USO TOTAL DIARIO(kWh)	DÍAS DE USO MENSUAL	USO TOTAL MENSUAL (kWh/MENSUAL)
COMPUTADOR DE ESCRITORIO LG PORTÁTIL	2	174	348	4	1,392	20	27,84
	15	80	1 200	2	2,4	20	48
AIRE ACONDICIONADO	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA(W)	POTENCIA TOTAL(W)	HORAS DE USO DIARIO	USO TOTAL DIARIO(kWh)	DÍAS DE USO MENSUAL	USO TOTAL MENSUAL (kWh/MENSUAL)
CIAC R-410A	2	1 100	2 200	5	11	20	220
LG CASSETTE TECHO-INVERTER	3	1 500	4 500	5	23	20	450
ARTEFACTOS CAFETERÍA	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA(W)	POTENCIA TOTAL(W)	HORAS DE USO DIARIO	USO TOTAL DIARIO(kWh)	DÍAS DE USO MENSUAL	USO TOTAL MENSUAL (kWh/MENSUAL)
REFRIGERADOR COCA-COLA	1	664	664	5	3,32	22	73,04
CAFETERA	1	800	800	4	3,2	20	64
CALENTADOR DE EMPANADAS	1	500	500	6	3	20	60
OTROS	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS DE USO DIARIO	USO TOTAL DIARIO(kWh)	DÍAS DE USO MENSUAL	USO TOTAL MENSUAL (kWh/MENSUAL)
MODEM	4	8,2	32,8	24	0,7872	30	23,616
EXTRACTOR DE AIRE	9	21	189	0,3	0,0567	20	1,134
PARLANTES	4	4	16	1	0,016	20	0,32
TV	1	120	120	1	0,12	20	2,4
VENTILADOR	1	65	65	1	0,065	20	1,3
CARGADOR MÓVIL	15	5	75	0,5	0,0375	20	0,75
ILUMINACIÓN	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA(W)	POTENCIA TOTAL(W)	HORAS DE USO DIARIO	USO TOTAL DIARIO(kWh)	DÍAS DE USO MENSUAL	USO TOTAL MENSUAL (kWh/MENSUAL)
LÁMPARA FLUORESCENTE T15 HE	192	14	2 688	3	8,064	20	161,28
LÁMPARA FLUORESCENTE T15 HE	36	28	1 008	1,5	1,512	21	31,752
						<b>CONSUMO TOTAL (kWh/MENSUAL)</b>	<b>1 165,432</b>

En la figura 9 donde se muestra el porcentaje de consumo de energía del primer piso de los equipos instalados que más influyen en la demanda energética, observando que los aires acondicionado son los de mayor aporte, con un porcentaje del 57% de energía total consumida, seguidamente para la iluminación y artefactos de cafetería con un porcentaje del 17%, el resto del consumo pertenece a equipos de cómputo y otras cargas con un porcentaje del 6% y 3% respectivamente. Todos estos resultados son obtenidos de la tabla 10.

**Figura 9. Porcentaje de consumo del primer piso (kWh/ Mensual).**

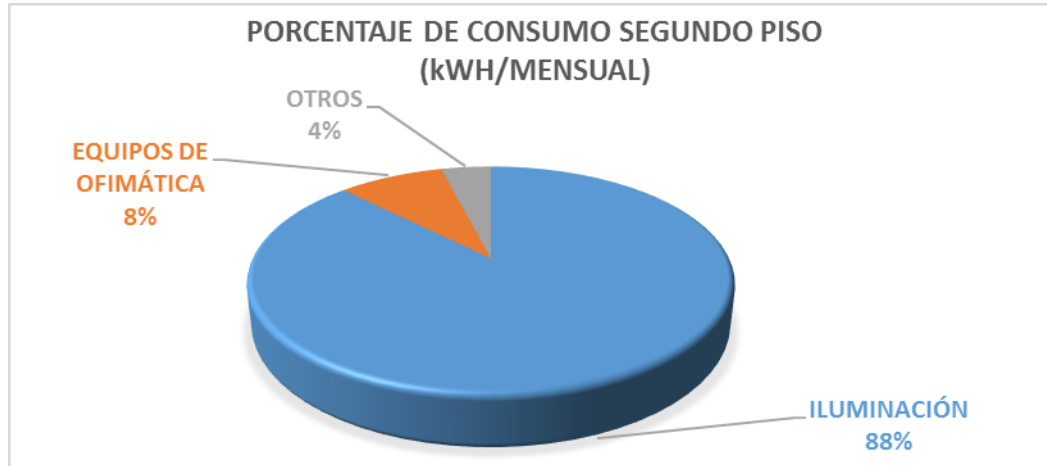


**Tabla 11. Censo de carga del segundo piso.**

PISO 2							
ILUMINACIÓN	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA(W)	POTENCIA TOTAL(W)	HORAS DE USO DIARIO	USO TOTAL DIARIO(kWh)	DÍAS DE USO MENSUAL	USO TOTAL MENSUAL (kWh/MENSUAL)
LÁMPARA FLUORESCENTE TL5 HE	236	14	3 304	5	16,52	22	363,44
LÁMPARA FLUORESCENTE TL5 HE	32	28	896	3	2,688	24	64,512
EQUIPOS DE OFIMÁTICA	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA(W)	POTENCIA TOTAL(W)	HORAS DE USO DIARIO	USO TOTAL DIARIO(kWh)	DÍAS DE USO MENSUAL	USO TOTAL MENSUAL (kWh/MENSUAL)
VIDEO BEAM	4	235	940	2	1,880	22	41,360
OTROS	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS DE USO DIARIO	USO TOTAL DIARIO(kWh)	DÍAS DE USO MENSUAL	USO TOTAL MENSUAL (kWh/MENSUAL)
MODEM	3	8,2	24,6	24	0,5904	30	17,712
EXTRACTOR DE AIRE	6	21	126	0,5	0,063	20	1,26
CARGADOR MÓVIL	10	5	50	0,5	0,025	21	0,525
<b>CONSUMO TOTAL (kWh/MENSUAL)</b>							<b>488,809</b>

En la figura 10 donde se muestra el porcentaje de consumo de energía del segundo piso de los equipos instalados que más influyen en la demanda energética, observando que la iluminación hace el mayor aporte, con un porcentaje del 88% de energía total consumida, seguidamente por los equipos de ofimática con un porcentaje del 8%, el resto del consumo pertenece a otras cargas con un porcentaje del 4%. Todos estos resultados son obtenidos de la tabla 11.

**Figura 10. Porcentaje de consumo del segundo piso (kWh/ Mensual).**



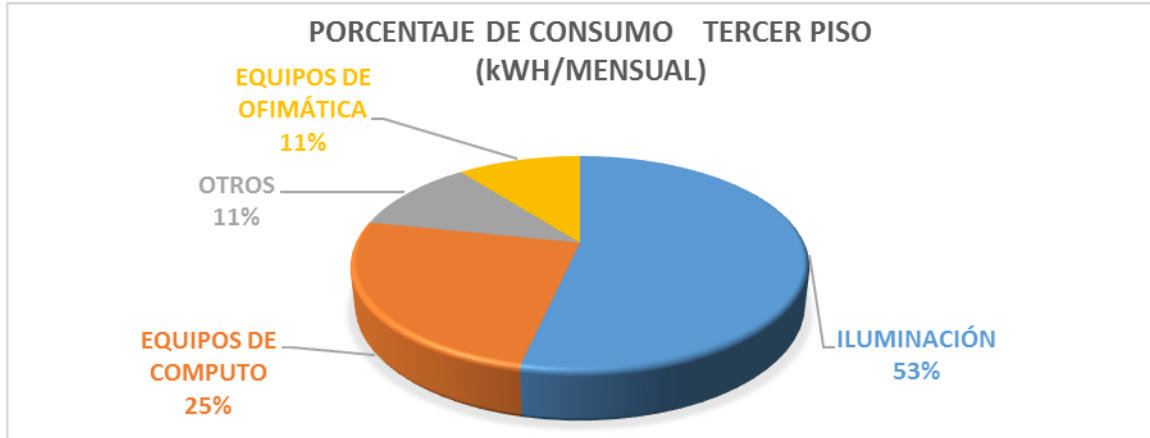
**Tabla 12. Censo de carga del tercer piso.**

PISO 3							
ILUMINACIÓN	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA(W)	POTENCIA TOTAL(W)	HORAS DE USO DIARIO	USO TOTAL DIARIO(kWh)	DÍAS DE USO MENSUAL	USO TOTAL MENSUAL (kWh/MENSUAL)
LÁMPARA FLUORESCENTE TL5 HE	232	14	3 248	2,5	8,12	20	162,4
LÁMPARA FLUORESCENTE TL5 HE	34	28	952	1,5	1,428	20	28,56
EQUIPOS DE OFIMÁTICA	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA(W)	POTENCIA TOTAL(W)	HORAS DE USO DIARIO	USO TOTAL DIARIO(kWh)	DÍAS DE USO MENSUAL	USO TOTAL MENSUAL (kWh/MENSUAL)
VIDEO BEAM	4	235	940	2	1,880	20	37,600
EQUIPOS DE COMPUTO	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS DE USO DIARIO	USO TOTAL DIARIO(kWh)	DÍAS DE USO MENSUAL	USO TOTAL MENSUAL (kWh/MENSUAL)
COMPUTADOR DE ESCRITORIO DELL	4	172	688	6	4,128	20	82,56
IMPRESORA LASERJET P1018W	1	580	580	0,5	0,29	20	5,8
OTROS	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS DE USO DIARIO	USO TOTAL DIARIO(kWh)	DÍAS DE USO MENSUAL	USO TOTAL MENSUAL (kWh/MENSUAL)
MODEM	3	8,2	24,6	24	0,5904	30	17,712
EXTRACTOR DE AIRE	6	21	126	0,5	0,063	20	1,26
CARGADOR MÓVIL	10	5	50	20	1	21	21
<b>CONSUMO TOTAL (kWh/MENSUAL)</b>							<b>356,892</b>

En la figura 11 donde se muestra el porcentaje de consumo de energía del tercer piso de los equipos instalados que más influyen en la demanda energética, observando que la iluminación hace el mayor aporte, con un porcentaje del 53% de energía total consumida, seguidamente por los equipos de cómputo y equipos de ofimática con un porcentaje del 25% y 11% respectivamente, el resto del consumo

pertenece a otras cargas con un porcentaje del 11%. Todos estos resultados son obtenidos de la tabla 12.

**Figura 11. Porcentaje de consumo del tercer piso (kWh/ Mensual)**



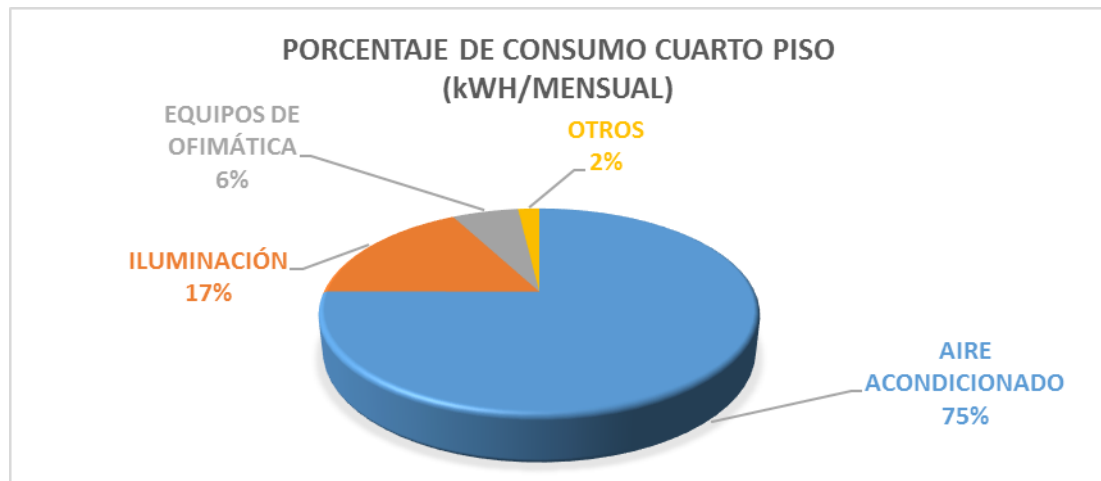
**Tabla 13. Censo de carga del cuarto piso.**

PISO 4							
AIRE ACONDICIONADO	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA(W)	POTENCIA TOTAL(W)	HORAS DE USO DIARIO	USO TOTAL DIARIO(kWh)	DÍAS DE USO MENSUAL	USO TOTAL MENSUAL (kWh/MENSUAL)
CIAC CASSETTE TECHO-INVERTER	8	1 500	12 000	4	48	20	960
EQUIPOS DE OFIMÁTICA	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA(W)	POTENCIA TOTAL(W)	HORAS DE USO DIARIO	USO TOTAL DIARIO(KWh)	DÍAS DE USO MENSUAL	USO TOTAL MENSUAL (kWh/MENSUAL)
VIDEO BEAM INFOCUS	4	235	940	4	3,76	20	75,2
ILUMINACIÓN	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA(W)	POTENCIA TOTAL(W)	HORAS DE USO DIARIO	USO TOTAL DIARIO(KWh)	DÍAS DE USO MENSUAL	USO TOTAL MENSUAL (kWh/MENSUAL)
LÁMPARA FLUORESCENTE TLS HE	228	14	3 192	3	9,576	20	191,52
LÁMPARA FLUORESCENTE TLS HE	34	28	952	1,5	1,428	20	28,56
OTROS	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA(W)	POTENCIA TOTAL(W)	HORAS DE USO DIARIO	USO TOTAL DIARIO(kWh)	DÍAS DE USO MENSUAL	USO TOTAL MENSUAL (kWh/MENSUAL)
MODEM	4	8,2	32,8	24	0,7872	30	23,616
CARGADOR MÓVIL	10	5	50	0,5	0,025	21	0,525
<b>CONSUMO TOTAL (kWh/MENSUAL)</b>							<b>1 279,421</b>

En la figura 12 donde se muestra el porcentaje de consumo de energía del cuarto piso de los equipos instalados que más influyen en la demanda energética, observando que los aires acondicionado son los de mayor aporte, con un porcentaje del 75% de energía total consumida, seguidamente para la iluminación y equipos

de ofimática con un porcentaje del 17% y 6% respectivamente, el resto del consumo pertenece a otras cargas con un porcentaje del 2%. Todos estos resultados son obtenidos de la tabla 13.

**Figura 12. Porcentaje de consumo del cuarto piso (kWh/ Mensual).**

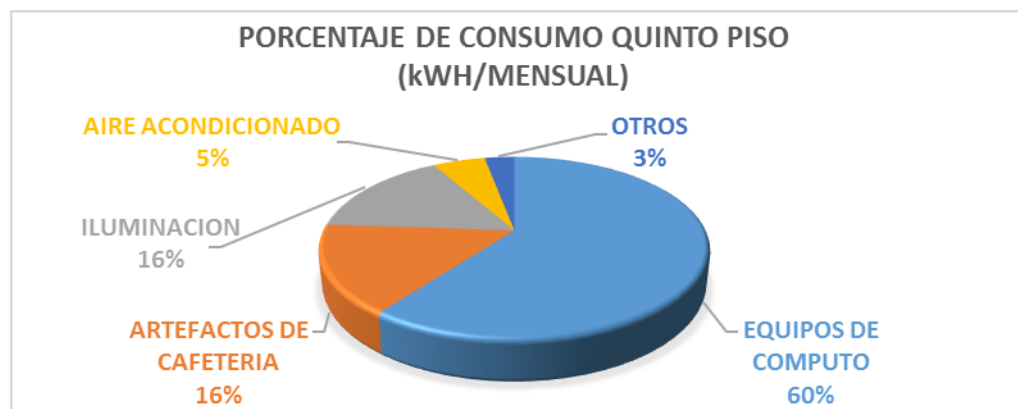


**Tabla 14. Censo de carga del quinto piso.**

PISO 5							
EQUIPOS DE COMPUTO	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS DE USO DIARIO	USO TOTAL DIARIO(kWh)	DÍAS DE USO MENSUAL	USO TOTAL MENSUAL (kWh/MENSUAL)
COMPUTADOR DE ESCRITORIO DELL	12	172	2 064	7	14,448	20	288,96
COMPUTADOR DE ESCRITORIO SAMSUNG	2	192	384	7	2,688	20	53,76
PORTÁTIL DELL	3	83	249	3	0,747	20	14,94
IMPRESORA LASERJET P1102W	5	648	3 240	0,5	1,62	20	32,4
PARLANTES	7	20	140	0,5	0,07	20	1,4
ARTEFACTOS CAFETERÍA	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA(W)	POTENCIA TOTAL(W)	HORAS DE USO DIARIO	USO TOTAL DIARIO(kWh)	DÍAS DE USO MENSUAL	USO TOTAL MENSUAL (kWh/MENSUAL)
CAFETERAS	2	900	1 800	0,5	0,9	20	18
MICROONDAS SAMSUNG	1	1 600	1 600	0,25	0,4	20	8
NEVERA	1	480	480	8	3,84	20	76,8
AIRE ACONDICIONADO	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA(W)	POTENCIA TOTAL(W)	HORAS DE USO DIARIO	USO TOTAL DIARIO(kWh)	DÍAS DE USO MENSUAL	USO TOTAL MENSUAL (kWh/MENSUAL)
AIRE ACONDICIONADO CIAC	1	900	900	1	0,9	20	18
AIRE ACONDICIONADO CIAC	1	800	800	1	0,8	20	16
ILUMINACIÓN	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA(W)	POTENCIA TOTAL(W)	HORAS DE USO DIARIO	USO TOTAL DIARIO(kWh)	DÍAS DE USO MENSUAL	USO TOTAL MENSUAL (kWh/MENSUAL)
LÁMPARA FLUORESCENTE TL5 HE	148	14	2 072	2	4,144	20	82,88
LÁMPARA FLUORESCENTE TL5 HE	34	28	952	1	0,952	20	19,04
OTROS	NÚMERO DE EQUIPOS	POTENCIA(W)	POTENCIA TOTAL(W)	HORAS DE USO DIARIO	USO TOTAL DIARIO(kWh)	DÍAS DE USO MENSUAL	USO TOTAL MENSUAL (kWh/MENSUAL)
MODEM	3	8,2	24,6	24	0,5904	30	17,712
CARGADOR MÓVIL	8	5	40	2	0,08	20	1,6
<b>CONSUMO TOTAL (kWh/MENSUAL)</b>							<b>649,492</b>

En la figura 13 donde se muestra el porcentaje de consumo de energía del quinto piso de los equipos instalados que más influyen en la demanda energética, observando que los equipos de cómputo son los de mayor aporte, con un porcentaje del 60% de energía total consumida, seguidamente para la iluminación y artefactos de cafetería con un porcentaje del 16% para ambos, y los aires acondicionados aportan el 5%, el resto del consumo pertenece a otras cargas con un porcentaje del 3%. Todos estos resultados son obtenidos de la tabla 14.

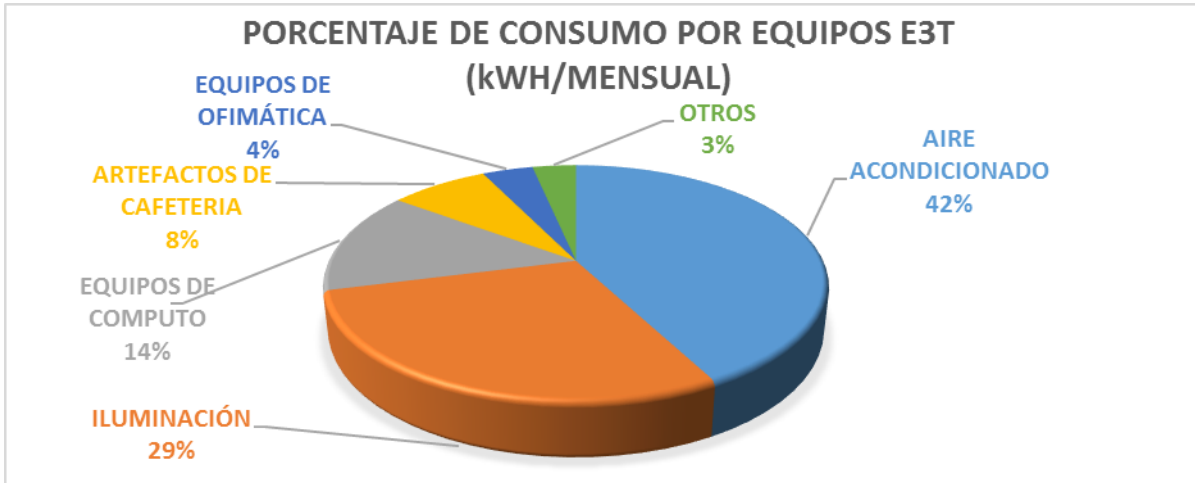
**Figura 13. Porcentaje de consumo del quinto piso (kWh/ Mensual).**



## **2.5. COMPORTAMIENTO ESTADÍSTICO DEL CENSO DE CARGA TOMANDO LOS EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA DEL EDIFICIO E3T**

El consumo energético total de los equipos que se encuentran instalados en cada uno de los pisos de la E3T se detallan a continuación con valores porcentuales en la figura 14.

**Figura 14. Porcentaje de consumo E3T por equipo eléctricos (kWh/ Mensual).**

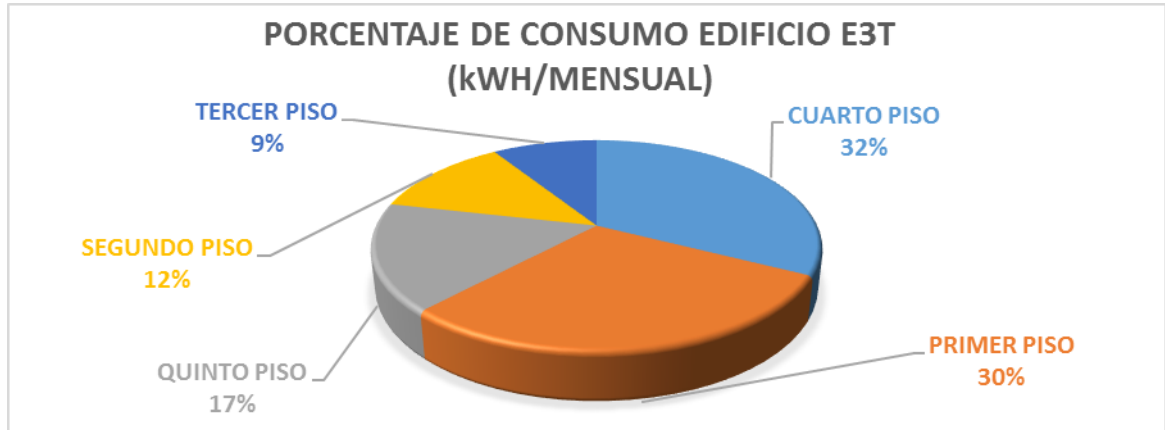


En la figura 14 se evidencia que los aires acondicionados instalados en los diferentes pisos contribuyen en mayor proporción en la demanda total de energía del edificio, con un porcentaje del 42% del total de la energía consumida. La iluminación y equipos de cómputo con un porcentaje de consumo 29% y 14% de la energía total respectivamente, artefactos de cafetería (8%) y equipos de ofimática (4%) consumiendo un total de 12% de la energía total, el restante es consumido por otras cargas con un porcentaje del 3%.

Adicionalmente se incluyen en otras cargas dos equipos eléctricos en la figura 14 lo cual no tienen una demanda energética significativa en todo el edificio, que son las UPS con un consumo de energía de 8,54 kWh/Mes y las Bombas de aguas (hay dos (2) pero no son simultaneas) con un consumo de energía de 74,6 kWh/Mes, logrando cambiar los porcentajes anteriores levemente quedando de la siguiente manera, Aires acondicionados (41%), iluminación (28%), equipos de cómputo (14%), artefactos de cafetería (8%), equipos de ofimática (4%) y otras cargas (5%).

Ahora bien, en la figura 15 se relaciona el consumo energético total del edificio con los porcentajes que cada uno de los pisos aporta a la demanda de energía total con base al censo de carga realizado anteriormente.

**Figura 15. Porcentaje de consumo E3T por pisos (kWh/ Mensual)**



El análisis realizado al censo de carga en cada uno de los pisos muestra en la figura 15 que el porcentaje de consumo más alto lo registra el cuarto piso con un 32% de la energía total, aunque el primer piso también aporta un porcentaje de consumo significativo del 30%, el quinto piso con el 17%, el segundo piso el 12% y por último el que menos aporta es el tercer piso con el 9% de la demanda total de energía.

De igual manera para la figura 15 también existe una leve modificación en los porcentajes por pisos ya que adicionalmente se incluye a el tercer piso dos equipos eléctricos lo cual no tienen una demanda energética significativa en todo el edificio, que son las UPS con un consumo de energía de 8,54 kWh/Mes y las Bombas de aguas (hay dos (2) pero no son simultaneas) con un consumo de energía de 74,6 kWh/Mes, logrando cambiar los porcentajes de la figura 15 quedando de la siguiente manera, Cuarto Piso (32%), Primer Piso (29%), Quinto Piso (16%), Segundo Piso (12%), y el Tercer Piso (11%).

El censo de carga realizado en cada piso se hizo con las horas de usos que se evidenciaron en 15 días en jornadas completas y normales. Debido a que el sistema de automatización del edificio contribuye a que se disponga de la energía de forma eficiente, esto hace que el censo de carga de una estimación aproximada del

consumo energético, lo que hace que varíe con lo medido en el analizador de redes que se instaló en los bornes del transformador de la E3T.

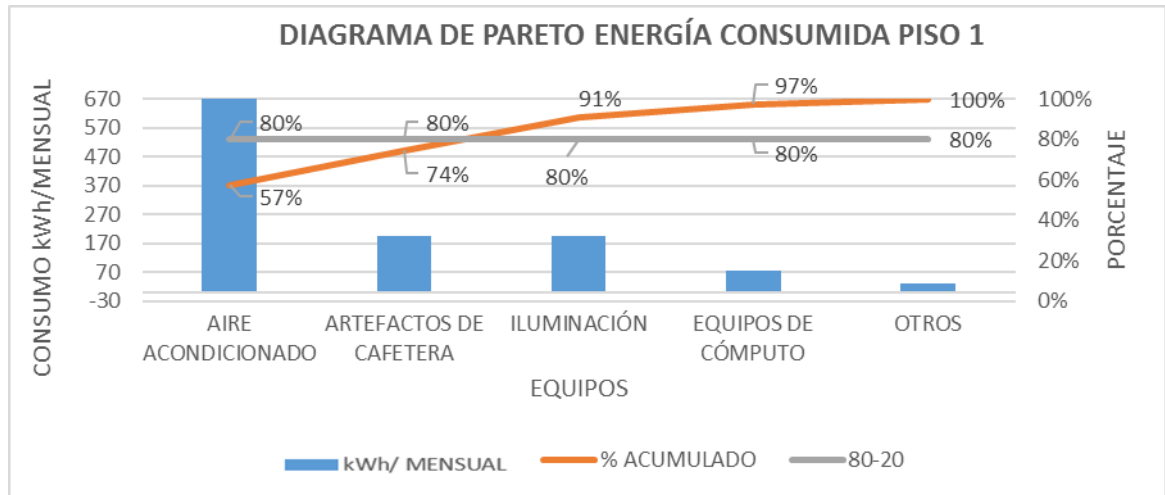
## **2.6. DIAGRAMA DE PARETO DE CONSUMO DE ENERGÍA**

El diagrama de Pareto permite identificar las zonas y equipos eléctricos de mayor consumo que se presentan en cualquier área de trabajo en este caso el edificio de la E3T, por medio de una representación gráfica de los datos obtenidos sobre el objeto analizado o medido, además ayuda a identificar cuáles son los aspectos prioritarios a tratar. También se conoce como “Diagrama ABC” o “Diagrama 20-80”. Su fundamento parte de considerar que un pequeño porcentaje de las causas, el 20%, producen la mayoría de los efectos, el 80%. Se trataría pues de identificar ese pequeño porcentaje de causas “vitales” para actuar prioritariamente sobre él. [20]

Para el SGIE el diagrama de Pareto se encuentra dentro de la conformación de la estructura técnica y organizacional del consumo energético de una empresa o cualquier área de trabajo, por lo que es posible identificar los tipos de equipos y las áreas que más impactan el consumo de energía y la manera que se utiliza. [1]

Se toma como referencia el censo de carga para realizar esta representación gráfica del diagrama de Pareto de energía consumida de los pisos 1+sotano,2,3,4,5, observándose en las siguientes figuras de la 16 hasta la 20. Los cálculos se presentan en un archivo adjunto llamado Anexo 2.

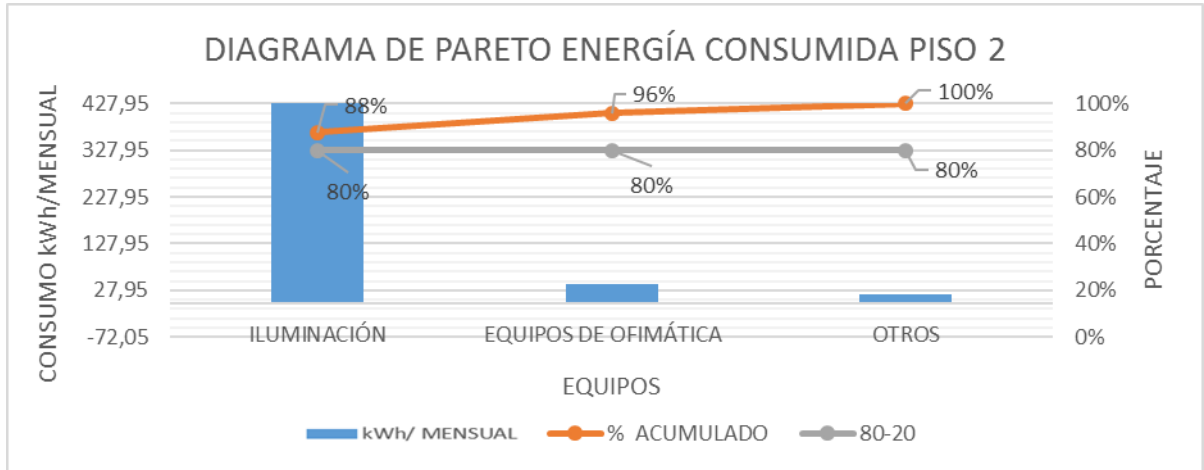
**Figura 16. Diagrama de Pareto, consumo eléctrico primer piso.**



En la figura 16 se aplica el diagrama de Pareto al primer piso del edificio y se observa que los aires acondicionados y artefactos de cafetería son los de mayor consumo energético, impactando fuertemente en esta área del edificio lo cual indicaría una intervención en el buen uso de estos equipos para que así se logre una reducción del consumo energético.

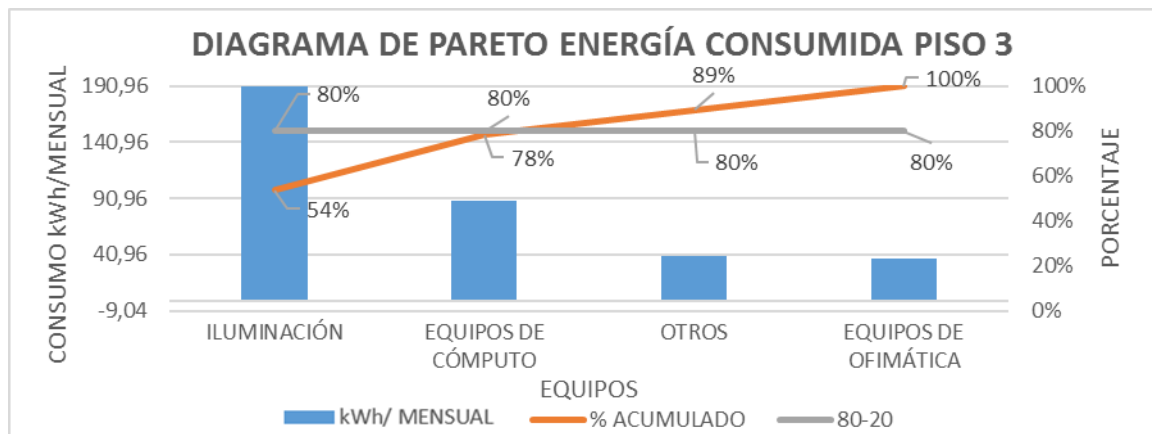
En la gráfica se puede apreciar el 80% que produce la mayoría de los efectos con una alta demanda energética, presentándose en aires acondicionados con un 57% y artefactos de cafetería con un 17% lo cual tienen un consumo de energía total del 74% en el primer piso.

**Figura 17. Diagrama de Pareto, consumo eléctrico segundo piso.**



En la figura 17 se aplica el diagrama de Pareto al segundo piso del edificio y se observa que la iluminación es la de mayor consumo energético impactando fuertemente en esta área del edificio. En la gráfica se puede apreciar el 80% que produce la mayoría de los efectos con una alta demanda energética, presentándose en la iluminación un 88% de la energía total en el segundo piso.

**Figura 18. Diagrama de Pareto, consumo eléctrico tercer piso.**

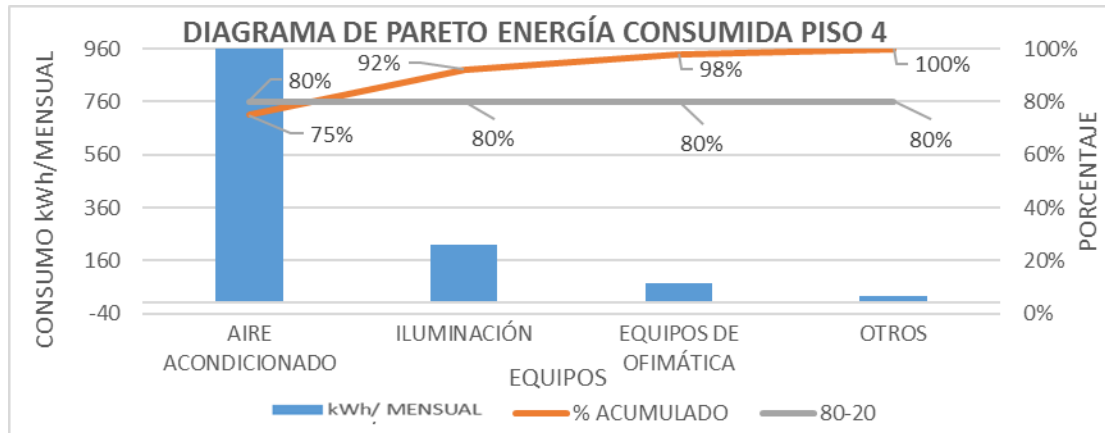


En la figura 18 se aplica el diagrama de Pareto al tercer piso del edificio y se observa que la iluminación y equipos de cómputo son los de mayor consumo energético, impactando fuertemente en esta área del edificio lo cual indicaría una intervención

en el buen uso de estos equipos para que así se logre una reducción del consumo energético.

En la gráfica se puede apreciar el 80% que produce la mayoría de los efectos con una alta demanda energética, presentándose en la iluminación con un 54% y equipos de cómputo con un 24% lo cual tienen un consumo de energía total del 78% en el tercer piso.

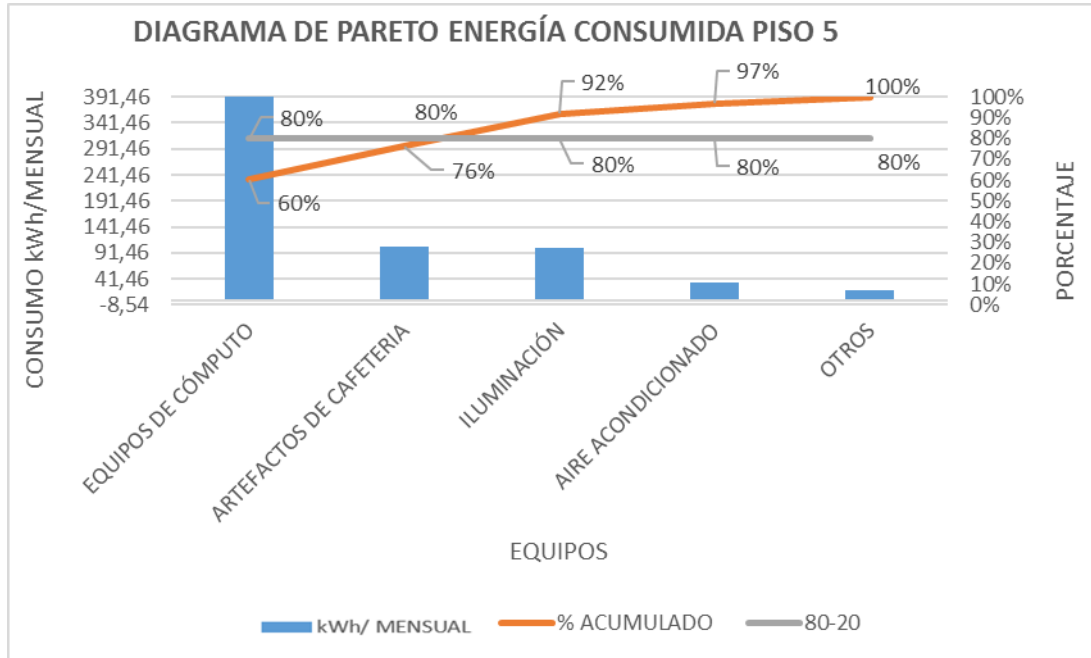
**Figura 19. Diagrama de Pareto, consumo eléctrico cuarto piso.**



En la figura 19 se aplica el diagrama de Pareto al cuarto piso del edificio y se observa que los aires acondicionados son los de mayor consumo energético, impactando fuertemente en esta área del edificio.

En la gráfica se puede apreciar el 80% que produce la mayoría de los efectos con una alta demanda energética, presentándose en aires acondicionados con un 75% del consumo de energía total en el cuarto piso.

**Figura 20. Diagrama de Pareto, consumo eléctrico quinto piso.**

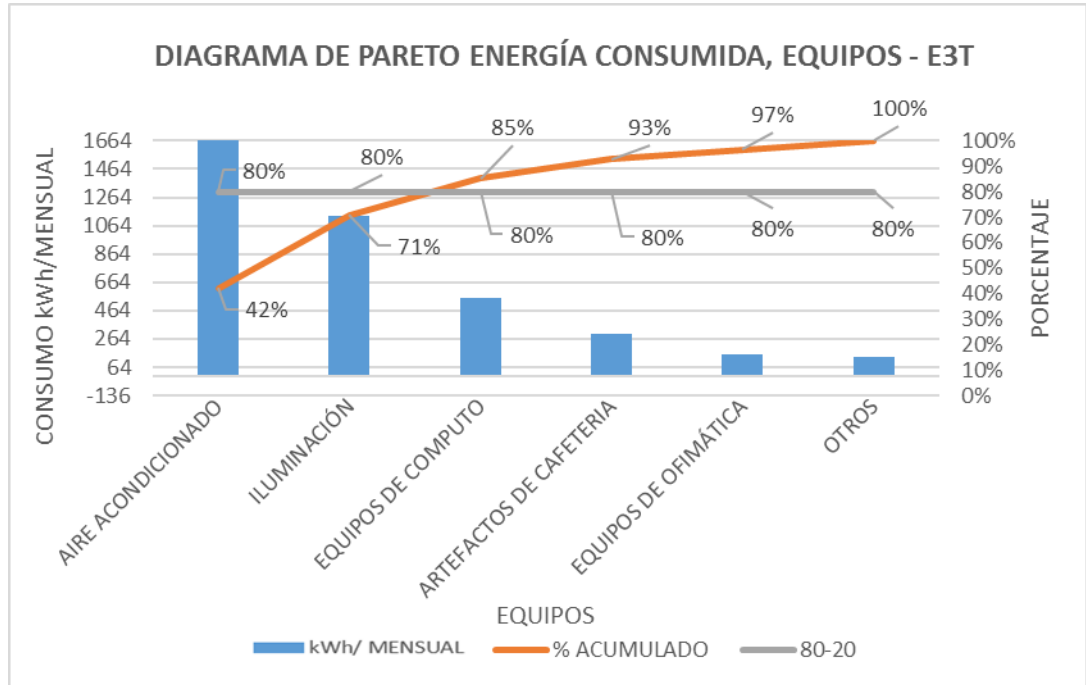


En la figura 20 se aplica el diagrama de Pareto al quinto piso del edificio y se observa que los equipos de cómputo y artefactos de cafetería son los de mayor consumo energético, impactando fuertemente en esta área del edificio lo cual indicaría una intervención en el buen uso de estos equipos para que así se logre una reducción del consumo energético.

En la gráfica se puede apreciar el 80% que produce la mayoría de los efectos con una alta demanda energética, presentándose en equipos de cómputo con un 60% y artefactos de cafetería con un 16% lo cual tienen un consumo de energía total del 76% en el quinto piso.

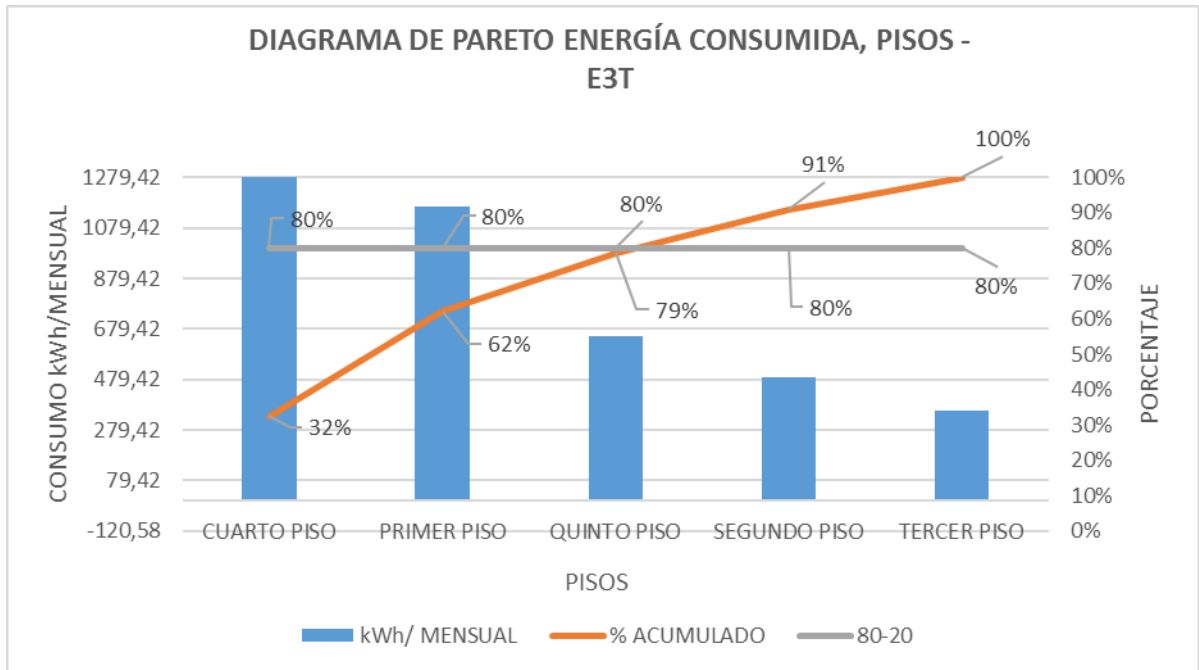
**2.6.1. Diagrama de Pareto aplicado al consumo energético total del edificio de la E3T.** Los datos arrojados por cada piso permiten tener una visión general del comportamiento del consumo de energía del edificio en su totalidad por equipos, tal como se registra en el Diagrama de Pareto figura 21.

**Figura 21. Diagrama de Pareto, consumo eléctrico E3T por equipos eléctricos.**



En la gráfica se puede apreciar el 80% que produce la mayoría de los efectos con una alta demanda energética, presentándose en aires acondicionados con un 42% e iluminación con un 29% lo cual tienen un consumo de energía total en el edificio del 71%.

**Figura 22. Diagrama de Pareto, consumo eléctrico E3T por pisos.**



Los datos arrojados por cada piso permiten tener una visión general del comportamiento del consumo de energía del edificio en su totalidad, tal como se registra en el Diagrama de Pareto figura 22.

El diagrama de Pareto muestra que los pisos que consumen el 80% de la energía son: cuarto piso, primer piso y quinto piso. Siendo el cuarto y primer piso los que tienen mayor impacto en el consumo de la energía.

En la gráfica se puede apreciar que el cuarto piso presenta un 32%, el primer piso un 30% y el quinto piso un 17% lo cual tienen un consumo de energía total en el edificio del 79%.

### **3. ANÁLISIS DE CONSUMO DE ENERGÍA**

El análisis del consumo de energía, busca de forma indirecta establecer como se está utilizando la energía teniendo en cuenta que existen personas externas y personal fijo en cada uno de los sectores productivos, adicionalmente la disposición de los equipos y el consumo de energía total diario y mensual, diagnosticando el estado energético.

Para este tipo de análisis se tuvo en cuenta lo siguiente:

1. La producción, cantidad de personas que entra al edificio de la E3T incluyendo trabajadores, estudiantes y visitantes.

Con la inspección visual para caracterizar la cantidad de las personas que ingresan, se hace un conteo diario por un mes en el horario que el edificio presta atención separando de los que están permanentemente de tiempo completo y los que no, por lo tanto, se relaciona en la tabla 15 el personal fijo que trabaja en el edificio E3T, de igual manera en la tabla 16 se caracteriza el personal que no está de tiempo completo ya que depende de su actividad programada para ese día ya sea estudiantes, docentes, o visitantes.

Para este censo del personal se estableció a través un tiempo de referencia lo cual va de forma paralela con la instalación del analizador de redes (en este caso para medir energía consumido por un mes) instalado en bornes del transformador tema que se tratará más adelante en el presente informe, desde el 05/junio/2017 hasta el 04/julio/2017. Se presenta una actividad académica normal y completa a partir del 05/junio/2017 hasta 23/junio/2017, el resto del tiempo el personal docente y el estudiantado se encontraba en receso académico.

**Tabla 15. Personal fijo asociado al edificio E3T.**

<b>ÁREA ADMINISTRATIVA (QUINTO PISO)</b>	
Oficinas	Personal
Secretaria pregrado	1
Coordinación académica-pregrado	2
Secretaria administrativa	1
Secretaria de posgrado	1
Coordinación de posgrado	1
Especialización	4
Profesional de calidad	2
Dirección E3T	1
ÁREA ADMINISTRATIVA (centro de estudios)	7
ÁREA MANTENIMIENTO	4
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>

**Tabla 16. Personal externo asociado al edificio E3T.**

<b>DÍAS</b>	<b>PRODUCCIÓN (estudiantes, docentes, visitantes)</b>
lunes, 05 de junio de 2017	124
martes, 06 de junio de 2017	487
miércoles, 07 de junio de 2017	515
jueves, 08 de junio de 2017	507
viernes, 09 de junio de 2017	455
sábado, 10 de junio de 2017	96
domingo, 11 de junio de 2017	2
lunes, 12 de junio de 2017	150
martes, 13 de junio de 2017	500
miércoles, 14 de junio de 2017	550
jueves, 15 de junio de 2017	490
viernes, 16 de junio de 2017	400
sábado, 17 de junio de 2017	90
domingo, 18 de junio de 2017	2
lunes, 19 de junio de 2017	120
martes, 20 de junio de 2017	480

<b>DÍAS</b>	<b>PRODUCCIÓN (estudiantes, docentes, visitantes)</b>
miércoles, 21 de junio de 2017	520
jueves, 22 de junio de 2017	510
viernes, 23 de junio de 2017	310
sábado, 24 de junio de 2017	75
domingo, 25 de junio de 2017	2
lunes, 26 de junio de 2017	15
martes, 27 de junio de 2017	10
miércoles, 28 de junio de 2017	20
jueves, 29 de junio de 2017	30
viernes, 30 de junio de 2017	8
sábado, 01 de julio de 2017	25
domingo, 02 de julio de 2017	2
lunes, 03 de julio de 2017	5
martes, 04 de julio de 2017	15

En la tabla 17 se muestra la suma de la producción del personal fijo y la producción del personal externo en el edificio E3T, y se observa que desde el día lunes 05/Jun/2017 hasta viernes 23/Jun/2017 son días normales y completos de clase. A partir del día sábado 24/Jun/2017 hasta martes 4/Jul/2017 son días con receso del personal docente y estudiantado.

**Tabla 17. Producción por días del edificio E3T**

<b>DÍAS</b>	<b>PRODUCCIÓN (Estudiantes, Docentes, Visitantes + Personal fijo)</b>
lunes, 05 de junio de 2017	148
martes, 06 de junio de 2017	511
miércoles, 07 de junio de 2017	539
jueves, 08 de junio de 2017	531
viernes, 09 de junio de 2017	479
sábado, 10 de junio de 2017	120
domingo, 11 de junio de 2017	26
lunes, 12 de junio de 2017	174
martes, 13 de junio de 2017	524
miércoles, 14 de junio de 2017	574
jueves, 15 de junio de 2017	514
viernes, 16 de junio de 2017	424
sábado, 17 de junio de 2017	114
domingo, 18 de junio de 2017	26
lunes, 19 de junio de 2017	144
martes, 20 de junio de 2017	504
miércoles, 21 de junio de 2017	544
jueves, 22 de junio de 2017	534
viernes, 23 de junio de 2017	334
sábado, 24 de junio de 2017	99
domingo, 25 de junio de 2017	26
lunes, 26 de junio de 2017	39
martes, 27 de junio de 2017	34
miércoles, 28 de junio de 2017	44
jueves, 29 de junio de 2017	54
viernes, 30 de junio de 2017	32
sábado, 01 de julio de 2017	49
domingo, 02 de julio de 2017	26
lunes, 03 de julio de 2017	29
martes, 04 de julio de 2017	39

2. El consumo de energía eléctrica del edificio, determinado por kWh durante el período de un mes tiempo mencionado anteriormente, se presenta a continuación en la tabla 18.
  
3. En la tabla 19 se muestra el consumo de energía durante un (1) año, iniciando desde el 04 de julio de 2016 hasta el 04 de julio de 2017, dichos datos del consumo mensual fueron facilitados por medio de planta física UIS, donde se lleva los registros de facturas generadas por la Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas excepto el último mes ya que se midió la energía por medio del analizador de redes, dicha factura la suministraba el operador de red VATIA S.A E.S.P y que actualmente lo hace el operador de red ESSA S.A E.S.P.

**Tabla 18. Consumo eléctrico del edificio E3T, en un mes.**

<b>DÍAS DE CONSUMO DE ENERGÍA</b>	<b>CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA [kWh/Día]</b>
lunes, 05 de junio de 2017	133,44
martes, 06 de junio de 2017	142,15
miércoles, 07 de junio de 2017	130,15
jueves, 08 de junio de 2017	134,20
viernes, 09 de junio de 2017	128,50
sábado, 10 de junio de 2017	71,70
domingo, 11 de junio de 2017	31,60
lunes, 12 de junio de 2017	104,80
martes, 13 de junio de 2017	124,10
miércoles, 14 de junio de 2017	125,20
jueves, 15 de junio de 2017	120,80
viernes, 16 de junio de 2017	119,10
sábado, 17 de junio de 2017	65,00
domingo, 18 de junio de 2017	4,70
lunes, 19 de junio de 2017	25,86
martes, 20 de junio de 2017	149,32
miércoles, 21 de junio de 2017	118,55
jueves, 22 de junio de 2017	124,97
viernes, 23 de junio de 2017	119,50

<b>DÍAS DE CONSUMO DE ENERGÍA</b>	<b>CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA [kWh/Día]</b>
sábado, 24 de junio de 2017	59,90
domingo, 25 de junio de 2017	28,20
lunes, 26 de junio de 2017	30,10
martes, 27 de junio de 2017	55,50
miércoles, 28 de junio de 2017	56,10
jueves, 29 de junio de 2017	54,30
viernes, 30 de junio de 2017	55,90
sábado, 01 de julio de 2017	40,60
domingo, 02 de julio de 2017	26,80
lunes, 03 de julio de 2017	28,50
martes, 04 de julio de 2017	51,90

**Tabla 19. Consumo eléctrico del edificio E3T, en un año.**

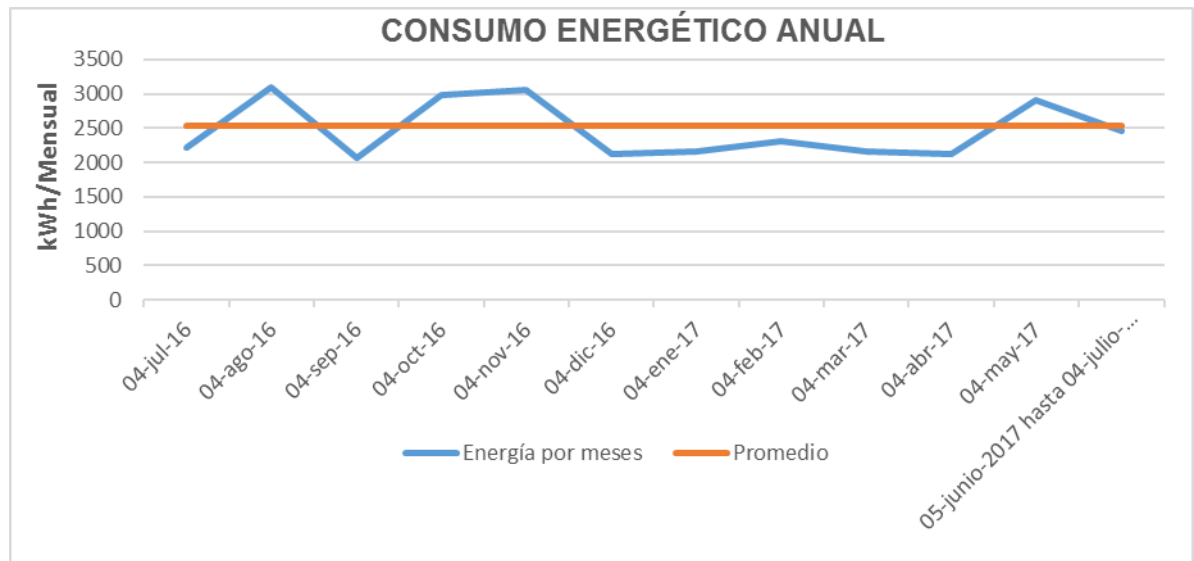
<b>CONSUMO DE ENERGÍA EN UN (1) AÑO</b>	<b>CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA [kWh/Mes]</b>
04-Julio-2016	2 215,30
04-agosto-2016	3 091,56
04-septiembre-2016	2 067,33
04-octubre-2016	2 985,41
04-noviembre-2016	3 050,91
04-diciembre-2016	2 115,72
04-enero-2017	2 162,67
04-febrero-2017	2 301,36
04-marzo-2017	2 159,10
04-abril-2017	2 124,34
04-mayo-2017	2 915,45
05-junio-2017 hasta 04-julio-2017	2 461,44

A partir de los datos recogidos se procesó la información revisando el comportamiento del edificio y se elaboraron los diferentes gráficos.

En la siguiente figura 23 se presenta el consumo energético del edificio E3T durante un año, lo cual se puede evidenciar que el mayor consumo ocurrió el mes de agosto de 2016 con un valor de 3 091,56 [kWh/Mes], dicho mes tuvo jornadas de clase

normal y completas sin ninguna interrupción, por otra parte, el mes de septiembre 2016 registro el menor consumo con un valor de 2 067,33 [kWh/Mes] debido a que no hubo activada académica solo se encontraba el personal administrativo.

**Figura 23. Tendencia de consumo energético.**



De la figura anterior solo el 33,33% de todo el consumo superan el valor promedio anual, por otra parte, agosto de 2016 tuvo un aumento del 21,62% del respecto al valor promedio del consumo anual y septiembre tuvo una caída del 18,67% respecto al consumo promedio, estos serían el máximo y mínimo valor de consumo para dicho periodo anual.

### 3.1. GRÁFICO DE CONTROL

Por definición, se dice que un proceso está bajo control estadístico cuando no hay causas asignables presentes. El Control Estadístico de Procesos se basa en analizar la información aportada por el proceso para detectar la presencia de causas asignables y habitualmente se realiza mediante una construcción gráfica

denominada Gráfico de Control. Si el proceso se encuentra bajo control estadístico es posible realizar una predicción del intervalo en el que se encontrarán las características energéticas del edificio. [22]

Utilizar gráficos de control permite encontrar el valor medio del consumo energético, los valores máximos y mínimos además del nivel de incertidumbre.

Según el manual SGIE, para realizar el análisis del comportamiento energético se grafica el valor del consumo en la unidad de tiempo (en este caso se emplea como unidad de tiempo el día) y se establece un límite del control superior e inferior y central o promedio, para el consumo energético. [1]

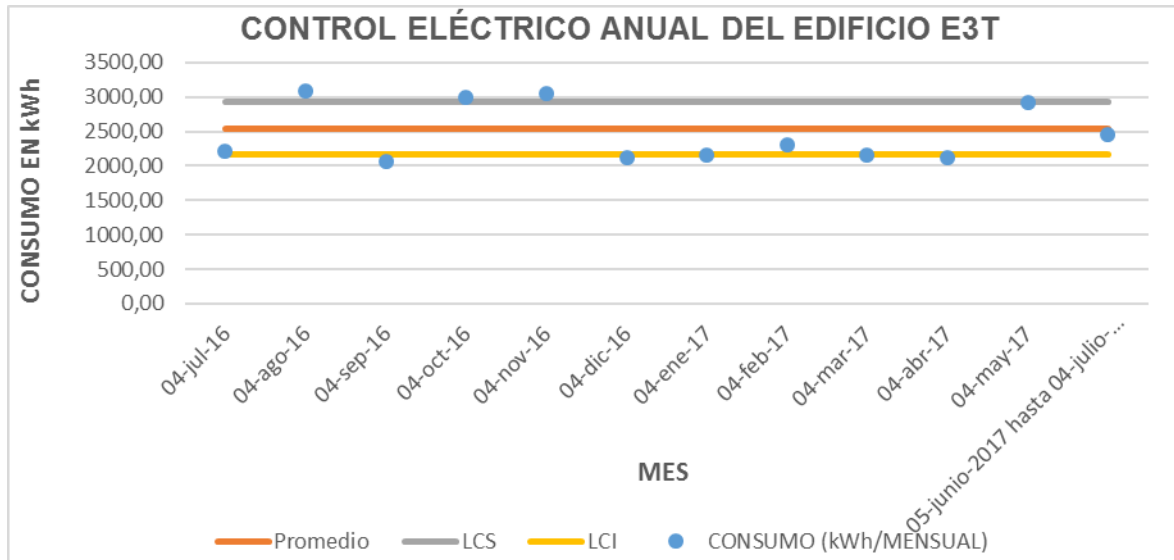
Según las variables de la MSGIE, se especifica los datos necesarios para realizar el diagrama de control (consumo promedio (CP), la desviación estándar (DS), el límite de control superior (LCS) y el límite de control inferior (LCI)) en las siguientes tablas 20 y 21 respectivamente. Los cálculos se presentan en un archivo adjunto llamado Anexo 1.

## GRÁFICO DE CONTROL ANUAL

**Tabla 20. Análisis de variable en el proceso de control anual.**

CONSUMO PROMEDIO-CP	2 470,88 [kWh]
DESVIACIÓN ESTÁNDAR-DS	413,36 [kWh]
LÍMITE DE CONTROL SUPERIOR-LCS	2 743,33 [kWh]
LÍMITE DE CONTROL INFERIOR-LCI	2 198,44 [kWh]

**Figura 24. Control eléctrico anual del edificio E3T.**



Según lo registrado en la figura 24 indica que existe una inestabilidad en el consumo energético anual debido al decaimiento o aumento brusco del consumo de energía, ya que existen algunos valores que sobrepasan el límite superior (2 743,33 [kWh]) e inferior (2 198,44 [kWh]), donde el valor más crítico ocurrió el mes de agosto de 2016 con un valor de 3 091,56 [kWh/Mes], dicho mes tuvo jornadas de clase normal y completas sin ninguna interrupción, por otra parte, el mes de septiembre 2016 registro el menor consumo con un valor de 2 067,33 [kWh/Mes] debido a que no hubo activada académica solo se encontraba el personal administrativo.

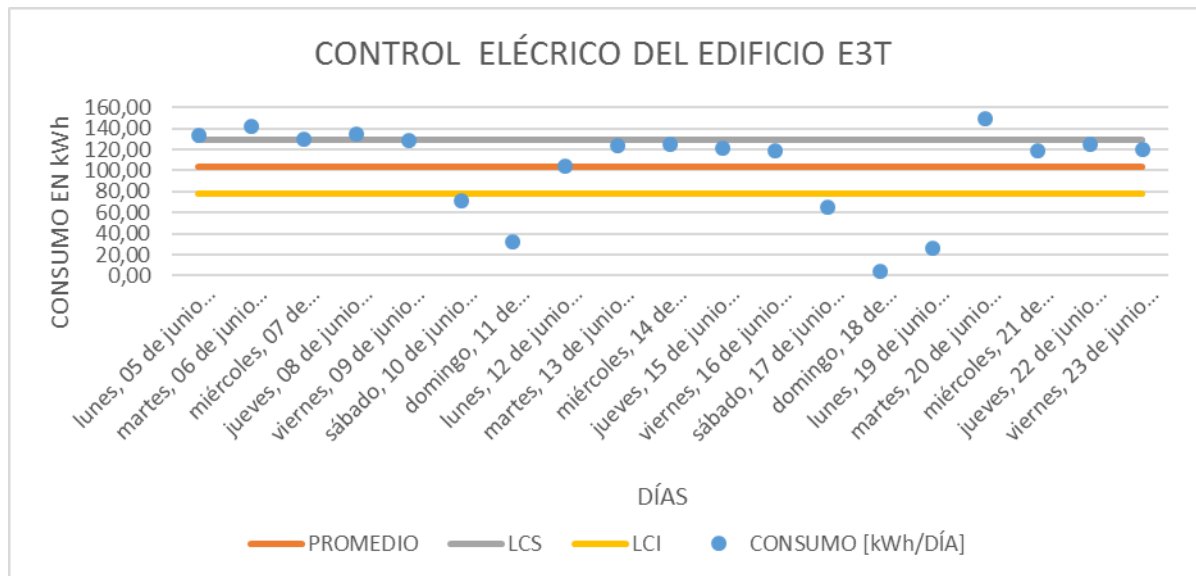
Se aclara que el anterior grafico de control anual solo se realizo con el fin tener una idea del registro histórico del consumo energía en el edificio E3T, por ende, no se utiliza para relacionar o cruzar información con los gráficos de control mensual que se presentan a continuación, ya que en este informe se enfoca únicamente en el análisis de la energía que registro el analizador de redes, instalado en los bornes del transformador durante un mes.

## GRÁFICO DE CONTROL MENSUAL

Tabla 21. Análisis de variable en el proceso de control del 05/jun/2017 hasta 23/jun/2017.

CONSUMO PROMEDIO-CP	103,88 [kWh]
DESVIACIÓN ESTÁNDAR-DS	42,56 [kWh]
LÍMITE DE CONTROL SUPERIOR-LCS	129,58 [kWh]
LÍMITE DE CONTROL INFERIOR-LCI	78,17 [kWh]

Figura 25. Control eléctrico del edificio E3T del 05/jun/2017 hasta 23/jun/2017.



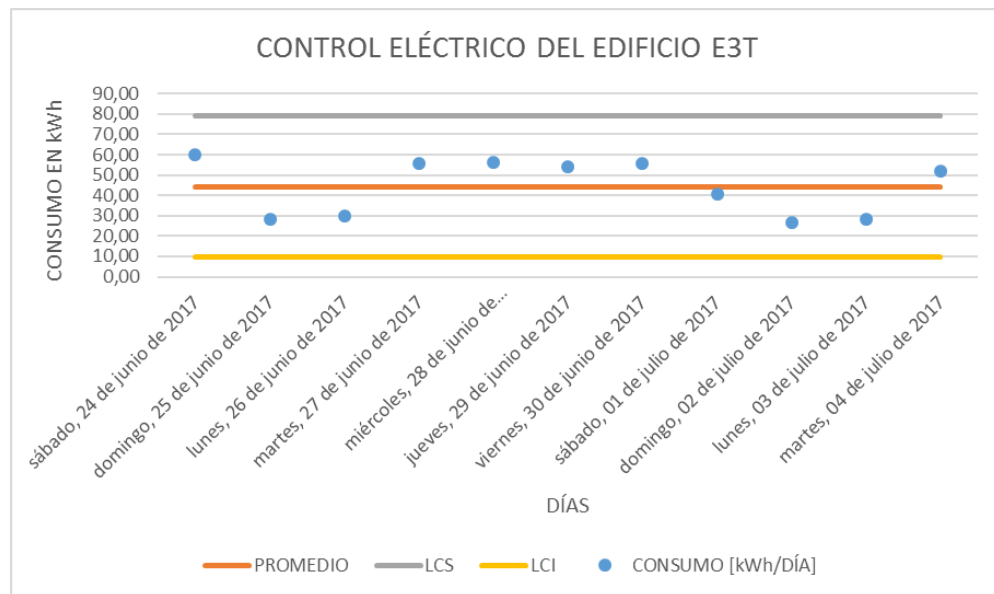
Según lo registrado en la figura 25 indica que existe una baja inestabilidad en el consumo energético en los 19 días, debido al decaimiento o aumento brusco del consumo de energía, ya que existen algunos valores que sobrepasan el límite superior (129,58 [kWh]) e inferior (78,17 [kWh]), donde el valor más crítico ocurrió

el martes 20 de junio de 2017 con un valor de 149,32 [kWh/Mes], dicho día tuvo una jornada de clase normal pero con alta concentración de estudiantes, profesores y visitantes y sin ninguna interrupción, por otra parte, los días domingos registran consumos muy pequeños, y en la jornada normal de clase el consumo que está por debajo del límite inferior es el día lunes 19 de junio de 2017 con un valores de 25,86 [kWh/Mes] .

**Tabla 22. Análisis de variable en el proceso de control de 24/jun/2017 hasta 04/jul/2017.**

CONSUMO PROMEDIO-CP	44,35 [kWh]
DESVIACIÓN ESTÁNDAR-DS	13,53 [kWh]
LÍMITE DE CONTROL SUPERIOR-LCS	79,26 [kWh]
LÍMITE DE CONTROL INFERIOR-LCI	9,43 [kWh]

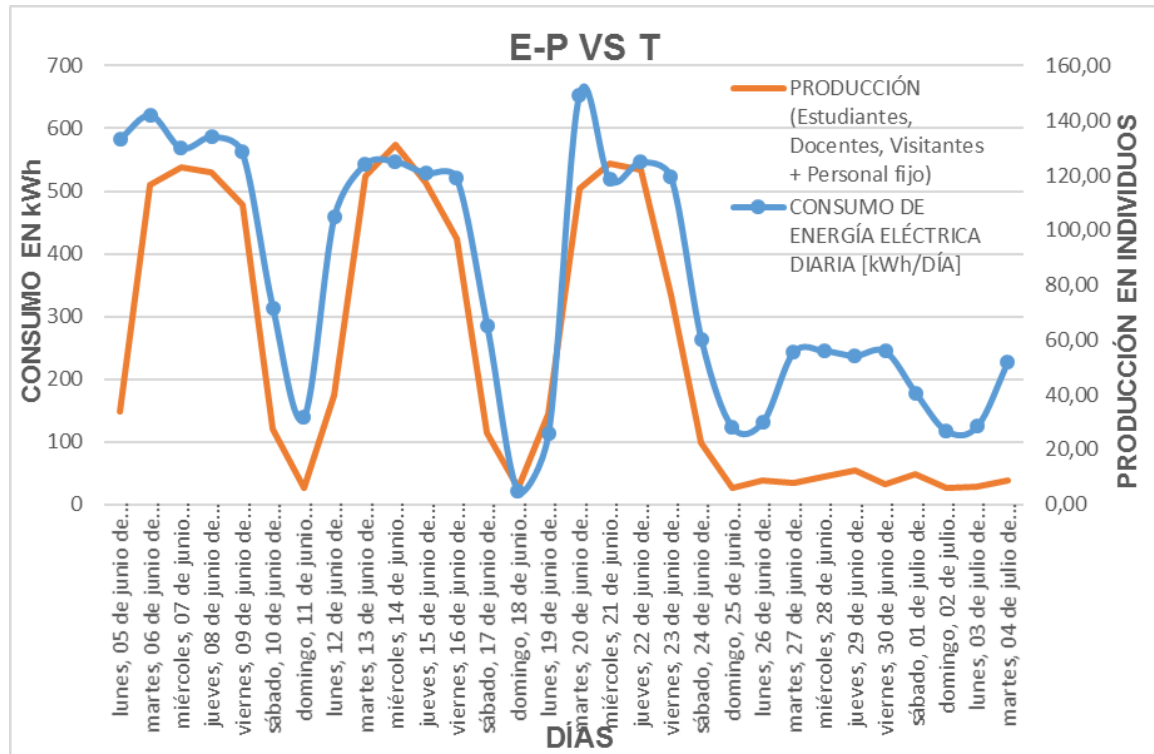
**Figura 26. Control eléctrico del edificio E3T del 24/jun/2017 hasta 04/jul/2017.**



Según lo registrado en la figura 26 indica que existe una estabilidad en el consumo energético en los 11 días, debido que es una rutina encender los mismos equipos eléctricos por parte del personal administrativo, por lo que la demanda energética permanece dentro del límite superior (79,26 [kWh]) e inferior (9,43 [kWh]), donde el valor crítico más alto ocurrió el sábado 24 de junio de 2017 con un valor de 59,9 [kWh/Mes], dicho día tuvo una jornada de clase normal para estudiantes en especialización. En este intervalo de días el personal docente y estudiantes se encuentran en receso académico excepto el personal administrativo.

**3.1.1. Comportamiento de consumo y producción en el tiempo (E-P VS T).** La energía eléctrica en cualquiera de los ámbitos laborales varía respecto a la producción (tomando como referencia los docentes, estudiantes, visitantes y el personal que trabaja en el edificio), se representa gráficamente en un diagrama en el cual la variable Y hace referencia al consumo en kWh y a la producción, y la variable X a los períodos de tiempo correspondientes al año 2017, tal como se referencia en la figura 27. Para el comportamiento de los datos se identificaron los factores que producen variaciones significativas en los consumos del edificio.

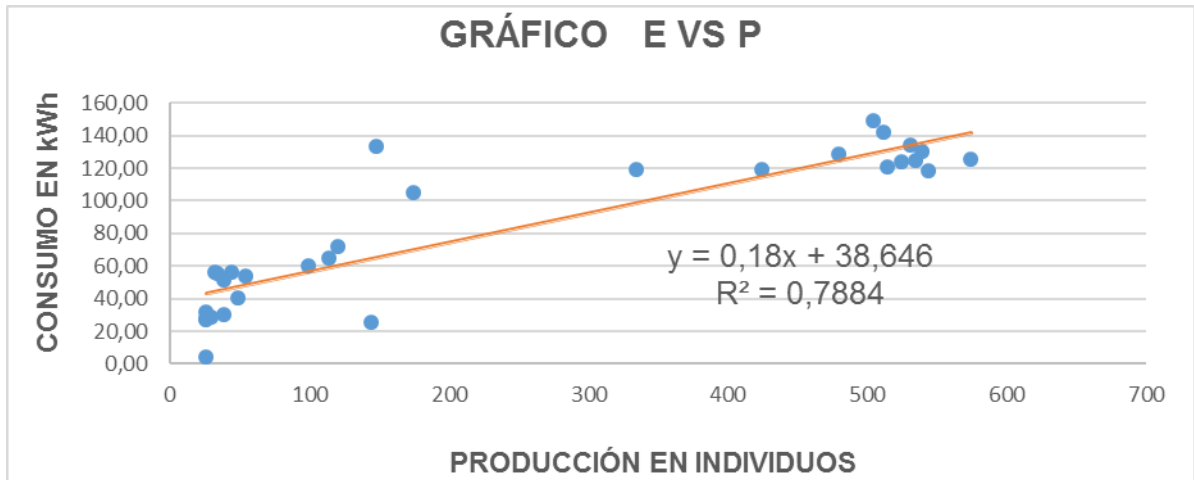
Figura 27. E-P VS T.



En la figura 27 se observa que existen días con un comportamiento estable, aunque el día martes 20 junio de 2017 presenta un consumo muy alto haciendo notorio la diferencia entre el consumo en kWh/Día y la producción en individuos, por otra parte, a partir del receso académico desde el 23 junio de 2017 empieza a crear diferencias notorias entra las dos curvas.

**3.1.2. Gráfico de consumo- producción (E VS P).** Para realizar un monitoreo de la eficiencia del sistema de consumo de energía, se establece la relación entre el consumo y producción realizada durante un período de tiempo determinado. La producción es definida por el total de personas que estuvieron en el edificio de la E3T en los diferentes pisos, durante el mismo período.

Figura 28. E VS P.



De la figura 28 se obtiene la ecuación 1 de la línea de tendencia la cual relaciona producción en individuos y consumo.

$$E = 0,18P + 38,65 \text{ [kWh/Día]} \quad (1)$$

Esta ecuación busca establecer una estimación del comportamiento del consumo de energía eléctrica para una producción (individuos) en el día, lo cual indica que ante la ausencia del personal ósea  $P=0$  en un día aleatorio, la energía será de 38,65 [kWh/Día] para el edificio E3T.

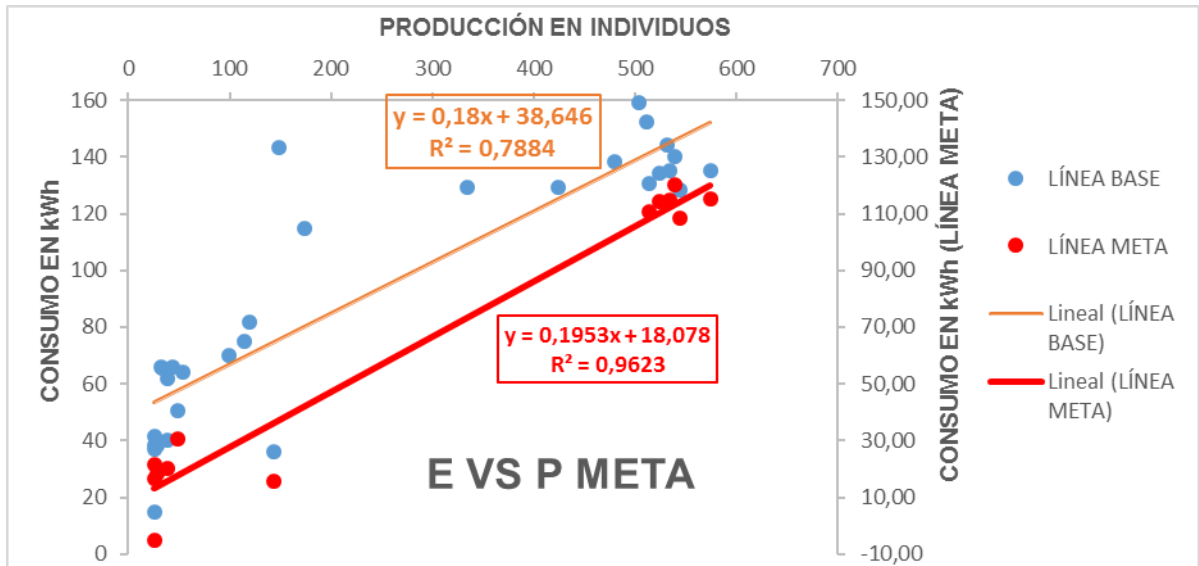
El índice de correlación o también conocida como coeficiente de correlación lineal (de Pearson) es de 0,79 pero se recomienda que esté por encima de 0,8, indicando que existen algunos inconvenientes entre las dos variables ya que no se encuentran fuertemente relacionadas entre sí. El valor de la energía asociado a la ausencia del personal en la edificación es de 38,65 kWh/Día, este valor se debe a los siguientes factores:

1. Servicio de centro de estudio que se encuentra en el primer piso contando con aparatos eléctricos como la nevera y el dispensador de café, lo cual se dejan conectados (encendidos) constantemente cuando no hay personal, adicionalmente también se deja encendida la nevera del quinto piso en ausencia del personal administrativo que por estado de antigüedad tiende a ser menos ahorradora, con pocos tiempos muertos de refrigeración.
2. Para el sistema de iluminación de las áreas comunes como pasillos y baños, se detecta que estas zonas están frecuentemente iluminadas en ausencia del personal que hace uso del edificio (docentes, estudiantes, visitantes y personal administrativo).

### **3.1.3. Gráfico de consumo – producción línea base y línea meta (E VS P META).**

La figura 29 E Vs P, permite determinar la línea base; a partir de ella se construye una nueva línea de tendencia (línea meta), la cual es elaborada con todos los puntos que están por debajo de la línea de tendencia base (color naranja) ya que dichos puntos indican el consumo mínimo esperado en el edificio, este criterio se basa en la guía de la norma ISO 50001 lo cual es una implementación de un Sistema de Gestión de la Energía.

**Figura 29. E VS P LÍNEA META.**



Para el caso analizado se muestra un potencial de ahorro dado por la diferencia del consumo de la línea base y el estimado de la línea meta (38,65 – 18,08 kWh/Día).

Según el SGIE, para analizar adecuadamente el desempeño del índice de consumo energético y evaluar los efectos de la eficiencia energética del mismo, es necesario obtener los valores teóricos de índice de consumo partiendo de la ecuación 1 de la línea base de consumo, es decir comparar los valores esperados del IC contra los valores medidos. [1].

**3.1.4. Gráfico índice de consumo- producción (IC VS P).** Este diagrama se realiza luego de haber obtenido la ecuación 2 del diagrama E Vs. P con un nivel de correlación significativo, la cual es de la forma:

$$E = 0,18P + 38,65 \text{ [kWh/Día]} \quad (2)$$

El gráfico  $IC$  vs  $P$  es una línea curva con una asíntota en el eje x, en el valor de la pendiente  $m$  de la expresión  $E(p)$ . La expresión de la curva se obtiene de la

siguiente forma:

$$E = mP + EO \quad (3)$$

$$IC = E/P = m + EO/P \quad (4)$$

$$IC = m + EO/P \quad (5)$$

Dónde:

E: consumo de energía en el período seleccionado.

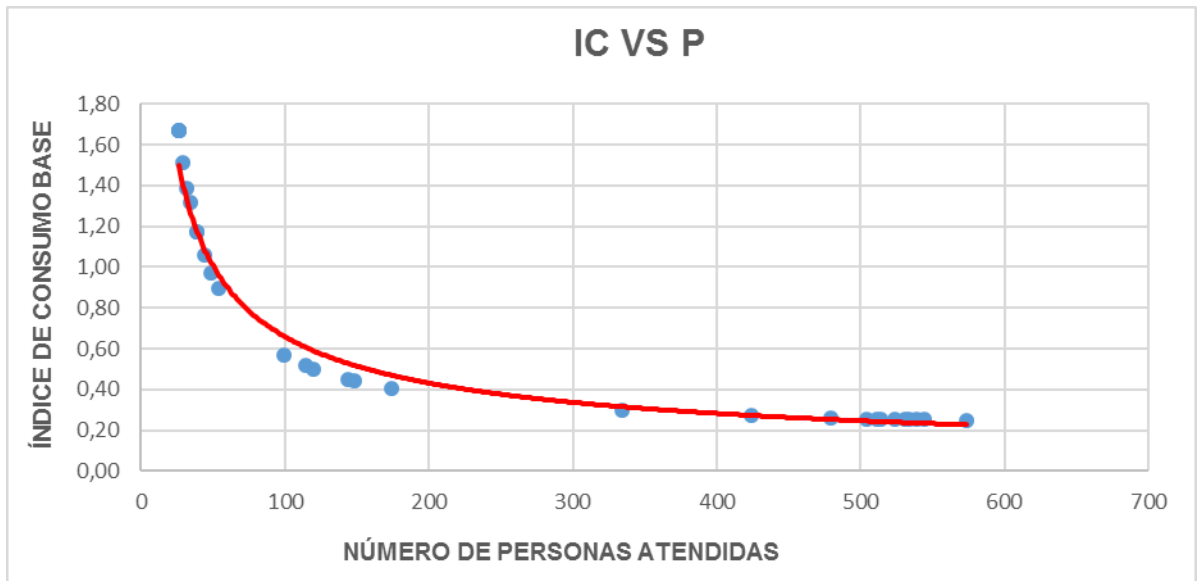
P: Producción en individuos asociada en el período seleccionado

m: Pendiente de la recta.

EO: Intercepto de la recta en eje Y (energía asociado a la ausencia del personal).

mP: Energía asociada directamente a el proceso productivo.

**Figura 30. IC VS P.**



Una de las causas de la baja correlación entre el consumo energético y la producción está asociada a que en el proceso productivo o de servicios se incluyen actividades que consumen energía y no se reflejan en la producción o servicios

incluidos en el índice. Este es el caso que se presenta en la situación analizada, en el cual podemos observar que a un menor número de personas se presenta un mayor índice de consumo [2].

De acuerdo con la teoría respecto a la línea base y el valor de la energía no asociada al proceso productivo y el coeficiente de determinación o coeficiente cuadrático de correlación  $R^2$ , indica que se puede considerar adecuado un coeficiente  $\geq 0,75$ .

En el caso del edificio E3T,  $R^2 = 0,79$  lo cual indica una buena correlación entre los parámetros representados en el diagrama de la figura 28, y, por lo tanto, para el índice de consumo base de la figura 30 no refleja adecuadamente la relación existente entre el consumo energético y la actividad productiva.

## **4. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO**

El objetivo de un diagnóstico energético es determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía. Consiste en el análisis y estudio de todas las formas y fuentes de energía que utiliza un inmueble. Este análisis se hace de manera crítica en la instalación consumidora de energía, para así, establecer el punto de partida para la implementación y control de un programa de ahorro de energía. El estudio determina dónde y cómo es utilizada la misma además de especificar cuanta es desperdiciada, así como los sistemas y programas a realizar para elevar la eficiencia del uso de energía del inmueble. El diagnóstico nos dará la información apropiada para establecer los planes y procedimientos adecuados para lograr las metas de ahorro y eficiencia. [17]

Como el sistema de iluminación del edificio esta automatizado las posibles medidas de ahorro son mayores, ya que cuenta con los sensores de presencia y además cuenta con un sistema progresivo de iluminación, donde se evidencia principalmente en aulas u oficinas, el cual detecta la cantidad lumínica del lugar lo que permite aumentar o disminuir la iluminancia de acuerdo con los limites programados. Pero si es importante conocer que se esté cumpliendo los niveles de iluminancia exigido por el RETILAP.

### **4.1. SISTEMA DE ILUMINACIÓN**

Los sistemas de iluminación artificial son importantes a la hora de iluminar ambientes con poca luz natural durante el día y lo más importante durante la noche, dichos sistemas son conformados por variedades de luminarias de diferentes estilos dependiendo de su forma, tamaño, y calidad.



En este capítulo se realiza el estudio de la iluminación en oficinas, aulas de clase, pasillos, baños, centro de estudio, sala de profesores catedra, entre otros, con el fin de evidenciar el estado actual de la iluminación en el edificio. Los cálculos se presentan en un archivo adjunto llamado Anexo 2.

#### 4.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN INTERIOR DE LA E3T

Las características del sistema de iluminación del edificio E3T se describen en la tabla 23 y 24.

**Tabla 23. Iluminación edificio E3T.**

TIPO DE LUMINARIA	IMAGEN	POTENCIA
LUMINARIA FLUORESCENTE BAÑADORA 1X28 GENERAL ELECTRIC T5		28 W
LUMINARIA FLUORESCENTE 4X14 PHILIPS TL5		14 W
BALA FLUORESCENTE DULUX COMPACTA 1X26 W		26 W

TIPO DE LUMINARIA	IMAGEN	POTENCIA
<p>LUMINARIA FLUORESCENTE 2X32W BALASTO DIMERIZABLE PHILIS TL841</p>	 <p>A Philips TL841 fluorescent tube, 32W, 1100K, with a green and white body and gold pins at one end.</p>	<p>32W</p>
<p>LUMINARIA FLUORESCENTE 2X28 W PHILIPS TL5</p>	 <p>A Philips TL5 fluorescent tube, 28W, 640, with a silver and white body and gold pins at one end.</p>	<p>28 W</p>

**Tabla 24. Iluminación del edificio E3T.**


PISO 1 + SOTANO			
ILUMINACIÓN	PORTALAMPARAS (LUMINARIA)		
	TUBO FLUORESCENTE	2 TUBOS FLUORESCENTES	4 TUBOS FLUORESCENTES
LUMINARIA FLUORESCENTE 1X28 W BAÑADORA	2		
LUMINARIA FLUORESCENTE 2X28 W		29	
LUMINARIA FLUORESCENTE 4X14 W DOBLE BALASTO			71
BALA FLUORESCENTE COMPACTA 1X26 W	3		
PISO 2			
ILUMINACIÓN	PORTALAMPARAS (LUMINARIA)		
	TUBO FLUORESCENTE	2 TUBOS FLUORESCENTES	4 TUBOS FLUORESCENTES
LUMINARIA FLUORESCENTE 1X28 W BAÑADORA	12		
LUMINARIA FLUORESCENTE 2X28 W		17	
LUMINARIA FLUORESCENTE 4X14 W DOBLE BALASTO			53
BALA FLUORESCENTE COMPACTA 1X26 W	1		
PISO 3			
ILUMINACIÓN	PORTALAMPARAS(LUMINARIA)		
	TUBO FLUORESCENTE	2 TUBOS FLUORESCENTES	4 TUBOS FLUORESCENTES
LUMINARIA FLUORESCENTE 1X28 W BAÑADORA	12		
LUMINARIA FLUORESCENTE 2X28 W		17	
LUMINARIA FLUORESCENTE 4X14 W DOBLE BALASTO			53
BALA FLUORESCENTE COMPACTA 1X26 W	1		
PISO 4			
ILUMINACIÓN	PORTALAMPARAS (LUMINARIA)		
	TUBO FLUORESCENTE	2 TUBOS FLUORESCENTES	4 TUBOS FLUORESCENTES
LUMINARIA FLUORESCENTE 1X28 W BAÑADORA	10		
LUMINARIA FLUORESCENTE 2X28 W		17	
LUMINARIA FLUORESCENTE 4X14 W DOBLE BALASTO			58
BALA FLUORESCENTE COMPACTA 1X26 W	1		
PISO 5			
ILUMINACIÓN	PORTALAMPARAS (LUMINARIA)		
	TUBO FLUORESCENTE	2 TUBOS FLUORESCENTES	4 TUBOS FLUORESCENTES
LUMINARIA FLUORESCENTE 1X28 W BAÑADORA	10		
LUMINARIA FLUORESCENTE 2X28 W		17	
LUMINARIA FLUORESCENTE 4X14 W DOBLE BALASTO			37
LUMINARIA FLUORESCENTE 2X32W BALASTO DIMERIZABLE	1		
BALA FLUORESCENTE COMPACTA 1X26 W	6		

### 4.3. EQUIPO PARA MEDICIÓN DE ILUMINANCIA

En la actualidad existen muchos instrumentos de medición de iluminancia pero todos funcionan bajo el principio de captación de la luz artificial lo cual excita una celda fotoeléctrica que luego es convertida en impulsos eléctricos, y que a través del algoritmo de conversión e interpretación muestra en la pantalla el valor en lux (unidad de medida) de acuerdo a la escala que se haya seleccionado, esto dependerá de la iluminancia que se perciba en cada ambiente de medición, por lo que puede arrojar valores muy pequeños con baja iluminancia o altos ( hasta varias decenas de millares de luxes) para lugares con gran cantidad de iluminación.

**4.3.1. Equipo utilizado.** Se midió la iluminancia en cada área del edificio con un luxómetro marca MATERMAN modelo LM631 mostrado en la Figura 31 junto con sus especificaciones técnicas.

Figura 31. Luxómetro [18]

	<b>LM631 Specifications (at 23°C±5°C, &lt;75% R.H. non-condensing)</b>	
	<b>Visual Light Intensity</b>	
	Ranges	20 lux, 200 lux, 2000 lux, 20000 lux 20 fc, 200 fc, 2000 fc, 20000 fc
	Total Accuracy	For CIE standard illuminant A (2856K): ± ( 3 % rdg + 10 dgts)
	Temperature Coefficient	0.1 x (specified accuracy)/°C (< 18 °C or > 28 °C), 0.056 x (specified accuracy)/°F (< 64.4 °F or > 82.4 °F)
	Resolution	0.01 lux; 0.01 fc
	Spectral Response	CIE photopic – CIE standard illuminant A
	Acceptance Angle	f ' 2 < 2 %; cosine corrected (150 °)
	Peak Hold Response Time	> 50 mS pulse light
	Analog Output	1 mV = 1 lux or 10 mV = 1 fc, nominal, continuous output

#### **4.4. MEDICIÓN DE ILUMINANCIA EN LAS DEPENDENCIAS DEL EDIFICIO E3T**

**Procedimiento.** Se estableció de la siguiente forma la medición de los niveles de iluminancia:

1. Se inspeccionó cada uno de los lugares del edificio para saber cómo se iba a bordar cada una de las mediciones, teniendo en cuenta el área, la disposición del lugar y las alturas.
2. El orden de medición fue el siguiente; aulas de clase, oficinas, centro de estudios, baños, pasillos, sala de profesores catedra. En algunos lugares se midió la iluminancia en la mañana, tarde, y noche, en el caso de las oficinas y el primer piso no se midió en la noche debido a que no se encuentran realizando alguna actividad crítica de lectura. Lo anterior tal como exige el RETILAP.
3. Teniendo en cuenta las dimensiones del lugar y la configuración de las luminarias se utiliza el método correspondiente para la medición de la iluminancia como establece el RETILAP en la sección 490, lo cual especifica los procedimientos para las mediciones fotométricas en iluminación interior.
4. Habiendo medido en cada uno de los lugares del edificio y obteniendo los valores en cada punto de medición, se calculó la iluminancia promedio de acuerdo a cada método utilizado, y se compararon dichos valores con los máximos, promedios y mínimos establecidos en la sección 410.1 de acuerdo a las recomendaciones instauradas por el RETILAP, lo cual cita los niveles de iluminación o iluminancia dependiendo el tipo de recinto y actividad.

## **MEDICIÓN DE ILUMINANCIA GENERAL EN UN ESPACIO CERRADO**

A continuación, se especifica como se realizó la medición de iluminancia de acuerdo a la sección 490.1 del RETILAP.

Para mediciones de precisión, el espacio debe ser dividido en cuadrados y la iluminancia se mide en el centro de cada cuadrado y a la altura del plano de trabajo. Para la verificación de diseños se deberán usar las mismas mallas y alturas de cálculo empleadas.

Para tomar las lecturas el sensor del luxómetro se debe colocar en el plano de trabajo, si no se especifica este parámetro, se considera un plano imaginario de trabajo de 0,75 m, sobre el nivel del suelo para trabajar sentados y de 0,85 m para trabajos de pie. Esto se puede lograr por medio de un soporte portátil sobre el cual se coloca el sensor.

La luz día se puede excluir de las lecturas, ya sea tomándolas en la noche o mediante persianas, superficies opacas que no permiten la penetración de la luz día.

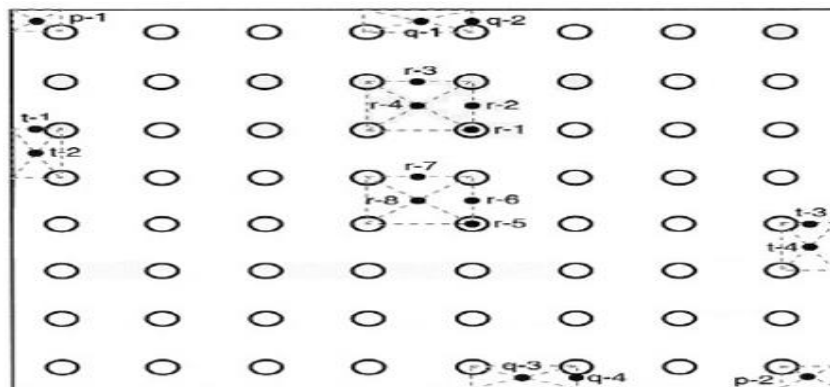
El área se debe dividir en pequeños cuadrados, tomando lecturas en cada cuadrado y calculando la media aritmética. Una cuadrícula de 0,6 metros es apropiada para muchos espacios. [19]

**Figura 32. Luxómetro a la altura del nivel de trabajo de 0,75 m.**



- Medición de iluminancia promedio, en áreas regulares con luminarias espaciadas simétricamente en dos o más filas. Ver Figura 33.

**Figura 33. Medición en el área de trabajo para la iluminancia promedio.**



Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de áreas con luminarias espaciadas simétricamente en dos o más filas.

En la Ecuación 6 se define el cálculo de la iluminación promedio.

$$E_{prom} = \frac{R(N-1)(M-1)+Q(N-1)+T(M-1)+P}{NM} \quad (6)$$

Donde:

$E_{prom}$  = Iluminación promedio

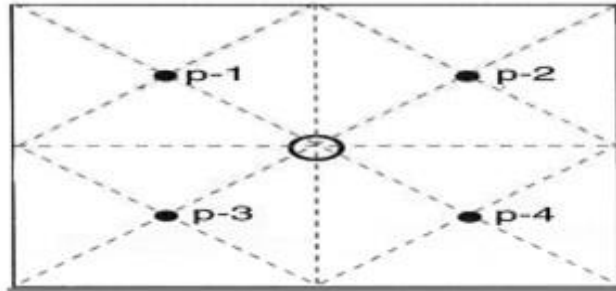
$N$  = Número de luminarias por fila.

$M$  = Número de filas.

1. Se toman lecturas en los puntos r-1, r-2, r-3 y r-4 para una cuadrícula típica interior. Se repite a los puntos r-5, r-6, r-7 y r-8 para una cuadrícula típica central, se promedian las 8 lecturas. Este es el valor R de la Ecuación 6 de la iluminancia promedio.
2. Se toman lecturas en los puntos q-1, q-2, q-3, y q-4, en dos cuadrículas típicas de cada lado del salón. El promedio de estas cuatro lecturas es el valor Q de la Ecuación 6 de la iluminancia promedio.
3. Se toman lecturas en los puntos t-1, t-2, t-3, y t-4 en dos cuadrículas típicas de cada final del salón, se promedian las cuatro lecturas. Este es el valor T de la ecuación 6 de la iluminancia promedio.
4. Se toman lecturas en los puntos p-1, p-2, en dos cuadrículas típicas de las esquinas, se promedian las dos lecturas. Este es el valor P de la Ecuación 6 de la iluminancia promedio.
5. Se determina la iluminancia promedio en el área utilizando la Ecuación 6 de  $E_{prom}$ .

- Áreas regulares luminaria simple con localización simétrica. Ver Figura 34

**Figura 34. Medición en el área de trabajo para la iluminancia promedio.**

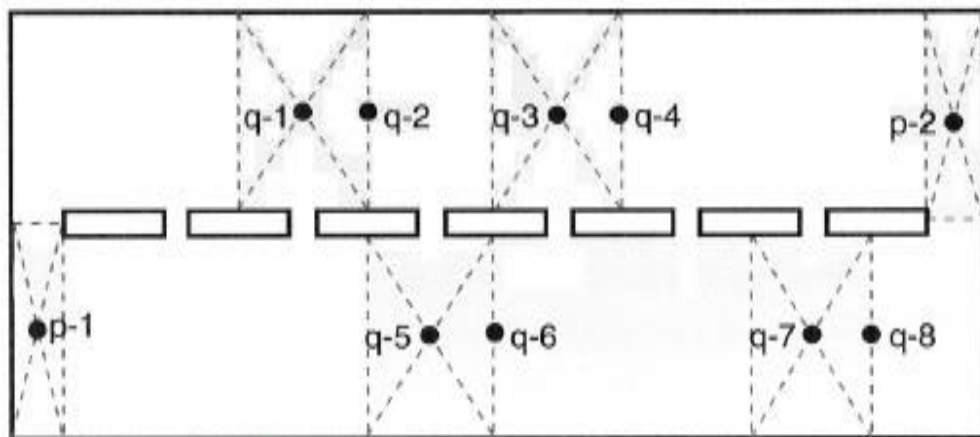


**Puntos de medición de iluminancia de una luminaria en la cuadrícula de área con una sola luminaria.**

Se toman lecturas en los puntos p-1, p-2, p-3, y p-4, en todas las cuatro cuadrículas, se promedian las cuatro lecturas. Este es el valor P de la Ecuación de la iluminancia promedio del área en la Figura 34.

- Áreas regulares con luminarias individuales en una sola fila. Ver Figura 35.

**Figura 35. Medición en el área de trabajo para la iluminancia promedio.**



Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con luminarias individuales en una sola fila.

$$E_{prom} = \frac{Q(N-1)+P}{N} \quad (7)$$

Donde:

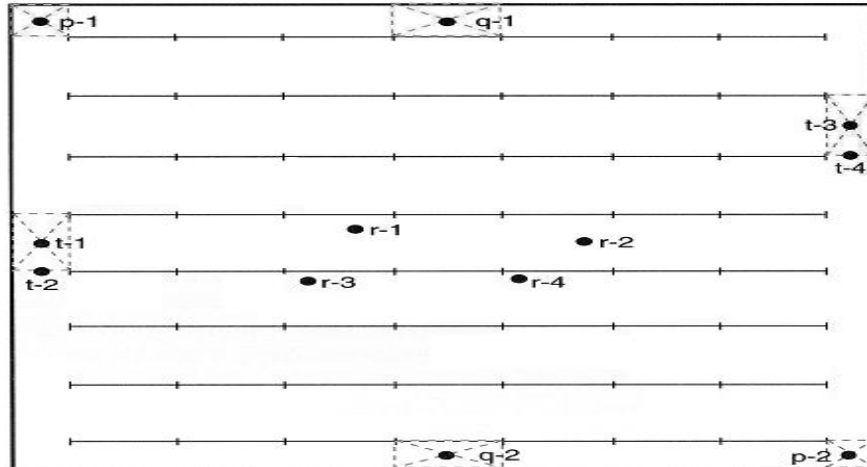
**E<sub>Prom</sub>** : Iluminancia promedio

**N** : Número de luminarias

1. Se toman lecturas en los puntos q-1, hasta q-8, en cuatro cuadrículas típicas, localizadas dos en cada lado del área. Se promedian las 8 lecturas. Este es el valor de Q de la ecuación 7 de la iluminancia promedio.
2. Se toman lecturas en los puntos p-1, y p-2, para dos cuadrículas típicas de las esquinas. Se promedian las 2 lecturas. Este es el valor P de la ecuación 7 de la iluminancia promedio.
3. Se determina la iluminancia promedio en el área utilizando la ecuación 7 de E<sub>prom</sub>.

- Áreas regulares con luminarias de dos o más filas. Ver Figura 36.

**Figura 36. Medición en el área de trabajo para la iluminancia promedio.**



Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con dos o más filas de luminarias

$$E_{prom} = \frac{RN(M-1)+QN+T(M-1)+P}{M(N+1)} \quad (8)$$

Donde:

**E<sub>Prom</sub>** : Iluminancia promedio

**N** : Número de luminarias por fila

**M** : Número de filas.

1. Se toman lecturas en los puntos r-1, r-2, r-3 y r-4 localizados en el centro del área y se promedian las 4 lecturas. Este es el valor R de la ecuación 8 de la iluminancia promedio.
2. Se toman lecturas en los puntos q-1, y q-2, localizadas en la mitad de cada lado del salón y entre la fila de luminarias más externa y la pared. El promedio de estas dos lecturas es el valor Q de la ecuación 8 de la iluminancia promedio.

3. Se toman lecturas en los puntos t-1, t-2, t-3, y t-4 en cada final del salón. Se promedian las cuatro lecturas. Este es el valor T de la ecuación 8 de la iluminancia promedio.
4. Se toman lecturas en los puntos p-1, p-2, en dos cuadrículas típicas de las esquinas. Se promedian las dos lecturas. Este es el valor P de la ecuación 8 de la iluminancia promedio.
5. Se determina la iluminancia promedio en el área utilizando la ecuación 8 de  $E_{prom}$ .

**4.4.1. Valoración de resultados.** Dentro de los criterios considerados para evaluar los niveles de iluminancia obtenidos en el edificio de la E3T se toma como referencia la sección 410.1 del RETILAP y se extrae los siguientes valores acorde al recinto y a la actividad.

**Tabla 25. Niveles de iluminancia exigibles para diferentes áreas y actividades.**  
[19].

Tipo de recinto y actividad	Niveles de iluminancia (lx)		
	Mínimo.	Medio.	Máximo.
<b>Áreas generales en las edificaciones</b>			
Áreas de circulación, corredores	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	100	150	200
Vestidores, baños.	100	150	200
Almacenes, bodegas.	100	150	200
<b>Oficinas</b>			
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	300	500	750
Oficinas abiertas	500	750	1 000
Oficinas de dibujo	500	750	1 000
Salas de conferencia	300	500	750

Tipo de recinto y actividad		Niveles de iluminancia (lx)		
		Mínimo.	Medio.	Máximo.
<b>Colegios y centros educativos</b>				
<b>Salones de clase</b>	Iluminación general	300	500	750
	Tableros	300	500	750
	Elaboración de planos	500	750	1 000
<b>Salas de conferencias</b>	Iluminación general	300	500	750
	Tableros	500	750	1 000
	Bancos de demostración	500	750	1 000
	Laboratorios	300	500	750
	Salas de arte	300	500	750
	Talleres	300	500	750
	Salas de asamblea	150	200	300

#### 4.5. UNIFORMIDAD

Según el RETILAP en la sección 410.4 permite establecer valores de referencia para la uniformidad, con el fin de evitar las molestias debidas a los cambios bruscos de luminancia la tarea debe ser iluminada de la forma más uniforme posible. La relación entre el valor del nivel de iluminación existente en el área del puesto donde se realiza la tarea y el alumbrado general no debe ser inferior a lo establecido [19] en la tabla 26.

**Tabla 26. Uniformidades según el nivel de iluminancia en cada área.**

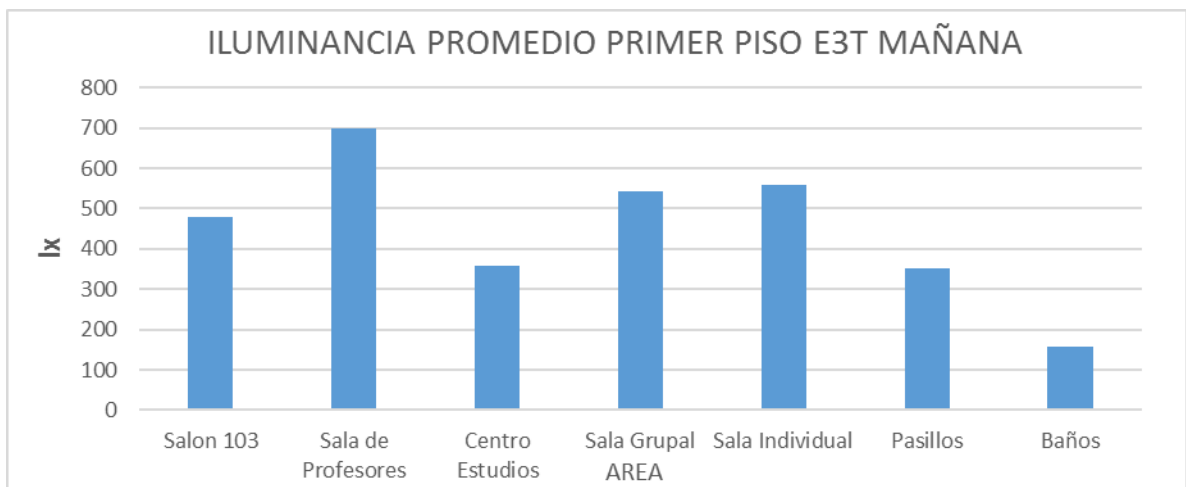
Iluminancia de tarea (lx)	Uniformidad ( $E_{min}/E_{prom}$ )
Mayor o igual a 750	Mayor o igual a 0,5
500	
300	
Menor o igual a 200	

En las siguientes tablas se describe con detalle el estado de la iluminancia en cada sitio de trabajo del edificio con sus respectivas gráficas durante el día (mañana, tarde, noche para algunos casos). Los datos mostrados especifican los valores máximos y mínimos medidos además se obtiene la iluminancia promedio en los espacios interiores lo cual se contrasta con los límites de la tabla 25. Existen áreas de trabajo que se encuentran por encima de los límites de iluminancia y áreas de trabajo que están por debajo de los límites de iluminancia.

**Tabla 27. Niveles de iluminancia Primer piso en horas de la mañana.**

PRIMER PISO E3T MAÑANA				
Área	DATOS (lx)		Uniformidad Emin/Eprom	% Cumplimiento Eprom/Emax
	Eprom	Emin		
Salón 103	480	320	0,67	64%
Sala de Profesores	698	610	0,87	93%
Centro Estudios	359	272	0,76	48%
Sala Grupal	542	420	0,77	72%
Sala Individual	557	470	0,84	74%
Pasillos	352	316	0,90	235%
Baños	156	135	0,87	78%

**Figura 37. Niveles de iluminancia Primer piso en horas de la mañana.**



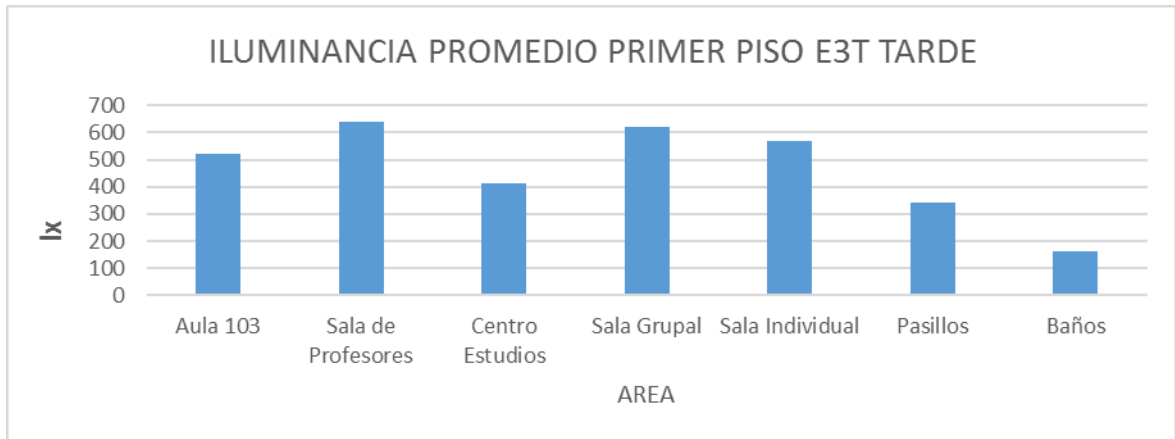
Para el primer piso en horas de la mañana la Uniformidad y el porcentaje de cumplimiento están dentro de los límites del RETILAP expuesto en las tablas 25, 26 respectivamente, excepto los pasillos ya que el Eprom está por encima del valor máximo permitido por el reglamento, por otra parte, todos los valores del Eprom

están por encima del rango mínimo de iluminancia, Nota: El Emax es valor máximo establecido por el RETILAP.

**Tabla 28. Niveles de iluminancia Primer piso en horas de la tarde.**

PRIMER PISO E3T TARDE				
Área	DATOS (lx)		Uniformidad Emin/Eprom	% Cumplimiento Eprom/Emax
	Eprom	Emin		
Aula 103	520	335	0,64	69%
Sala de Profesores	640	490	0,77	85%
Centro Estudios	412	312	0,76	55%
Sala Grupal	620	480	0,77	83%
Sala Individual	570	424	0,74	76%
Pasillos	340	260	0,76	227%
Baños	163	133	0,82	82%

**Figura 38. Niveles de iluminancia Primer piso en horas de la tarde.**

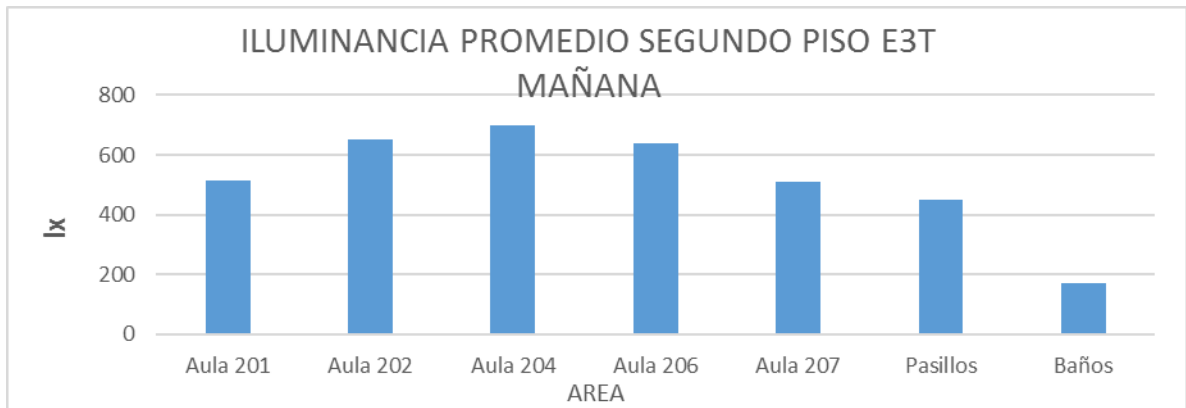


Para el primer piso en horas de la tarde la Uniformidad y el porcentaje de cumplimiento están dentro de los límites del RETILAP expuesto en las tablas 25, 26 respectivamente, excepto los pasillos ya que el Eprom está por encima del valor máximo permitido por el reglamento, por otra parte, todos los valores del Eprom están por encima del rango mínimo de iluminancia, Nota: El Emax es valor máximo establecido por el RETILAP.

**Tabla 29. Niveles de iluminancia Segundo piso en horas de la mañana.**

SEGUNDO PISO E3T MAÑANA				
Área	DATOS (lx)		Uniformidad Emin/Eprom	% Cumplimiento Eprom/Emax
	Eprom	Emin		
Aula 201	515	310	0,60	69%
Aula 202	650	400	0,62	87%
Aula 204	700	498	0,71	93%
Aula 206	640	347	0,54	85%
Aula 207	512	272	0,53	68%
Pasillos	450	325	0,72	300%
Baños	171	138	0,81	86%

**Figura 39. Niveles de iluminancia Segundo piso en horas de la mañana.**

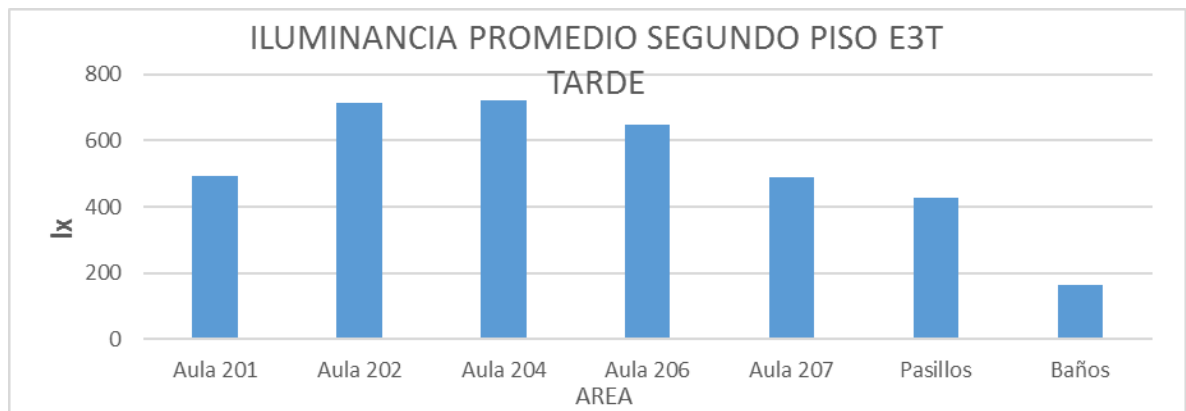


Para el segundo piso en horas de la mañana la Uniformidad y el porcentaje de cumplimiento están dentro de los límites del RETILAP expuesto en las tablas 25, 26 respectivamente, excepto los pasillos ya que el Eprom está por encima del valor máximo permitido por el reglamento, por otra parte, todos los valores del Eprom están por encima del rango mínimo de iluminancia, Nota: El Emax es valor máximo establecido por el RETILAP.

**Tabla 30. Niveles de iluminancia Segundo piso en horas de la tarde.**

SEGUNDO PISO E3T TARDE				
Área	DATOS (lx)		Uniformidad Emin/Eprom	% Cumplimiento Eprom/Emax
	Eprom	Emin		
Aula 201	492	300	0,61	66%
Aula 202	714	480	0,67	95%
Aula 204	720	620	0,86	96%
Aula 206	650	380	0,58	87%
Aula 207	490	264	0,54	65%
Pasillos	426	290	0,68	284%
Baños	162	138	0,85	81%

**Figura 40. Niveles de iluminancia Segundo piso en horas de la tarde.**

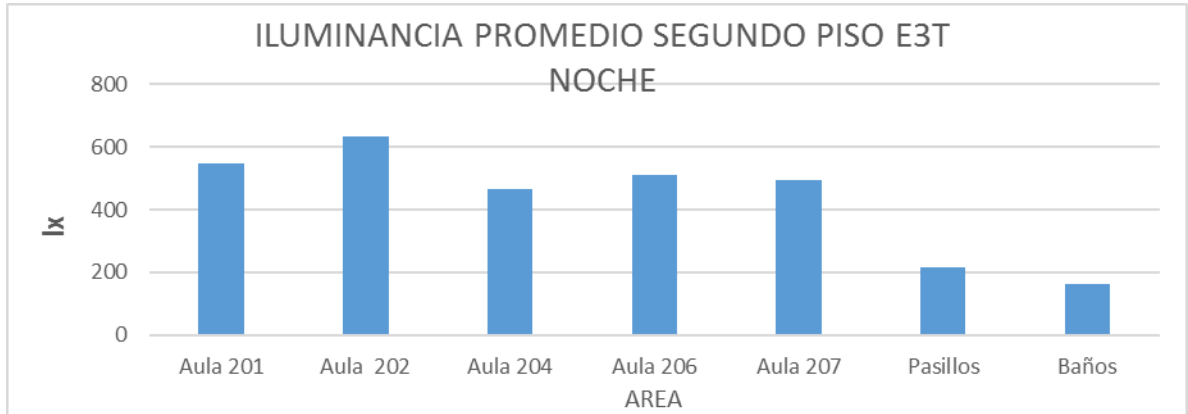


Para el segundo piso en horas de la tarde la Uniformidad y el porcentaje de cumplimiento están dentro de los límites del RETILAP expuesto en las tablas 25, 26 respectivamente, excepto los pasillos ya que el Eprom está por encima del valor máximo permitido por el reglamento, por otra parte, todos los valores del Eprom están por encima del rango mínimo de iluminancia, Nota: El Emax es valor máximo establecido por el RETILAP.

**Tabla 31. Niveles de iluminancia Segundo piso en horas de la noche.**

SEGUNDO PISO E3T NOCHE				
Área	DATOS (lx)		Uniformidad Emin/Eprom	% Cumplimiento Eprom/Emax
	Eprom	Emin		
Aula 201	546	418	0,77	73%
Aula 202	632	535	0,85	84%
Aula 204	467	265	0,57	62%
Aula 206	512	285	0,56	68%
Aula 207	494	197	0,40	66%
Pasillos	215	156	0,73	143%
Baños	162	138	0,85	81%

**Figura 41. Niveles de iluminancia Segundo piso en horas de la noche.**

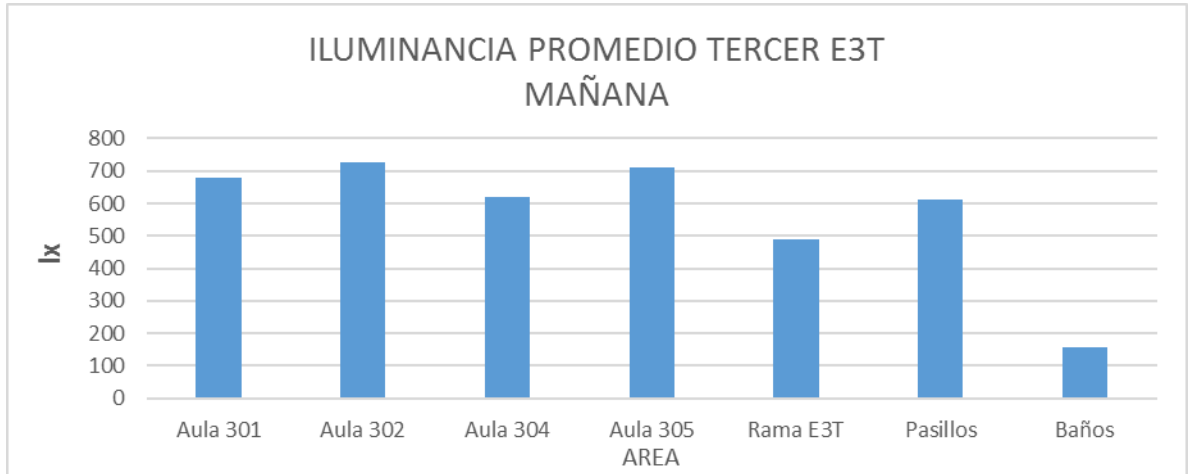


Para el segundo piso en horas de la noche la Uniformidad y el porcentaje de cumplimiento están dentro de los límites del RETILAP expuesto en las tablas 25, 26 respectivamente, excepto los pasillos ya que el Eprom está por encima del valor máximo permitido por el reglamento y el aula 207 el valor de la uniformidad se encuentra por debajo de 0,5. Por otra parte, todos los valores del Eprom están por encima del rango mínimo de iluminancia, Nota: El Emax es valor máximo establecido por el RETILAP.

**Tabla 32. Niveles de iluminancia Tercer piso en horas de la mañana.**

TERCER PISO E3T MAÑANA				
Área	DATOS (Ix)		Uniformidad Emin/Eprom	% Cumplimiento Eprom/Emax
	Eprom	Emin		
Aula 301	680	494	0,73	91%
Aula 302	725	577	0,80	97%
Aula 304	620	367	0,59	83%
Aula 305	712	380	0,53	95%
Rama E3T	490	290	0,59	65%
Pasillos	611	520	0,85	407%
Baños	157	138	0,88	79%

**Figura 42. Niveles de iluminancia Tercer piso en horas de la mañana.**

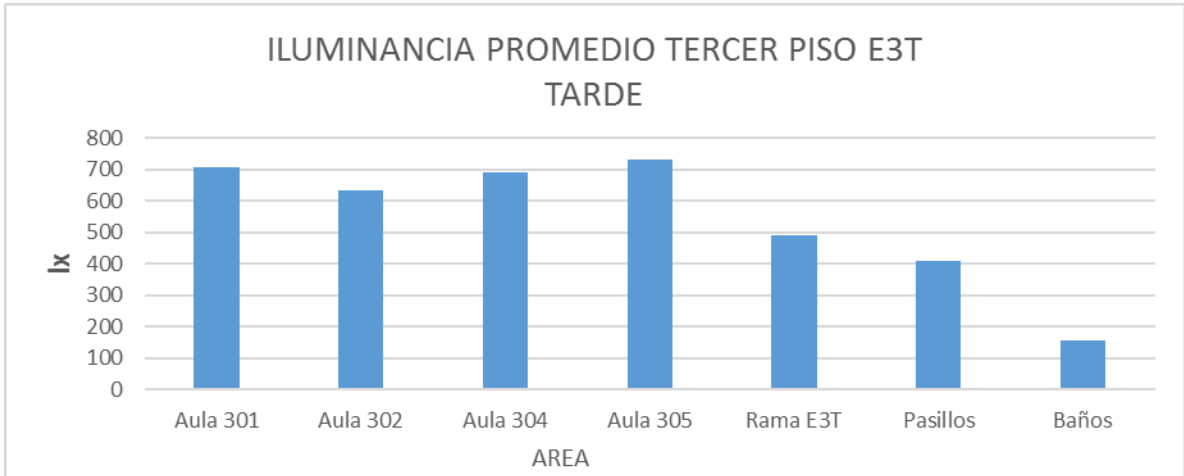


Para el tercer piso en horas de la mañana la Uniformidad y el porcentaje de cumplimiento están dentro de los límites del RETILAP expuesto en las tablas 25, 26 respectivamente, excepto los pasillos ya que el Eprom está por encima del valor máximo permitido por el reglamento, por otra parte, todos los valores del Eprom están por encima del rango mínimo de iluminancia, Nota: El Emax es valor máximo establecido por el RETILAP.

**Tabla 33. Niveles de iluminancia Tercer piso en horas de la tarde.**

TERCER PISO E3T TARDE				
Área	DATOS (lx)		Uniformidad Emin/Eprom	% Cumplimiento Eprom/Emax
	Eprom	Emin		
Aula 301	705	398	0,56	94%
Aula 302	634	412	0,65	85%
Aula 304	690	380	0,55	92%
Aula 305	731	454	0,62	97%
Rama E3T	490	250	0,51	65%
Pasillos	410	342	0,83	273%
Baños	154	127	0,82	77%

**Figura 43. Niveles de iluminancia Tercer piso en horas de la tarde.**

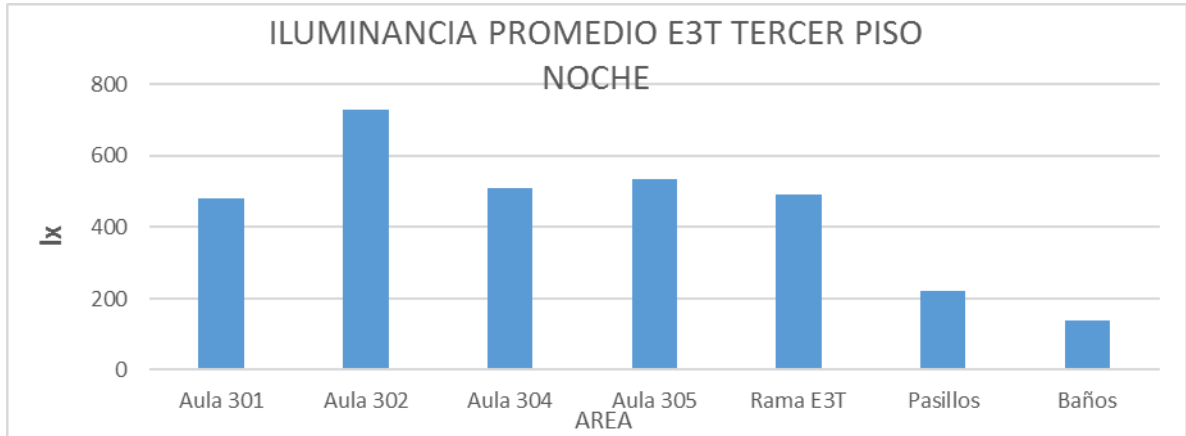


Para el tercer piso en horas de la tarde la Uniformidad y el porcentaje de cumplimiento están dentro de los límites del RETILAP expuesto en las tablas 25, 26 respectivamente, excepto los pasillos ya que el Eprom está por encima del valor máximo permitido por el reglamento, por otra parte, todos los valores del Eprom están por encima del rango mínimo de iluminancia, Nota: El Emax es valor máximo establecido por el RETILAP.

**Tabla 34. Niveles de iluminancia Tercer piso en horas de la noche.**

TERCER PISO E3T NOCHE				
Área	DATOS (lx)		Uniformidad Emin/Eprom	% Cumplimiento Eprom/Emax
	Eprom	Emin		
Aula 301	480	220	0,46	64%
Aula 302	729	512	0,70	97%
Aula 304	508	194	0,38	68%
Aula 305	534	205	0,38	71%
Rama E3T	490	250	0,51	65%
Pasillos	220	130	0,59	147%
Baños	140	119	0,85	70%

**Figura 44. Niveles de iluminancia Tercer piso en horas de la noche.**

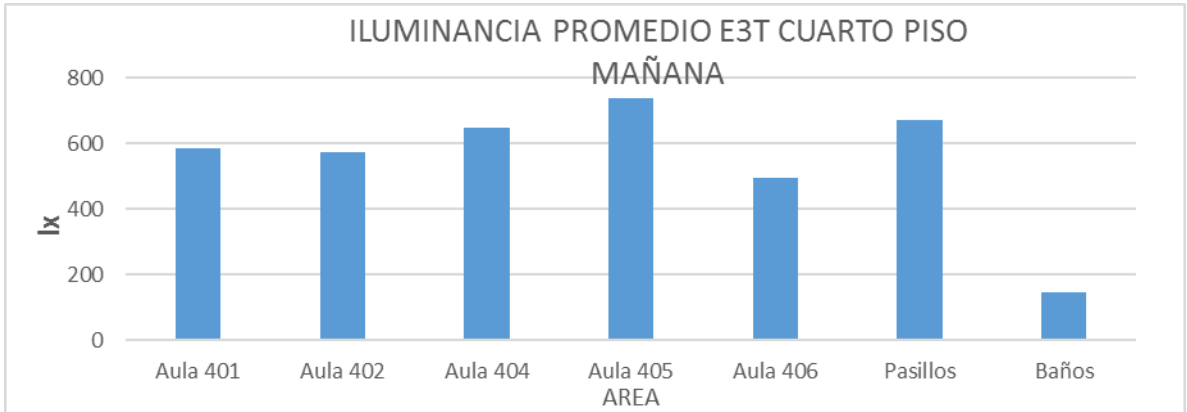


Para el tercer piso en horas de la noche la Uniformidad y el porcentaje de cumplimiento están dentro de los límites del RETILAP expuesto en las tablas 25, 26 respectivamente, excepto los pasillos ya que el Eprom está por encima del valor máximo permitido por el reglamento y el aula 301, 304, 305 el valor de la uniformidad se encuentra por debajo de 0,5. Por otra parte, todos los valores del Eprom están por encima del rango mínimo de iluminancia, Nota: El Emax es valor máximo establecido por el RETILAP.

**Tabla 35. Niveles de iluminancia Cuarto piso en horas de la mañana.**

CUARTO PISO E3T MAÑANA				
Área	DATOS (lx)		Uniformidad Emin/Eprom	% Cumplimiento Eprom/Emax
	Eprom	Emin		
Aula 401	587	413	0,70	78%
Aula 402	575	283	0,49	77%
Aula 404	650	426	0,66	87%
Aula 405	740	579	0,78	99%
Aula 406	496	267	0,54	66%
Pasillos	670	588	0,88	447%
Baños	147	133	0,90	74%

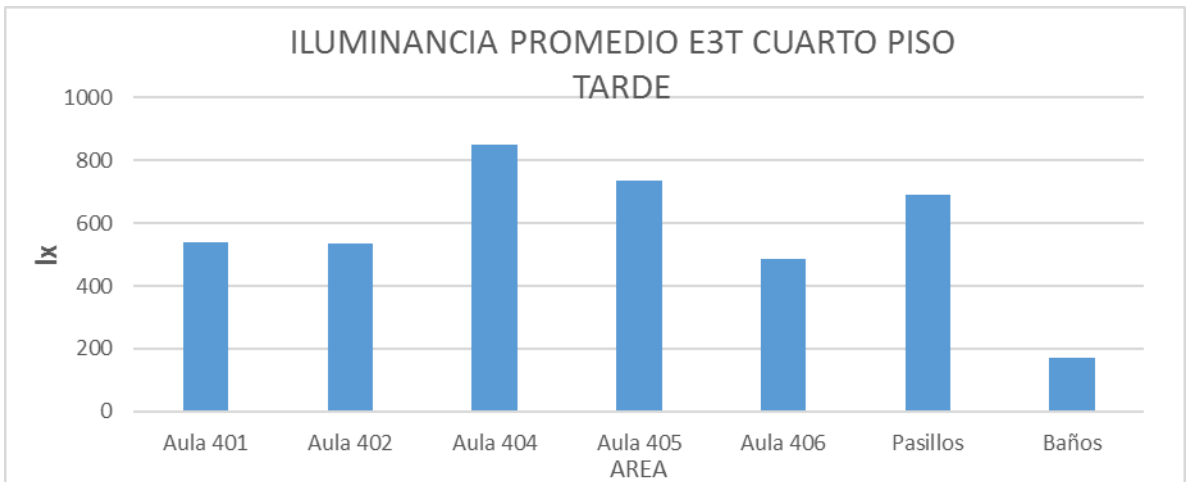
**Figura 45. Niveles de iluminancia Cuarto piso en horas de la mañana.**



**Tabla 36. Niveles de iluminancia Cuarto piso en horas de la tarde.**

CUARTO PISO E3T TARDE				
Área	DATOS (lx)		Uniformidad Emin/Eprom	% Cumplimiento Eprom/Emax
	Eprom	Emin		
Aula 401	537	387	0,72	72%
Aula 402	535	210	0,39	71%
Aula 404	851	475	0,56	113%
Aula 405	735	519	0,71	98%
Aula 406	486	227	0,47	65%
Pasillos	688	590	0,86	459%
Baños	171	144	0,84	86%

**Figura 46. Niveles de iluminancia Cuarto piso en horas de la tarde.**



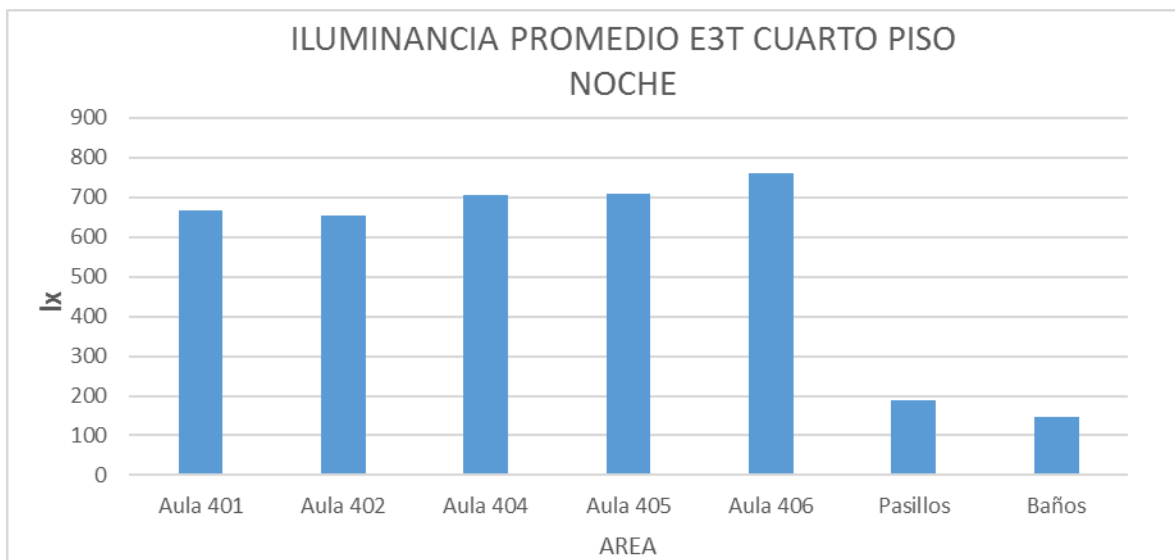
Para el cuarto piso en horas de la tarde la Uniformidad y el porcentaje de

cumplimiento están dentro de los límites del RETILAP expuesto en las tablas 25, 26 respectivamente, excepto los pasillos y aula 404 ya que el Eprom está por encima del valor máximo permitido por el reglamento y el aula 402, 406 el valor de la uniformidad se encuentra por debajo de 0,5. Por otra parte, todos los valores del Eprom están por encima del rango mínimo de iluminancia, Nota: El Emax es valor máximo establecido por el RETILAP.

**Tabla 37. Niveles de iluminancia Cuarto piso en horas de la noche.**

CUARTO PISO E3T NOCHE				
Área	DATOS (lx)		Uniformidad Emin/Eprom	% Cumplimiento Eprom/Emax
	Eprom	Emin		
Aula 401	668	263	0,39	89%
Aula 402	654	270	0,41	87%
Aula 404	707	428	0,61	94%
Aula 405	708	505	0,71	94%
Aula 406	762	635	0,83	102%
Pasillos	190	145	0,76	127%
Baños	146	132	0,90	73%

**Figura 47. Niveles de iluminancia Cuarto piso en horas de la noche.**



Para el cuarto piso en horas de la noche la Uniformidad y el porcentaje de cumplimiento están dentro de los límites del RETILAP expuesto en las tablas 25, 26

respectivamente, excepto los pasillos y aula 406 ya que el Eprom está por encima del valor máximo permitido por el reglamento y el aula 401, 402 el valor de la uniformidad se encuentra por debajo de 0,5. Por otra parte, todos los valores del Eprom están por encima del rango mínimo de iluminancia, Nota: El Emax es valor máximo establecido por el RETILAP.

**Tabla 38. Niveles de iluminancia Quinto piso en horas de la mañana.**

QUINTO PISO E3T MAÑANA				
Área	DATOS (lx)		Uniformidad Emin/Eprom	% Cumplimiento Eprom/Emax
	Eprom	Emin		
Coordinación de Calidad	579	310	0,54	77%
Coordinación de Posgrado	654	404	0,62	87%
Coordinación Especialización	525	420	0,80	70%
Coordinación de Pregrado	540	477	0,88	72%
Secretaría de Pregrados	371	342	0,92	49%
Secretaría de Posgrados	423	390	0,92	56%
Sala de Reuniones	538	358	0,67	72%
Dirección E3T	421	320	0,76	56%
Pasillos	580	460	0,79	387%
Baños	234	180	0,77	117%

**Figura 48. Niveles de iluminancia Quinto piso en horas de la mañana.**

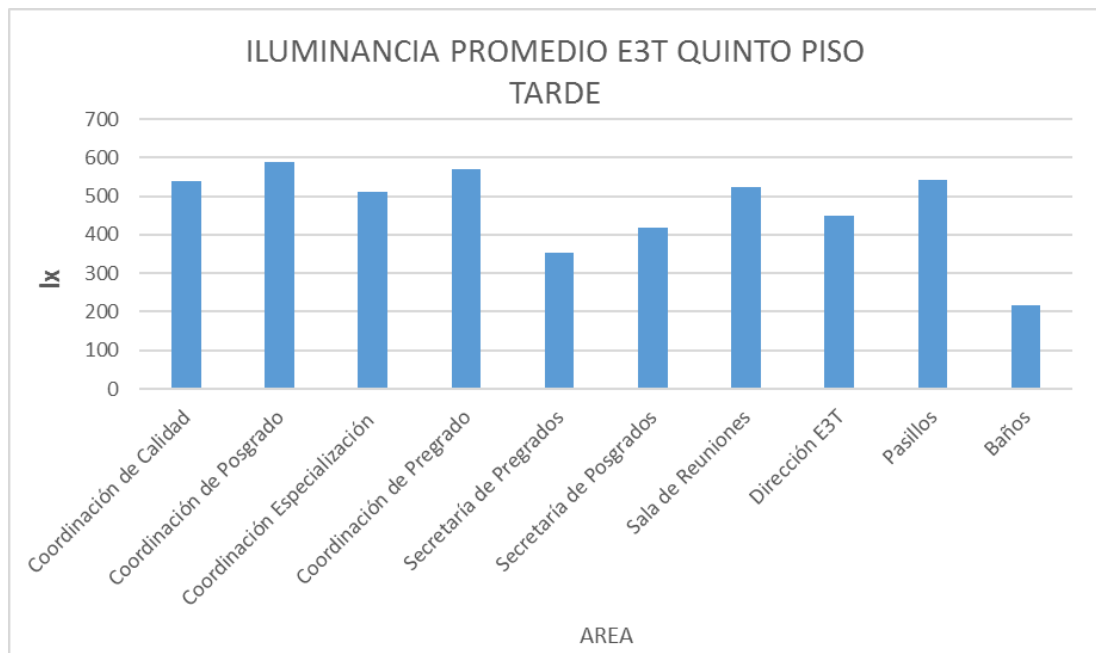


Para el quinto piso en horas de la mañana la Uniformidad y el porcentaje de cumplimiento están dentro de los límites del RETILAP expuesto en las tablas 25, 26 respectivamente, excepto los pasillos y baños ya que el Eprom está por encima del valor máximo permitido por el reglamento, por otra parte, todos los valores del Eprom están por encima del rango mínimo de iluminancia, Nota: El Emax es valor máximo establecido por el RETILAP.

**Tabla 39. Niveles de iluminancia Quinto piso en horas de la tarde.**

QUINTO PISO E3T TARDE				
Área	DATOS (lx)		Uniformidad Emin/Eprom	% Cumplimiento Eprom/Emax
	Eprom	Emin		
Coordinación de Calidad	540	290	0,54	72%
Coordinación de Posgrado	590	379	0,64	79%
Coordinación Especialización	512	397	0,78	68%
Coordinación de Pregrado	570	480	0,84	76%
Secretaría de Pregrados	354	304	0,86	47%
Secretaría de Posgrados	417	345	0,83	56%
Sala de Reuniones	524	336	0,64	70%
Dirección E3T	450	350	0,78	60%
Pasillos	541	424	0,78	361%
Baños	216	167	0,77	108%

**Figura 49. Niveles de iluminancia Quinto piso en horas de la tarde.**



Para el quinto piso en horas de la tarde la Uniformidad y el porcentaje de cumplimiento están dentro de los límites del RETILAP expuesto en las tablas 25, 26 respectivamente, excepto los pasillos y baños ya que el Eprom está por encima del valor máximo permitido por el reglamento, por otra parte, todos los valores del Eprom están por encima del rango mínimo de iluminancia, Nota: El Emax es valor máximo establecido por el RETILAP.

#### **4.6. ANÁLISIS TERMOGRÁFICO**

La termografía ha sido hasta el momento la herramienta más significativa en cualquier campo de trabajo hasta para la búsqueda de personas en selvas tropicales, en la medicina, en la fundición de metales entre otras. Es un método que consiste en la identificación de temperaturas elevadas o diferencias de temperaturas en cualquier tipo de cuerpo a distancias seguras, además los cuerpos pueden estar en movimiento o quietos.

Se ha realizado el análisis termográfico en la E3T en bornes del transformador, barrajes, tableros generales de baja tensión y los interruptores termomagnéticos (totalizadores), examinando las diferencias de temperaturas en los componentes mecánicos de los equipos mencionados anteriormente, no se le realizó a la transferencia automática y al seccionador tripolar bajo carga debido que era imposible abrir las puertas y por seguridad.

La finalidad de la termografía es la detección temprana de posibles daños o deterioros en los contactos de los equipos, barrajes, y conductores, además permite dar un diagnóstico predictivo y preventivo lo cual si hacen a tiempo se evitarían fallas y se lograría una reparación inmediata.

Se realizó la termografía en el edificio de la E3T en los días con mayor carga registrada el 19/jul/2017 con una temperatura ambiente de 27°C. El equipo utilizado es la Cámara Termográfica Fluke Ti32 y el análisis por medio del software SmartView 4.2.

## CARACTERÍSTICAS GENERALES

**Equipo utilizado** a Cámara termográfica Fluke Ti 32 hace la detección a través de emisiones infrarrojas permitiendo establecer rangos de temperaturas críticas tanto de referencia como la más alta en cualquier punto que se analiza.

Figura 50. Características técnicas cámara termografía [10].



**FLUKE** 

Especificaciones generales	
Temperatura de trabajo	De -10 °C a +50 °C (de 14 °F a 122 °F)
Temperatura de almacenamiento	-20 °C a +50 °C (-4 °F a 122 °F) sin baterías
Humedad relativa	10% a 95% sin condensación
Pantalla	LCD VGA (640 x 480) panorámica en color, diagonal de 9,1 cm (3,7 pulg.) con retroiluminación y cubierta protectora transparente
Controles y ajustes	Escala de temperatura seleccionable por el usuario (°C/°F) Selección de idioma Ajuste de fecha/hora Selección de emisividad Compensación de temperatura reflejada de fondo Corrección de la transmitancia Puntos fríos y calientes y punto central en la imagen seleccionables por el usuario (otros marcadores y formas personalizables en el software SmartView®) Alarma de temperatura alta Nivel de retroiluminación seleccionable por el usuario: brillo máximo o automático Información en pantalla seleccionable por el usuario
Software	SmartView®; software completo de análisis y generación de informes incluido
Baterías	Dos baterías recargables de ión-litio inteligentes; con indicador de nivel de carga de cinco LEDs
Duración de la batería	Más de cuatro horas de uso ininterrumpido por batería (con retroiluminación de pantalla al 50%)
Tiempo de carga de las baterías	2,5 horas para carga completa
Carga de las baterías a la red de CA	Cargador CA para dos baterías (de 110 VCA a 220 VCA, 50/60 Hz) (incluido), o carga dentro de la cámara. Adaptador de alimentación CA incluido. Adaptador de carga opcional de 12 V para automóvil.
Funcionamiento con CA	Funcionamiento con la fuente de alimentación incluida (de 110 VCA a 220 VCA, 50/60 Hz). Adaptador de alimentación CA incluido.
Ahorro de energía	Activación del modo de espera después de 5 minutos de inactividad; apagado automático tras 30 minutos de inactividad
Normativas de seguridad	CSA (EE. UU. y CAN): C22.2 N° 61010-1-04, UL: UL STD 61010-1 [2ª edición], ISA: 82.02.01
Compatibilidad electromagnética	Cumple todos los requisitos aplicables de la norma EN61326-1:2006
C Tick	IEC/EN 61326-1
FCC de EE. UU.	CFR 47, parte 15, clase B
Vibraciones	0,03 g2/Hz (3,8 g), IEC 68-2-6
Impactos	25 g, IEC 68-2-29
Caída	2 metros (6,5 pies) con la lente estándar
Tamaño (L x An x Al)	27,7 cm x 12,2 cm x 17 cm (10,9 pulg. x 4,8 pulg. x 6,7 pulg.)
Peso (batería incluida)	1,05 kg (2,3 lb)
Grado de protección	IP54 [protección contra polvo, entrada limitada; protección contra salpicaduras de agua desde cualquier dirección]
Garantía	Dos años (estándar), disponibles garantías ampliadas
Ciclo de calibración recomendado	Dos años (suponiendo un funcionamiento y desgaste normales)
Idiomas soportados	Alemán, checo, chino simplificado, chino tradicional, coreano, español, finés, francés, inglés, italiano, japonés, polaco, portugués, ruso, sueco y turco
<b>Temperatura</b>	
Rango de medida de la temperatura (sin calibrar por debajo de -10 °C)	-20 °C a +600 °C (-4 °F a +1112 °F)
Precisión de la medida de temperatura	± 2 °C ó 2% (a 25 °C nominales, el valor que sea mayor)
Corrección de emisividad en pantalla	Sí
Compensación de la temperatura reflejada de fondo en pantalla	Sí
Corrección de transmitancia en pantalla	Sí

El software SmartView 4.2 permite la variación de la paleta de colores para la definición del contraste de acuerdo a cada situación facilitando la visualización de los puntos calientes. Cada material cuenta con un valor de emisividad diferente, 0,77 para transformadores, tableros, barrajes, hierro laminado en caliente, seccionadores y para conductores eléctricos con caucho una emisividad de 0,95.

**Tasas de prioridad de reparaciones.** El personal de mantenimiento tiene la necesidad de priorizar los esfuerzos para lograr las reparaciones. Por esta razón le proveemos de una tasa de prioridad de reparaciones para cada anomalía identificada en este reporte.

Aunque si bien, estas tasas de prioridad le ayudaran a priorizar y a ordenar sus esfuerzos en el mantenimiento: usted debe entender que las curvas de falla de muchos componentes eléctricos y mecánicos no son lineales ni predecibles. Por consiguiente, se recomienda investigar y reparar todas las anomalías reportadas tan pronto como sea posible. Una vez reparadas, se recomienda sean re-inspeccionadas para asegurarse que la reparación ha eliminado el problema potencial y que la temperatura ha regresado a su nivel “normal”.

Rango de valoración para termografía y actuación según el nivel de relevancia obtenida.

**Tabla 40. Valoración y niveles de relevancia por temperatura. [11].**

PRIORIDAD	EXCESO DE TEMPERATURA - $\Delta T$	CONSIDERACIONES	RELEVANCIA
CÓDIGO A	0°C a 10°C (32°F a 50°F)	No es necesaria ninguna actuación hasta la próxima termografía que se programe.	Normal
CÓDIGO B	10°C a 20°C (50°F a 68°F)	Se deben tomar medidas correctivas cuando el proceso lo permita, antes de (3) meses.	Leve
CÓDIGO C	20°C a 40°C (68°F a 104°F)	Medidas correctivas son requeridas tan pronto sea posible, antes de treinta (30) días.	Grave
CÓDIGO D	40°C o superior (104 °F o superior)	Indicación de componentes a punto de falla. Se requiere medidas correctivas inmediatas	Muy critico

**4.6.1. Resultados de termografía infrarroja.** A continuación, se presentan las características del perfil termográfico realizado en la subestación del edificio de la E3T. Para cada perfil se presente una ficha donde se evidencia que no existe ningún punto caliente en otras palabras no se encuentran anomalías térmicas.

**Tabla 41. Perfil termográfico general del transformador.**

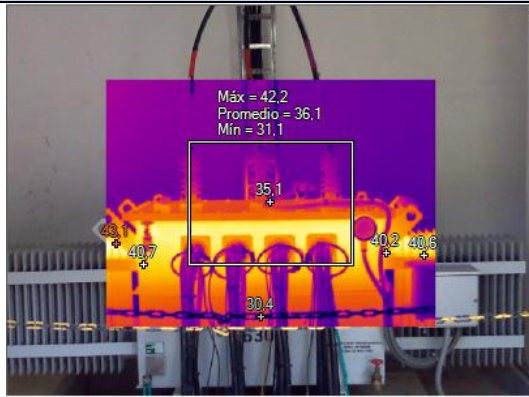
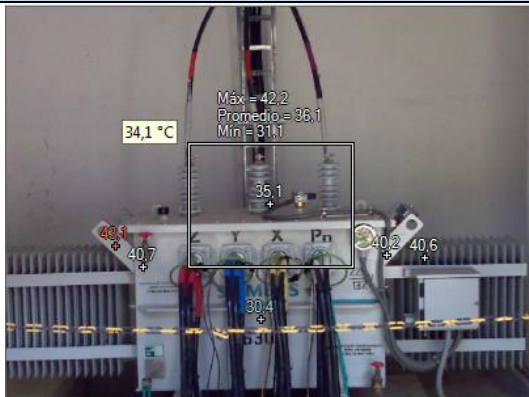
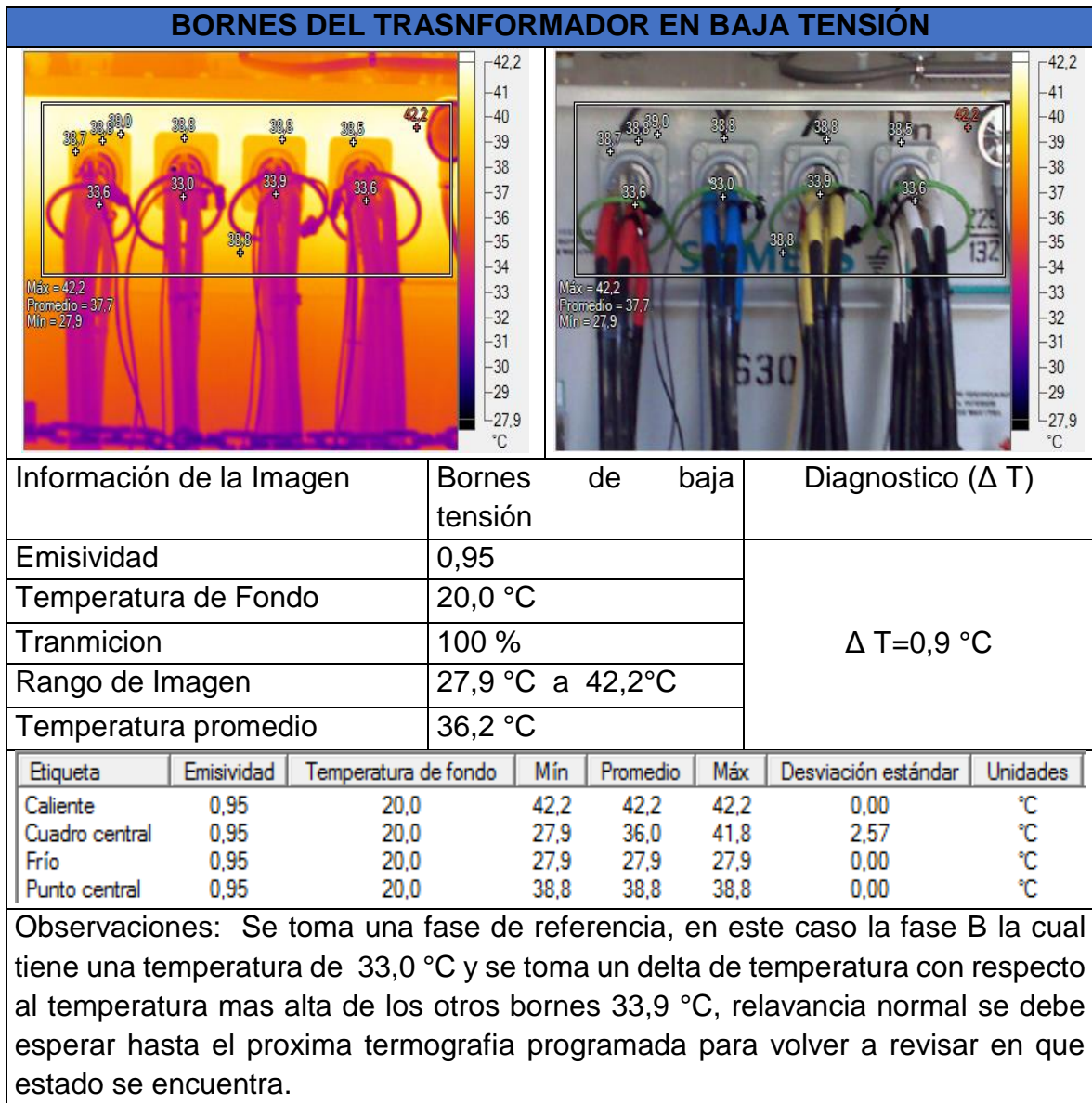
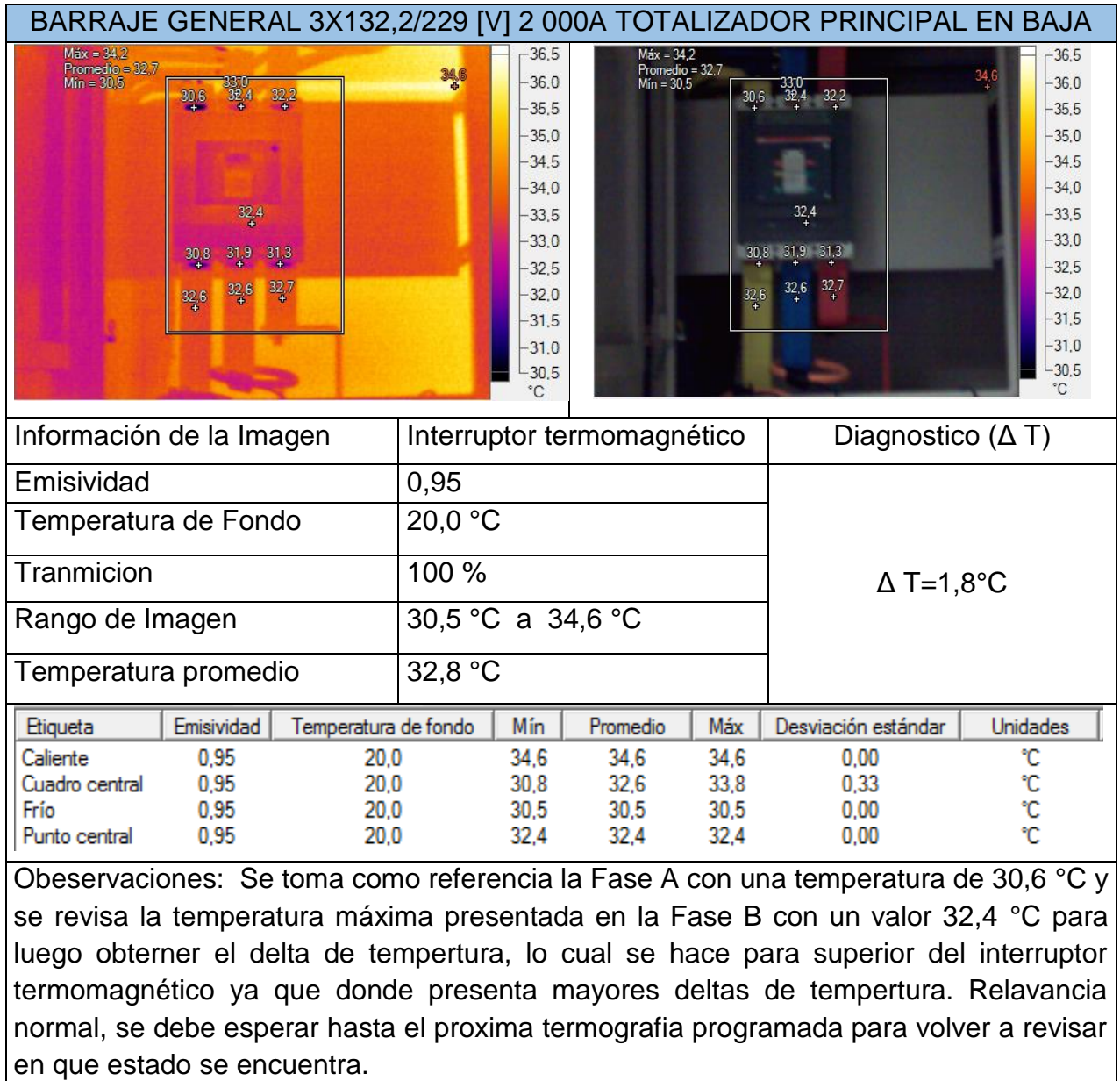
TRANSFORMADOR DE 630 kVA							
							
Información de la Imagen	Transformador 630 kVA		Diagnostico ( $\Delta T$ )				
Emisividad	0,95		$\Delta T = 2,9^{\circ}\text{C}$				
Temperatura de Fondo	20,0 °C						
Tranmicion	100 %						
Rango de Imagen	30,4 °C a 43,1 °C						
Temperatura promedio	35,3 °C						
Etiqueta	Emisividad	Temperatura de fondo	Mín	Promedio	Máx	Desviación estándar	Unidades
Caliente	0,95	20,0	43,1	43,1	43,1	0,00	°C
Cuadro central	0,95	20,0	31,1	36,1	42,2	3,07	°C
Punto central	0,95	20,0	35,1	35,1	35,1	0,00	°C
Frío	0,95	20,0	30,4	30,4	30,4	0,00	°C
Observaciones: Panorama completo termico del transformador, con diagnosticó termográfico normal.							

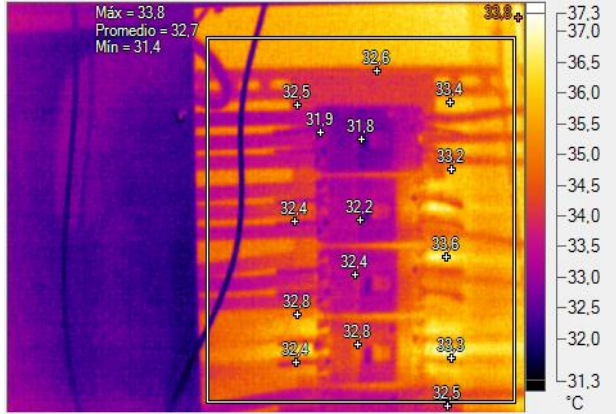
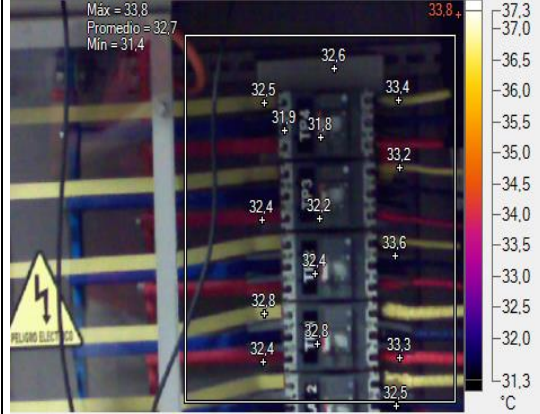
Tabla 42. Perfil termográfico de los bornes de baja tensión en el transformador.



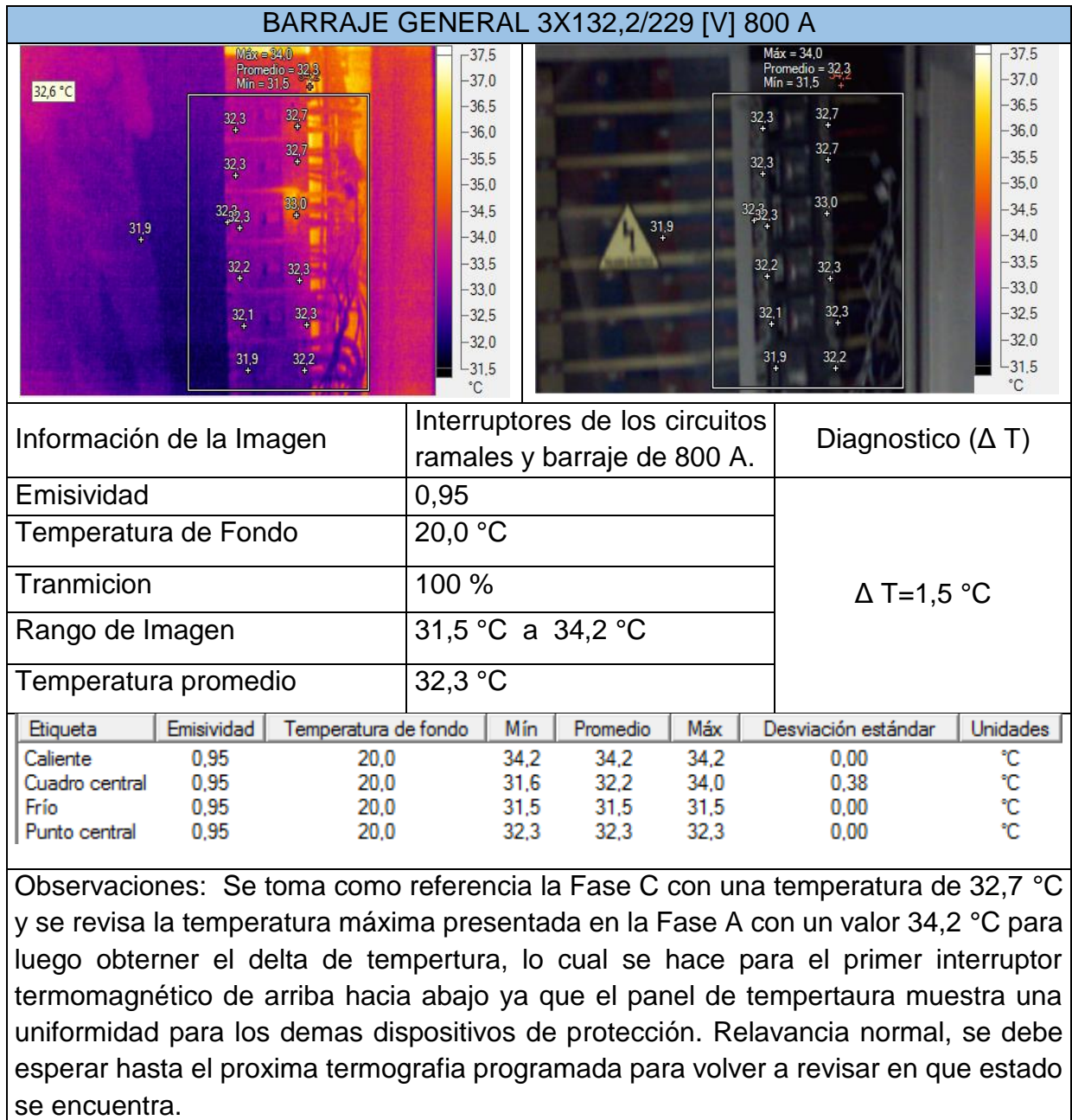
**Tabla 43. Perfil termográfico del totalizador de 2 000 A.**



**Tabla 44. Perfil termográfico de totalizadores en el barraje de 1 000 A.**

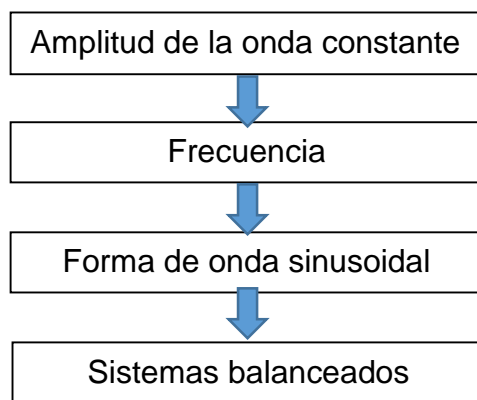
BARRAJE GENERAL 3X132,2/229 [V] 1 000 A							
				<p>Interruptores de los circuitos ramales y barraje de 1 000 A.</p>		<p>Diagnostico (<math>\Delta T</math>)</p>	
Información de la Imagen		Emisividad		0,95		$\Delta T=0,6\text{ °C}$	
Temperatura de Fondo		20,0 °C					
Tranmicion		100 %					
Rango de Imagen		31,3 °C a 33,8 °C					
Temperatura promedio		32,4 °C					
Etiqueta	Emisividad	Temperatura de fondo	Mín	Promedio	Máx	Desviación estándar	Unidades
Caliente	0,95	20,0	33,8	33,8	33,8	0,00	°C
Cuadro central	0,95	20,0	31,4	32,2	33,2	0,36	°C
Frío	0,95	20,0	31,3	31,3	31,3	0,00	°C
Punto central	0,95	20,0	32,6	32,6	32,6	0,00	°C
<p>Observaciones: Se toma como referencia la Fase B con una temperatura de 31,9°C y se revisa la temperatura máxima presentada en la Fase A con un valor 32,5°C para luego obtener el delta de tempertura, lo cual se para el primer interruptor termomagnético de arriba hacia abajo ya que el panel de tempertura muestra una uniformidad para los demas dispositivos de protección. Relavancia normal, se debe esperar hasta el proxima termografia programada para volver a revisar en que estado se encuentra.</p>							

**Tabla 45. Perfil termográfico de totalizadores en el barraje de 800 A.**



#### 4.7. CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA ANÁLISIS DE MEDICIONES

Los sistemas eléctricos son susceptibles a cortocircuitos, aperturas de circuitos, cargas no lineales, arranques de cargas muy grandes, pérdidas de potencia, entre otras situaciones que alteran el funcionamiento normal o estable de la red eléctrica, por otra parte, para que el sistema eléctrico sea óptimo en condiciones estables se debe garantizar las siguientes características:



Cuando se habla de interrupciones, sobre tensiones, variación del valor eficaz, y las deformaciones producidas por los armónicos es un tema correspondiente a la baja calidad de la energía en las redes eléctricas, por tal motivo se le atribuye los daños o fallas en las instalaciones y equipos eléctricos.

Por ende, muchas compañías o entes regulatorios han acordado reglamentar todos muchos parámetros del sistema eléctrico para un mejor funcionamiento y evitar pérdidas o daños, además se recomienda que en los sistemas eléctricos deben tener características como son, equipos altamente eficientes, automatización de los procesos, reducción de pérdidas por falta de mantenimiento o diagnóstico, y evitar que los equipos envejezcan rápidamente.

**4.7.1 Normatividad establecida.** A continuación, se presenta el marco normativo en la tabla 46 que se utilizó para el análisis de la calidad de la energía en la escuela E3T.

**Tabla 46. Normatividad de referencia para la calidad de la energía**

<b>NORMATIVA DE REFERENCIA-CALIDAD DE ENERGÍA</b>			
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR NOMINAL</b>	<b>LÍMITE DE CUMPLIMIENTO</b>	<b>NORMA DE REFERENCIA</b>
Límites de regulación de tensión	Niveles de tensión 1,2,3,4. STN-Menor 500 kV.	$90\%VN < Vs < 110\%VN$ VN: Tensión nominal Vs: Tensión servicio	NTC 1340-2013 CREG 024-2005. (Modificación CREG 070-1998).
	STN-Tensión nominal mayor o igual a 500 kV	$90\%VN < Vs < 105\%VN$ VN: Tensión nominal Vs: Tensión servicio	CREG 024-2005. (Modificación CREG 070-1998).
Frecuencia	60 Hz	Mínimo > 59,8 Hz Máximo < 60,2 Hz	CREG024-2005 NTC 1340-2013 NTC 5001-2008
Desbalance de tensión instalaciones interiores	Según la instalación interior.	-Máximo 2% para instalaciones. -Máximo 1% para motores.	-IEEE std 1159-2009 -ANSI C50.41.4.2
Desbalance de tensión en el PCC	-Tensión N < 69 kV -Tensión N ≥ 69 kV	-Máximo 2,0% -Máximo 1,5%	NTC 5001-2008
Desbalance de corriente instalaciones interiores	Según la instalación interior.	Máximo el 10%	IEEE std 447-1987
Desbalance de corriente en el PCC	-Tensión N > 62 kV -Tensión N ≤ 62 kV	- ≤ 5% - ≤ 20%	NTC 5001-2008: (IEEE 446-1995 Orange book)

NORMATIVA DE REFERENCIA-CALIDAD DE ENERGÍA			
PARÁMETRO	VALOR NOMINAL	LÍMITE DE CUMPLIMIENTO	NORMA DE REFERENCIA
Contenido de armónicos de tensión y corriente en PCC	$V \leq 1,0 \text{ kV}$ $1 \text{ kV} < V \leq 69 \text{ kV}$ $I_{sc}/I_L = 100 < 1000$	- $\leq 8,0 \%$ - $\leq 5,0 \%$ $TDD \leq 15\%$	IEEE 519-2014
Factor de potencia	-Inductivo -Capacitivo	$0,9 \leq fp \leq 1$ $0,9 \leq fp \leq 1$	Resolución CREG 047-2004 NTC 5001-2008
Prácticas recomendadas para el monitoreo de la calidad de potencia	Acorde a cada parámetro a monitorear	Acorde a cada parámetro a monitorear	IEEE 1159-2009

**4.7.2. Equipo medida y ubicación del punto de medición para el análisis de calidad de la energía eléctrica en la E3T.** El equipo de medición que se utilizó fue un analizador de calidad de energía que se instaló en bornes de baja tensión del transformador de 630 kVA con el fin de tener el registro completo del consumo de energético del edificio.

Las especificaciones técnicas del equipo de medida marca Dranetz Power Visa 440 se muestran en la tabla 47 [8].

**Figura 51. Analizador Power Visa 440 (Dranetz).**



**Tabla 47. Especificaciones técnicas analizador Power Visa 440 (Dranetz).**

<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>POWER VISA 440</b>
<b>Marca</b>	Dranetz
<b>Medición de tensión</b>	4 entradas diferenciales, 1-600 V, AC / DC, 0.1% rdg + 0.05% FS, 256 muestras / ciclo, 16bit ADC
<b>Medición de corriente con CTs</b>	4 entradas con CTs de 1-6 000 A, CT-dependientes, AC / DC, 256 muestras / c, 0,1% rdg + CTs, 16 bits ADC
<b>Muestreo</b>	256 muestras por ciclo, pasos RMS 1/2 ciclo
<b>Gama de frecuencias</b>	Resolución 10mHx, 45-65 Hz
<b>Parámetros medición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tensión y corriente</li> <li>• Transitorios de baja y media frecuencia</li> <li>• W, VA, VAR, TPF, DPF, Demanda, Energía, etc</li> <li>• THD/ espectro armónico y TID / interarmónicos espectro (V, I, W) hasta 63°</li> <li>• Factor de cresta, factor K, factor de reducción de potencia del transformador.</li> </ul>
<b>Monitoreo/Cumplimiento</b>	IEEE 1159, IEC 61000-4-30 Clase A, EN50160 Calidad de suministro, IEC 61000-4-7 Armónicos.
<b>Memoria</b>	32 MB, 34 MB o 128 MB de alta Velocidad extraíble Compact Flash
<b>Software</b>	DRAN-VIEW (Windows NT, 98, ME, 2 000, XP)

El Dranetz Power Visa 440 cuenta con una interfaz agradable que permite visualizar las formas de onda en estado permanente y transitorios, medidas de tensión, corrientes, frecuencia, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente, factor de potencia, energía, armónicos, desequilibrios y muchos más parámetros registrando cualquier evento que se presente en el sistema eléctrico.

El equipo de medida obtiene una longitud de registro de 12 ciclos para la frecuencia industrial de 60 Hz, de los cuales se obtiene un valor eficaz, uno máximo y uno mínimo para luego mostrar un diagrama de tendencias en intervalos de (10) diez

minutos el cual se analiza para el siguiente estudio, en dicho intervalo lo que hace el medidor es promediar los valores que se obtienen cada 12 ciclos tanto máximos como mínimos y el valor eficaz.

El analizador de calidad de energía se instaló a partir del día 4 de junio de 2017 hasta el 18 de julio de 2017 en los bornes del transformador del edificio con un periodo total de (1) un mes y (15) días, dichas mediciones se hicieron con actividades académicas normales y suspendidas especificadas a continuación

- Desde 4 de junio de 2017 hasta 23 de junio de 2017 actividad académica normal.
- Desde 24 de junio de 2017 hasta el 11 de julio de 2017 Vacaciones del personal docente y suspensión de actividades académicas.
- Desde 12 de julio de 2017 hasta el 18 de julio de 2017 actividad académica normal.

**Figura 52. Transformador con el analizador de calidad de energía.**



#### 4.7.3. Análisis de los niveles de tensión en el edificio de la E3T.

**Perfiles de tensión.** El comportamiento del valor eficaz de la tensión se analizó en intervalos de 15 días consecutivos por lo tanto se obtuvieron 3 gráficos de tendencias en la fecha estipulada anteriormente, como se muestran en la figura 53, figura 56, figura 59 respectivamente.

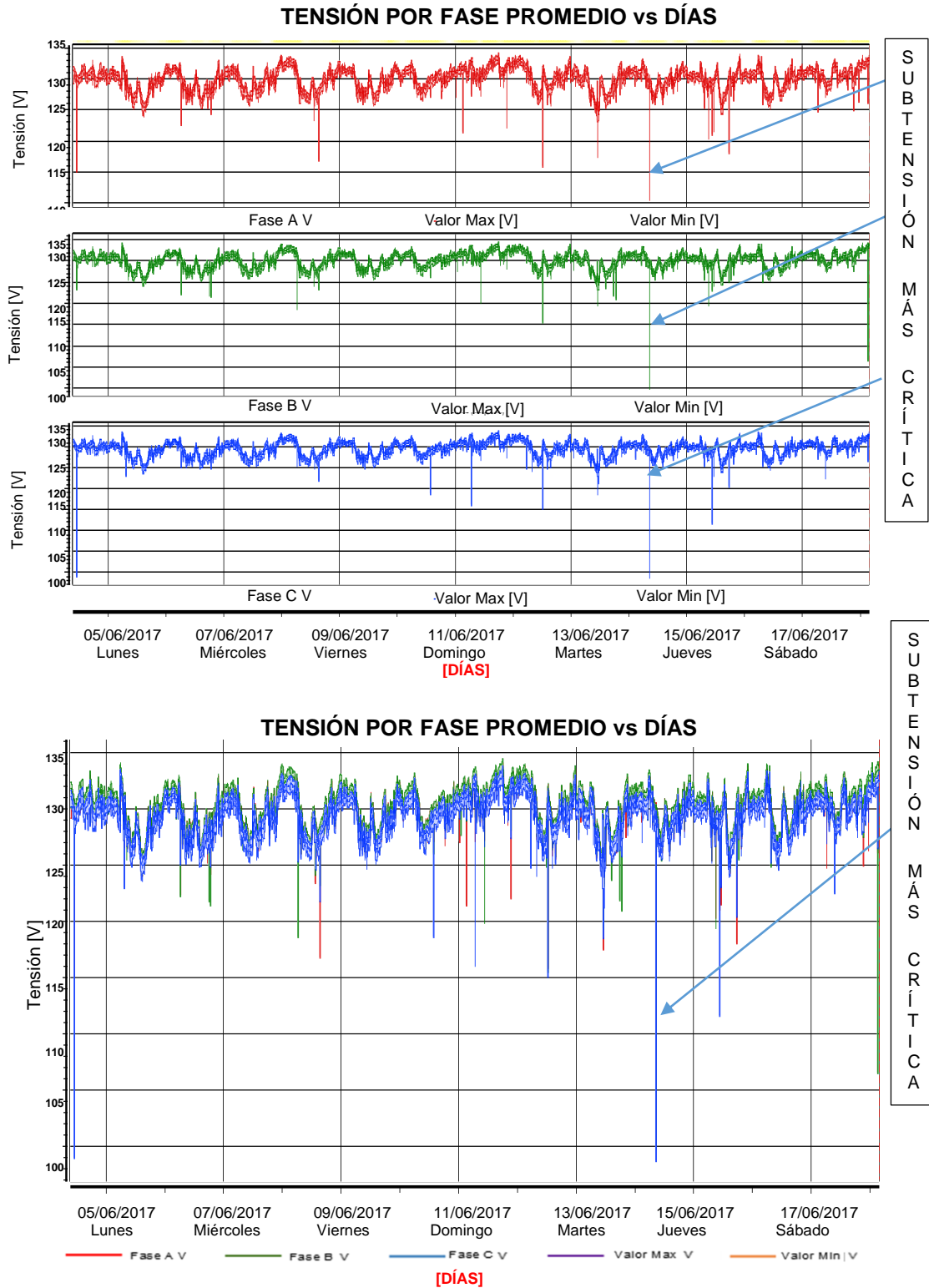
Para el análisis de la calidad del servicio de energía se referenciará el estándar IEEE 1159-2009 la cual estipula las categorías y las características típicas de los fenómenos electromagnéticos del sistema de potencia, se extrae del estándar ciertas categorías y se muestran en la tabla 48.

**Tabla 48. Categorías y las características típicas de los fenómenos electromagnéticos del sistema de potencia.**

CATEGORÍAS		DURACIÓN TÍPICA	MAGNITUD DE LA TENSIÓN TÍPICA
<b>Variaciones del valor eficaz (Duración corta)</b>			
<b>Instantáneo</b>	Hueco	0,5 – 30 Ciclos	0,1 – 0,9 pu
	Elevación	0,5 – 30 Ciclos	1,1 – 1,8 pu
<b>Momentáneo</b>	Interrupción	0,5 Ciclos – 3 s	< 0,1 pu
	Hueco	30 Ciclos – 3 s	0,1 – 0,9 pu
	Elevación	30 Ciclos – 3 s	1,1 – 1,4 pu
<b>Sostenido</b>	Interrupción	3 s – 1 min	< 0,1 pu
	Hueco	3 s – 1 min	0,1 – 0,9 pu
	Elevación	3 s – 1 min	1,1 – 1,2 pu
<b>Variaciones del valor eficaz (Duración larga)</b>			
<b>Interrupción, Sostenido</b>		> 1 min	0,0 pu
<b>Subtensiones</b>		> 1 min	0,8 – 0,9 pu
<b>Sobretensiones</b>		> 1 min	1,1 – 1,2 pu
<b>Corriente sobre carga</b>		> 1 min	

Fuente: IEEE 1159-2009

Figura 53. Tensión por fase promedio [V] fases A,B,C---04/jun-18/jun de 2017.



De acuerdo con la clasificación anterior de la tabla 48 y observando la figura 53,

se evidencian huecos de tensión en diferentes días teniendo como base la tensión eficaz nominal del sistema 132,2 V y el valor límite para dicho fenómeno es 0,9 pu lo que indica que toda tensión eficaz registrada por debajo de 118,98 V se clasifica en alguna de las categorías anteriores dependiendo de la duración. Por otra parte, no se evidencian sobretensiones ni elevaciones de tensión en ninguno de los días. A continuación, se presentan los días en los que ocurre el fenómeno mencionado anteriormente con intervalo de agregación de 10 min.

FASE A: 04/06/2017-11:00 am, 08/06/2017-03:20 pm, 12/06/2017-12:20 pm, 13/06/2017-11:00 am, 14/06/2017-08:30 am, 15/06/2017-05:30 pm. De las fechas anteriores la más crítica es la de color rojo con un hueco instantáneo de tensión de magnitud 110,52 V y duración 0,167 s.

FASE B: 08/06/2017-06:20 am, 12/06/2017- 12:20 pm, 14/06/2017-08:30 am, 18/06/2017-03:10 am. De las fechas anteriores la más crítica es la de color rojo con un hueco instantáneo de tensión de magnitud 100,03 V y duración 0,167 s.

FASE C: 04/06/2017-11:00 am, 10/06/2017-01:40 pm, 11/06/2017-06:40 am, 12/06/2017-12:20 pm, 13/06/2017-11:00 am, 14/06/2017-08:30 am, 14/06/2017-10:30 am. De las fechas anteriores la más crítica es la de color rojo con un hueco instantáneo de tensión de magnitud 98,65 V y duración 0,167 s. En la siguiente tabla 49 se resumen los resultados estadísticos del perfil de tensión de la figura 53 por 15 días.

**Tabla 49. Resumen estadístico del perfil de tensión de la figura 53, 04jun-18jun.**

Perfiles de las fases		Tensión media [V]	Desviación estándar	Valor Max. de tensión [V]	Valor Min. De tensión [V]
<b>Fase (A)</b>	Máx	130,6247	1,6264	134,12	125,82
	Prom	129,9790	1,6541	133,51	125,18
	Min	129,0694	1,9769	132,94	115,84
<b>Fase (B)</b>	Máx	130,8078	1,7098	134,49	125,90
	Prom	130,1629	1,7376	133,91	125,26
	Min	129,2309	2,1532	133,39	115,42
<b>Fase (C)</b>	Máx	130,1490	1,6308	133,8	125,31
	Prom	129,5061	1,6556	133,17	124,70
	Min	128,5711	2,1364	132,58	115,03

Los límites de regulación de tensión instaurados anteriormente en la CREG 024-2005 y la NTC 1340-2013 establecen que el 100% de los valores registrados como mínimo en una semana deberán estar entre +10% -10% de la tensión nominal, lo cual indica que los valores de la tabla 49 para los perfiles de la tensión Máx, Prom se encuentran dentro de los límites de tensión en cada una de las fases exceptuando el perfil Mín.

Se analizan los resultados estadísticos calculados en la tabla 49, comprobando que se encuentran dentro de los límites de tensión:

1. La fase A registró un valor Máx 130,6247 V y desviación estándar de 1,6264 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 2,1245$  V del valor nominal de tensión, un valor Prom 129,9790 V y desviación estándar de 1,6541 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 2,1500$  V del valor nominal de tensión, un valor Min 129,0694 V y desviación estándar de 1,9769 lo cual indica que la tensión varia  $\pm 2,5516$  V del valor nominal de tensión.

2. La fase B registró un Valor Máx 130,8078 V y desviación estándar de 1,7098 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 2,2366$  V del valor nominal de tensión, un valor Prom 130,1629 V y desviación estándar de 1,7376 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 2,2617$  V del valor nominal de tensión, un valor Min 129,2309 V y desviación estándar de 2,1532 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 2,7826$  V del valor nominal de tensión.
  
3. La fase C registró un valor Máx 130,1490 V y desviación estándar de 1,6308 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 2,1225$  V del valor nominal de tensión, un valor Prom 129,5061 V y desviación estándar de 1,6556 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 2,1441$  V del valor nominal de tensión, un valor Min 128,5711 V y desviación estándar de 2,1364 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 2,7468$  V del valor nominal de tensión.

**DESBALANCE DE TENSIÓN EN EL PCC (PUNTO DE ACOPLA COMÚN)-  
BORNES DEL TRANSFORMADOR, 04/jun-18/jun de 2017.**

Habiendo establecido los límites de desbalance de tensión en el PCC en la tabla 46 se hace el análisis del perfil de tensión de la figura 53 de acuerdo a los métodos propuestos por la NTC 5001-2008.

A continuación, se muestran los perfiles de desbalance de tensión tanto de la componente de secuencia inversa y la componente de secuencia homopolar realizando el análisis estadístico correspondiente a cada figura.

**Figura 54. Desbalance de tensión de la componente de secuencia inversa—  
04/jun-18/jun/17.**

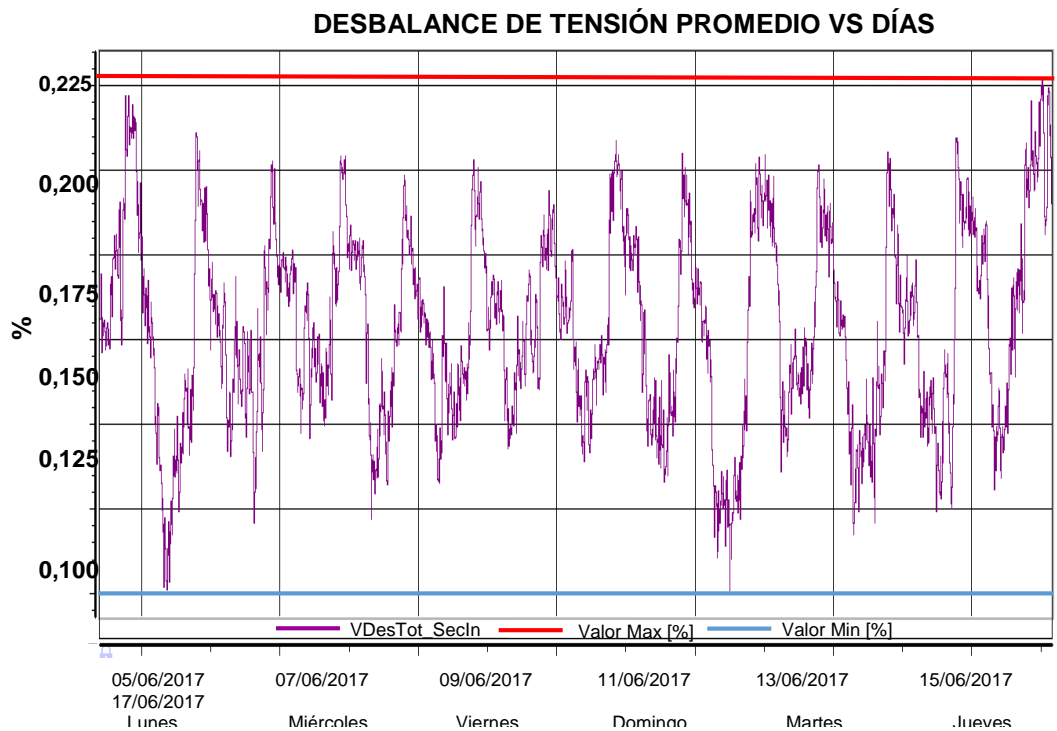
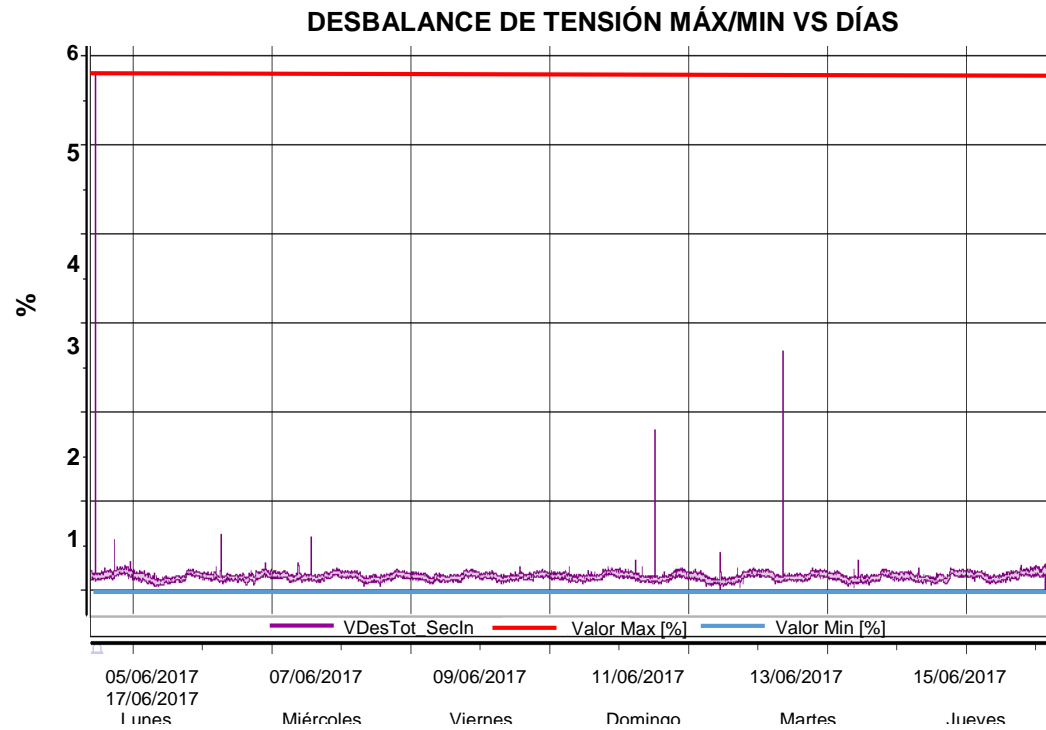
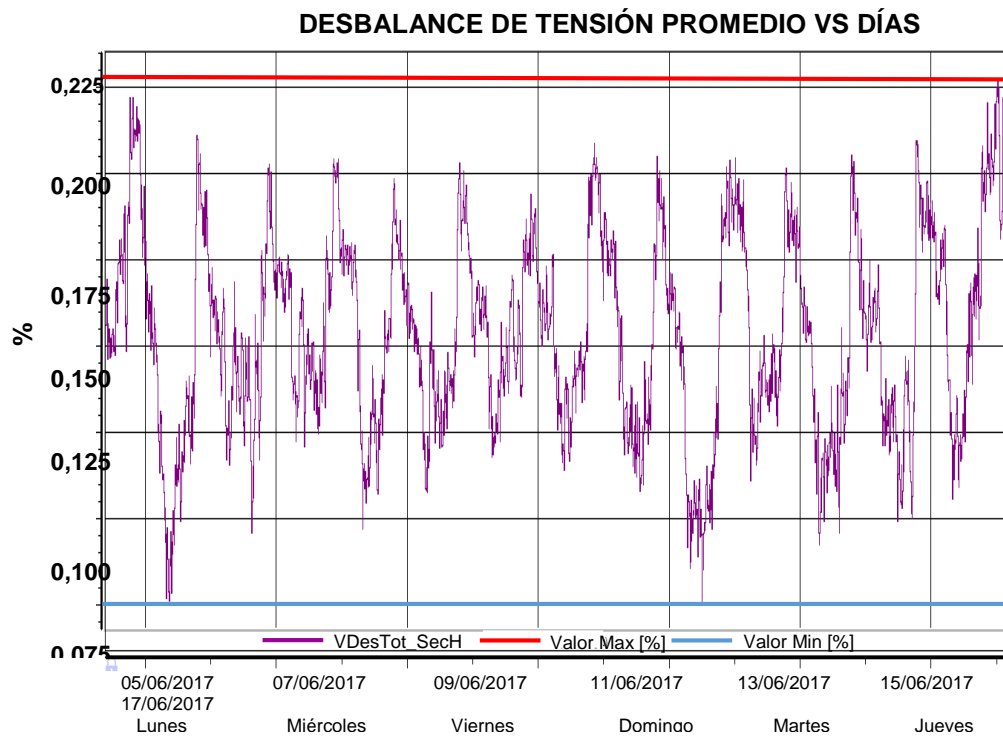
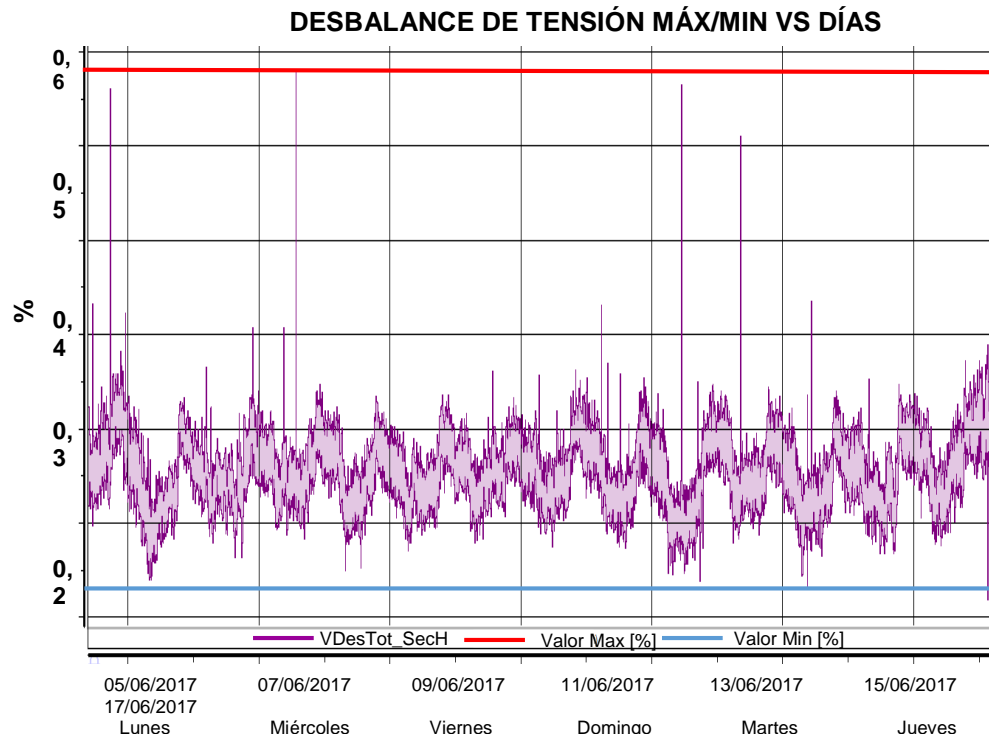


Figura 55. Desbalance de tensión de la componente de secuencia homopolar—04/jun-18/jun/17.



En la siguiente tabla 50 se resumen los resultados estadísticos de los perfiles de desbalance de las figuras 54 y 55.

**Tabla 50. Resumen estadístico del perfil de la figura 54 y 55, 04/jun-18/jun/2017.**

DESBALANCE DE TENSIÓN		[%]	Desviación estándar	Percentil 99 [%]
<b>Componente de secuencia inversa</b>	Máx	0,1921	0,1557	0,2693
	Prom	0,1532	0,0290	0,2161
	Min	0,1241	0,0302	0,1892
<b>Componente de secuencia homopolar</b>	Máx	0,1862	0,0362	0,2663
	Prom	0,1532	0,0290	0,2161
	Min	0,1241	0,0301	0,1892

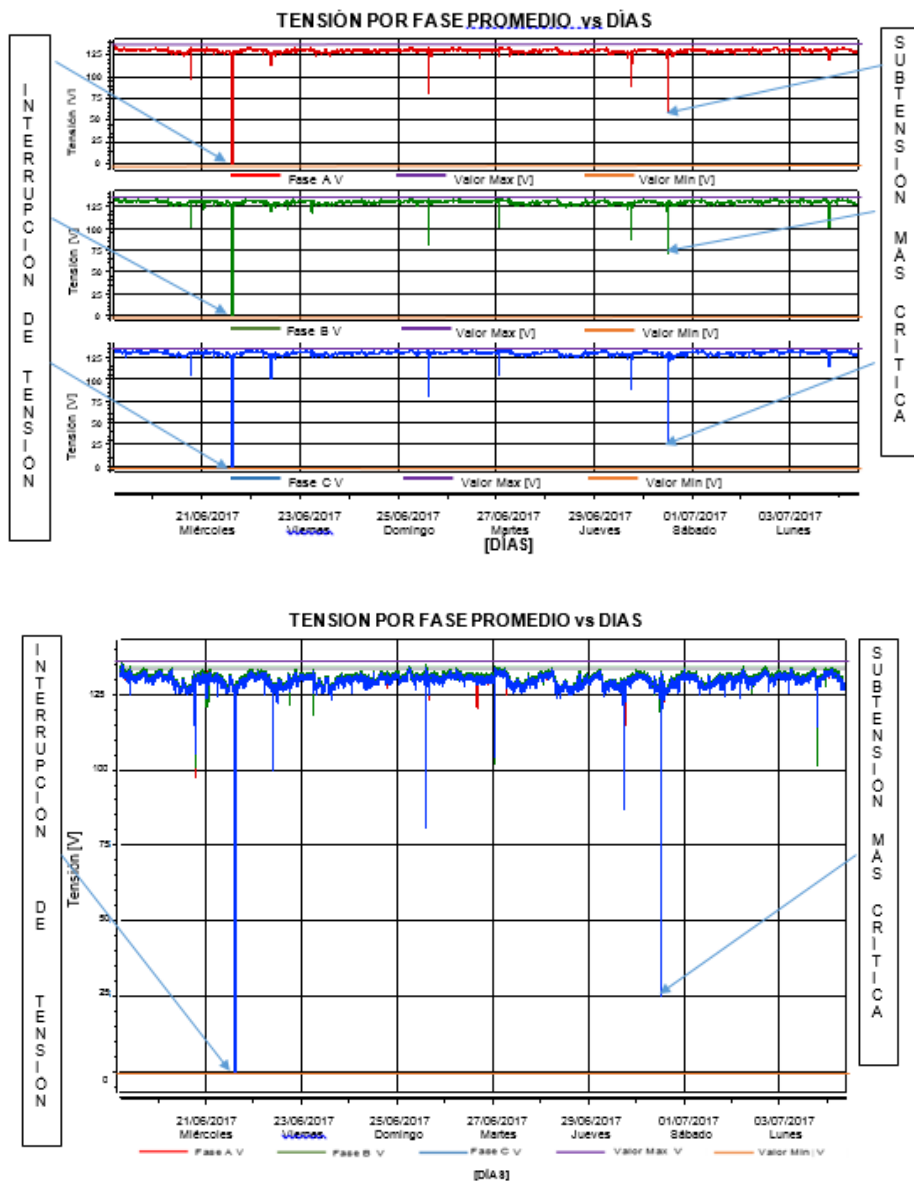
Los límites de desbalance de tensión instaurados en la NTC 5001-2008 establecen que el 99% de los valores registrados deben ser de una semana con un periodo de agregación de 10 min con valor máximo del 2,0% como se indicó en la tabla 46, lo cual establece que el percentil calculado en la tabla 50 se encuentran dentro de los porcentajes máximos de desbalance de tensión, para una semana de medición desde 05/jun-12/jun/2017 para cada uno de los perfiles Máx, Prom y Mín.

Se analizan los resultados estadísticos calculados en la tabla 50, comprobando que se encuentran dentro de los porcentajes máximos de desbalance de tensión:

1. La componente de secuencia inversa registró un valor Máx 0,1921% y desviación estándar de 0,1557 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 0,0003\%$ , un valor Prom 0,1532% y desviación estándar de 0,0290 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 0,000044\%$ , un valor Min 0,1241% y desviación estándar de 0,0302 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 0,000037\%$ .

2. La componente de secuencia homopolar registró un Valor Máx 0,1862% y desviación estándar de 0,0362 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 0,000067\%$ , un valor Prom 0,1532% y desviación estándar de 0,0290 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 0,000044\%$ , un valor Min 0,1241% y desviación estándar de 0,0301 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 0,000037\%$ .

Figura 56. Tensión por fase promedio [V] fases A,B,C---19/jun-04/jul de 2017.



De acuerdo con la clasificación de la tabla 48 y observando la figura 56, se evidencian huecos de tensión en diferentes días e interrupciones esto teniendo como base la tensión eficaz nominal del sistema 132,2 V y el valor límite para dicho fenómeno es 0,9 pu lo que indica que toda tensión eficaz registrada por debajo de 118,98 V se clasifica en alguna de las categorías anteriores dependiendo de la duración. Por otra parte, no se evidencian sobretensiones ni elevaciones de tensión en ninguno de los días. A continuación, se presentan los días en los que ocurren los fenómenos mencionados anteriormente con intervalos de agregación de 10 min.

FASE A: 20/06/2017-06:10 pm, 20/06/2017-06:50 pm, 21/06/2017-02:30 pm, 22/06/2017-09:30 am, 25/06/2017-02:30 pm, 29/06/2017-06:10 pm, 29/06/2017-06:50 pm, 30/06/2017-12:20 pm. De las fechas anteriores la más crítica es la de color rojo con un hueco instantáneo de tensión de magnitud 58,23 V y duración 0,2755 s, y la interrupción sostenida de color verde la cual tuvo una duración de 50 min dentro de 5 intervalos de agregación de 10 min con una magnitud de tensión de 0,055 V.

FASE B: 20/06/2017-06:10 pm, 20/06/2017-06:50 pm, 21/06/2017-02:30 pm, 25/06/2017-02:30 pm, 27/06/2017-01:10 am, 29/06/2017-06:10 pm, 30/06/2017-12:20 pm, 03/07/2017-07:10 pm. De las fechas anteriores la más crítica es la de color rojo con un hueco instantáneo de tensión de magnitud 71,5 V y duración 0,2755 s, y la interrupción sostenida de color verde la cual tuvo una duración de 50 min dentro de 5 intervalos de agregación de 10 min con una magnitud de tensión de 0,051 V.

FASE C: 20/06/2017-06:10 pm, 20/06/2017-06:50 pm, 21/06/2017-02:30 pm, 22/06/2017-09:30 am, 25/06/2017-02:30 pm, 27/06/2017-01:10 am, 29/06/2017-06:10 pm, 30/06/2017-12:20 pm, 03/07/2017-07:10 pm. De las fechas anteriores la más crítica es la de color rojo con un hueco instantáneo de tensión de magnitud 23,5 V y duración 0,2755 s, y la interrupción sostenida de color verde la cual tuvo

una duración de 50 min dentro de 5 intervalos de agregación de 10 min con una magnitud de tensión de 0,046 V.

En la siguiente tabla 51 se resumen los resultados estadísticos del perfil de tensión de la figura 56 por 15 días.

**Tabla 51. Resumen estadístico del perfil de tensión de la figura 56, 19/jun-04/jul.**

Perfiles de las fases	Tensión media [V]	Desviación estándar	Valor Max. de tensión [V]	Valor Min. De tensión [V]	
<b>Fase (A)</b>	Máx	130,8757	1,4918	134,67	126,36
	Prom	130,2774	1,5402	133,38	125,76
	Min	129,3331	2,8318	132,73	58,45
<b>Fase (B)</b>	Máx	131,1209	1,5772	134,91	126,42
	Prom	130,5229	1,6244	133,79	125,86
	Min	129,5603	2,8539	133,11	71,48
<b>Fase (C)</b>	Máx	130,4088	1,4934	134,25	126,01
	Prom	129,8124	1,5383	133,17	125,43
	Min	128,8284	3,4324	132,49	25,221

Los límites de regulación de tensión instaurados en la CREG 024-2005 y la NTC 1340-2013 establecen que el 100% de los valores registrados como mínimo en una semana deberán estar entre +10% -10% de la tensión nominal en condiciones normales de suministro por lo tanto no se tiene en cuenta la interrupción sostenida para el análisis en el cálculo estadístico pero si se toman los registros de tensión por encima de una semana, lo cual indica que los valores de la tabla 51 para los perfiles de la tensión Máx, Prom se encuentran dentro de los límites de tensión en cada una de las fases exceptuando el perfil Mín.

Se analizan los resultados estadísticos calculados en la tabla 51, comprobando que se encuentran dentro de los límites de tensión:

1. La fase A registró un valor Máx 130,8757 V y desviación estándar de 1,4918 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 1,9524$  V del valor nominal de tensión, un valor Prom 130,2774 V y desviación estándar de 1,5402 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 2,0065$  V del valor nominal de tensión, un valor Min 129,3331 V y desviación estándar de 2,8318 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 3,6625$  V del valor nominal de tensión.
2. La fase B registró un valor Máx 131,1209 V y desviación estándar de 1,5772 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 2,0680$  V del valor nominal de tensión, un valor Prom 130,5229 V y desviación estándar de 1,6244 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 2,1202$  V del valor nominal de tensión, un valor Min 129,5603 V y desviación estándar de 2,8539 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 3,6975$  V del valor nominal de tensión.
3. La fase C registró un valor Máx 130,4088 V y desviación estándar de 1,4934 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 1,9475$  V del valor nominal de tensión, un valor Prom 129,8124 V y desviación estándar de 1,5383 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 1,9969$  V del valor nominal de tensión, un valor Min 128,8284 V y desviación estándar de 3,4324 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 4,4219$  V del valor nominal de tensión.

### **DESBALANCE DE TENSIÓN EN EL PCC (PUNTO DE ACOPLA COMÚN)- BORNES DEL TRANSFORMADOR, 19/jun-04/jul de 2017.**

Habiendo establecido los límites de desbalance de tensión en el PCC en la tabla 46 se hace el análisis del perfil de tensión de la figura 56 de acuerdo a los métodos propuestos por la NTC 5001-2008.

A continuación, se muestran los perfiles de desbalance de tensión tanto de la componente de secuencia inversa y la componente de secuencia homopolar realizando el análisis estadístico correspondiente a cada figura.

**Figura 57. Desbalance de tensión de la componente de secuencia inversa - 19/jun-04/jul/17.**

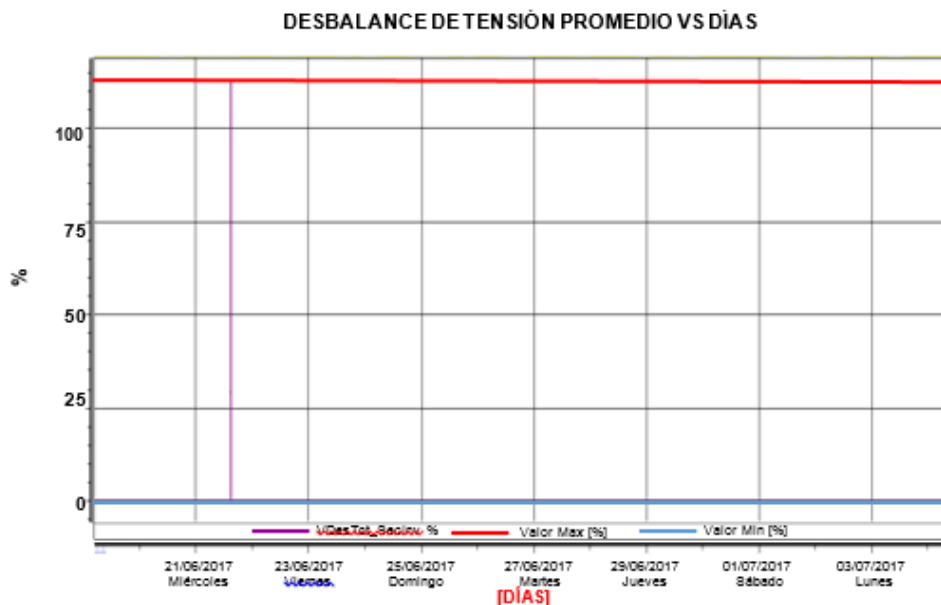
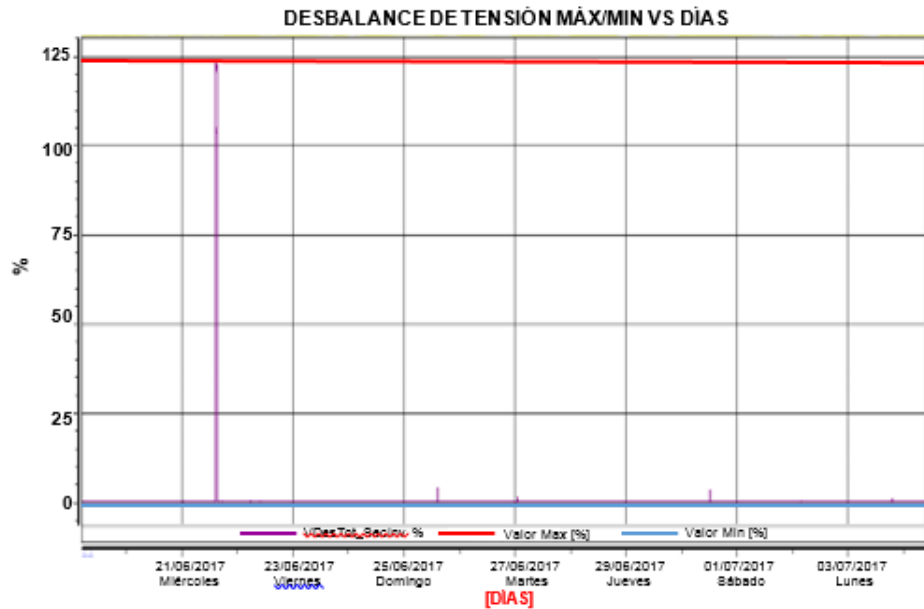
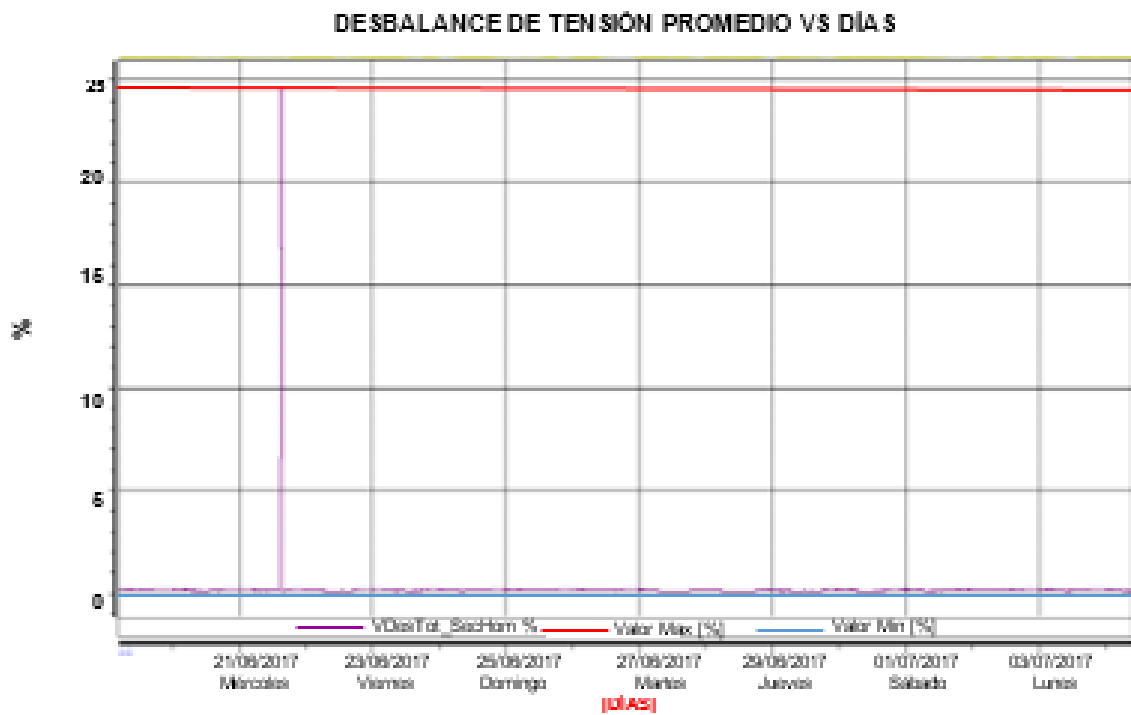
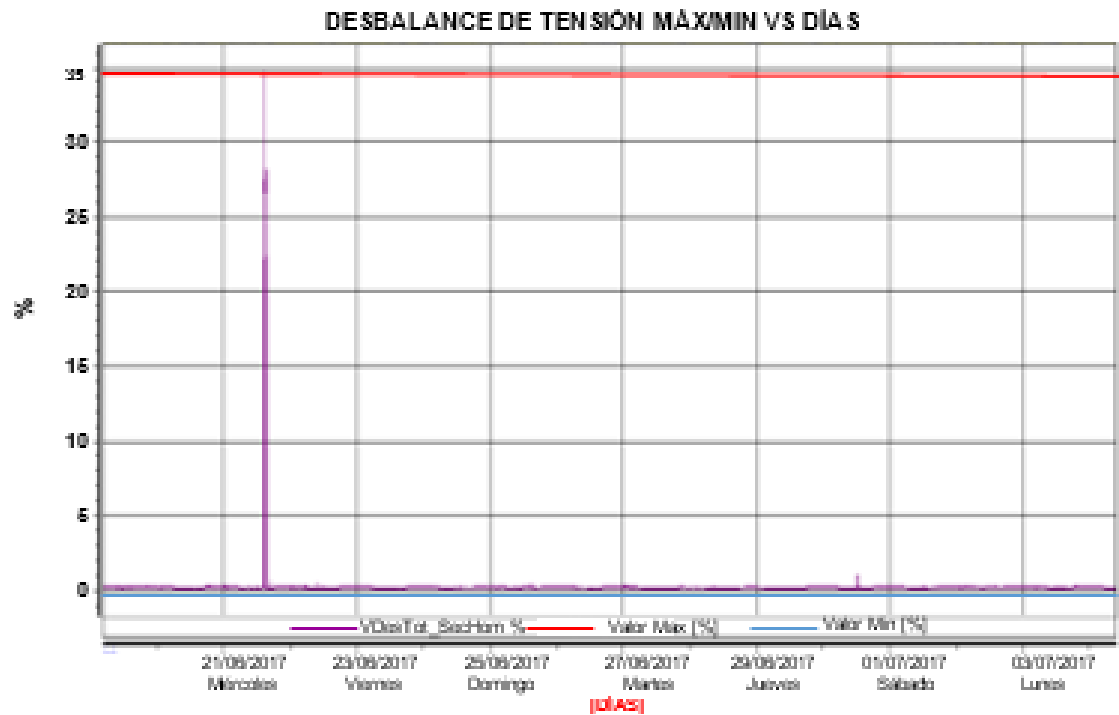


Figura 58. Desbalance de tensión de la componente de secuencia homopolar—19/jun-04/jul/17.



En la siguiente tabla 52 se resumen los resultados estadísticos de los perfiles de desbalance de las figuras 57 y 58.

**Tabla 52. Resumen estadístico del perfil de la figura 57 y 58, 19/jun-04/jul/2017.**

DESBALANCE DE TENSIÓN		[%]	Desviación estándar	Percentil 99 [%]
<b>Componente de secuencia inversa</b>	Máx	0,4817	5,8351	0,2964
	Prom	0,3670	4,5060	0,2302
	Min	0,2396	3,1731	0,2037
<b>Componente de secuencia homopolar</b>	Máx	0,2646	1,3744	0,2863
	Prom	0,2091	0,9823	0,2252
	Min	0,1574	0,6712	0,2031

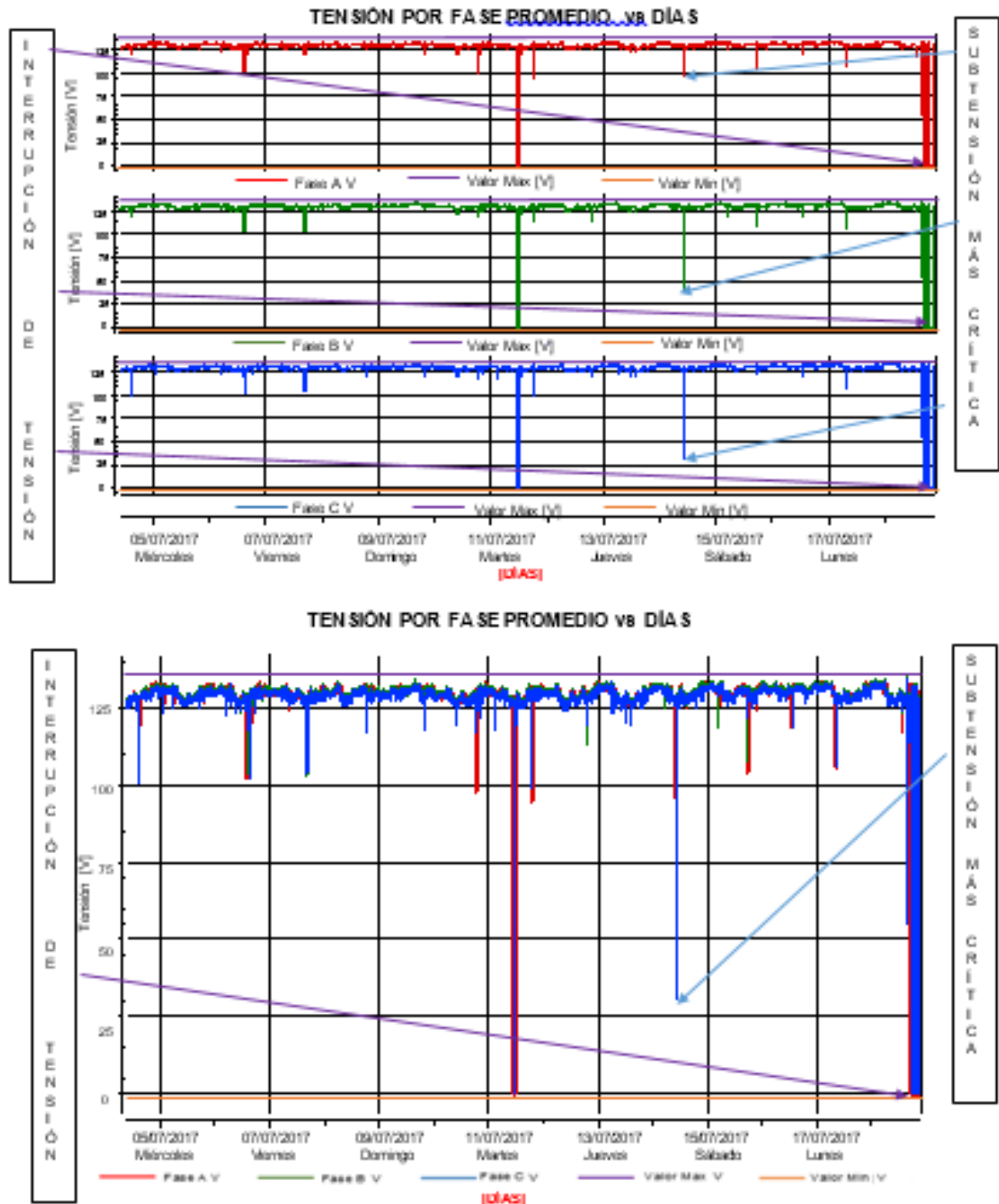
Los límites de desbalance de tensión instaurados en la NTC 5001-2008 establecen que el 99% de los valores registrados deben ser de una semana con un periodo de agregación de 10 min con valor máximo del 2,0% como se indicó en la tabla 46, lo cual indica que el percentil calculado en la tabla 52 se encuentran dentro de los porcentajes máximos de desbalance de tensión para una semana de medición desde 23/jun-30/jun/2017 para cada uno de los perfiles Máx, Prom y Mín.

Se analizan los resultados estadísticos calculados en la tabla 52, comprobando que se encuentran dentro de los porcentajes máximos de desbalance de tensión:

1. La componente de secuencia inversa registró un valor Máx 0,4817% y desviación estándar de 5,8351 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 0,0281\%$ , un valor Prom 0,3670% y desviación estándar de 4,5060 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 0,0165\%$ , un valor Min 0,2396% y desviación estándar de 3,1731 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 0,0076\%$ .
2. La componente de secuencia homopolar registró un Valor Máx 0,2646% y desviación estándar de 1,3744 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 0,0036\%$ , un valor Prom 0,2091% y desviación estándar de 0,9823 lo cual

indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 0,0021\%$ , un valor Min  $0,1574\%$  y desviación estándar de  $0,6712$  lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 0,0011\%$ .

**Figura 59. Tensión por fase promedio [V] fases A,B,C---04/jul-18/jul de 2017.**



De acuerdo con la clasificación de la tabla 48 y observando la figura 59, se evidencian huecos de tensión en diferentes días e interrupciones esto teniendo como base la tensión eficaz nominal del sistema 132,2 V y el valor límite para dicho fenómeno es 0,9 pu lo que indica que toda tensión eficaz registrada por debajo de 118,98 V se clasifica en alguna de las categorías anteriores dependiendo de la duración. Por otra parte, no se evidencian sobretensiones ni elevaciones de tensión en ninguno de los días. A continuación, se presentan los días en los que ocurren los fenómenos mencionados anteriormente con intervalos de agregación de 10 min.

FASE A: 06/07/2017-02:20 pm, 06/07/2017-03:30 pm, 07/07/2017-04:30 pm, 10/07/2017-06:20 pm, [11/07/2017-10:50 am](#), 11/07/2017-06:30 pm, [14/07/2017-10:10 am](#), 15/07/2017-05:10 pm, 17/07/2017-08:00 am, 18/07/2017-03:20 pm, 18/07/2017-04:30 pm, [18/07/2017-04:50 pm](#), [18/07/2017-09:40 pm](#). De las fechas anteriores la más crítica es la de color rojo con un hueco instantáneo de tensión de magnitud 95,26 V y duración 0,2767 s, y la interrupción sostenida de color verde de las cuales la subrayada es la más crítica la cual tuvo una duración de 230 min dentro de 23 intervalos de agregación de 10 min con una magnitud de tensión de 0,042 V.

FASE B: 06/07/2017-02:20 pm, 07/07/2017-04:30 pm, [11/07/2017-10:50 am](#), [14/07/2017-10:10 am](#), 14/07/2017-10:30 am, 15/07/2017-05:10 pm, 17/07/2017-08:00 am, 18/07/2017-03:20 pm, 18/07/2017-04:30 pm, [18/07/2017-04:50 pm](#), [18/07/2017-09:40 pm](#). De las fechas anteriores la más crítica es la de color rojo con un hueco instantáneo de tensión de magnitud 37,4 V y duración 0,2767 s, y la interrupción sostenida de color verde de las cuales la subrayada es la más crítica la cual tuvo una duración de 230 min dentro de 23 intervalos de agregación de 10 min con una magnitud de tensión de 0,038 V.

FASE C: 04/07/2017-02:30 pm, 06/07/2017-02:20 pm, 06/07/2017-03:30 pm, 07/07/2017-04:30 pm, 10/07/2017-06:20 pm, [11/07/2017-10:50 am](#), 11/07/2017-06:30 pm, [14/07/2017-10:10 am](#), 14/07/2017-10:30 am, 17/07/2017-08:00 am,

18/07/2017-03:20 pm, 18/07/2017-04:30 pm, [18/07/2017-04:50 pm](#), [18/07/2017-09:40 pm](#). De las fechas anteriores la más crítica es la de color rojo con un hueco instantáneo de tensión de magnitud 30,3 V y duración 0,2767 s, y la interrupción sostenida de color verde de las cuales la subrayada es la más crítica la cual tuvo una duración de 230 min dentro de 23 intervalos de agregación de 10 min con una magnitud de tensión de 0,033 V.

En la siguiente tabla 53 se resumen los resultados estadísticos del perfil de tensión de la figura 59 por 15 días.

**Tabla 53. Resumen estadístico del perfil de tensión de la figura 59, 04/jul-18/jul.**

Perfiles de las fases		Tensión media [V]	Desviación estándar	Valor Max. De tensión [V]	Valor Min. De tensión [V]
<b>Fase (A)</b>	Máx	130,6463	1,5462	135,05	126,66
	Prom	129,9595	1,5789	133,29	125,59
	Min	128,8641	3,3266	132,77	98,41
<b>Fase (B)</b>	Máx	130,8653	1,6326	135,28	126,65
	Prom	130,1820	1,6651	133,66	125,57
	Min	129,0652	3,7898	133,15	103,43
<b>Fase (C)</b>	Máx	130,1281	1,5539	134,69	126,09
	Prom	129,4453	1,5824	132,90	125,04
	Min	128,3138	3,8828	132,42	100,45

Los límites de regulación de tensión instaurados en la CREG 024-2005 y la NTC 1340-2013 establecen que el 100% de los valores registrados como mínimo en una semana deberán estar entre +10% -10% de la tensión nominal en condiciones normales de suministro por lo tanto no se tiene en cuenta la interrupciones sostenidas para el análisis en el cálculo estadístico pero si se toman los registros de tensión por encima de una semana, lo cual indica que los valores de la tabla 53 para los perfiles de la tensión Máx, Prom se encuentran dentro de los límites de tensión en cada una de las fases exceptuando el perfil Mín.

Se analizan los resultados estadísticos calculados en la tabla 53, comprobando que se encuentran dentro de los límites de tensión:

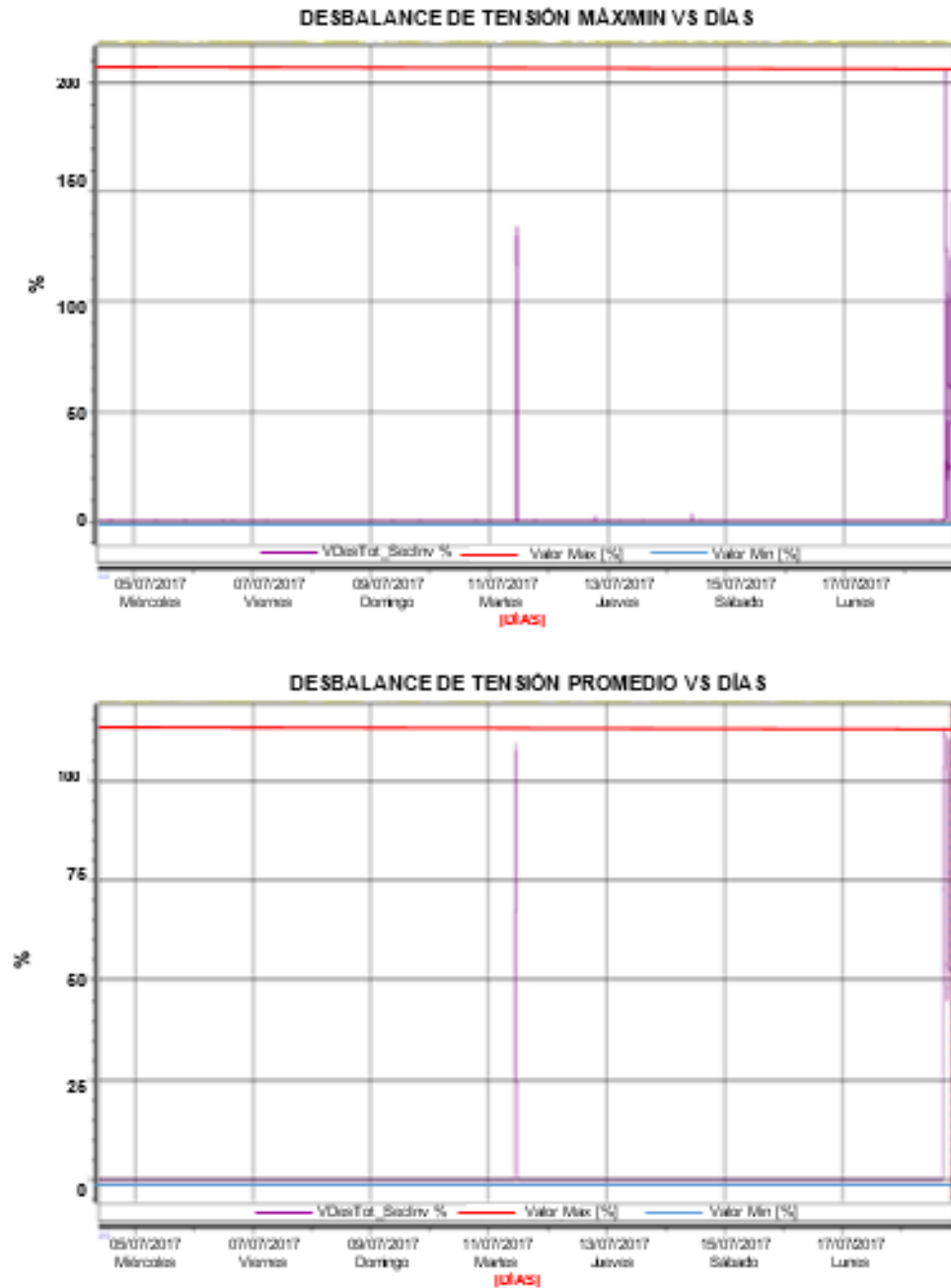
1. La fase A registró un valor Máx 130,6463 V y desviación estándar de 1,5462 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 2,0201$  V del valor nominal de tensión, un valor Prom 129,9595 V y desviación estándar de 1,5789 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 2,0519$  V del valor nominal de tensión, un valor Min 128,8641 V y desviación estándar de 3,3266 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 4,2868$  V del valor nominal de tensión.
2. La fase B registró un valor Máx 130,8653 V y desviación estándar de 1,6326 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 2,1365$  V del valor nominal de tensión, un valor Prom 130,1820 V y desviación estándar de 1,6651 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 2,1677$  V del valor nominal de tensión, un valor Min 129,0652 V y desviación estándar de 3,7898 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 4,8913$  V del valor nominal de tensión.
3. La fase C registró un valor Máx 130,1281 V y desviación estándar de 1,5539 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 2,0221$  V del valor nominal de tensión, un valor Prom 129,4453 V y desviación estándar de 1,5539 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 2,0115$  V del valor nominal de tensión, un valor Min 128,3138 V y desviación estándar de 3,8828 lo cual indica que la tensión varía  $\pm 4,9822$  V del valor nominal de tensión.

#### **DESBALANCE DE TENSIÓN EN EL PCC (PUNTO DE ACOPLE COMÚN)- BORNES DEL TRANSFORMADOR, 04/jul-18/jul de 2017.**

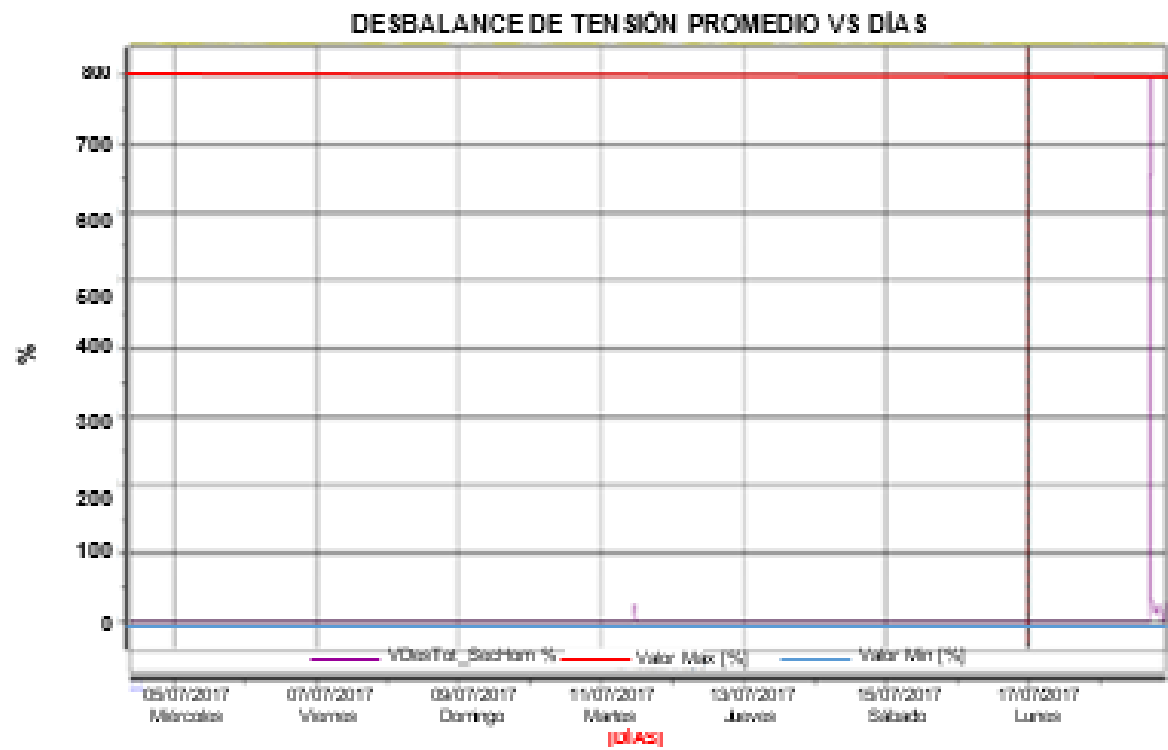
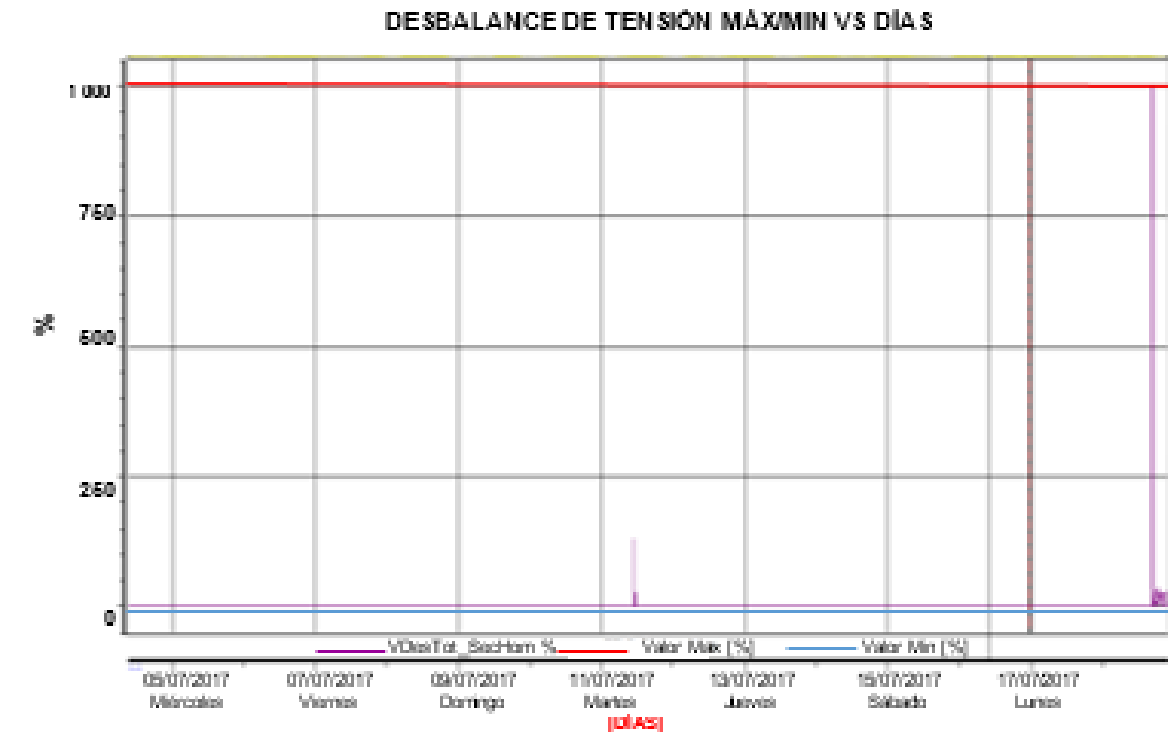
Habiendo establecido los límites de desbalance de tensión en el PCC en la tabla 46 se hace el análisis del perfil de tensión de la figura 59 de acuerdo a los métodos propuestos por la NTC 5001-2008.

A continuación, se muestran los perfiles de desbalance de tensión tanto de la componente de secuencia inversa y la componente de secuencia homopolar realizando el análisis estadístico correspondiente a cada figura.

**Figura 60. Desbalance de tensión de la componente de secuencia inversa—  
04/jul-18/jul/17.**



**Figura 61.Desbalance de tensión de la componente de secuencia homopolar—  
04/jul-18/jul/17.**



En la siguiente tabla 54 se resumen los resultados estadísticos de los perfiles de desbalance de las figuras 60 y 61.

**Tabla 54. Resumen estadístico del perfil de la figura 60 y 61, 04/jul-18/jul/2017.**

DESBALANCE DE TENSIÓN		[%]	Desviación estándar	Percentil 99 [%]
<b>Componente de secuencia inversa</b>	Máx	1,4559	11,8733	0,5748
	Prom	1,0447	8,4722	0,2338
	Min	0,5985	5,6414	0,2040
<b>Componente de secuencia homopolar</b>	Máx	1,4664	30,4334	0,3815
	Prom	1,0484	22,1830	0,2252
	Min	0,2552	1,3964	0,2048

Los límites de desbalance de tensión instaurados en la NTC 5001-2008 establecen que el 99% de los valores registrados deben ser de una semana con un periodo de agregación de 10 min con valor máximo del 2,0% como se indicó en la tabla 46, lo cual indica que el percentil calculado en la tabla 54 se encuentran dentro de los porcentajes máximos de desbalance de tensión para una semana de medición desde 04/jul-11/jul/2017 para cada uno de los perfiles Máx, Prom y Mín.

Ahora se analizan los resultados estadísticos calculados en la tabla 54, lo cual tiene en cuenta todos los datos registrados comprobando que se encuentran dentro de los porcentajes máximos de desbalance de tensión:

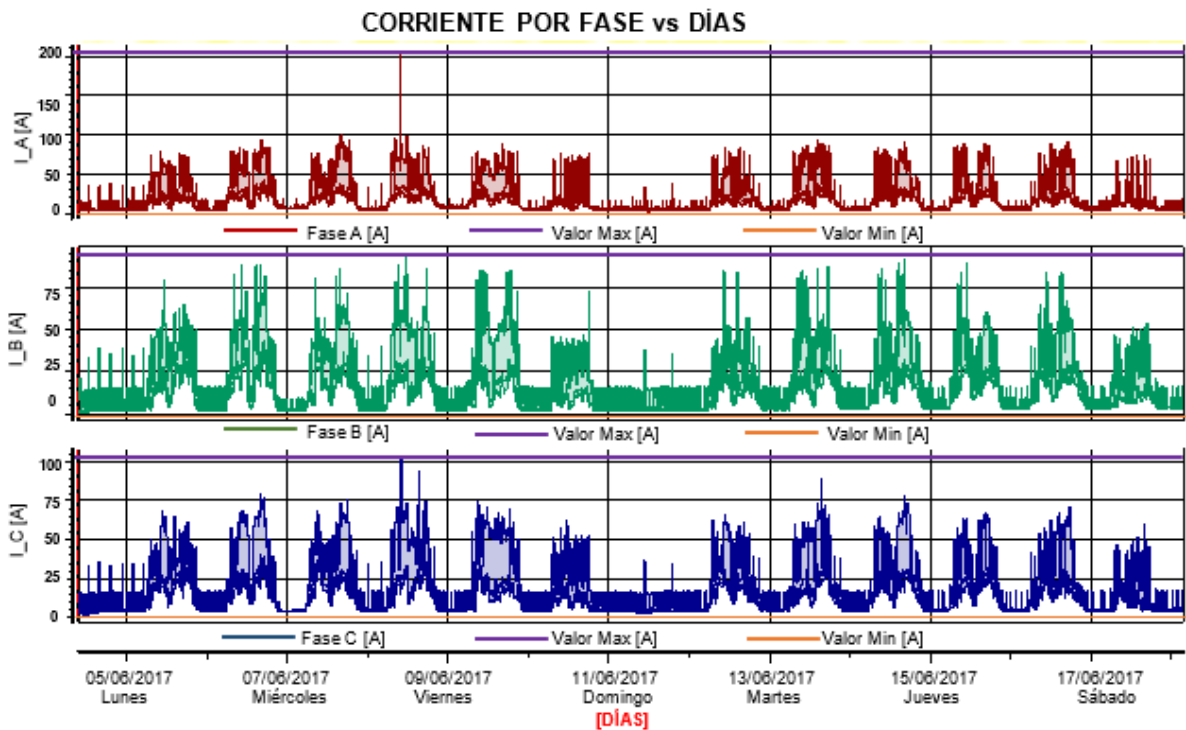
1. La componente de secuencia inversa registró un valor Máx 1,4559% y desviación estándar de 11,8733 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 0,1729\%$ , un valor Prom 1,0447% y desviación estándar de 8,4722 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 0,0885\%$ , un valor Min 0,5985% y desviación estándar de 5,6414 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 0,0338\%$ .

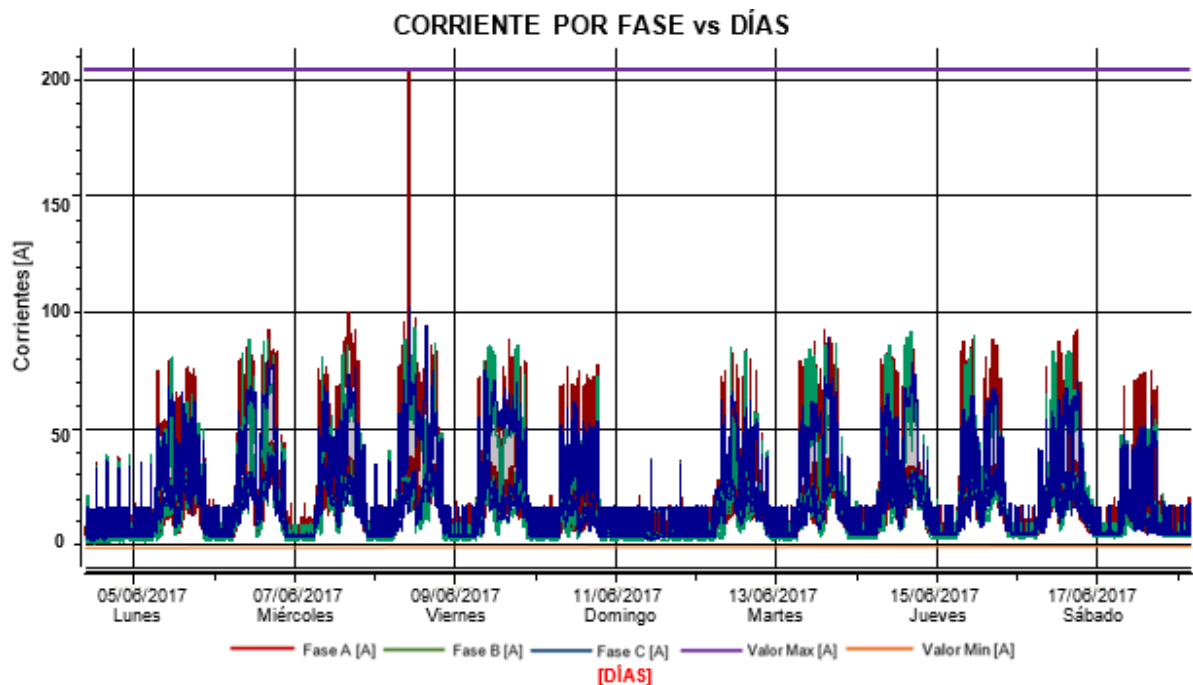
- La componente de secuencia homopolar registró un Valor Máx 1,4664% y desviación estándar de 30,4334 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 0,4463\%$ , un valor Prom 1,0484% y desviación estándar de 22,1830 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 0,2326\%$ , un valor Min 0,2552% y desviación estándar de 1,3964 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 0,0036\%$ .

#### 4.7.4. Niveles de corriente en el edificio de la E3T.

#### Análisis del comportamiento de intensidad

Figura 62. Corrientes por fase [A], fases A, B, - 04/jun - 18/jun de 2017.





En la figura 62 se muestra el comportamiento habitual de la corriente en los días normales de clase osea con jornadas completas desde el día 04/06/2017 hasta 18/06/2017, se pueden observar muchos incrementos de la corriente estos se dan gran parte del día y la tarde, mientras que el decremento se da en las noches, madrugas, y fines de semana.

A continuacion se presentan en la tabla 55 los registros de la corriente eficaz maximas en estado permanente o estable por mas de 1 hora en cada fase.

**Tabla 55. Resumen corriente eficaz del perfil de la figura 62, 04/jun-18/jun/2017.**

	I [A]	CARGABILIDAD DEL TRANSFORMADOR [%]
Fase (A)	100,36	$S\% = \frac{I_e}{I_N} * 100\% = 6,42 \%$ <p><i>S%</i> : Cargabilidad del transformador [%]</p> <p><i>I<sub>N</sub></i> : Corriente Nominal del transformador [A]</p>
Fase (B)	94,25	
Fase (C)	103,28	
Neutro	39,83	

Para hallar la corriente trifásica se utilizó la ecuación 9 propuesta por la IEEE 1459-2009, para el sistema de cuatro hilos obteniendo una corriente equivalente efectiva de línea.

$$I_e = \sqrt{\frac{I_a^2 + I_b^2 + I_c^2 + \rho I_n^2}{3}} = 102 \text{ [A]} \quad (9)$$

Donde:

$I_e$ : Corriente equivalente efectiva de línea.

$I_a$ - $I_b$ - $I_c$  : Corriente [A] por fase.

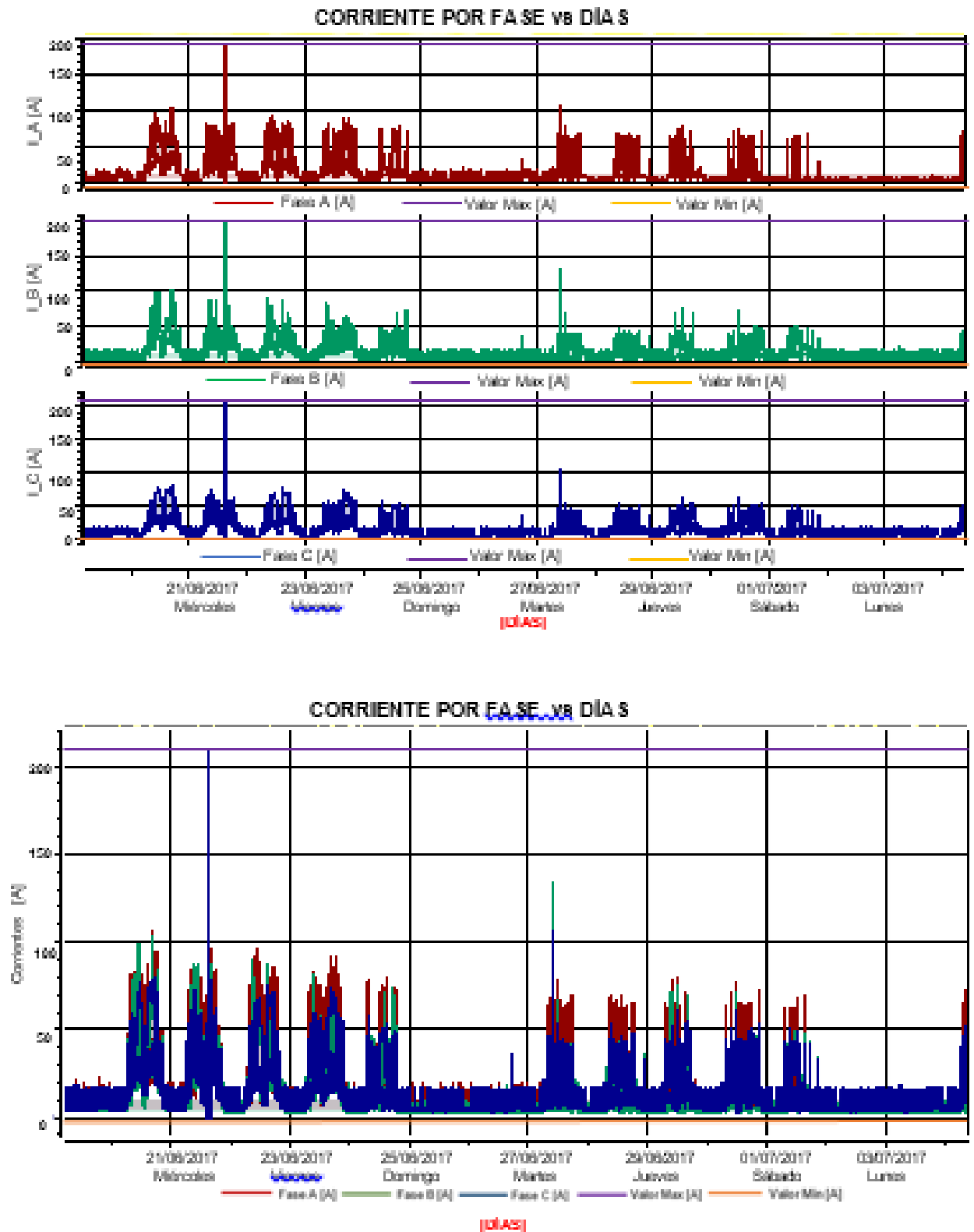
$I_n$ : Corriente [A] por el neutro.

$\rho$ : Relación  $\frac{r_n}{r}$  de la resistencia del cable de neutro sobre resistencia de la línea,

Nota: si no se conoce se recomienda usar  $\rho = 1,0$ .

Analizando los datos de la tabla 55, se observan las corrientes por fase y la del neutro, y utilizando la ecuación (9) se obtiene la corriente equivalente eficaz de línea la cual tiene en cuenta la corriente por el neutro, obteniendo la cargabilidad (S%) de 6,42% del transformador de la escuela E3T dentro del tiempo especificado de 15 días. La corriente máxima en dicho intervalo se registró en la fase C con un valor de 103,28 [A] el día jueves 08/06/2017-10:20 am, por otra parte en la fase A se registra una corriente de 205 [A] con duración menor a un (1) minuto lo cual no se considera para el análisis.

Figura 63. Corrientes por fase [A], fases A,B,C-19/jun-04/jul de 2017.



En la figura 63 se muestra el comportamiento habitual de la corriente en los días normales de clase desde 19/06/2017 hasta 23/06/2017, y desde 24/06/2017 hasta 04/jul/2017 se inicia el receso del personal docente y estudiantil excepto el personal administrativo, por otra parte se pueden observar muchos incrementos de la corriente estos se dan gran parte del día y la tarde, mientras que el decremento se da en las noches, madrugadas, y fines de semana.

A continuación se presentan en la tabla 56 los registros de la corriente eficaz máxima en estado permanente o estable por más de 1 hora en cada fase.

**Tabla 56. Resumen corriente eficaz del perfil de la figura 63, 19/jun-04/jul/2017.**

	I [A]	CARGABILIDAD DEL TRANSFORMADOR [%]
Fase (A)	106,3	$S\% = \frac{I_e}{I_N} * 100\% = 6,32 \%$ <p><i>S% : Cargabilidad del transformador [%]</i></p> <p><i>I<sub>N</sub> : Corriente Nominal del transformador [A]</i></p>
Fase (B)	103,28	
Fase (C)	80,05	
Neutro	43,26	

Para hallar la corriente trifásica se utilizó la ecuación 10 propuesta por la IEEE 1459-2009, para el sistema de cuatro hilos obteniendo una corriente equivalente efectiva de línea.

$$I_e = \sqrt{\frac{I_a^2 + I_b^2 + I_c^2 + \rho I_n^2}{3}} = 100,41 [A] \quad (10)$$

Donde:

I<sub>e</sub>: Corriente equivalente efectiva de línea.

I<sub>a</sub>-I<sub>b</sub>-I<sub>c</sub> : Corriente [A] por fase.

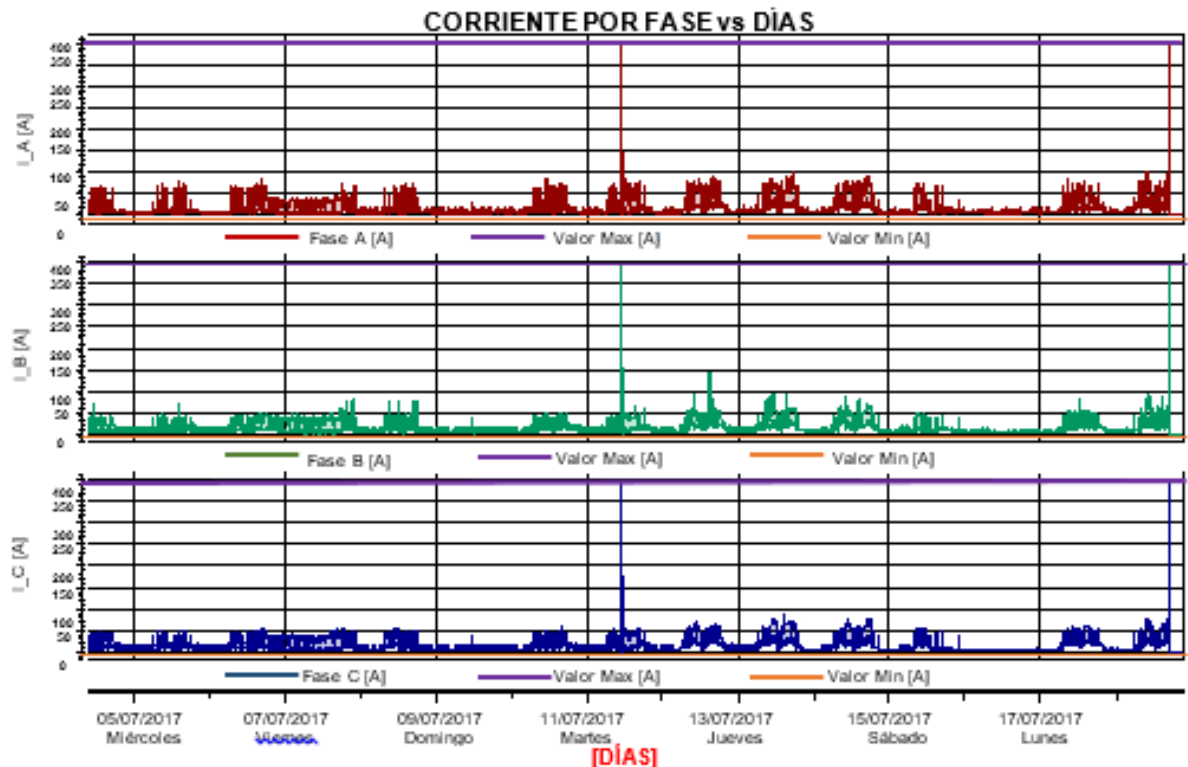
I<sub>n</sub>: Corriente [A] por el neutro.

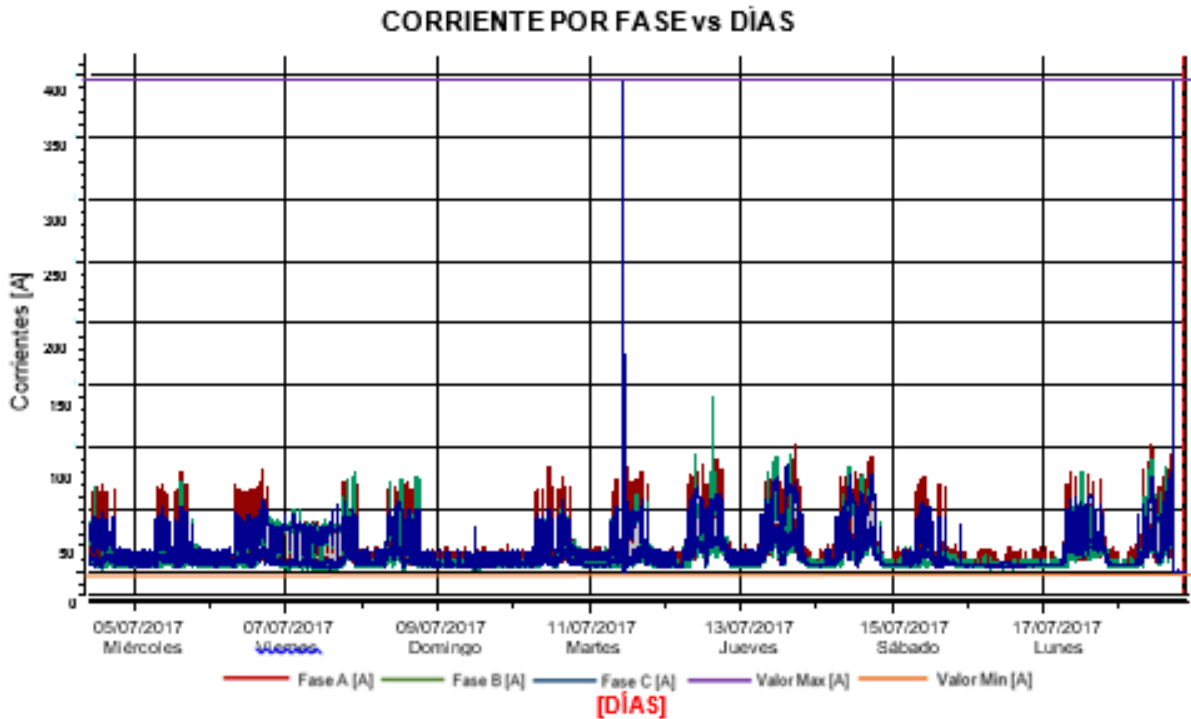
$\rho$ : Relación  $\frac{r_n}{r}$  de la resistencia del cable de neutro sobre resistencia de la línea,

Nota: si no se conoce se recomienda usar  $\rho = 1,0$ .

Analizando los datos de la tabla 56, se observan las corrientes por fase y la del neutro, y utilizando la ecuación (10) se obtiene la corriente equivalente eficaz de línea la cual tiene en cuenta la corriente por el neutro, obteniendo la cargabilidad (S%) de 6,32% del transformador de la escuela E3T dentro del tiempo especificado de 15 días. La corriente máxima en dicho intervalo se registró en la fase A con un valor de 106,3 [A] el día martes 20/06/2017-04:50 am, por otra parte, en la fase A, fase B y fase C se registran corrientes de 195 [A], 203 [A] y 212 [A] respectivamente con duración menor a un (1) minuto lo cual no se considera para el análisis.

**Figura 64. Corrientes por fase [A], fases A, B, C-04/jul-18/jul de 2017.**





En la figura 64 se muestra el comportamiento habitual de la corriente en los días de receso del personal docente y estudiantil excepto el personal administrativo desde 04/07/2017 hasta 11/07/2017, y desde 12/07/2017 hasta 18/07/2017 días normales de clase, por otra parte se pueden observar muchos incrementos de la corriente estos se dan gran parte del día y la tarde, mientras que el decremento se da en las noches, madrugadas, y fines de semana.

A continuación se presentan en la tabla 57 los registros de la corriente eficaz maximas en estado permanente o estable por mas de 1 hora en cada fase.

**Tabla 57. Resumen corriente eficaz del perfil de la figura 64, 04/jul-18/jul/2017.**

	I [A]	CARGABILIDAD DEL TRANSFORMADOR [%]
Fase (A)	102,33	$S\% = \frac{I_e}{I_N} * 100\% = 6,09 \%$ <p><i>S%</i> : Cargabilidad del transformador [%]</p> <p><i>I<sub>N</sub></i> : Corriente Nominal del transformador [A]</p>
Fase (B)	94,29	
Fase (C)	86,30	
Neutro	34,89	

Para hallar la corriente trifásica se utilizó la ecuación 11 propuesta por la IEEE 1459-2009, para el sistema de cuatro hilos obteniendo una corriente equivalente efectiva de línea.

$$I_e = \sqrt{\frac{I_a^2 + I_b^2 + I_c^2 + \rho I_n^2}{3}} = 96,66 [A] \quad (11)$$

Donde:

*I<sub>e</sub>*: Corriente equivalente efectiva de línea.

*I<sub>a</sub>*-*I<sub>b</sub>*-*I<sub>c</sub>* : Corriente [A] por fase.

*I<sub>n</sub>*: Corriente [A] por el neutro.

$\rho$ : Relación  $\frac{r_n}{r}$  de la resistencia del cable de neutro sobre resistencia de la línea,

Nota: si no se conoce se recomienda usar  $\rho = 1,0$ .

Analizando los datos de la tabla 57, se observan las corrientes por fase y la del neutro, y utilizando la ecuación (11) se obtiene la corriente equivalente eficaz de línea la cual tiene en cuenta la corriente por el neutro, obteniendo la cargabilidad (S%) de 6,09% del transformador de la escuela E3T dentro del tiempo especificado de 15 días, por otra parte en la fase A, fase B y fase C se registran corrientes de 405 [A], 408 [A] y 395 [A] respectivamente con duración menor a un (1) minuto lo cual no se considera para el análisis.

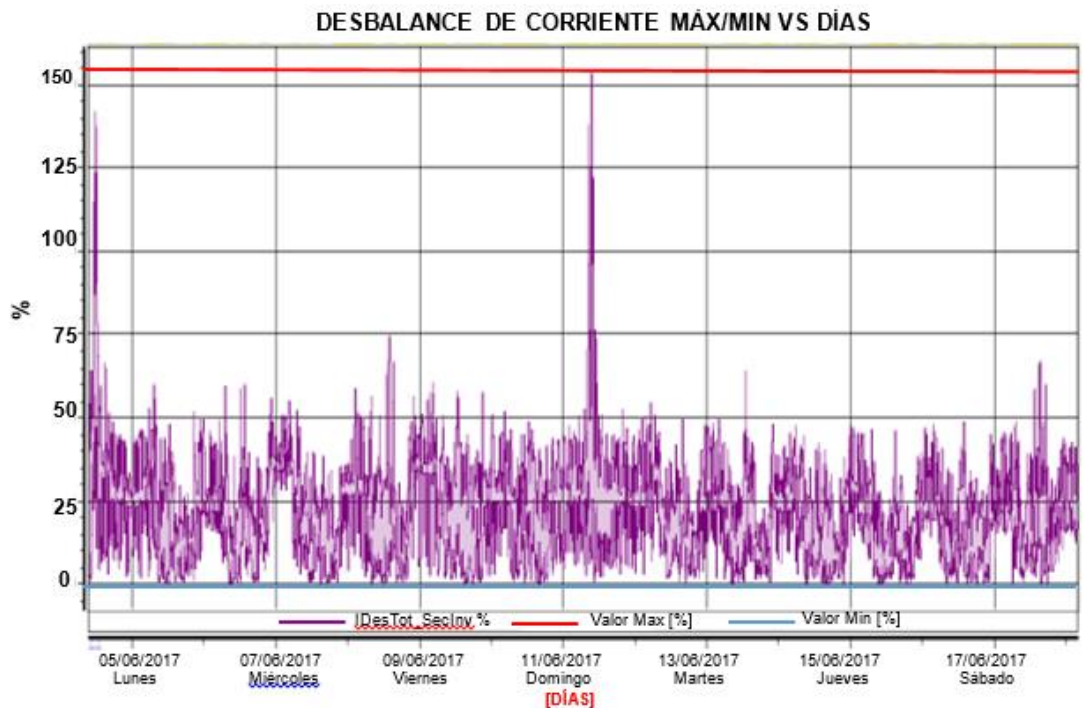
La corriente máxima en dicho intervalo se registró en la fase A con un valor de 102,33 [A] el día martes 18/07/2017-10:00 am.

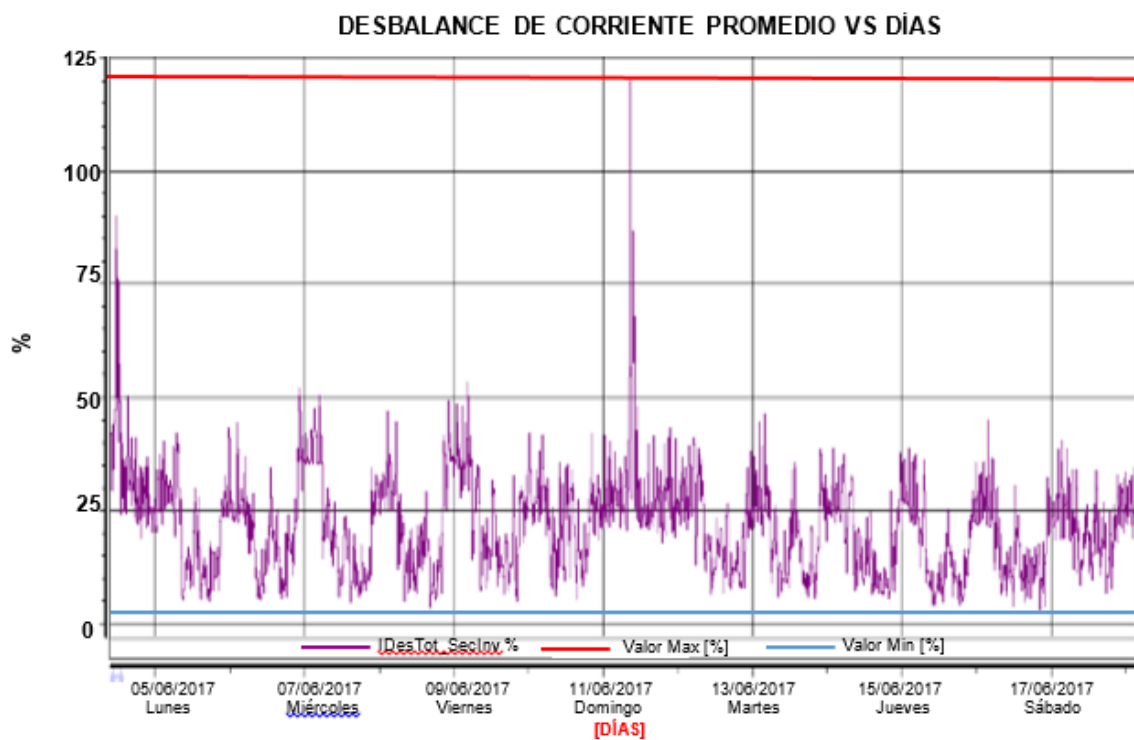
### **DESBALANCE DE CORRIENTE EN EL PCC (PUNTO DE ACOPLE COMÚN)- BORNES DEL TRANSFORMADOR, 04/jun-18/jun de 2017.**

Habiendo establecido los límites de desbalance de corriente en el PCC en la tabla 46 se hace el análisis del perfil de la corriente dentro del intervalo definido de 15 días utilizando la metodología de evaluación propuesta por la NTC 5001-2008.

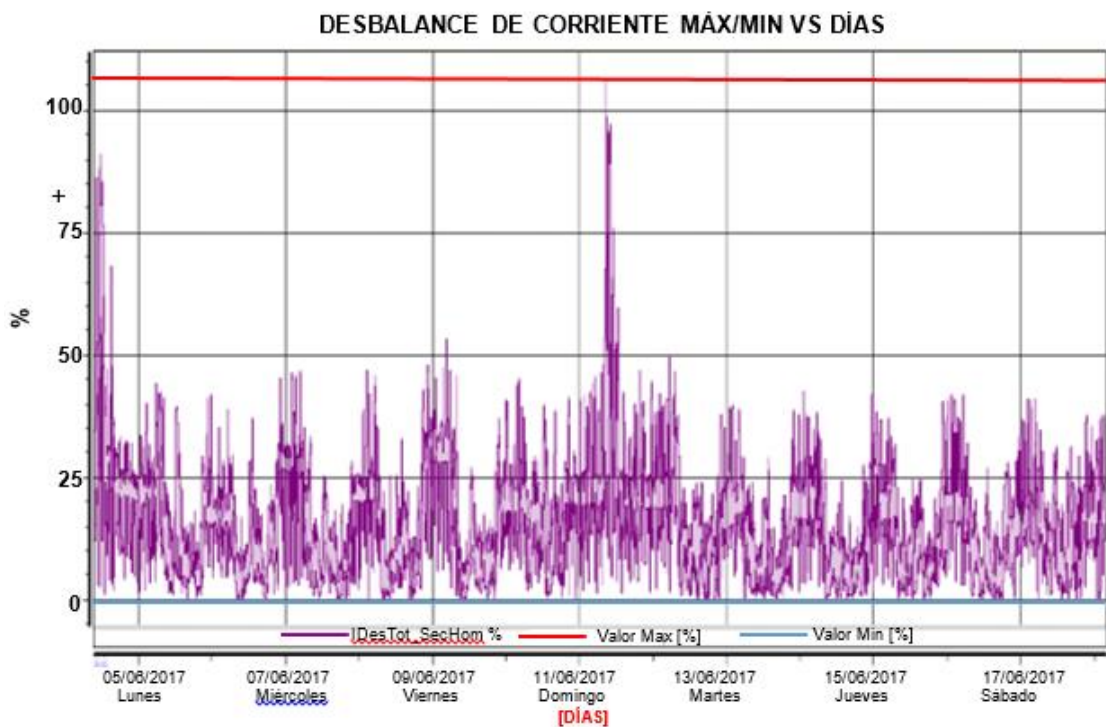
A continuación, se muestran los perfiles de desbalance de corriente tanto de la componente de secuencia inversa y la componente de secuencia homopolar realizando el análisis estadístico correspondiente a cada figura.

**Figura 65. Desbalance de corriente de la componente de secuencia inversa -  
4/jun - 18/jun/17.**

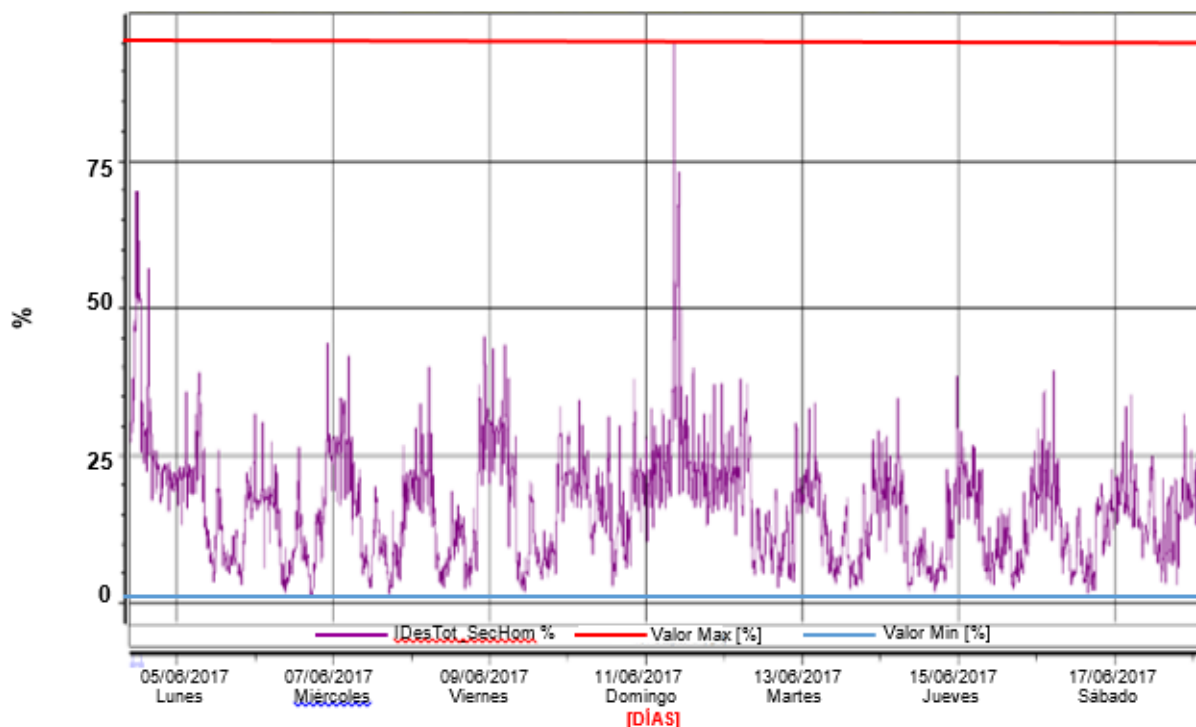




**Figura 66. Desbalance de corriente de la componente de secuencia homopolar - 04/jun-18/jun/17.**



### DESBALANCE DE CORRIENTE PROMEDIO VS DÍAS



En la siguiente tabla 58 se resumen los resultados estadísticos de los perfiles de desbalance de las figuras 65 y 66.

**Tabla 58. Resumen estadístico del perfil de la figura 65 y 66, 04/jun-18/jun/2017.**

DESBALANCE DE CORRIENTE		[%]	Desviación estándar	Percentil 95 [%]
<b>Componente de secuencia inversa</b>	Máx	28,5289	10,2404	45,2395
	Prom	19,2859	8,7569	34,6540
	Min	11,7589	8,4141	25,6086
<b>Componente de secuencia homopolar</b>	Máx	20,2650	8,9430	37,6810
	Prom	13,9586	7,2460	26,3587
	Min	7,9547	6,5057	18,8777

Los límites de desbalance de corriente instaurados en la NTC 5001-2008 establecen que el 95 % de los valores registrados en una semana con un periodo de agregación de 10 min deben ser  $\leq 20 \%$ , donde dicho periodo de observación debe estar bajo condiciones de operación normal, para este análisis se tomó el intervalo de tiempo 12/jun-18/jun/2017. Ahora bien, los percentiles calculados en la tabla 58 no cumplen con el porcentaje de referencia, exceptuando el valor mínimo de la componente de secuencia homopolar, una de las causas que posiblemente están afectando el desbalance de corriente son producto de las cargas desequilibradas dentro de la instalación eléctricas ya que pueden existir gran cantidad de cargas monofásicas que no están bien distribuidas en los tableros.

Se analizan los resultados estadísticos calculados en la tabla 58, indicando que se encuentran dentro del porcentaje de referencia mencionado anteriormente, exceptuando los valores máximos de las dos componentes de secuencia.

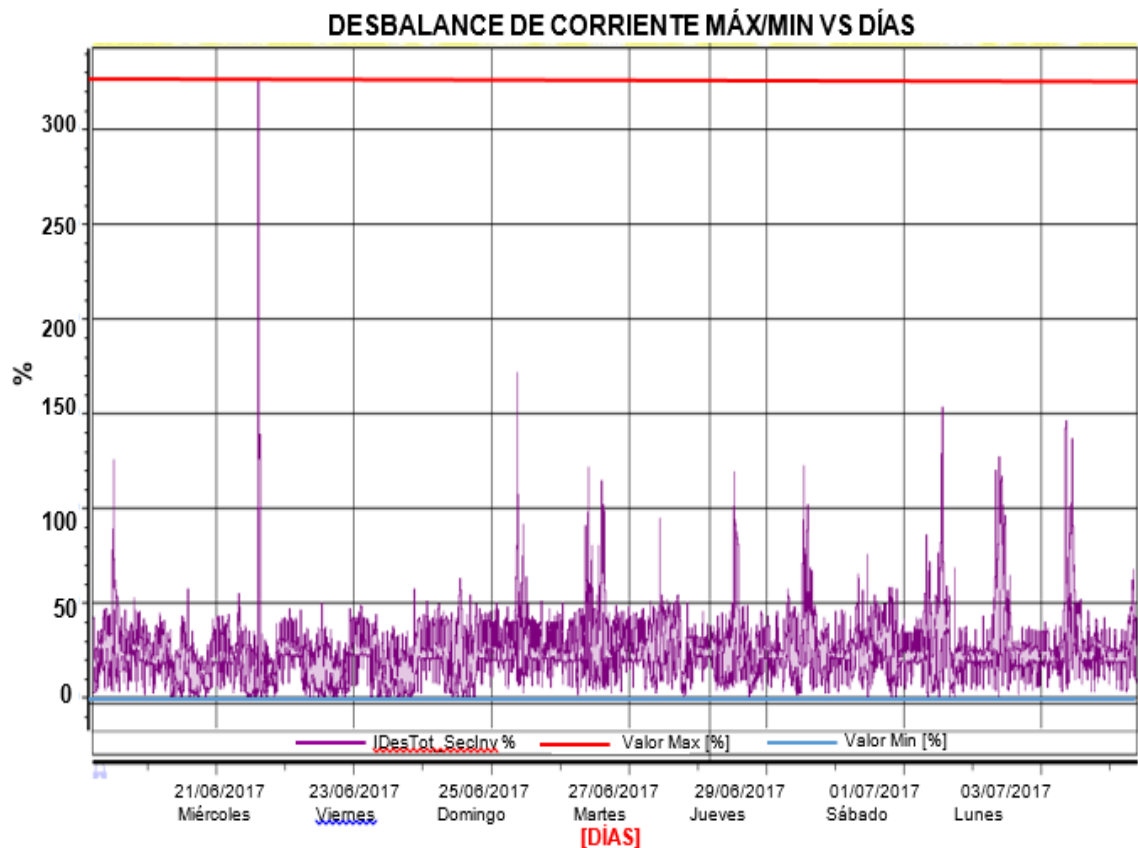
1. La componente de secuencia inversa registró un valor Máx 28,5289% y desviación estándar de 10,2404 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 2,9215\%$ , un valor Prom 19,2859% y desviación estándar de 8,7569 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 1,6889\%$ , un valor Min 11,7589% y desviación estándar de 8,4141 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 0,9894\%$ .
2. La componente de secuencia homopolar registró un Valor Máx 20,2650% y desviación estándar de 8,9430 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 1,8123\%$ , un valor Prom 13,9586% y desviación estándar de 7,2460 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varia  $\pm 1,0114\%$ , un valor Min 7,9547% y desviación estándar de 6,5057 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varia  $\pm 0,5175\%$ .

## DESBALANCE DE CORRIENTE EN EL PCC (PUNTO DE ACOPLE COMÚN)- BORNES DEL TRANSFORMADOR, 19/jun-04/jul de 2017.

Habiendo establecido los límites de desbalance de corriente en el PCC en la tabla 46 se hace el análisis del perfil de la corriente dentro del intervalo definido de 15 días utilizando la metodología de evaluación propuesta por la NTC 5001-2008.

A continuación, se muestran los perfiles de desbalance de corriente tanto de la componente de secuencia inversa y la componente de secuencia homopolar realizando el análisis estadístico correspondiente a cada figura.

**Figura 67. Desbalance de corriente de la componente de secuencia inversa—  
19/jun-04/jul/17.**



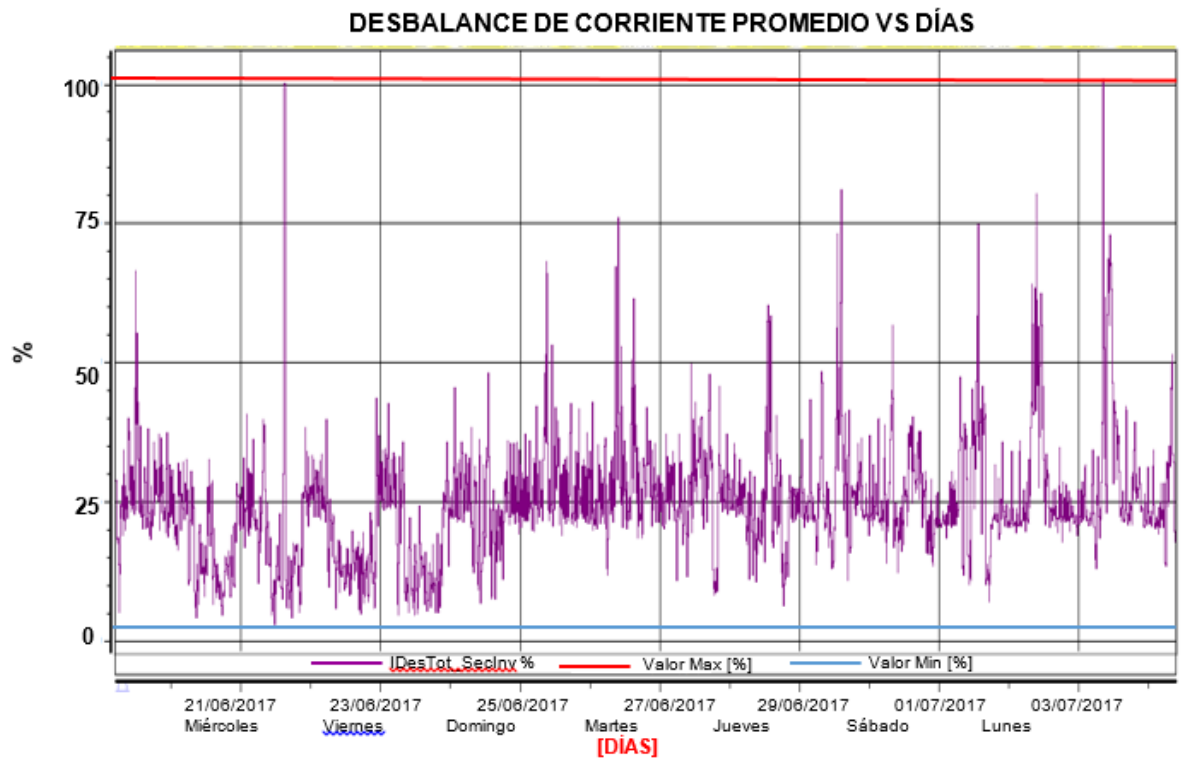
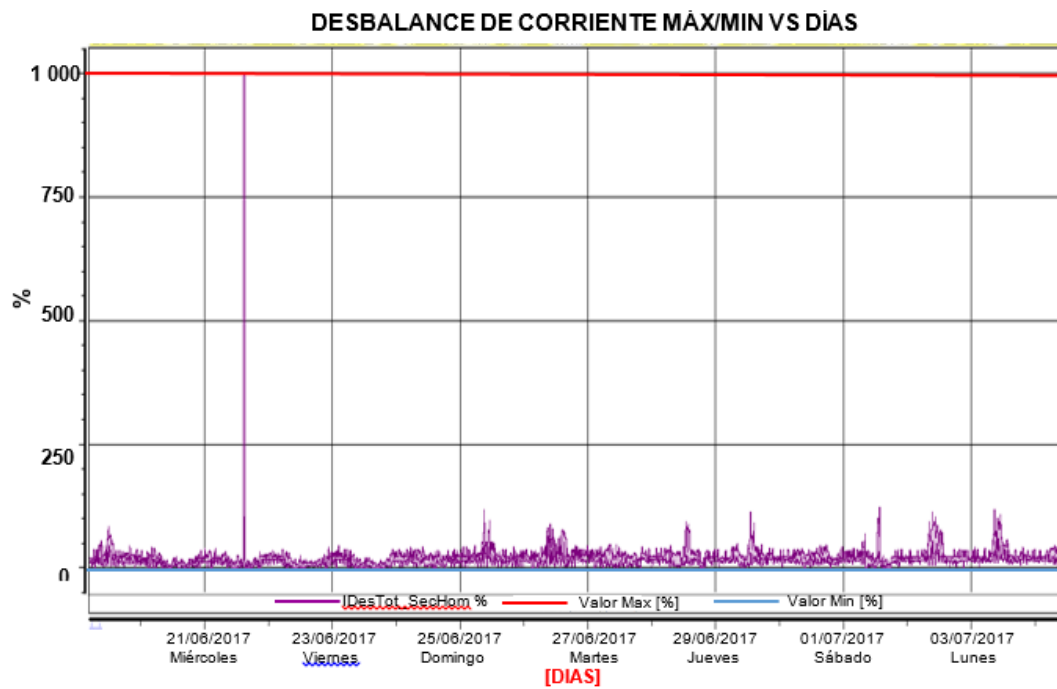
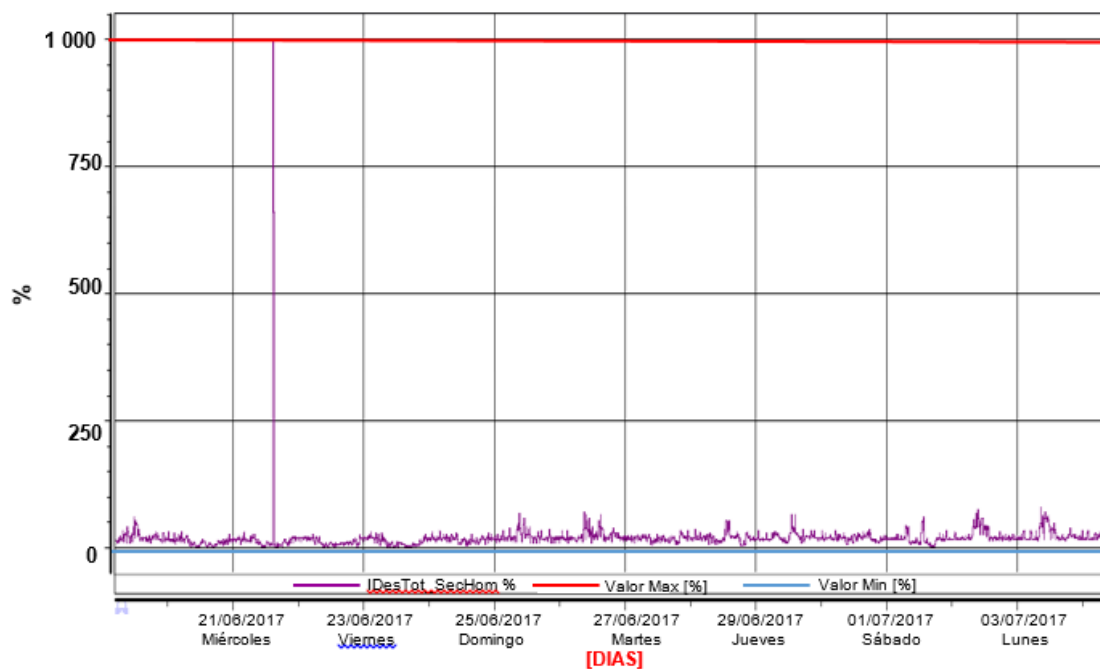


Figura 68. Desbalance de corriente de la componente de secuencia homopolar- 19/jun-04/jul/17.



### DESBALANCE DE CORRIENTE PROMEDIO VS DÍAS



En la siguiente tabla 59 se resumen los resultados estadísticos de los perfiles de desbalance de las figuras 67 y 68.

**Tabla 59. Resumen estadístico del perfil de la figura 67 y 68, 19/jun-04/jul/2017.**

DESBALANCE DE CORRIENTE		[%]	Desviación estándar	Percentil 95 [%]
<b>Componente de secuencia inversa</b>	Máx	35,6898	14,9856	59,1965
	Prom	24,6391	9,7423	40,9020
	Min	15,1823	8,9296	28,5360
<b>Componente de secuencia homopolar</b>	Máx	27,4745	13,9964	52,4515
	Prom	18,7982	9,1724	34,6745
	Min	11,3871	7,7639	23,2657

Los límites de desbalance de corriente instaurados en la NTC 5001-2008 establecen que el 95 % de los valores registrados en una semana con un periodo de agregación

de 10 min deben ser  $\leq 20 \%$ , donde dicho periodo de observación debe estar bajo condiciones de operación normal, para este análisis se tomó el intervalo de tiempo 22/jun-29/jun/2017. Ahora bien, los percentiles calculados en la tabla 59 no cumplen con el porcentaje de referencia, una de las causas que posiblemente están afectando el desbalance de corriente son producto de las cargas desequilibradas dentro de la instalación eléctricas ya que pueden existir gran cantidad de cargas monofásicas que no están bien distribuidas en los tableros, además en este periodo fue el receso del personal docente y el estudiantado.

Se analizan los resultados estadísticos calculados en la tabla 59, indicando que se encuentran dentro del porcentaje de referencia mencionado anteriormente, exceptuando los valores máximos de las dos componentes de secuencia y el valor promedio de la componente de secuencia inversa.

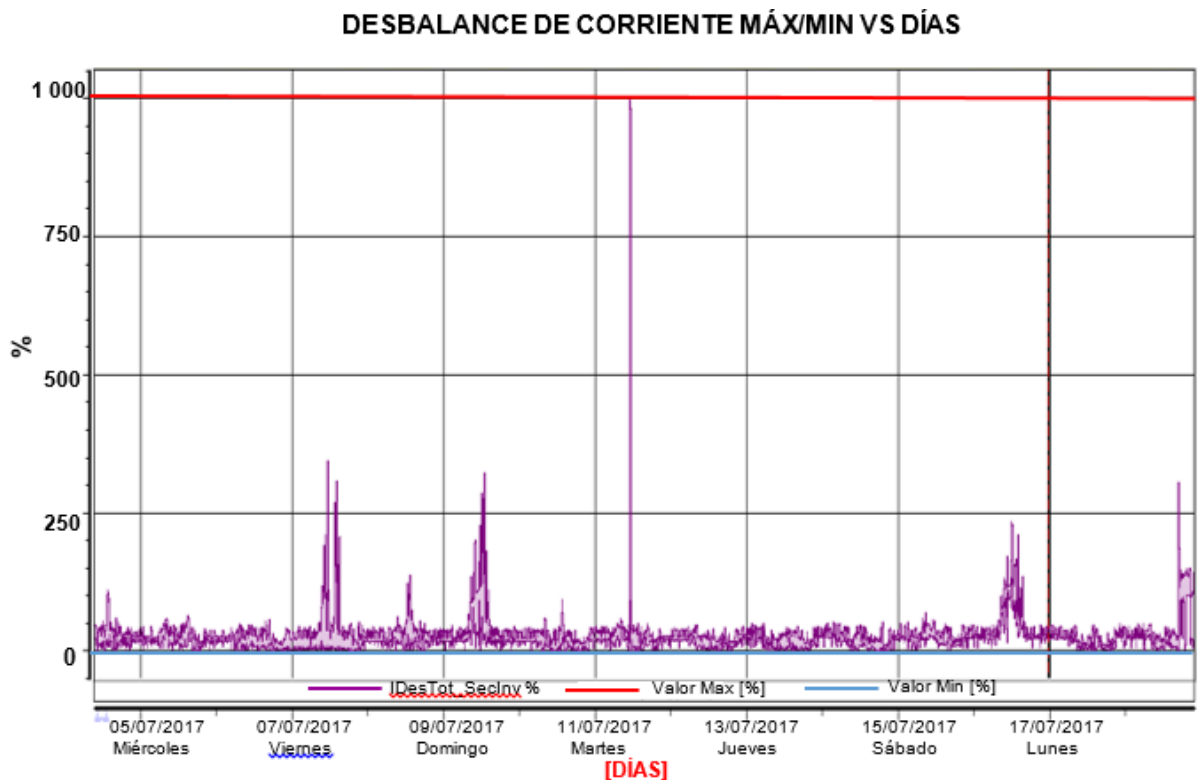
1. La componente de secuencia inversa registró un valor Máx 35,6898% y desviación estándar de 14,9856 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 5,3483 \%$ , un valor Prom 24,6391 % y desviación estándar de 9,7423 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 2,4004 \%$ , un valor Min 15,1823 % y desviación estándar de 8,9296 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 1,3557 \%$ .
2. La componente de secuencia homopolar registró un Valor Máx 27,4745 % y desviación estándar de 13,9964 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 3,8454 \%$ , un valor Prom 18,7982 % y desviación estándar de 9,1724 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 1,7242 \%$ , un valor Min 11,3871 % y desviación estándar de 7,7639 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 0,8841 \%$ .

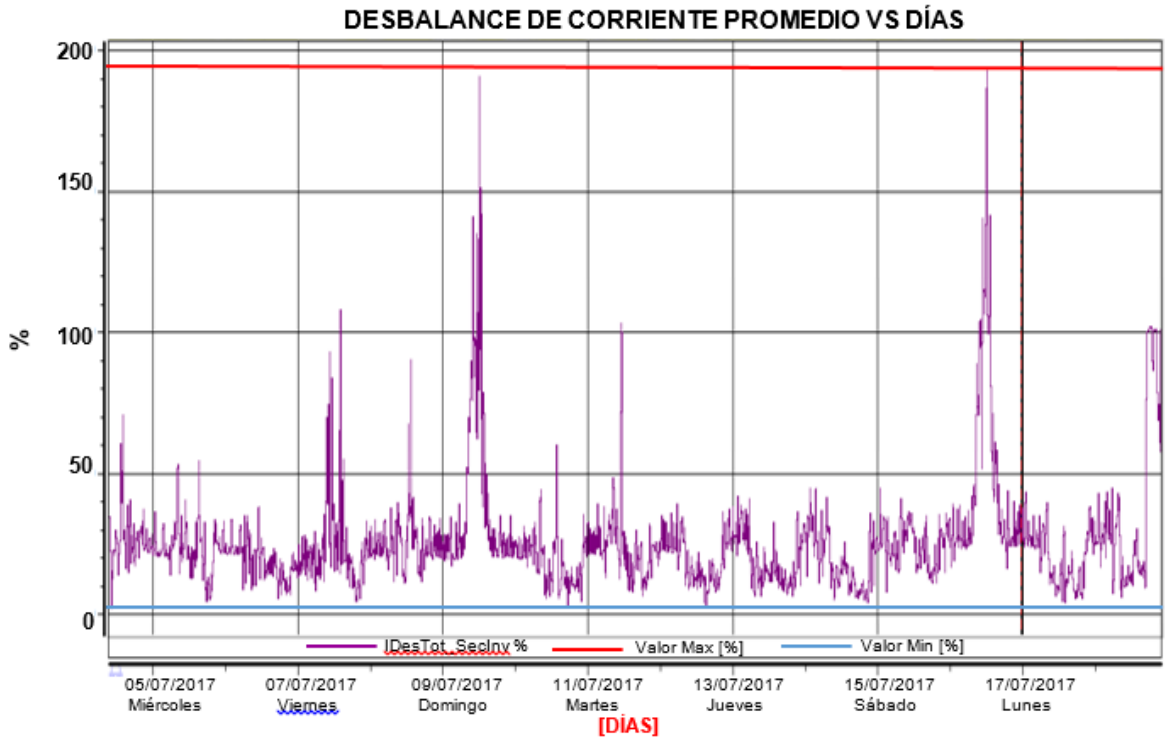
## DESBALANCE DE CORRIENTE EN EL PCC (PUNTO DE ACOPLE COMÚN)- BORNES DEL TRANSFORMADOR, 04/jul-18/jul de 2017.

Habiendo establecido los límites de desbalance de corriente en el PCC en la tabla 46 se hace el análisis del perfil de la corriente dentro del intervalo definido de 15 días utilizando la metodología de evaluación propuesta por la NTC 5001-2008.

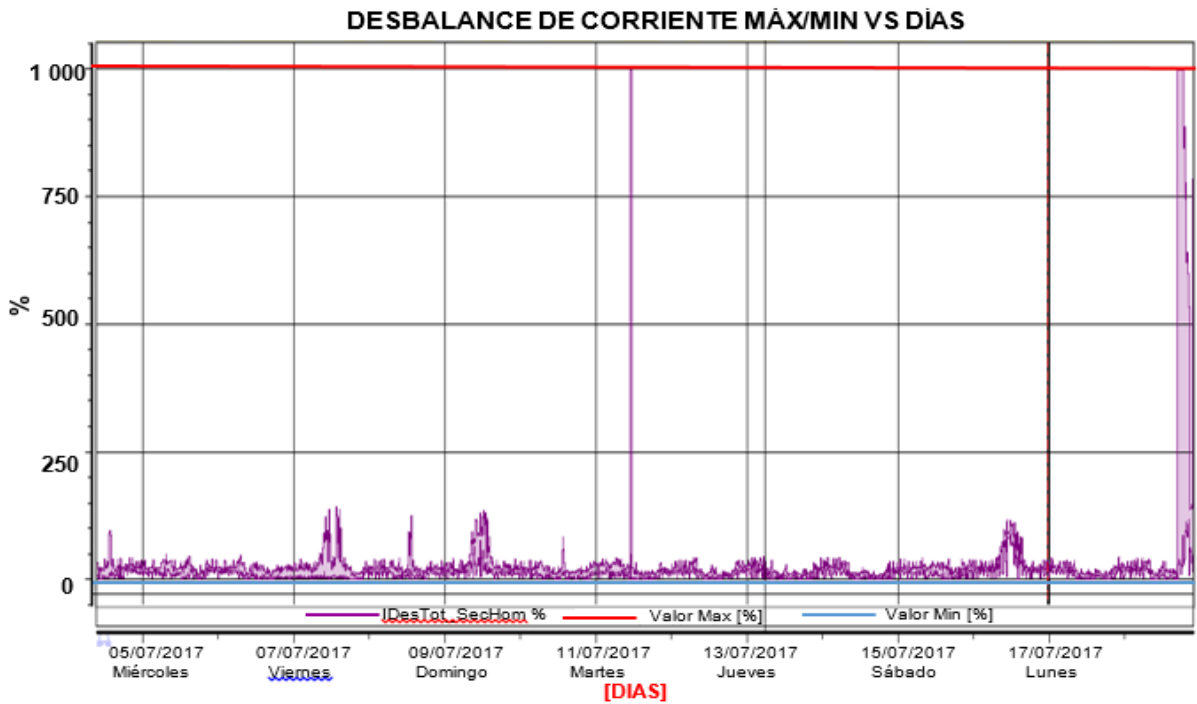
A continuación, se muestran los perfiles de desbalance de corriente tanto de la componente de secuencia inversa y la componente de secuencia homopolar realizando el análisis estadístico correspondiente a cada figura.

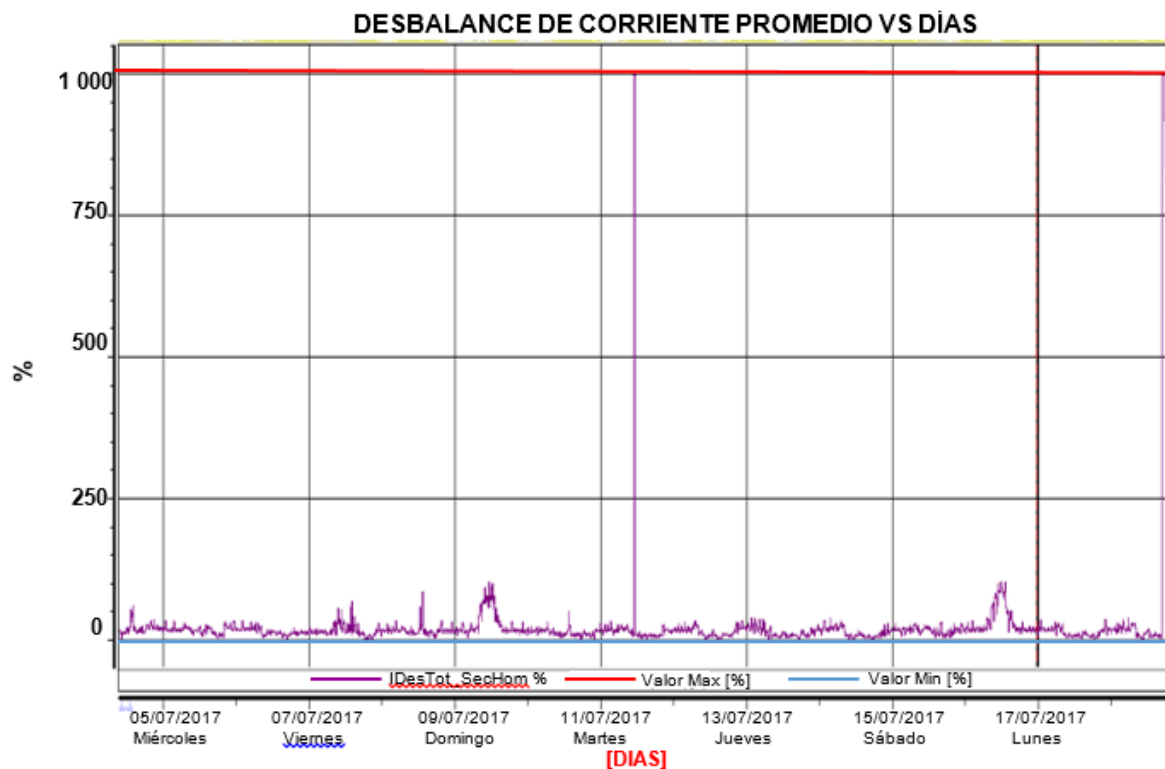
**Figura 69. Desbalance de corriente de la componente de secuencia inversa - 04/jul-18/jul/17.**





**Figura 70. Desbalance de corriente de la componente de secuencia homopolar - 04/jul-18/jul/17.**





En la siguiente tabla 60 se resumen los resultados estadísticos de los perfiles de desbalance de las figuras 69 y 70 por 15 días.

**Tabla 60. Resumen estadístico del perfil de la figura 69 y 70, 04/jul - 18/jul/2017.**

DESBALANCE DE CORRIENTE		[%]	Desviación estándar	Percentil 95 [%]
<b>Componente de secuencia inversa</b>	Máx	37,9595	29,6695	113,2320
	Prom	26,7459	21,3680	73,7300
	Min	18,1342	17,9187	42,5900
<b>Componente de secuencia homopolar</b>	Máx	44,1925	127,2204	89,4240
	Prom	33,9768	108,3486	68,8260
	Min	12,5969	15,0091	35,3060

Los límites de desbalance de corriente instaurados en la NTC 5001-2008 establecen que el 95 % de los valores registrados en una semana con un periodo de agregación de 10 min deben ser  $\leq 20$  %, donde dicho periodo de observación debe estar bajo condiciones de operación normal, para este análisis se tomó el intervalo de tiempo 12/jul-18/jul/2017. Ahora bien, los percentiles calculados en la tabla 60 no cumplen con el porcentaje de referencia.

Ahora bien, se analizan los resultados estadísticos calculados en la tabla 60, indicando que no se encuentran dentro del porcentaje de referencia mencionado anteriormente, exceptuando los valores mínimos de las dos componentes de secuencia.

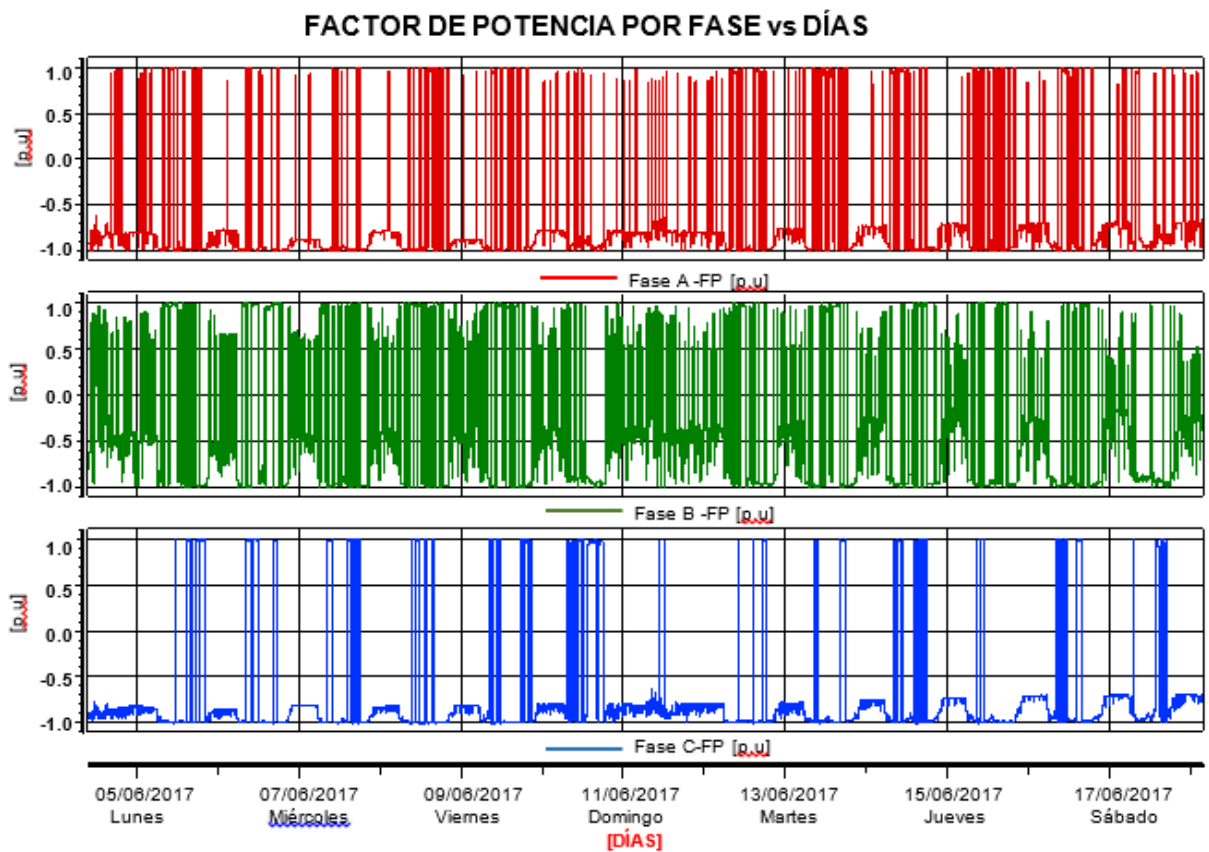
1. La componente de secuencia inversa registró un valor Máx 37,9595 % y desviación estándar de 29,6695 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 11,2624$  %, un valor Prom 26,7459 % y desviación estándar de 21,3680 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 5,7151$ %, un valor Min 18,1342 % y desviación estándar de 17,9187 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 3,2494$  %.
2. La componente de secuencia homopolar registró un Valor Máx 44,1925 % y desviación estándar de 127,2204 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 56,2219$  %, un valor Prom 33,9768 % y desviación estándar de 108,3486 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 36,8134$  %, un valor Min 12,5969 % y desviación estándar de 15,0091 lo cual indica que el porcentaje de desbalance varía  $\pm 1,8907$  %.

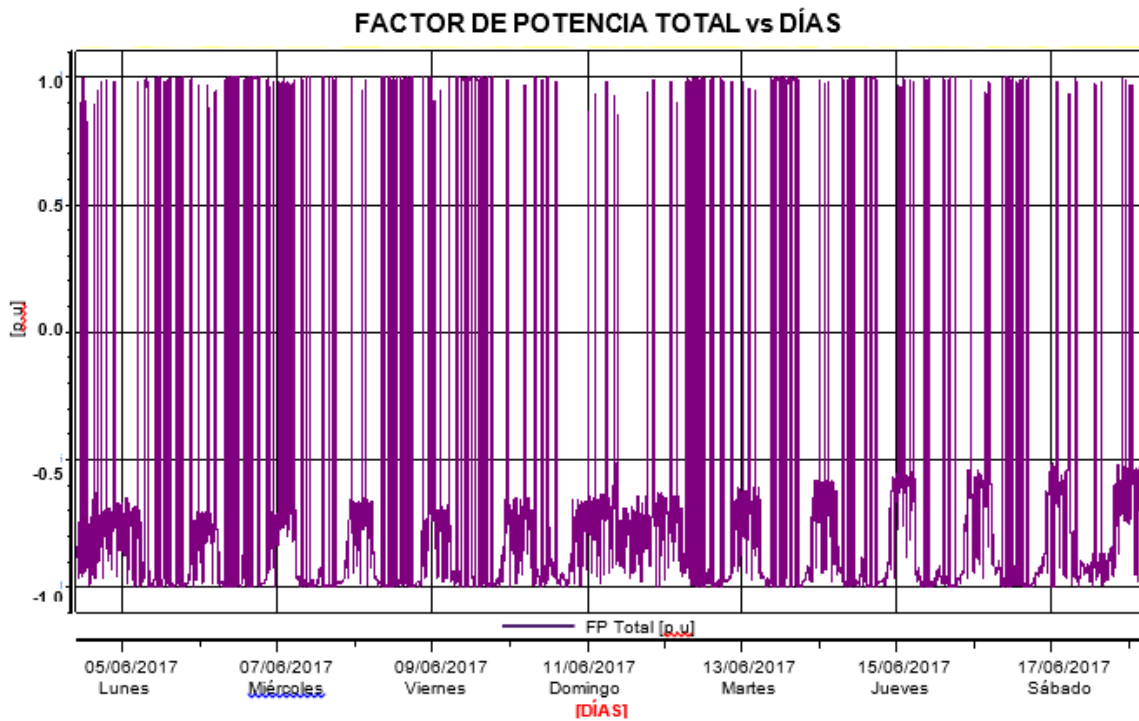
**4.7.5. Factor de potencia en el edificio de la E3T.** Habiendo establecido los límites del factor de potencia para el sistema eléctrico en el PCC referenciado en la tabla 46 se hace el análisis del perfil en el intervalo definido de 15 días utilizando la metodología de evaluación propuesta por la NTC 5001-2008.

Los límites del factor de potencia instaurados en la NTC 5001-2008 establecen que el 95 % de una semana los valores que se registren con periodo de agregación de 10 min deben permanecer entre 0,9 y 1,0 conjuntamente entre inductivo y capacitivo como se indicó en la tabla 46, todo este procedimiento bajo condiciones de operación normal.

A continuación, se muestran los perfiles del factor de potencia por fase y total medido desde los bornes del transformador.

**Figura 71. Factor de potencia total y por fase A, B, C-04/jun-18/jun/2017.**





Para el análisis de los resultados obtenidos del perfil de la figura 71 se tomó el intervalo de una semana, desde 12/jun-18/jun/2017 la cual tiene condiciones de operación normal con actividad académica completa.

En la siguiente tabla 61 muestra los registros del factor de potencia en el intervalo definido anteriormente de la figura 71.

**Tabla 61. Registro de datos importantes para el 95% de la semana, 04/jun-18/jun/2017.**

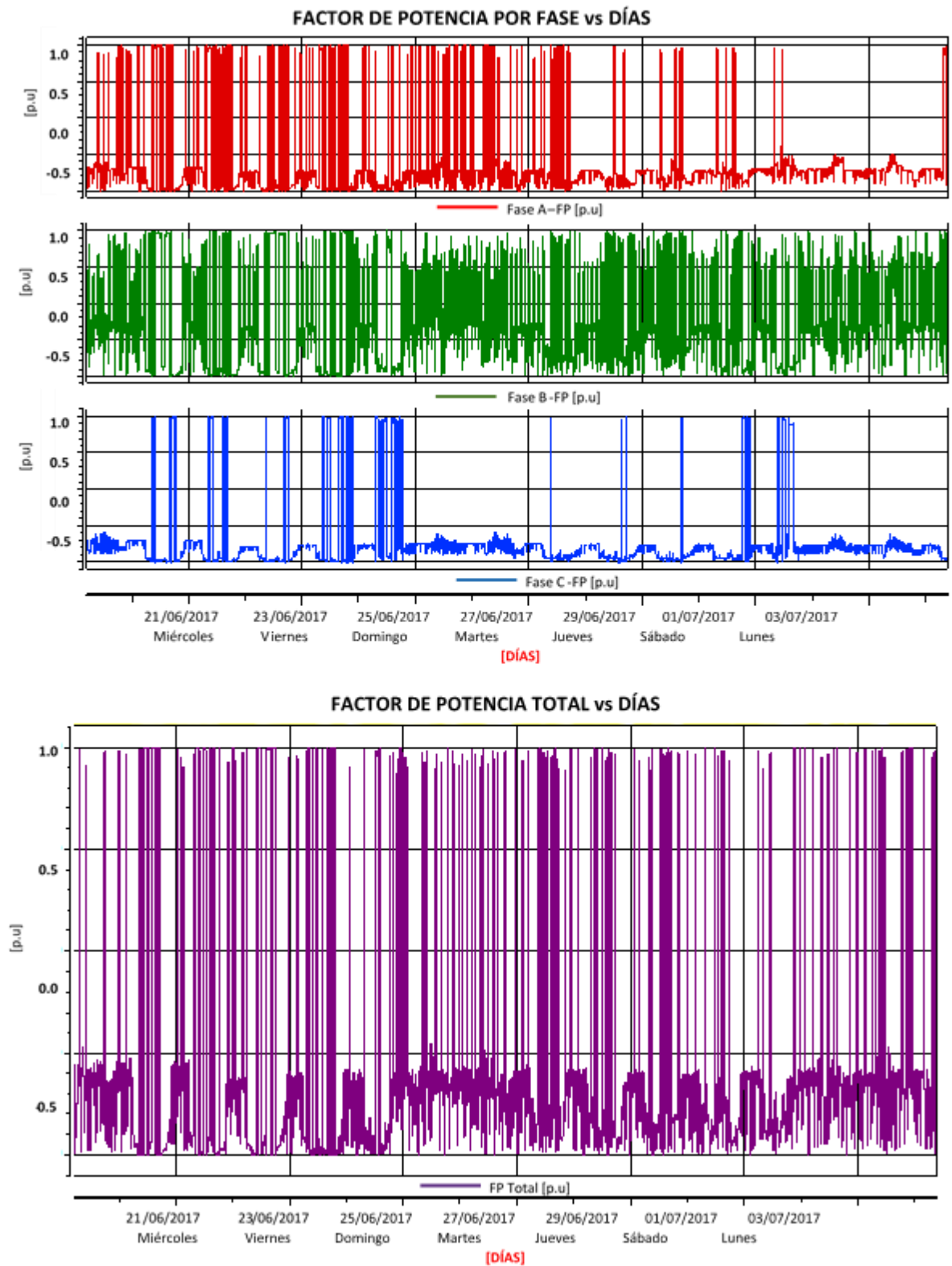
Valores medidos en el perfil	Cantidad de datos conjuntamente		100% Semana	95% Semana	Factor de potencia total [pu]			
	≥ 0,9	< 0,9			Valor máximo		Valor mínimo	
Máximo	606	282	8 880 min	8 436 min	1	-0,9943	0,7642	-0,4925
Promedio	568	320			0,9999	-0,9999	0,9018	-0,5094
Mínimo	638	250			148 horas	140,6 horas	0,9855	-1

Ahora se analizan los resultados calculados en la tabla 61, lo cual indican que se registraron 888 datos cada uno con intervalos de 10 min y con un tiempo total en la semana de 8 880 min, teniendo en cuenta esta duración se revisa el 95% del tiempo evaluando el comportamiento del factor de potencia.

Según la NTC 5001-2008 el factor de potencia debe estar entre 0,9 y 1,0 tanto inductivo como capacitivo conjuntamente en los 8436 min o 140,6 horas lo cual no es así ya que los perfiles del máximo, promedio y mínimo se encuentran por debajo del tiempo límite de cumplimiento los cuales son 6 060 min, 5 680 min, 6 380 min respectivamente, y los valores del factor de potencia menor a 0,9 deberían tener un tiempo máximo de 444 min.

En la tabla 61 se presentan los valores máximos y mínimos del factor de potencia total en pu registrados durante la semana, dentro de los cuales presenta un valor crítico de -0,4925 con una predominancia altamente capacitiva pero también se presentaron valores con predominancia inductiva y resistiva.

Figura 72. Factor de potencia total y por fase A, B, C-19/jun-04/jul/2017.



Para el análisis de los resultados obtenidos del perfil de la figura 72 se tomó el intervalo de una semana, desde 22/jun-29/jun/2017 la cual tiene condiciones de operación normal, pero con receso de las actividades académicas exceptuando el personal administrativo.

En la siguiente tabla 62 muestra los registros del factor de potencia en el intervalo definido anteriormente de la figura 72.

**Tabla 62. Registro de datos importantes para el 95% de la semana, 19/jun-04/jul/2017**

Valores medidos en el perfil	Cantidad de datos conjuntamente		100% Semana	95% Semana	Factor de potencia total [pu]			
	≥ 0,9	< 0,9			Valor máximo		Valor mínimo	
Máximo	643	509	11 520 min	10 944 min	1	-0,9884	0,5923	-0,3972
Promedio	475	677			1	-0,9999	0,8030	-0,4502
Mínimo	645	507			192 horas	182,4 horas	0,9846	-1

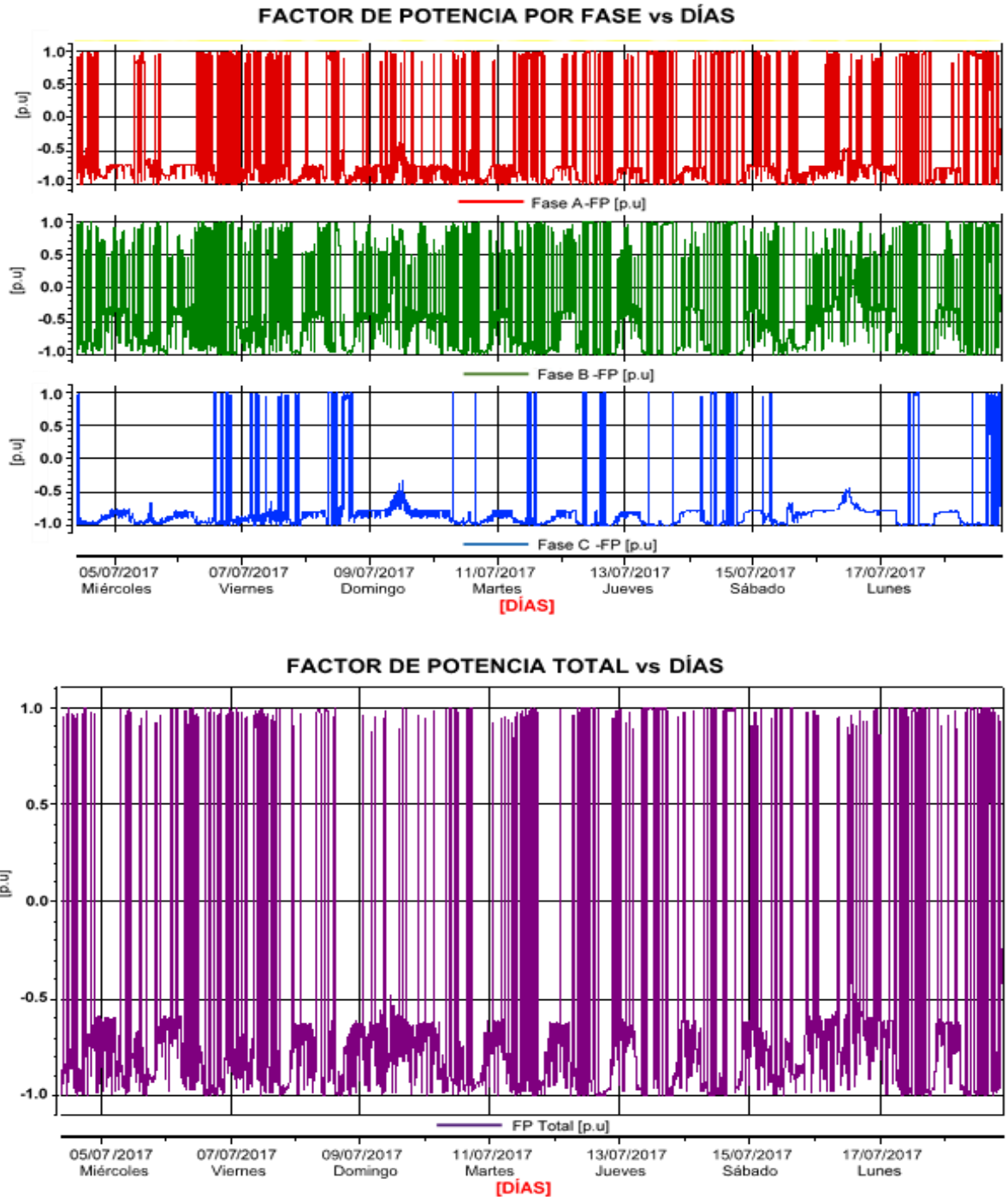
Ahora se analizan los resultados calculados en la tabla 62, lo cual indican que se registraron 1 152 datos cada uno con intervalos de 10 min y con un tiempo total en la semana de 11 520 min, teniendo en cuenta esta duración se revisa el 95 % del tiempo evaluando el comportamiento del factor de potencia.

Según la NTC 5001-2008 el factor de potencia debe estar entre 0,9 y 1,0 tanto inductivo como capacitivo conjuntamente en los 10 944 min o 182,4 horas lo cual no es así ya que los perfiles del máximo, promedio y mínimo se encuentran por debajo del tiempo límite de cumplimiento los cuales son 6 430 min, 4 750 min, 6 450 min respectivamente, y los valores del factor de potencia menor a 0,9 deberían tener un tiempo máximo de 576 min.

En la tabla 62 se presentan los valores máximos y mínimos del factor de potencia total en pu registrados durante la semana, dentro de los cuales presenta un valor

critico de -0,3972 con una predominancia altamente capacitiva pero también se presentaron valores con predominancia inductiva y resistiva.

**Figura 73. Factor de potencia total y por fase A,B,C---04/jul-18/jul/2017.**



Para el análisis de los resultados obtenidos del perfil de la figura 73 se tomó el intervalo de una semana, desde 12/jul-18/jul/2017 la cual tiene condiciones de operación normal con actividad académica completa.

En la siguiente tabla 63 muestra los registros del factor de potencia en el intervalo definido anteriormente de la figura 73.

**Tabla 63. Registro de datos importantes para el 95% de la semana, 04/jul-18/jul/2017.**

Valores medidos en el perfil	Cantidad de datos conjuntamente		100% Semana	95% Semana	Factor de potencia total [pu]			
	≥ 0,9	< 0,9			Valor máximo		Valor mínimo	
Máximo	580	415	9 950 min	9 452,50 min	1	-0,9966	0,6675	-0,2951
Promedio	529	466			1	-0,9999	0,3934	-0,2425
Mínimo	595	400			0,9838	-1	0,7206	-0,4526
			165,83 horas	157,54 horas				

Ahora se analizan los resultados calculados en la tabla 63, lo cual indican que se registraron 995 datos cada uno con intervalos de 10 min y con un tiempo total en la semana de 9 950 min, teniendo en cuenta esta duración se revisa el 95% del tiempo evaluando el comportamiento del factor de potencia.

Según la NTC 5001-2008 el factor de potencia debe estar entre 0,9 y 1,0 tanto inductivo como capacitivo conjuntamente en los 9 452,50 min o 157,54 horas lo cual no es así ya que los perfiles del máximo, promedio y mínimo se encuentran por debajo del tiempo límite de cumplimiento los cuales son 5 800 min, 5 290 min, 5 950 min respectivamente, y los valores del factor de potencia menor a 0,9 deberían tener un tiempo máximo de 497,50 min.

En la tabla 63 se presentan los valores máximos y mínimos del factor de potencia total en pu registrados durante la semana, dentro de los cuales presenta un valor

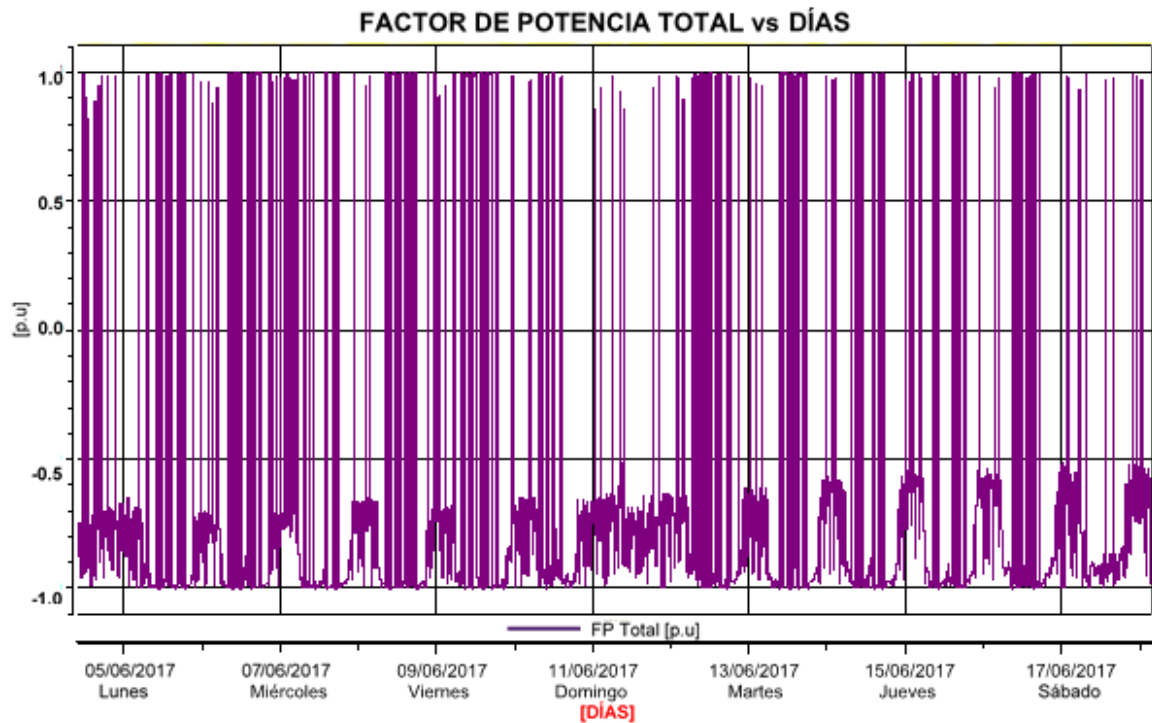
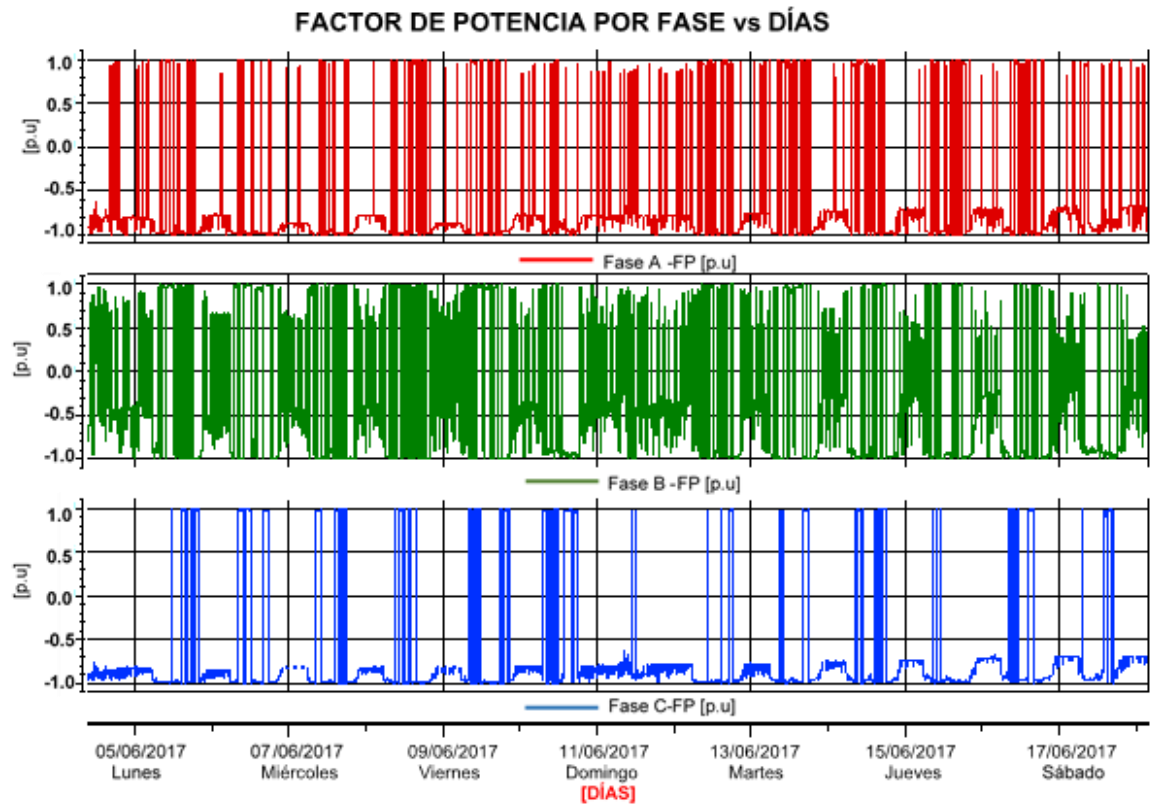
critico de -0,2425 con una predominancia altamente capacitiva pero también se presentaron valores con predominancia inductiva y resistiva.

**4.7.6. Frecuencia en el edificio de la E3T.** Habiendo establecido los límites de frecuencia para el sistema eléctrico en el PCC referenciado en la tabla 46 se hace el análisis del perfil en el intervalo definido de 15 días utilizando la metodología de evaluación propuesta por la NTC 5001-2008.

Los límites de frecuencia instaurados en la NTC 5001-2008 establecen que el intervalo de la medida debe ser de una semana y que los valores de frecuencia tomados cada 10 min se agrupan para un periodo de una semana de tal forma que puedan ser evaluados los valores de percentil del 95%, los valores máximos y mínimos, excluidos los valores de frecuencia durante periodos de interrupciones del servicio [9].

A continuación, se muestran los perfiles de frecuencia medido desde los bornes del transformador.

Figura 74. Frecuencia [Hz]---04/jun -18/jun/2017.



Para el análisis de los resultados obtenidos del perfil de la figura 74 se tomó el intervalo de una semana, desde 05/jun-12/jun/2017 la cual tiene condiciones de operación normal sin interrupción del servicio con actividad académica completa.

En la siguiente tabla 64 muestra los registros de la frecuencia en el intervalo definido anteriormente de la figura 74.

**Tabla 64. Registro para el 95% de los datos en una semana, 04/jun-18/jun/2017.**

Valores medidos en el perfil	Cantidad de Datos		Percentil 95 Hz	Cantidad de Datos por fuera del rango de Frec. Para el 95%.		Frecuencia para el 95% [Hz]	
	100% de los datos en una Semana	95% de los datos en una Semana		> 60,2 Hz	< 59,8 Hz	Valor máx.	Valor mín.
<b>Máximo</b>	1 152	1 094	60,10	0	0	60,10	60,04
<b>Promedio</b>			60,01	0	0	60,01	59,95
<b>Mínimo</b>			59,95	0	2	59,95	59,69

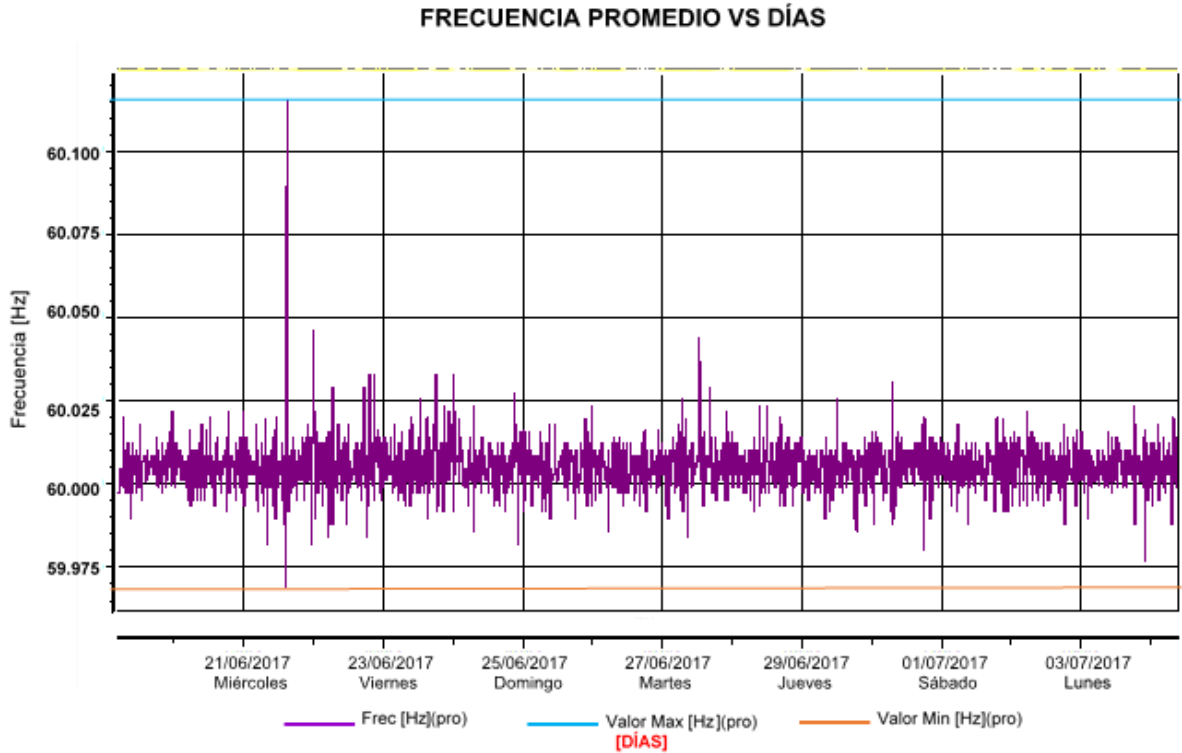
Ahora se analizan los resultados calculados en la tabla 64, lo cual indican que se registraron 1152 datos cada uno con intervalos de 10 min, teniendo en cuenta esta cantidad se revisa los valores de percentil del 95 %, evaluando el comportamiento de la frecuencia.

Según la NTC 5001-2008 la frecuencia aceptable durante el 95 % de los datos tomados de una semana deben ser todos mayores a 59,8 Hz y todos menores a 60,2 Hz, por lo que se cumplen los límites de frecuencia para todos los perfiles del máximo, promedio y mínimo, excepto en el perfil mínimo de 59,8 Hz ya que hay dos (2) valores que están fuera de rango siendo el más crítico el de 59,69 Hz mientras que el otro es de 59,78 Hz dichos valores se registraron 07/06/2017-03:00 pm, 06/06/2017-05:30 pm respectivamente cada uno en un intervalo de 10 min.

En la tabla 64 se muestra el valor de percentil del 95 % lo cual indica que los menores o iguales a dicho valor deben cumplir con los límites de frecuencia, además

se presentan los valores máximos y mínimos dentro de los cuales el valor máximo de 60,10 Hz permaneciendo dentro de los límites establecidos por la norma.

**Figura 75. Frecuencia [Hz]-19/jun –04/jul/2017.**



Para el análisis de los resultados obtenidos del perfil de la figura 75 se tomó el intervalo de una semana, desde 23/jun-30/jun/2017 la cual tiene condiciones de operación normal sin interrupción del servicio, pero sin actividad académica ya que fue el receso del personal docente, estudiantes y solo estaba el personal administrativo.

En la siguiente tabla 65 muestra los registros de la frecuencia en el intervalo definido anteriormente de la figura 75.

**Tabla 65. Registro para el 95% de los datos en una semana, 19/jun-04/jul/2017.**

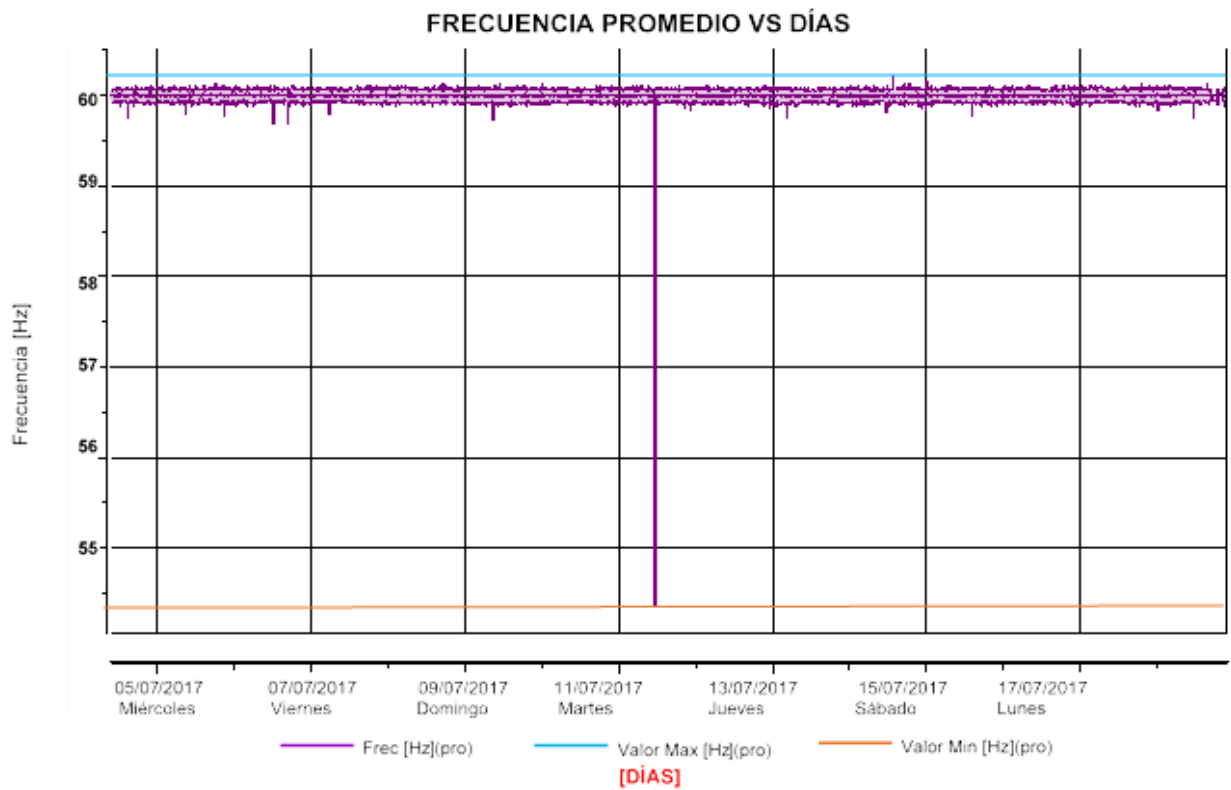
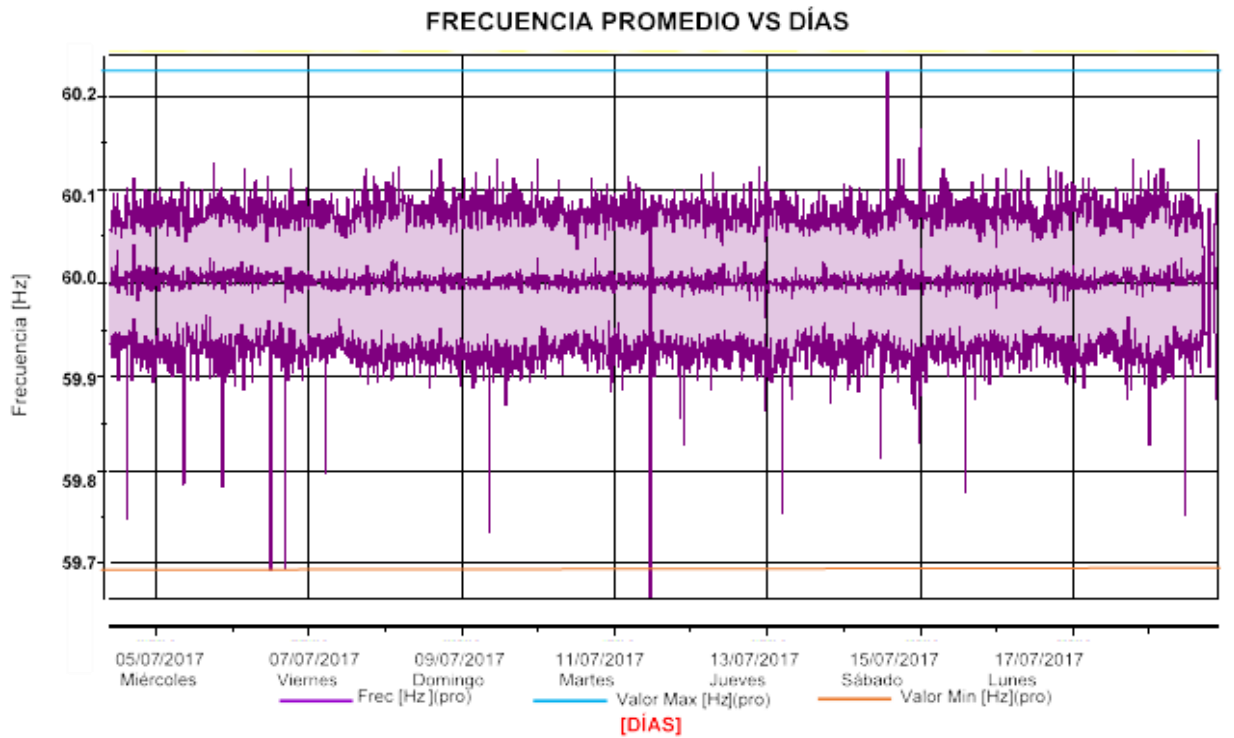
Valores medidos en el perfil	Cantidad de Datos		Percentil 95 Hz	Cantidad de Datos por fuera del rango de Frec. Para el 95%.		Frecuencia para el 95% [Hz]	
	100% de los datos en una Semana	95% de los datos en una Semana		> 60,2 Hz	< 59,8 Hz	Valor máx.	Valor mín.
<b>Máximo</b>	1 152	1 094	60,10	0	0	60,10	60,04
<b>Promedio</b>			60,01	0	0	60,01	59,98
<b>Mínimo</b>			59,95	0	1	59,95	59,79

Ahora se analizan los resultados calculados en la tabla 65, lo cual indican que se registraron 1 152 datos cada uno con intervalos de 10 min, teniendo en cuenta esta cantidad se revisa los valores de percentil del 95 %, evaluando el comportamiento de la frecuencia.

Según la NTC 5001-2008 la frecuencia aceptable durante el 95 % de los datos tomados de una semana deben ser todos mayores a 59,8 Hz y todos menores a 60,2 Hz, por lo que se cumplen los límites de frecuencia para todos los perfiles del máximo, promedio y mínimo, excepto en el perfil mínimo de 59,8 Hz ya que hay un (1) valor que están fuera de rango 59,79 Hz dicho valor se registró 25/06/2017-11:20 pm en un intervalo de 10 min.

En la tabla 65 se muestra el valor de percentil del 95 % lo cual indica que los menores o iguales a dicho valor deben cumplir con los límites de frecuencia, además se presentan los valores máximos y mínimos dentro de los cuales el valor máximo es 60,10 Hz permaneciendo dentro de los límites establecidos por la norma.

Figura 76. Frecuencia [Hz]-04/jul –18/jul/2017.



Para el análisis de los resultados obtenidos del perfil de la figura 76 se tomó el intervalo de una semana, desde 04/jul-11/jul/2017 el cual tiene condiciones de operación normal sin interrupción del servicio, pero sin actividad académica ya que fue el receso del personal docente, estudiantes y solo estaba el personal administrativo.

En la siguiente tabla 66 muestra los registros de la frecuencia en el intervalo definido anteriormente de la figura 76.

**Tabla 66. Registro para el 95% de los datos en una semana, 04/jul-18/jul/2017.**

Valores medidos en el perfil	Cantidad de Datos		Percentil 95 Hz	Cantidad de Datos por fuera del rango de Frec. Para el 95%.		Frecuencia para el 95% [Hz]	
	100% de los datos en una Semana	95% de los datos en una Semana		> 60,2 Hz	< 59,8 Hz	Valor máx.	Valor mín.
<b>Máximo</b>	1 093	1 038	60,10	0	1	60,10	57,87
<b>Promedio</b>			60,01	0	4	60,01	55,40
<b>Mínimo</b>			59,95	0	10	59,95	54,35

Ahora se analizan los resultados calculados en la tabla 66, lo cual indican que se registraron 1 093 datos cada uno con intervalos de 10 min, teniendo en cuenta esta cantidad se revisa los valores de percentil del 95 %, evaluando el comportamiento de la frecuencia.

Según la NTC 5001-2008 la frecuencia aceptable durante el 95 % de los datos tomados de una semana deben ser todos mayores a 59,8 Hz y todos menores a 60,2 Hz, por lo que se cumplen los límites de frecuencia solo para los valores máximos, y para los valores mínimos de los perfiles del máximo, promedio y mínimo no cumplen ya que los valores dentro del percentil 95 deben estar en los límites establecidos.

En la tabla 66 se muestra el valor de percentil del 95% lo cual indica que los menores o iguales a dicho valor deben cumplir con los límites de frecuencia, presentando también los valores más críticos por debajo de 59,8 Hz que fueron 15 en total, en intervalos diferentes de 10 min y son los siguientes 57,87 Hz se registró el día 11/07/2017-11:10 am, 55,40 Hz se registró el día 11/07/2017-11:20 am, 54,35 Hz se registró el día 11/07/2017-11:20 am-11:20 am en dos(2) intervalos de 10 min, además se presenta un valor máximo de 60,10 Hz permaneciendo dentro de los límites establecidos por la norma.

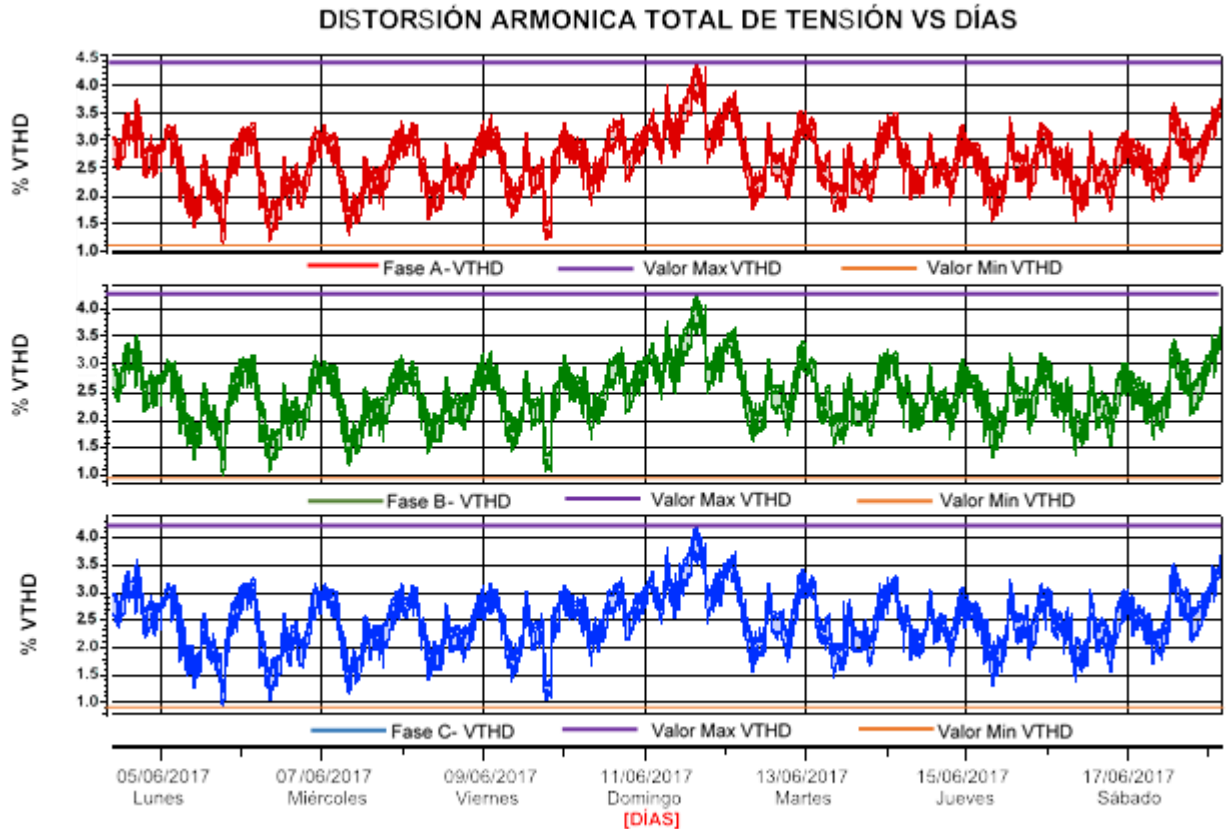
**4.7.7. Distorsión armónica de tensión y corriente en la E3T.** Las principales características de la distorsión armónica es la aparición de frecuencias diferentes a la fundamental provocando perturbaciones en la onda de tensión o de corriente, para este estudio solo se tendrán en cuenta las ondas senoidales cuya frecuencia son múltiplos enteros de la fundamental y son causadas por cargas no lineales principalmente los convertidores electrónicos de potencia, alta concentración de equipos de cómputo, variadores de velocidad.

Dentro de los efectos se encuentra, aumento de pérdidas, calentamientos de equipos, daños en el aislamiento de equipos eléctricos, operaciones incorrectas de dispositivos de protección debido al cruce por cero y cobro incorrecto en la factura del servicio de energía eléctrica debido al aumento del valor eficaz de la corriente y la tensión.

Para evitar los efectos a gran escala producido por las perturbaciones en la onda de tensión o corriente la IEEE 519-2014 establece ciertos límites para diferentes niveles de tensión y cantidad de armónicos individuales, a continuación, se presentan los perfiles de distorsión armónica tanto de tensión como de corriente medido desde los bornes del transformador.

## Perfil y análisis de la Distorsión armónica de tensión

Figura 77. Distorsión armónica total de tensión [%] por fase A, B, C - 04/jun-18/jun/2017.



**La metodología de evaluación**, para la tensión el periodo de evaluación debe ser de una (1) semana, además la medida debe hacerse en el PCC (punto de acople común) considerando que el análisis del sistema eléctrico se hizo en condiciones de operación normal, calculando los percentiles al 95 % de los valores de distorsión armónica total de tensión (THDv) para cada fase.

Los percentiles calculados para cada fase, deben ser menor o igual a los valores de referencia expuestos en la IEEE 519-2014 que se indicaron en la tabla 46, en la siguiente tabla 67 se resumen los resultados estadísticos de la distorsión armónica

de la tensión en el periodo comprendido desde 05/jun-12/jun/2017, dicho periodo se toma del perfil de la figura 77.

**Tabla 67. Resultados estadísticos del percentil 95 en la semana por fase, 04/jun-18/jun/2017.**

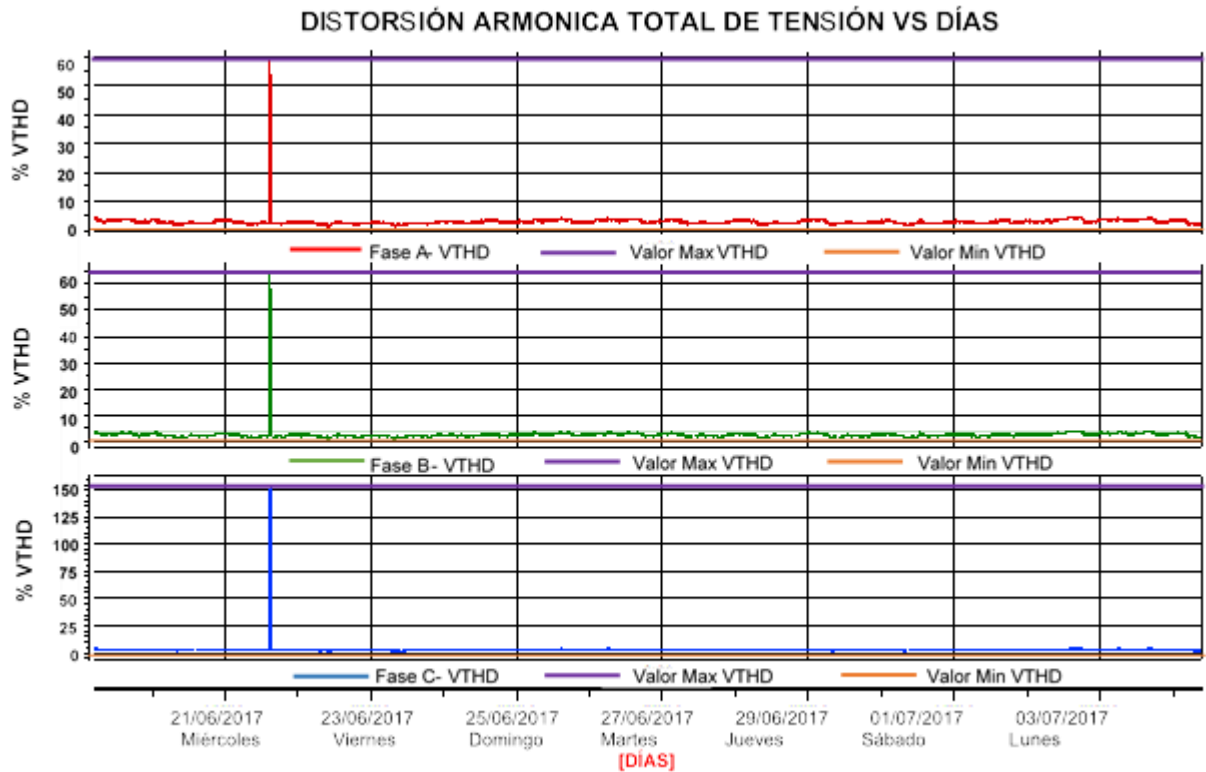
Valores medidos en el perfil		Percentil 95	Cantidad de Datos en la semana	Cantidad de Datos $\leq$ Percentil 95	$V \leq 1,0$ kV en el PCC	THDv (%) Semana completa	
		THDv (%)			Cantidad de Datos con THDv (%) $> 8,0\%$	Valor máx.	Valor mín.
<b>Máximo</b>	Fase A	3,6962	1 152	1 095	0,0	4,3490	1,4212
	Fase B	3,5344			0,0	4,2330	1,3507
	Fase C	3,5527			0,0	4,2210	1,2498
<b>Promedio</b>	Fase A	3,6024	1 152	1 095	0,0	4,2200	1,3762
	Fase B	3,4344			0,0	4,0860	1,2974
	Fase C	3,4630			0,0	4,0800	1,2050
<b>Mínimo</b>	Fase A	3,3987	1 152	1 095	0,0	4,0660	1,1338
	Fase B	3,2484			0,0	3,9300	1,0327
	Fase C	3,2651			0,0	3,9230	0,9479

Analizando la tabla 67 se evidencia que cumplen los límites establecidos por la IEEE 519-2014 lo cual especifica que para el nivel de tensión menor igual a 1,0 kV en los bornes del transformador el 95 % de los datos en la semana son menores o iguales al percentil 95 de la distorsión armónica de tensión por fase y para cada uno de los perfiles Máximo, Promedio, y Mínimo de la figura 77, por tal motivo la cantidad de datos mayor al 8,0 % es cero (0).

Por otra parte, se evidencian los valores máximos y mínimos de todos los datos registrados en la semana en cada uno de los perfiles y por fase, lo cual muestra que la fase A del perfil máximo registra el valor más alto 4,3490 % y el valor mínimo lo

registra la fase C del perfil mínimo 0,9479 % estos en intervalos de 10 min cada uno.

**Figura 78. Distorsión armónica total de tensión [%] por fase A,B,C ---19/jun-04/jul/2017.**



**La metodología de evaluación**, para la tensión el periodo de evaluación debe ser de una (1) semana, además la medida debe hacerse en el PCC (punto de acople común) considerando que el análisis del sistema eléctrico se hizo en condiciones de operación normal, calculando los percentiles al 95 % de los valores de distorsión armónica total de tensión (THDv) para cada fase.

Los percentiles calculados para cada fase, deben ser menor o igual a los valores de referencia expuestos en la IEEE 519-2014 que se indicaron en la tabla 46, en la siguiente tabla 68 se resumen los resultados estadísticos de la distorsión armónica

de la tensión en el periodo comprendido desde 23/jun-30/jun/2017, dicho periodo se toma del perfil de la figura 78.

**Tabla 68. Resultados estadísticos del percentil 95 en la semana por fase, 19/jun-04/jul/2017.**

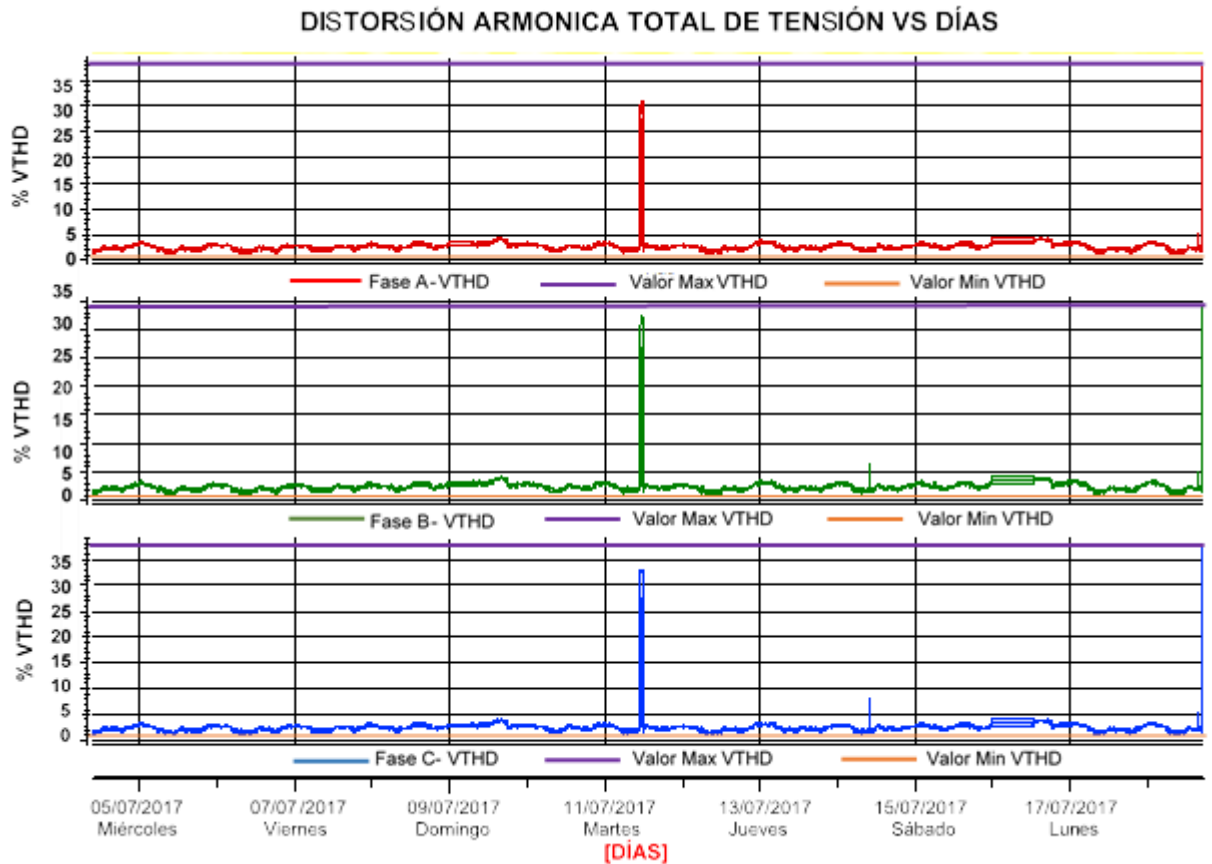
Valores medidos en el perfil		Percentil 95	Cantidad de Datos en la semana	Cantidad de Datos $\leq$ Percentil 95	V $\leq$ 1,0 kV en el PCC	THDv (%) Semana completa	
		THDv (%)			Cantidad de Datos con THDv (%) > 8,0%	Valor máx.	Valor mín.
<b>Máximo</b>	Fase A	3,8507	1 152	1 095	0,0	4,4940	1,8095
	Fase B	3,6647			0,0	4,3030	1,7048
	Fase C	3,6400			0,0	4,2480	1,6413
<b>Promedio</b>	Fase A	3,7557	1 152	1 095	0,0	4,1550	1,7591
	Fase B	3,5774			0,0	3,9680	1,6425
	Fase C	3,5494			0,0	3,9810	1,5791
<b>Mínimo</b>	Fase A	3,5314	1 152	1 095	0,0	4,0400	1,3816
	Fase B	3,3344			0,0	3,8560	1,2349
	Fase C	3,3414			0,0	3,8620	1,1912

Analizando la tabla 68 se evidencia que cumplen los límites establecidos por la IEEE 519-2014 lo cual especifica que para el nivel de tensión menor igual a 1,0 kV en los bornes del transformador el 95 % de los datos en la semana son menores o iguales al percentil 95 de la distorsión armónica de tensión por fase y para cada uno de los perfiles Máximo, Promedio, y Mínimo de la figura 78, por tal motivo la cantidad de datos mayor al 8,0% es cero (0).

Por otra parte, se evidencia los valores máximos y mínimos de todos los datos registrados en la semana en cada uno de los perfiles y por fase, lo cual muestra que la fase A del perfil máximo registra el valor más alto 4,4940 % y el valor mínimo lo

registra la fase C del perfil mínimo 1,1912 % estos en intervalos de 10 min cada uno.

**Figura 79. Distorsión armónica total de tensión [%] por fase A, B, C - 04/jul-18/jul/2017.**



**La metodología de evaluación,** para la tensión el periodo de evaluación debe ser de una (1) semana, además la medida debe hacerse en el PCC (punto de acople común) considerando que el análisis del sistema eléctrico se hizo en condiciones de operación normal, calculando los percentiles al 95 % de los valores de distorsión armónica total de tensión (THDv) para cada fase.

Los percentiles calculados para cada fase, deben ser menor o igual a los valores de referencia expuestos en la IEEE 519-2014 que se indicaron en la tabla 46, en la siguiente tabla 69 se resumen los resultados estadísticos de la distorsión armónica de la tensión en el periodo comprendido desde 04/jul-11/jul/2017, dicho periodo se toma del perfil de la figura 79.

**Tabla 69. Resultados estadísticos del percentil 95 en la semana por fase, 04/jul-18/jul/2017.**

Valores medidos en el perfil		Percentil 95	Cantidad de Datos en la semana	Cantidad de Datos $\leq$ Percentil 95	$V \leq 1,0$ kV en el PCC	THDv (%) Semana completa	
		THDv (%)			Cantidad de Datos con THDv (%) > 8,0%	Valor máx.	Valor mín.
<b>Máximo</b>	Fase A	3,5903	1 053	1 001	1,0	43,86	1,5075
	Fase B	3,4175		1 001	1,0	49,51	1,4404
	Fase C	3,4021		1 001	1,0	104,54	1,3496
<b>Promedio</b>	Fase A	3,4930	1 053	1 002	1,0	42,27	1,4440
	Fase B	3,3230		1 002	1,0	48,34	1,3739
	Fase C	3,3162		1 001	1,0	101,9	1,2866
<b>Mínimo</b>	Fase A	3,3423	1 053	1 001	1	48,76	1,2250
	Fase B	3,1535		1 001	4,0	54,43	1,1358
	Fase C	3,1535		1 001	4,0	99,42	1,0720

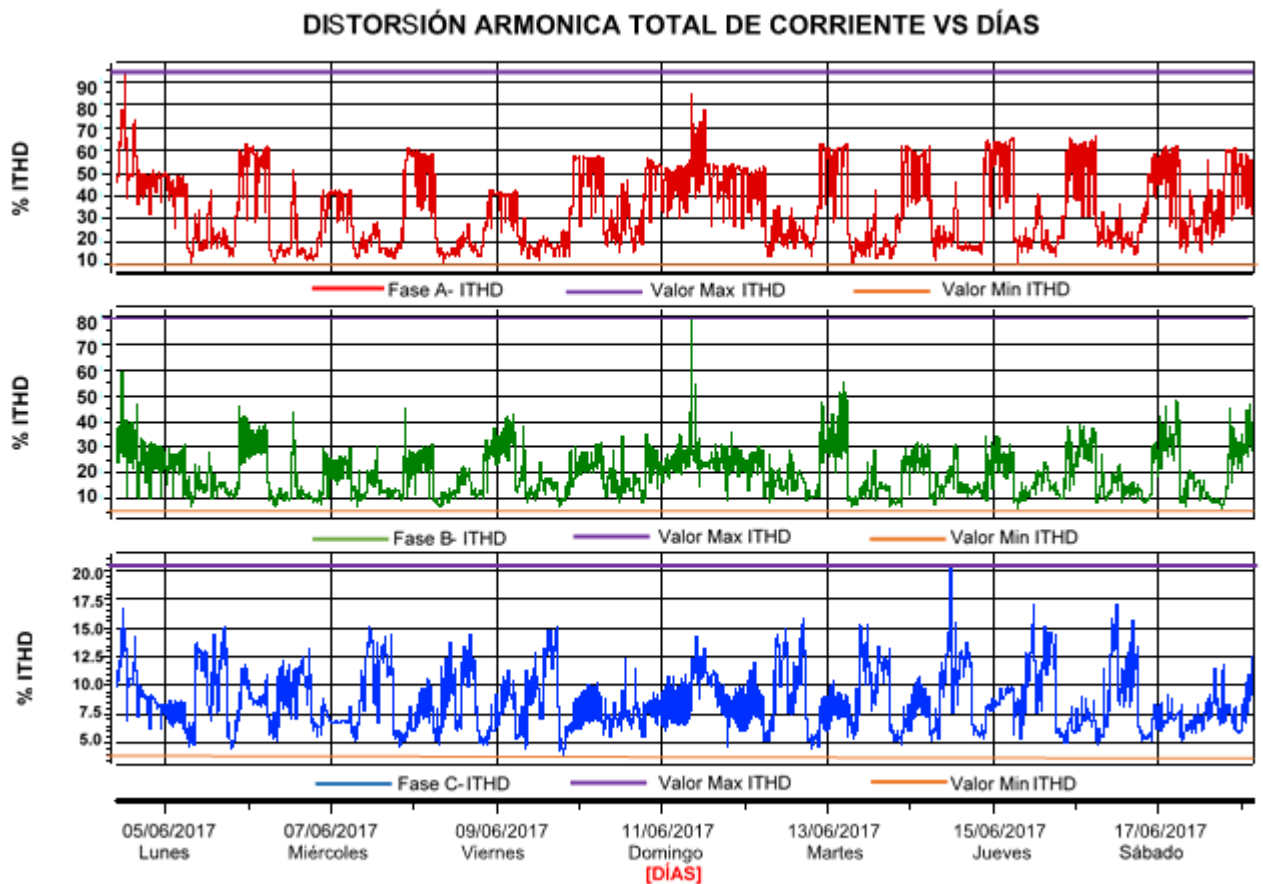
Analizando la tabla 69 se evidencia que cumplen los límites establecidos por la IEEE 519-2014 lo cual especifica que para el nivel de tensión menor igual a 1,0 kV en los bornes del transformador el 95 % de los datos en la semana son menores o iguales al percentil 95 de la distorsión armónica de tensión por fase y que ningún valor exceda los límites de distorsión y para cada uno de los perfiles Máximo, Promedio, y Mínimo de la figura 79, la cantidad de datos mayor al 8,0 % son 3 para el perfil máximo, 3 para el perfil promedio y 9 para el perfil mínimo estos registros por fase se encuentran fuera del rango especificado pero aun así se cumple que el 95 % de

los datos en la semana son menores e iguales a cada percentil y dichos valores si están en los límites establecidos por la norma.

Por otra parte, se evidencia los valores máximos y mínimos de todos los datos registrados en la semana en cada uno de los perfiles y por fase, lo cual muestra que la fase C del perfil máximo registra el valor más alto 104,54 % y el valor mínimo lo registra la fase C del perfil mínimo 1,0720 % estos en intervalos de 10 min cada uno.

### Perfil y análisis de la distorsión armónica de corriente

Figura 80. Distorsión armónica total de corriente [%] por fase A,B,C - 04/jun-18/jun/2017.



**La metodología de evaluación**, para la corriente el periodo de evaluación debe ser de una (1) semana, además la medida debe hacerse en el PCC (punto de acople común) considerando que el análisis del sistema eléctrico se hizo en condiciones de operación normal, calculando los percentiles al 95 % de los valores de Distorsión total de demanda (TDD) para cada fase.

La TDD, Distorsión total de demanda indica la importancia de las distorsiones armónicas de corriente en comparación con la carga más alta que se mide en alguna de las fases, ya que pueden existir altas distorsiones de corriente, pero presentar muy poca carga en el sistema eléctrico afectando a la red en menor proporción.

La mayoría de instrumentos para medir el porcentaje de armónicos de corriente expresan la distorsión total en función de la componente fundamental y no con respecto a la demanda máxima de corriente IL. Por lo tanto, se calcula la TDD en base a los valores de THDi medido por el instrumento y también con relación a la corriente máxima IL en alguna de las fases.

Los percentiles calculados para cada fase, deben ser menor o igual a los valores de referencia expuestos en la IEEE 519-2014 que se indicaron en la tabla 46, en la siguiente tabla 70 se resumen los resultados estadísticos de la distorsión total de demanda en el periodo comprendido desde 05/jun-12/jun/2017 actividad de clase completa, dicho periodo se toma del perfil de la figura 80.

Para el cálculo de la TDD (%) se utilizó la siguiente ecuación 12 tomada de la NTC 5001-2008

$$TDDi (\%)_k = \frac{I_{1_k}}{I_L} * THDi\%_k \quad (12)$$

Donde:

-TDD<sub>i</sub> (%)<sub>k</sub>: k-esimo valor de Distorsión total de demanda en el intervalo de agregación de 10 min.

-I<sub>1</sub><sub>k</sub>: k-esimo valor eficaz de la corriente fundamental en el intervalo de agregación de 10 min.

-IL: corriente máxima medida en alguna de las fases en un intervalo de agregación de 10 min.

-THD<sub>i</sub>%<sub>k</sub>: k-esimo valor de distorsión armónica total en intervalos de agregación de 10 min.

**Tabla 70. Resultados estadísticos del percentil 95 en la semana por fase, 04/jun-18/jun/2017.**

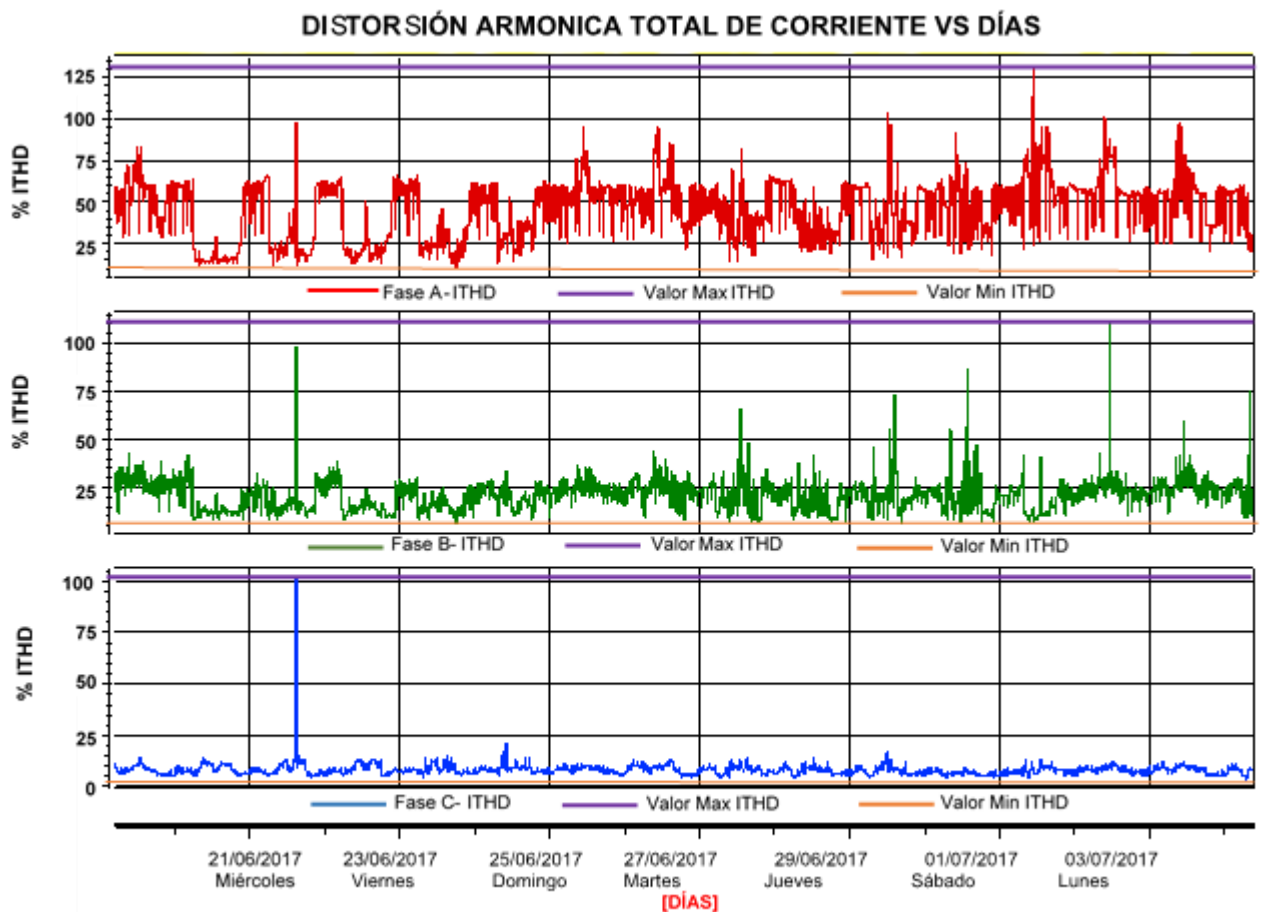
Perfil medido	I máxima en cada fase [A]	Percentil 95	Tiempo en la semana	Tiempo del Percentil 95	120 V ≤ V ≤ 69 kV en el PCC	TDD (%) Semana completa	
		TDD (%)			Cantidad de Datos con TDD (%) > 15%	Valor máx.	Valor mín.
			10 070 min	9 566,5 min			
<b>Promedio</b>	Fase A	100,36	13,34		21	24,96	2,40
	Fase B	94,25	8,21		0,0	11,96	0,44
	Fase C	103,28	7,30	167,80 horas	159,44 horas	0,0	10,90
	<b>IL</b>	<b>103,28</b>					

Según la IEEE 519-2014 se debe conocer la corriente de cortocircuito (I<sub>sc</sub>) en el PCC y además la máxima demanda de corriente (IL) en el PCC en operación normal, la I<sub>sc</sub> del transformador es 35,69 kA y la IL para este intervalo es 103,28 A registrado en la fase C el día 08/06/2017-10:20 am, por lo que la relación I<sub>sc</sub>/IL = 345,57, por lo tanto, la TDD debe ser menor igual 15 %.

Analizando la tabla 70 el máximo percentil de las tres fases es 13,34 % (fase A) y es comparado con el valor de referencia, es decir que durante el 95 % del tiempo se espera que el TDD% sea inferior o igual a 13,34 % en ese punto del sistema. Se

evidencia que cumplen los límites establecidos por la IEEE 519-2014 ya que para la fase A cumple con el percentil 95 aunque tenga 21 valores por encima del 15 %, por otra parte, las demás fases cumplen puesto que ninguna de ellas presento valores por encima del 15 % y además los máximos valores de TDD% calculados en toda la semana indican que en la fase B (11,96 %) y fase C (10,90 %) no superaron el 13,34 % lo que indica que todos los valores se encuentran en el límite establecido.

**Figura 81. Distorsión armónica total de corriente [%] por fase A,B,C ---19/jun-04/jul/2017.**



**La metodología de evaluación**, para la corriente el periodo de evaluación debe ser de una (1) semana, además la medida debe hacerse en el PCC (punto de acople común) considerando que el análisis del sistema eléctrico se hizo en condiciones de operación normal, calculando los percentiles al 95 % de los valores de Distorsión total de demanda (TDD) para cada fase.

La TDD, Distorsión total de demanda indica la importancia de las distorsiones armónicas de corriente en comparación con la carga más alta que se mide en alguna de las fases, ya que pueden existir altas distorsiones de corriente, pero presentar muy poca carga en el sistema eléctrico afectando a la red en menor proporción.

La mayoría de instrumentos para medir el porcentaje de armónicos de corriente expresan la distorsión total en función de la componente fundamental y no con respecto a la demanda máxima de corriente IL. Por lo tanto, se calcula la TDD en base a los valores de THDi medido por el instrumento y también con relación a la corriente máxima IL en alguna de las fases.

Los percentiles calculados para cada fase, deben ser menor o igual a los valores de referencia expuestos en la IEEE 519-2014 que se indicaron en la tabla 46, en la siguiente tabla 71 se resumen los resultados estadísticos de la distorsión total de demanda en el periodo comprendido desde 23/jun-30/jun/2017 receso del personal docente y estudiantes excepto personal administrativo, dicho periodo se toma del perfil de la figura 81.

Para el cálculo de la TDD (%) se utilizó la siguiente ecuación 13 tomada de la NTC 5001-2008

$$TDDi (\%)_k = \frac{I_{1_k}}{I_L} * THDi\%_k \quad (13)$$

Donde:

-TDDi (%)<sub>k</sub>: k-esimo valor de Distorsión total de demanda en el intervalo de agregación de 10 min.

-I1<sub>k</sub>: k-esimo valor eficaz de la corriente fundamental en el intervalo de agregación de 10 min.

-IL: corriente máxima medida en alguna de las fases en un intervalo de agregación de 10 min.

-THDi%<sub>k</sub>: k-esimo valor de distorsión armónica total en intervalos de agregación de 10 min.

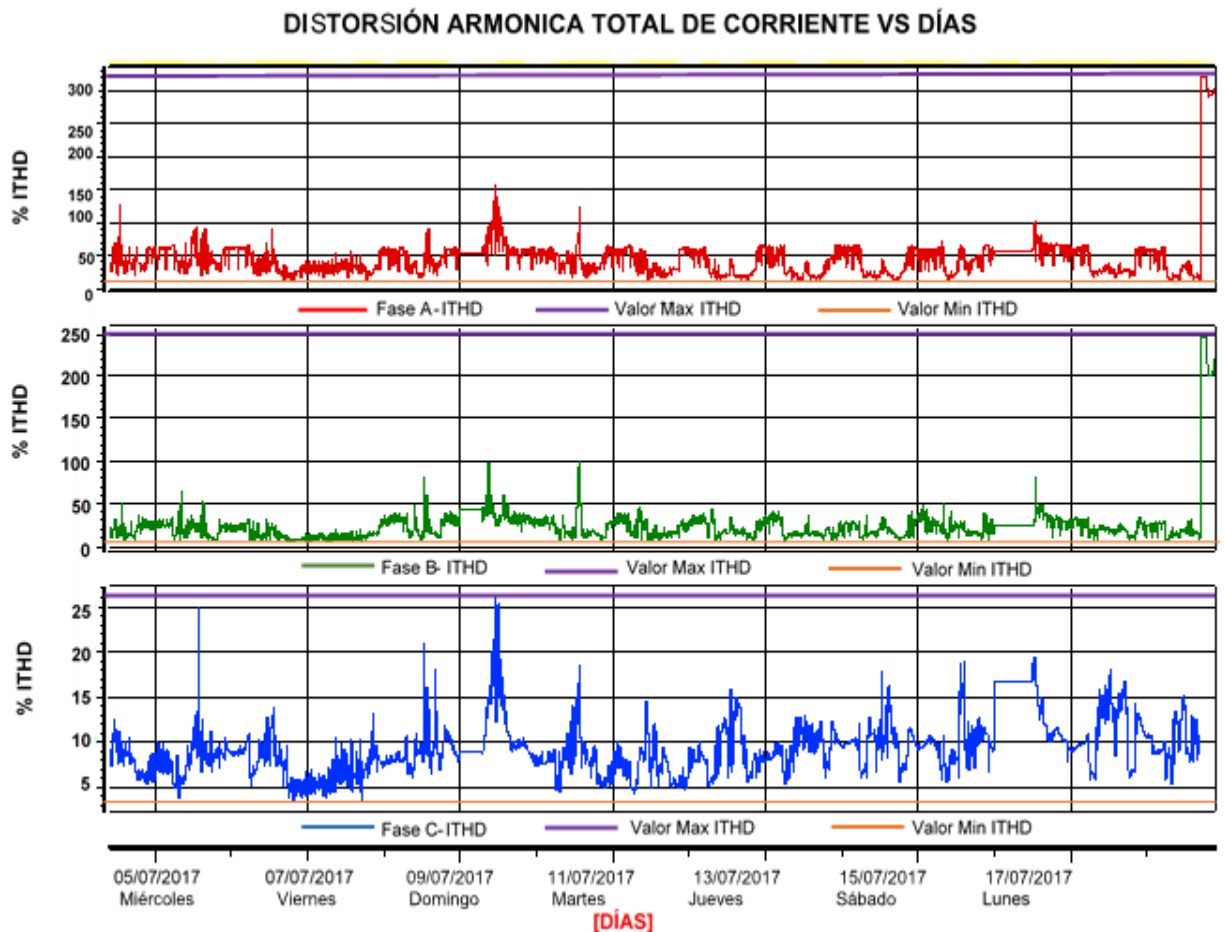
**Tabla 71. Resultados estadísticos del percentil 95 en la semana por fase, 19/jun-04/jul/2017.**

Perfil medido	I máxima en cada fase [A]	Percentil 95	Tiempo en la semana	Tiempo del Percentil 95	120 V ≤ V ≤ 69 kV en el PCC	TDD (%) Semana completa		
		TDD (%)			Cantidad de Datos con TDD (%) > 15%	Valor máx.	Valor mín.	
<b>Promedio</b>	Fase A	108,26	12,57	11 520 min 192 horas	10 944 min 182,4 horas	43	43,14	1,15
	Fase B	133,98	5,91			0,0	14,25	0,25
	Fase C	106,66	3,32			0,0	7,15	0,22
	<b>IL</b>	<b>133,98</b>						

Según la IEEE 519-2014 se debe conocer la corriente de cortocircuito (Isc) en el PCC y además la máxima demanda de corriente (IL) en el PCC en operación normal, la Isc del transformador es 35,69 kA y la IL para este intervalo es 133,98 A registrado en la fase B el día 27/06/2017-09:30 am, por lo que la relación Isc/IL = 266,38, por lo tanto, la TDD debe ser menor igual 15 %.

Analizando la tabla 71 el máximo percentil de las tres fases es 12,57 % (fase A) y es comparado con el valor de referencia, es decir que durante el 95 % del tiempo se espera que el TDD% sea inferior o igual a 12,57 % en ese punto del sistema. Se evidencia que cumplen los límites establecidos por la IEEE 519-2014 ya que para la fase A cumple con el percentil 95 aunque tenga 43 valores por encima del 15 %, por otra parte, las demás fases cumplen puesto que ninguna de ellas presento valores por encima del 15 % y además los máximos valores de TDD% calculados en toda la semana indican que en la fase B (14,25 %) y fase C (7,15 %) el 100% del tiempo de toda la semana no hubo valores por encima de los límites establecidos.

**Figura 82. Distorsión armónica total de corriente [%] por fase A,B,C - 04/jul-18/jul/2017.**



**La metodología de evaluación**, para la corriente el periodo de evaluación debe ser de una (1) semana, además la medida debe hacerse en el PCC (punto de acople común) considerando que el análisis del sistema eléctrico se hizo en condiciones de operación normal, calculando los percentiles al 95% de los valores de Distorsión total de demanda (TDD) para cada fase.

La TDD, Distorsión total de demanda indica la importancia de las distorsiones armónicas de corriente en comparación con la carga más alta que se mide en alguna de las fases, ya que pueden existir altas distorsiones de corriente, pero presentar muy poca carga en el sistema eléctrico afectando a la red en menor proporción.

La mayoría de instrumentos para medir el porcentaje de armónicos de corriente expresan la distorsión total en función de la componente fundamental y no con respecto a la demanda máxima de corriente IL. Por lo tanto, se calcula la TDD en base a los valores de THDi medido por el instrumento y también con relación a la corriente máxima IL en alguna de las fases.

Los percentiles calculados para cada fase, deben ser menor o igual a los valores de referencia expuestos en la IEEE 519-2014 que se indicaron en la tabla 46, en la siguiente tabla 72 se resumen los resultados estadísticos de la distorsión total de demanda en el periodo comprendido desde 04/jul-11/jul/2017 receso del personal docente y estudiantes excepto personal administrativo, dicho periodo se toma del perfil de la figura 82.

Para el cálculo de la TDD (%) se utilizó la siguiente ecuación 14 tomada de la NTC 5001-2008

$$TDDi (\%)_k = \frac{I_{1-k}}{I_L} * THDi \%_k \quad (14)$$

Donde:

-TDD<sub>i</sub> (%)<sub>k</sub>: k-esimo valor de Distorsión total de demanda en el intervalo de agregación de 10 min.

-I<sub>1</sub><sub>k</sub>: k-esimo valor eficaz de la corriente fundamental en el intervalo de agregación de 10 min.

-IL: corriente máxima medida en alguna de las fases en un intervalo de agregación de 10 min.

-THD<sub>i</sub>%<sub>k</sub>: k-esimo valor de distorsión armónica total en intervalos de agregación de 10 min.

**Tabla 72. Resultados estadísticos del percentil 95 en la semana por fase, 04/jul-18/jul/2017.**

Perfil medido	I máxima en cada fase [A]	Percentil I 95	Tiempo en la semana	Tiempo del Percentil I 95	120 V ≤ V ≤ 69 kV en el PCC	TDD (%) Semana completa	
		TDD (%)			Cantidad de Datos con TDD (%) > 15%	Valor máx.	Valor mín.
			10 480 min	9 956 min			
<b>Promedio</b>	Fase A	84,56	174,67 horas	165,93 horas	132	36,61	2,92
	Fase B	79,99			5,0	18,21	0,63
	Fase C	58,90			0,0	7,12	0,35
	<b>IL</b>	<b>84,56</b>					

Según la IEEE 519-2014 se debe conocer la corriente de cortocircuito (I<sub>sc</sub>) en el PCC y además la máxima demanda de corriente (IL) en el PCC en operación normal, la I<sub>sc</sub> del transformador es 35,69 kA y la IL para este intervalo es 84,56 A registrado en la fase A el día 11/067/2017-12:10 pm, por lo que la relación I<sub>sc</sub>/IL = 422,07, por lo tanto, la TDD debe ser menor e igual 15 %.

Analizando la tabla 72 el máximo percentil de las tres fases es 21,84 % (fase A) y es comparado con el valor de referencia, es decir que durante el 95 % del tiempo se espera que el TDD% sea inferior o igual a 21,84 % en ese punto del sistema. Se

evidencia que no cumple los límites establecidos por la IEEE 519-2014 ya que para la fase A sobrepasa el valor límite recomendado con 132 valores de TDD% por encima del 15 % y 916 menor e igual a dicho valor límite, por otra parte, las demás fases cumplen puesto que durante el 95 % del tiempo no sobrepasaron los límites de TDD% anqué la fase B haya presentado 5 valores por encima del 15 %, para la fase C indica que todos los valores se encuentran en el límite establecido ya que su máximo valor de TDD% es de 7,12 % para el 100 % del tiempo.

## **5. USO EFICIENTE Y RACIONAL DE LA ENERGÍA EN EL EDIFICIO DE LA E3T**

El edificio de la E3T cuenta con cinco (5) plantas, de las cuales cuatro de ellas son para aulas de clase, la última planta es del área administrativa, adicionalmente en el primer piso se encuentra el centro de estudios tanto la sala grupal como individual, también se encuentra la sala de profesores catedra donde atienden a los estudiantes, todos estos detalles se tienen en cuenta a la hora de establecer diagnósticos energéticos y el uso racional de energía.

- **LÍNEA DE PRODUCCIÓN**

Las personas de tiempo completo que establecen operaciones diarias en el edificio como es el caso del personal administrativo aportan una parte importante en el consumo de energía mensual, aunque el personal administrativo contribuye en el consumo energético son los del centro de estudios (grupal e individual) donde se consume la mayor parte de la energía en el mes y por ende es donde más se desperdicia energía.

- **EDIFICACIÓN**

El edificio cuenta con los factores adecuados para el aprovechamiento de la luz natural, ventilación natural, ya que los materiales y la arquitectura del edificio permiten en gran cantidad de ahorro energético, además los grados de aislamiento térmico son adecuados para la mayoría de espacios en todas las plantas del edificio, las paredes y los techos son adecuados para la reflexión de la luz artificial y natural garantizando los niveles de iluminación, pero se resalta el hecho de que durante el día la iluminación natural afecta directamente la visualización adecuada de los

proyectores como es el caso de los video Beam principalmente en las aulas del cuarto (4) piso debido al déficit de persianas o telones instalados cada aula.

- EQUIPOS

La cantidad de equipos relacionados con las condiciones de operación, su eficiencia, el mantenimiento predictivo y preventivo, el envejecimiento contribuyen significativamente en el consumo energético.

- FACTORES EXTERNOS

Debido a que las condiciones climáticas cambian repentinamente esto influye en el aumento o decremento del consumo de energía ya que se utilizan con más frecuencia los equipos de refrigeración y ventiladores.

- SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

Considerando el sistema de iluminación en el edificio lo cual aporta de forma controlada en el consumo energético puesto que el sistema esta automatizado, esto permite aprovechar adecuadamente la iluminación natural sin necesidad de utilizar la luminaria instalada, además que los sensores logran detectar el nivel de iluminancia para la activación de las lámparas que sean necesarias para satisfacer la cantidad lumínica en el área de trabajo, este sistema se le conoce como Progresivas ya que la cantidad de luz emitida por las luminarias cambia según la iluminancia de la luz natural en cada instante de tiempo, permitiendo un ahorro significativo de energía contribuyendo al uso racional.

En cuanto a cómo se encuentra el sistema de iluminación con los niveles exigidos por el RETILAP se realizó el estudio pertinente, diagnóstico y medición de variables lumínicas en los espacios administrativos, aulas, centro de estudio, entre otros

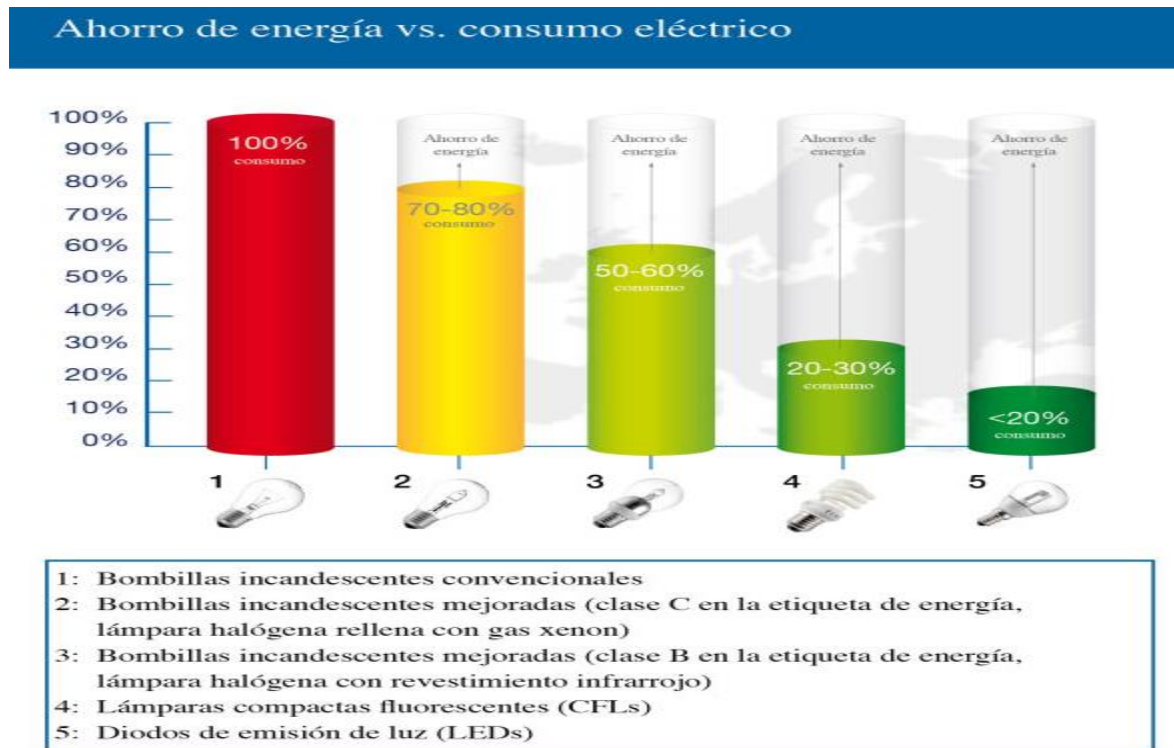
lugares del edificio, dicho estudio se muestra en el capítulo de iluminación en el presente informe.

El edificio cuenta con iluminación natural enfocada y controlada y reciben el nombre de Claraboyas Solares ubicadas en dos salones del cuarto piso y en el quinto piso, lo cual contribuyen al ahorro energético del edificio permitiendo aclarar zonas de baja iluminancia sin necesidad de iluminación artificial conocida como energía limpia.

Además cuenta con lámparas fluorescentes compactas tubulares en todas sus plantas, oficinas, aulas, pasillos, baños, centro de estudio y en todas las demás áreas, dicha lámpara tiene una temperatura de color blanca y fría con bajo consumo de potencia que junto a los sensores permite controlar adecuadamente su iluminancia permitiendo un ahorro energético controlado, además cuenta con el encendido por balasto que le permite encender el tubo elevando la tensión y luego limitar la corriente que pasa por el.

En la siguiente figura 83 se muestra el ahorro energético de la lámpara fluorescente compacta, con respecto a otras luminarias.

**Figura 83. Diferencias de ahorro energético dependiendo del tipo de tecnología. [12]**



Fuente: Comisión Europea 2009

Las buenas prácticas de ahorro en cuanto a la iluminación gracias al sistema automatizado y al gran aprovechamiento de la luz natural dan garantía de que se contribuye al uso racional de la energía, puesto que solo queda por decir que se recomienda que en los próximos diseños se implemente la iluminación led por su bajo consumo y su larga vida útil como se muestra la figura 83, aclarando que estos diseños se deben hacer con un estudio especializados y con expertos en esta tecnología.

- EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN

El edificio cuenta con dos (2) neveras una en centro de estudios y la otra en el quinto piso (área administrativa) su función principal es la de conservar los productos y

bajar la temperatura de los líquidos por un tiempo determinado, los dos equipos funcionan por medio de circuitos cerrados con gases que realizan el enfriamiento circulando a través de tuberías de cobre sin que se pierda dicho gas, consta de un evaporador, compresor, condensador, válvula de expansión.

Estas neveras funcionan diariamente con un tiempo de utilización especificado en los cuadros de cargas del presente libro, además cuentan con tiempos de descanso cuando la diferencia de temperatura es cero (0) según lo programado en el equipo esta condición se cumple si la nevera no se abre en un determinado tiempo. Se recomienda las siguientes prácticas para mejorar la eficiencia de estos equipos:

- ✓ Como los productos no son muy delicados se recomienda dejar el termostato en un nivel medio ya que si se coloca en el nivel máximo esforzaría al compresor a aumentar el 50 % del valor medio, por ende, consumiría más energía.
- ✓ Mantener limpia la parte trasera del refrigerador ya que el polvo que se acumula disminuye la eficiencia del equipo obligándolo a consumir más energía eléctrica para compensar los niveles nominales de refrigeración.
- ✓ Es indispensable colocar la nevera en un lugar con ausencia de radiación solar, además debe ser un lugar fresco y ventilado con una distancia de separación con la pared mínimo de 10 cm.
- ✓ Los empaques de la nevera permiten mantener un sistema cerrado y aislado con el exterior por eso se recomienda revisarlos periódicamente, en caso de estar deteriorados hacer el cambio inmediato ya que esto también aumentaría considerablemente la eficiencia y con ella el aumento de energía eléctrica.
- ✓ En caso de que la nevera presente un exceso de escarcha se deben llevar inmediatamente a mantenimiento ya que esto son síntomas de daño en la unidad condensadora y mal funcionamiento del circuito de refrigeración.

- SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

El aumento de temperatura en muchos lugares cálidos y el hecho de mantener refrigerados muchos ambientes de trabajo, hogares, laboratorios, equipos de cómputo, entre otros lugares, aunque cabe recalcar que también el confort y la calidad de vida han obligado a que se utilice con más frecuencia los equipos de refrigeración elevando el consumo de energía abruptamente.

Verificando que los aires acondicionados elevan los consumos energéticos se tiene que en el primer, cuarto y quinto piso que es donde hay sistemas de refrigeración de ambientes son los que aportan el mayor consumo con respecto al edificio en general para el primer piso representa el 57 % del consumo de energía en el mes con valor de 670 kWh/Mensual, para el cuarto piso representa el 75 % del consumo de energía con un valor 960 kWh/Mensual, y para el quinto piso solo representa el 5% del consumo de energía con un valor 34 kWh/Mensual ya que son dos equipos que no se utilizan muy frecuentemente, estos datos se evidencia en los cuadros de cargas y análisis del censo de carga en el presente libro.

Los consumos de energía debido a los aires acondicionados son razonables en cuanto a las buenas prácticas ya que el hecho de haber automatizado este sistema en el cuarto piso permite un ahorro significativo, para el quinto piso el aporte energético es bajo debido a las pocas horas de uso y por último en el primer piso se tiene sistemas nuevos más eficientes que minimizan el consumo energético. Además, estas condiciones se logran a que el edificio cuenta con una buena arquitectura de ventilación y de aislante térmico.

Por otra parte, se recomienda algunas prácticas a tener en cuenta para mejorar la eficiencia y la vida útil de dichos equipos:

- Para los aires acondicionados que no se encuentran automatizados como el tipo Cassette recién instalados en el centro de estudios (sala individual) o para el tipo mini Split instalados en el quinto piso y sala de profesores catedra, se recomienda suspender el suministro de energía alrededor de 20 min antes de terminar las jornadas laborales o de estudio, para poder utilizar la climatización del ambiente mientras se retira el personal administrativo, docente o los estudiantes.
- Contemplar con relevancia el plan de mantenimiento preventivo y correctivo de forma periódica como mínimo dos veces al año, garantizando que se mantenga la vida útil de los equipos condensadores que se encuentran a la intemperie ya que estos aportan perdidas como cualquier sistema de refrigeración debido al mal aislamiento térmico, a la exposición de las radiaciones solares, que no existan fugas de gases refrigerantes ya que los gases son contaminantes para el medio ambiente y revisar las obstrucciones que hubieran al paso del aire estas unidades exteriores se muestra en las figuras 84, 85, 86, respectivamente, por otra parte es claro que dentro del plan de mantenimiento se contempla la limpieza de los filtros, limpieza del tubo y la bandeja que recoge el agua y revisar los termostatos de control.

**Figura 84. Unidades condensadoras de aires acondicionados (mini Split) del quinto piso.**



**Figura 85. Unidades condensadoras de aires acondicionados (tipo Cassette) cuarto piso.**



**Figura 86. Unidad condensadora de aires acondicionados (tipo Cassette) sala individual.**



*Lo dicho anteriormente anuncia y concientiza las políticas del uso racional de la energía, adicionalmente, se debe referenciar la nueva normativa instaurada en el país acerca de la eficiencia de los equipos, resolución obligatoria impuesta por los reguladores del país como lo es el Ministerio de Minas y Energía.*

*El Ministerio de Minas y Energía expidió el Reglamento Técnico de Etiquetado Energético - RETIQ el 18 de septiembre de 2015.*

*El RETIQ entró en vigencia a partir del 31 de agosto de 2016 haciendo exigible el porte de etiquetas para equipos de refrigeración doméstica, acondicionadores de aire para recintos, motores monofásicos y trifásicos de inducción, balastos para iluminación fluorescente y lavadoras de ropa. Un año después será exigible el porte de etiquetas para equipos de refrigeración comercial, calentadores de agua eléctricos (tipo acumulación), acondicionadores de aire unitarios, calentadores de agua a gas (Tipo acumulación y de paso) y gasodomésticos para cocción de alimentos. [13]*

Aires acondicionados que cuentan con la etiqueta energética en el edificio de la E3T:

- Los nuevos aires tipo Cassette instalados en el centro de estudios (sala individual).
- Los todos los aires del cuarto piso tipo Cassette.

Los demás aires son tipo mini Split que no cuentan con la etiqueta energética.

La etiqueta energética de la figura 87 es un rótulo de color amarillo, que contiene información sobre un equipo específico -neveras, lavadoras, aires acondicionados, calentadores de agua, equipos de cocción, balastos y motores industriales-. Proporciona información al comprador acerca del consumo e indicador de desempeño energético, clasificación de desempeño y características técnicas del equipo, para que este pueda compararlo con otros equipos similares, y elegir el que más se ajuste a sus necesidades. [14]

Figura 87. Etiqueta de eficiencia energética, ejemplo con explicación. [15]

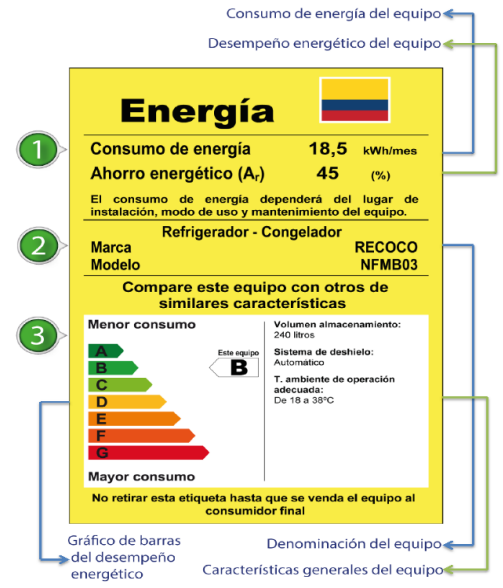
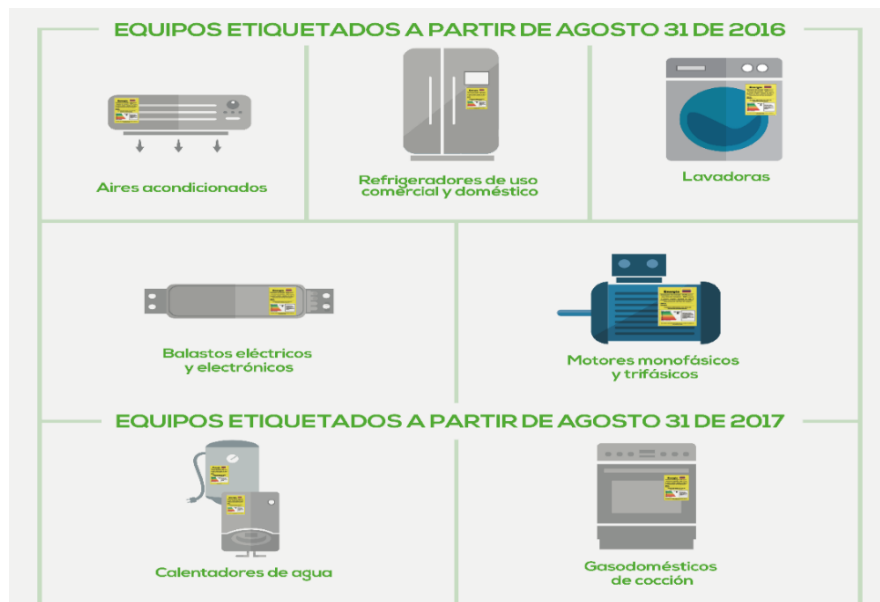


Figura 88. Equipos etiquetados con la entrada en vigencia. [16]



En Colombia la utilización de la etiqueta energética promueve a que los fabricantes tengan a la venta equipos más eficientes y que los usuarios elijan equipos con bajo

consumo, contribuyendo con el uso racional de la energía y ayudando a dejar de producir más gases de efecto invernadero.

## **5.1. CULTURA ENERGÉTICA**

Cuando se habla de cultura energética inmediatamente los hábitos de consumo energético son los más razonables, la cual busca eliminar el desperdicio de la energía manteniendo el confort y la calidad de vida sin ninguna modificación, por otra parte, se refiere al conjunto de modos de vida y costumbres que garanticen el uso racional de la energía.

El aprovechamiento de la energía permite encontrar una relación entre los equipos con mayor eficiencia energética con respecto a los demás equipos, adicionalmente se revisa la cantidad de energía consumida logrando obtener un balance energético.

**5.1.1. Metodología para la concientización de la cultura energética.** Dentro de las metodologías que se implementan en muchas organizaciones se plantean las más importante y relevantes en el edificio de la E3T, que son fáciles de establecer y no tienen ningún costo adicional.

Antes de mencionar algunas recomendaciones se recalca que los equipos nuevos que se vayan a comprar en un futuro deben ser muy eficientes con un bajo consumo energético garantizando el funcionamiento normal de acuerdo al RETIQ, ya que esta acción hace parte de las metodologías de concientización.

- Charlas orientadas al uso racional de la energía una (1) vez por mes, inculcando los mejores hábitos acerca del consumo de la energía en cada uno de los puestos de trabajo, tanto de los docentes como área admirativa y estudiantado.

- Que el personal administrativo, personal docente y el estudiantado por medio de charlas orientativas puedan utilizar adecuadamente la energía solo cuando sea necesario, por ejemplo, en el caso de que vayan a estar ausentes por más de 10 min puedan suspender sus equipos de cómputo y apagar la pantalla.
- Dentro de las charlas orientativas especificar que por más insignificante que parezca el consumo eléctrico de un equipo o por muy pequeño que sea se debe apagar en caso de no utilizarlo o estar ausente.

**Finalidad.** Este tipo de campañas busca minimizar el consumo energético en todo el edificio generando en las personas buenas prácticas de ahorro y no solo en el área de trabajo sino en otros lugares ya que así se iría adquiriendo el hábito de la cultura energética, todas estas acciones por más pequeñas que parezcan siempre darán un gran impacto positivo al medio ambiente y a la reducción del consumo energético, y siempre que se vaya a comprar cualquier electrodoméstico se debe revisar cual es más eficiente y con bajo consumo de energía garantizando un servicio de calidad.

**Lema y logo de la campaña.** Para el edificio de la E3T de la Universidad Industrial de Santander se diseñó el siguiente lema de la campaña energética: “E3T Impulsando Nuevos Hábitos de Ahorro Energético”.

Figura 89. Lema y logo de la campaña.



Universidad Industrial de Santander

## 6. CONCLUSIONES

El proyecto planteó como objetivo general realizar la caracterización energética del edificio E3T de la UIS aplicando los lineamientos propuestos en la metodología del SGIE. Con el fin de lograr dicho objetivo se realizaron las siguientes actividades: estado actual energético del sistema (medición de los diferentes parámetros), censo de carga, encuestas, toma de datos. Al obtener estos datos y realizando el análisis de los mismos fue posible determinar que se puede reducir el consumo de energía eléctrica con la aplicación de ahorro sin inversión tecnológica.

Ahora bien, teniendo en cuenta los objetivos específicos en el trabajo de grado se obtuvieron los siguientes resultados:

- Se realizó la caracterización energética del edificio midiendo los diferentes parámetros como tensión, corriente, iluminancia, factor de potencia entre otros, censo de carga, encuestas, toma de datos, la cual permitió identificar variables, áreas y equipos con mayor consumo energético, entre los cuales se encuentran los sistemas de aire acondicionado, iluminación, equipos de cómputo, siendo el cuarto piso y primer piso las áreas con mayor consumo energético con un 32% y 30% respectivamente, para un total del 62% de la energía total consumida en el edificio, con esta información obtenida de los equipos se identificó que existen muchos con eficiencia baja, dentro los cuales se encuentran las unidades de condensación de los aires tipo cassette y Mini Split por lo que se sugiere hacer un cambio inmediato.
- Se realizó la aplicación del calificador de niveles como parte de una encuesta por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), donde se encontró que debido a la falta de aseguramiento de calidad (certificación del edificio en normas

ISO) el promedio del calificador total se bajó a 3,4, aunque es estrictamente por documentación por lo que se determina que el diseño del edificio se encuentra razonablemente bueno, y no se hace una recomendación fuerte salvo de unas campaña de carteles, charlas relacionadas con el uso racional de energía, además dentro de sus políticas energéticas promueve metas para reducir el consumo de energía y sus costos.

- Con el diagrama de Pareto se logró la identificación de los equipos y de los pisos con mayor consumo energético, como se evidencio en el presente informe, por ende, se recomienda el cambio de aires acondicionado instalados en la sala de profesores por aires de mayor eficiencia energética de acuerdo al RETIQ, además que se implemente un sistema automatizado en dicha área, y reemplazando adicionalmente las unidades de condensación del área administrativa ya que se encuentran sobredimensionadas, además de tener muy baja eficiencia energética.
- Otra de las herramientas estadísticas como el grafico de control mensual, permitieron la identificación de que existe una leve inestabilidad en la demanda energética, debido al decaimiento o aumento brusco del consumo de energía total en el edificio. Para el comportamiento del consumo y producción versus tiempo, los datos obtenidos permiten observar que el edificio tiene un comportamiento estable exceptuando los fines de semana y los días lunes, como respuesta a la inactividad en el edificio, por otra parte, el consumo que se registra en estos días es debido a los aparatos que se mantienen encendidos las 24 horas (neveras y dispensador de café) además del sistema de iluminación, lo cual se sugiere hacer cambio inmediato por neveras y dispensadores que cuenten con sistemas de descanso cuando no se esté utilizando y con una eficiencia más alta.

- El sistema de iluminación del edificio E3T se ajusta a los parámetros establecidos por el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP), aunque se identificó que la uniformidad en algunas aulas no cumple ya que está por debajo de 0,5, y en cuanto al porcentaje de cumplimiento todo el edificio cumple con el RETILAP exceptuando algunos lugares como se evidencia en dicho informe, estos casos que no están dentro de los límites establecidos en el reglamento no inciden de forma significativa en la iluminación general del edificio.
- Según lo analizado acerca de la iluminación del edificio E3T, se concluye que el sistema de automatización implementado es eficiente y garantiza un confort visual conforme al RETILAP, puesto que cuenta con sensores dimerizables lo cual se adaptan al flujo luminoso, por ende, se sugiere seguir con el sistema implementado actualmente y no realizar cambios en el mismo.
- El análisis térmico que se realizó a la subestación del edificio E3T a los diferentes equipos eléctricos no presentaron ningún punto caliente, tampoco alguna anomalía, por lo tanto, dichos componentes, equipos, empalmes, y conductores se encuentran en buen estado, por lo tanto, no se requiere cambio de componentes, ni tampoco un mantenimiento correctivo, pero sí que se realicen mantenimientos predictivos cada 6 meses.
- Mediante el estudio sobre calidad de la energía se establece que para cualquiera de los perfiles mostrados en el tiempo los niveles de tensión, desbalance de tensión, frecuencia, distorsión armónica de tensión, distorsión armónica en corriente (se presenta con porcentajes más altos en la fase A pero aun así cumple lo establecido por norma) se encuentran dentro de los límites por norma, excepto el desbalance de corriente y el factor de potencia ya que no cumplen lo establecido por norma, por otra parte, se observó que la cargabilidad del transformador se encuentra entre el 6% y 6,5% de la corriente nominal

especificada en placa. Según el estudio de calidad de energía realizado en este informe se sugiere inmediatamente redistribuir las cargas en cada una de las fases en el PCC ya que la fase A se encuentra más cargada respecto a las otras fases, con un desbalance promedio de corriente de 42,88 %. Para el factor de potencia implementar bancos de condensadores automáticos para un grupo de cargas o en el PCC. En cuanto a la cargabilidad se recomienda suministrar energía a otros edificios para evitar las altas pérdidas magnéticas, o cambiar a un transformador trifásico de 50 kVA.

- Se plantea la campaña energética E3T impulsando nuevos hábitos de ahorro energético en el edificio, donde se brinda la información necesaria y entrenamiento al personal fijo, estudiantes y docentes para la comprensión del SGIE mejorando los hábitos de consumo en el uso racional de energía y reducir el consumo energético.
- Se sugiere que en sala de profesores catedra y sala individual se implemente el sistema de sensores instalado en el cuarto piso para aires acondicionados ya que reduciría el consumo energético total en el edificio, además que se implemente en los pasillos y todas las áreas del edificio lámparas Led (con estudios previos) dimerizables ya que permitirían regular la intensidad luminosa y además son de bajo consumo.

## CITAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Guía para la implementación, Sistema de Gestión Integral de la Energía. Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero Energética. Disponible en Internet: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Guis.pdf>
- [2] Castellanos Oliveros N., Perea Rivero P. (2016). CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN I DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA (SGIE). Tesis de pregrado. UNIVERSIDAD DE INDUSTRIAL DE SANTANDER. BUCARAMANGA-COLOMBIA.
- [3] Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 50001. Sistemas de Gestión Integral de la Energía. Requisitos con orientación para su uso.
- [4] Saldaña Rodríguez C., Preciado Nore E., (2016). CARACTERIZACION ENERGETICA DE LOS EDIFICIOS "ALVARO BELTRAN PINZON" Y "LABORATORIO HIDRAULICA" DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER APLICANDO LA METODOLOGIA DEL SISTEMA DE GESTION INTEGRAL DE LA ENERGIA (SGIE). Tesis de pregrado. Universidad de Industrial de Santander. Bucaramanga-Colombia.
- [5] SISTEMAS DE GESTIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ISO 50001:2011, La contribución a la eficiencia energética de los sistemas de gestión y las auditorías energéticas, Antonio CARRETERO PEÑA Subdirector de Desarrollo AENOR.
- [6] Campos J., Prías O., Vidal J., Quispe E; Lora E., Propuesta de un modelo de gestión energética para el sector productivo colombiano. Memorias II Congreso

Internacional sobre Uso Racional y eficiente de la Energía, Ciuree 2006. Cali Colombia 2006.

[7] Objetivo de la Unidad de Planeación Minero-energética, UPME.

[8] <http://www.dranetz.com/product-services/powervisa/>.

[9] NORMA TÉCNICA COLOMBIA, calidad de la potencia eléctrica. Límites y metodología de evaluación en punto de conexión común. NTC 5001-2008. Disponible en recurso electrónicos de la UIS-biblioteca: <http://tangara.uis.edu.co/>

[10] [http://www.fluke.com/fluke/eses/termografia/fluke-ti32-\(europe\).htm?pid=56185](http://www.fluke.com/fluke/eses/termografia/fluke-ti32-europe).htm?pid=56185)

[11] [http://www.termografics.com/pdf/ejemplo\\_informe\\_termografics.pdf](http://www.termografics.com/pdf/ejemplo_informe_termografics.pdf).

[12] <https://copublications.greenfacts.org/es/mercurio-lamparas-bajo-consumo/figtableboxes/energy-saving-consumption.htm>

[13] <https://www.minminas.gov.co/retiq>.

[14] <http://www.etiquetaenergetica.gov.co/?p=601>

[15] <http://www.etiquetaenergetica.gov.co/?p=1452>

[16] <http://www.etiquetaenergetica.gov.co/equiposeficientes/view/minisite1.html#>

[17] <http://www.energiza.biz/diagnostico-energetico/>

[18] [http://www.olino.org/wp-content/uploads/2008/05/lm631\\_1662975\\_a\\_w.pdf](http://www.olino.org/wp-content/uploads/2008/05/lm631_1662975_a_w.pdf)

[19] <https://www.minminas.gov.co/retilap>

[20]

[http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/Diagrama\\_de\\_Pareto.pdf](http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/Diagrama_de_Pareto.pdf)

[21] Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Disponible en internet:

[www.si3ea.gov.co/Portals/0/Archivos/vtools.swf](http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Archivos/vtools.swf),

<http://www.si3ea.gov.co/Home/HerramientasVirtuales/tabid/89/language/en-US/Default.aspx>

[22] <http://web.cortland.edu/matresearch/ControlProcesos.pdf>

[23]

<http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/luz/materias/luminotecnia/luminarias.pdf>

[24] Testo. Termografía, guía de bolsillo. 2008 Disponible en internet: URL:

<http://www.testo.com>.

## BIBLIOGRAFÍA

Campos J., Prías O., Vidal J., Quispe E; Lora E., Propuesta de un modelo de gestión energética para el sector productivo colombiano. Memorias II Congreso Internacional sobre Uso Racional y eficiente de la Energía, Ciuree 2006. Cali Colombia 2006.

Castellanos Oliveros N., Perea Rivero P. (2016). CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN I DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA (SGIE). Tesis de pregrado. UNIVERSIDAD DE INDUSTRIAL DE SANTANDER. BUCARAMANGA-COLOMBIA.

Guía para la implementación, Sistema de Gestión Integral de la Energía. Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero Energética.

Disponible en Internet: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Guis.pdf>

<https://copublications.greenfacts.org/es/mercurio-lamparas-bajo-consumo/figtableboxes/energy-saving-consumption.htm>

<http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/luz/materias/luminotecnia/luminarias.pdf>

<http://web.cortland.edu/matresearch/ControlProcesos.pdf>

[http://www.dranetz.com/product-services/powervisa/.](http://www.dranetz.com/product-services/powervisa/)

<http://www.etiquetaenergetica.gov.co/?p=601>

<http://www.etiquetaenergetica.gov.co/?p=1452>

<http://www.etiquetaenergetica.gov.co/equiposeficientes/view/minisite1.html#>

<http://www.energiza.biz/diagnostico-energetico/>

[http://www.fluke.com/fluke/eses/termografia/fluke-ti32-\(europe\).htm?pid=56185](http://www.fluke.com/fluke/eses/termografia/fluke-ti32-(europe).htm?pid=56185)

[http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/Diagrama\\_de\\_Pareto.pdf](http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/Diagrama_de_Pareto.pdf)

<https://www.minminas.gov.co/retiq>.

<https://www.minminas.gov.co/retilap>

[http://www.olino.org/wp-content/uploads/2008/05/lm631\\_1662975\\_a\\_w.pdf](http://www.olino.org/wp-content/uploads/2008/05/lm631_1662975_a_w.pdf)

[http://www.termografics.com/pdf/ejemplo\\_informe\\_termografics.pdf](http://www.termografics.com/pdf/ejemplo_informe_termografics.pdf).

NORMA TÉCNICA COLOMBIA, calidad de la potencia eléctrica. Límites y metodología de evaluación en punto de conexión común. NTC 5001-2008.

Disponible en recurso electrónicos de la UIS-biblioteca: <http://tangara.uis.edu.co/>

Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 50001. Sistemas de Gestión Integral de la Energía. Requisitos con orientación para su uso.

Objetivo de la Unidad de Planeación Minero-energética, UPME.

Saldaña Rodríguez C., Preciado Nore E., (2016). CARACTERIZACION ENERGETICA DE LOS EDIFICIOS "ALVARO BELTRAN PINZON" Y "LABORATORIO HIDRAULICA" DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE

SANTANDER APLICANDO LA METODOLOGIA DEL SISTEMA DE GESTION INTEGRAL DE LA ENERGIA (SGIE). Tesis de pregrado. Universidad de Industrial de Santander. Bucaramanga-Colombia.

SISTEMAS DE GESTIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ISO 50001:2011, La contribución a la eficiencia energética de los sistemas de gestión y las auditorías energéticas, Antonio CARRETERO PEÑA Subdirector de Desarrollo AENOR.

Testo. Termografía, guía de bolsillo. 2008 Disponible en internet: URL: <http://www.testo.com>.

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Disponible en internet: [www.si3ea.gov.co/Portals/0/Archivos/vtools.swf](http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Archivos/vtools.swf),  
<http://www.si3ea.gov.co/Home/HerramientasVirtuales/tabid/89/language/en-US/Default.aspx>

## **ANEXOS**

### **Anexo A. Memoria de cálculo 1**

Ver documentos adjuntos en CD

## **Anexo B. memoria de cálculo 2**

Ver documentos adjuntos en CD