

UNIVERSIDAD DE CUENCA



Facultad de Ingeniería Carrera de Ingeniería Eléctrica

**"Análisis de calidad de energía eléctrica en la Facultad de
Ingeniería de la Universidad de Cuenca"**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
Ingeniero Eléctrico.

Autor:

Jaime Marcelo Gómez Orellana.
C.I. 0106695406

Director:

Ing. Patricio Alcides Astudillo Salinas. MSc.
C.I: 1400588628

CUENCA – ECUADOR

30/04/2019



RESUMEN

La calidad de energía eléctrica es un tema de importancia para el desarrollo de la economía, la industria, donde se requiere contar con un servicio eléctrico que no genere daño en equipos sensibles que no toleran fluctuaciones.

El objetivo de este trabajo de titulación es realizar un análisis de calidad del sistema eléctrico de la Facultad de Ingeniería, con la finalidad de recabar información de los niveles de voltaje, corriente, frecuencia, desequilibrio de voltaje, armónicos, fliker, factor de potencia, potencia activa, reactiva, aparente, energía y con ello proceder a diagnosticar el estado actual de la energía eléctrica.

Con el pasar de los años la demanda eléctrica en la Facultad se ha incrementado de acuerdo con la implementación de nuevos equipos en beneficio de los estudiantes. Dando como resultado instalaciones eléctricas nuevas, al no existir un plano actualizado de los circuitos de iluminación, fuerza y la ubicación de los tableros de distribución, se realiza el levantamiento de las cargas fijas que se encuentran instaladas y se presenta un plano de mejora que involucra cambio y reubicación de tableros.

Palabras claves: Facultad de Ingeniería. Calidad de energía eléctrica. Fluke 435 serie II. Sistema eléctrico. Tableros de distribución.



ABSTRACT

The quality of electric power is an issue of importance for the development of the economy, the industry, where it is necessary to have an electrical service that does not generate damage in sensitive equipment that does not tolerate fluctuations.

The objective of this certification work is to perform a quality analysis of the electrical system of the Faculty of Engineering, in order to collect information on the voltage levels, current, frequency, voltage imbalance, harmonics, flicker, power factor, active power, reactive, apparent, energy and with that proceed to diagnose the current state of electric power.

Over the years, the electric demand in the Faculty has increased according to the implementation of new equipment for the benefit of the students. Obtaining as result new electrical installations, since there is no updated plan of lighting, circuits force and the location of the distribution boards, is done the lifting of the fixed charges that are find installed and a plane of improvement that involves change is presented and relocation of boards.

Keywords: Faculty of Engineering. Electric power quality. Fluke 435 serie II. Electric system. Distribution boards.



INDICE GENERAL

| | |
|-------------------|----|
| RESUMEN..... | 1 |
| ABSTRACT..... | 2 |
| INTRODUCCIÓN..... | 25 |

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

| | |
|---|----|
| 1.2 Antecedentes..... | 25 |
| 1.3 Justificación y Alcance..... | 26 |
| 1.4 Metodología..... | 27 |
| 1.5 Objetivo general..... | 28 |
| 1.5.1. Objetivo específico..... | 28 |
| 1.6 Importancia de la calidad de energía eléctrica..... | 28 |

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

| | |
|---|----|
| 2.1 Introducción a la calidad de energía eléctrica..... | 30 |
| 2.2 Calidad de energía eléctrica..... | 30 |
| 2.3 Cargas lineales..... | 31 |
| 2.4 Cargas no lineales..... | 32 |
| 2.5 Variaciones de estado estable..... | 33 |
| 2.5.1 Variaciones lentas de voltaje..... | 33 |
| 2.5.2 Armónicos..... | 34 |
| 2.5.3 Flicker..... | 35 |
| 2.5.4 Desbalance de voltaje..... | 37 |
| 2.6 Variaciones de corta duración..... | 38 |
| 2.6.1 Interrupción o microcortes..... | 38 |
| 2.6.2 SAG (Depresiones o Huecos de voltaje)..... | 40 |
| 2.6.3 Swell (Salto de voltaje)..... | 40 |
| 2.6.3.1. Efectos negativos de swell..... | 41 |
| 2.6.4 Transitorios..... | 43 |



CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DEL ANALIZADOR TRIFASICO FLUKE 435 SERIE II

| | | |
|-------|---|----|
| 3.1 | Introducción | 45 |
| 3.2 | Accesorios del analizador fluke 435 serie II..... | 45 |
| 3.3 | Descripción de la parte frontal del equipo..... | 46 |
| 3.4 | Información en pantalla..... | 47 |
| 3.4.1 | Teclas del dispositivo..... | 47 |
| 3.5 | Especificaciones técnicas del equipo..... | 48 |
| 3.6 | Preparación inicial del equipo..... | 50 |
| 3.6.1 | Código de colores..... | 50 |
| 3.6.2 | Tarjeta de memoria SD..... | 51 |
| 3.6.3 | Conexión del adaptador de CA..... | 51 |
| 3.6.4 | Diagramas de conexión en la red..... | 51 |
| 3.6.5 | Verificación de la conexión..... | 52 |
| 3.7 | Modo de medida..... | 53 |
| 3.8 | Ventajas que proporciona el analizador fluke (435)..... | 55 |

CAPÍTULO 4

NORMAS PARA LA MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGIA ELECTRICA.

| | | |
|-------|--|----|
| 4 | Normatividad..... | 56 |
| 4.1 | Organizaciones internacionales..... | 56 |
| 4.1.2 | Organizaciones nacionales ecuatorianas..... | 57 |
| 4.2 | Equipos usados para el monitoreo de la calidad de energía eléctrica..... | 57 |
| 4.3 | Normas internacionales..... | 58 |
| 4.3.1 | Normas IEC..... | 58 |
| 4.3.2 | Norma IEC 61000-25..... | 58 |



| | | |
|-------|---|----|
| 4.3.3 | Métodos de medida: IEC 61000-430..... | 59 |
| 4.3.4 | Norma IEC 61000-32..... | 59 |
| 4.3.5 | Norma IEC 61000-4-15 (Flicker)..... | 60 |
| 4.4 | NORMA IEEE..... | 61 |
| 4.4.1 | Aplicación de límites de distorsión armónica de voltaje y corriente.. | 61 |
| 4.4.2 | Norma IEEE 519- 2014..... | 61 |
| 4.4.3 | Estándar IEEE 1159..... | 63 |
| 4.5 | NORMA EN50160..... | 64 |
| 4.5.1 | Caracterización de un sitio..... | 64 |
| 4.6 | Regulación ARCONEL 005/18..... | 65 |
| 4.6.1 | Nivel de voltaje..... | 65 |
| 4.6.2 | Parpadeo (Flicker)..... | 66 |
| 4.6.3 | Armónicos..... | 67 |
| 4.6.4 | Factor de potencia..... | 68 |
| 4.6.5 | Desequilibrio de voltaje..... | 69 |

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE MEDICIONES

| | | |
|-------|--|----|
| 5. | Procedimiento del trabajo..... | 70 |
| 5.1 | Levantamiento de información eléctrica..... | 70 |
| 5.2 | Localización de puntos de medición y uso del equipo..... | 72 |
| 5.1.1 | Puntos de medición..... | 73 |
| 5.3 | Registro y configuración del equipo..... | 74 |
| 5.3.1 | Conexión del analizador fluke 435 serie II..... | 75 |
| 5.4 | Niveles de voltaje en el Ecuador..... | 75 |
| 5.5 | Datos técnicos del transformador de 75KVA (ubicado en la Facultad de Arquitectura)..... | 75 |
| 5.6 | Registro de datos correspondientes al tablero distribución principal, ubicado junto a la entrada del laboratorio de máquinas eléctricas..... | 76 |
| 5.6.1 | Análisis de voltaje..... | 77 |



| | | |
|--------|--|-----|
| 5.6.2 | Corriente..... | 81 |
| 5.6.3 | Análisis de frecuencia..... | 82 |
| 5.6.4 | Análisis de desequilibrio de voltaje..... | 84 |
| 5.6.5 | Análisis de dip y swell..... | 87 |
| 5.6.6 | Análisis del flicker. | 89 |
| 5.6.7 | Análisis de los armónicos de voltaje..... | 91 |
| 5.6.8 | Análisis de corriente armónica..... | 94 |
| 5.6.9 | Análisis de factor de potencia..... | 98 |
| 5.6.10 | Resultados de potencia activa, aparente y reactiva..... | 101 |
| 5.6.11 | Resultado consumo de energía activa, reactiva y aparente..... | 103 |
| 5.7 | Datos técnicos del transformador 120 kVA (ubicado en la parte subterránea detrás del aula magna Mario Vintimilla)..... | 105 |
| 5.8 | Periodo de medición correspondiente al tablero general de distribución, que se encuentra ubicado junto al transformador 120kVA..... | 106 |
| 5.8.1 | Evaluación de los resultados de voltaje..... | 107 |
| 5.8.2 | Registro de corriente..... | 108 |
| 5.8.3 | Evaluación de los resultados de la frecuencia..... | 108 |
| 5.8.4 | Evaluación de los resultados desequilibrio de voltaje..... | 109 |
| 5.8.5 | Evaluación de los resultados dip y swell..... | 109 |
| 5.8.6 | Evaluación de los resultados flicker..... | 109 |
| 5.8.7 | Evaluación de los resultados de los armónicos de voltaje TDHV... .. | 109 |
| 5.8.8 | Evaluación de los resultados de corriente armónica. | 110 |
| 5.8.9 | Evaluación de los resultados de factor de potencia..... | 113 |
| 5.8.10 | Registro de resultados de potencia activa, reactiva y aparente.... | 113 |
| 5.8.11 | Resultado consumo de energía activa, reactiva y aparente..... | 114 |
| 5.9 | Periodo de medición correspondiente al tablero principal ubicado en el laboratorio de física..... | 114 |
| 5.9.1 | Evaluación de los resultados de voltaje..... | 115 |
| 5.9.2 | Registro de corriente..... | 116 |
| 5.9.3 | Evaluación de los resultados de la frecuencia..... | 116 |
| 5.9.4 | Evaluación de los resultados desequilibrio de voltaje..... | 117 |



| | | |
|---------|--|-----|
| 5.9.5 | Evaluación de los resultados dip y swell..... | 117 |
| 5.9.6 | Evaluación de los resultados flicker..... | 118 |
| 5.9.7 | Evaluación de los resultados de los armónicos de voltaje TDHV..... | 119 |
| 5.9.8 | Evaluación de los resultados de corriente armónica..... | 120 |
| 5.9.9 | Evaluación de los resultados de factor de potencia..... | 122 |
| 5.9.10 | Registro de los resultados de potencia activa, reactiva y aparente..... | 123 |
| 5.9.11 | Resultado consumo de energía activa, reactiva y aparente..... | 123 |
| 5.10 | Periodo de medición del tablero principal ubicado en el pasillo del laboratorio de suelos civil y alto voltaje..... | 124 |
| 5.10.1 | Evaluación de los resultados de voltaje..... | 125 |
| 5.10.2 | Registro de corriente..... | 125 |
| 5.10.3 | Evaluación de los resultados de la frecuencia..... | 126 |
| 5.10.4 | Evaluación de los resultados desequilibrio de voltaje..... | 126 |
| 5.10.5 | Evaluación de los resultados dip y swell..... | 127 |
| 5.10.6 | Evaluación de los resultados flicker..... | 128 |
| 5.10.7 | Evaluación de los resultados de los armónicos de voltaje TDHV.... | 128 |
| 5.10.8 | Evaluación de los resultados de corriente armónica..... | 129 |
| 5.10.9 | Evaluación de los resultados de factor de potencia..... | 132 |
| 5.10.10 | Registro de los resultados de potencia activa, reactiva y aparente..... | 133 |
| 5.10.11 | Resultado consumo de energía activa, reactiva y aparente..... | 133 |
| 5.11 | Periodo de medición correspondiente al tablero principal ubicado en el tercer piso de la sala de computación..... | 133 |
| 5.11.1 | Evaluación de los resultados de voltaje..... | 135 |
| 5.11.2 | Registro de corriente..... | 135 |
| 5.11.3 | Evaluación de los resultados de la frecuencia..... | 136 |
| 5.11.4 | Evaluación de los resultados desequilibrio de voltaje..... | 136 |
| 5.11.5 | Evaluación de los resultados dip y swell..... | 136 |
| 5.11.6 | Evaluación de los resultados flicker..... | 137 |



| | | |
|---------|---|-----|
| 5.11.7 | Evaluación de los resultados de los armónicos de voltaje TDHV..... | 137 |
| 5.11.8 | Evaluación de los resultados de corriente armónica..... | 138 |
| 5.11.9 | Evaluación de los resultados de factor de potencia..... | 141 |
| 5.11.10 | Registro de los resultados de potencia activa, reactiva y aparente..... | 141 |
| 5.11.11 | Resultado consumo de energía activa, reactiva y aparente..... | 142 |
| 5.12 | Periodo de medición correspondiente al tablero principal ubicado el auditorio de la Facultad..... | 142 |
| 5.12.1 | Evaluación de los resultados de voltaje..... | 143 |
| 5.12.2 | Registro de corriente..... | 144 |
| 5.12.3 | Evaluación de los resultados de la frecuencia..... | 144 |
| 5.12.4 | Evaluación de los resultados desequilibrio de voltaje..... | 145 |
| 5.12.5 | Evaluación de los resultados dip y swell..... | 145 |
| 5.12.6 | Evaluación de los resultados flicker..... | 146 |
| 5.12.7 | Evaluación de los resultados de los armónicos de voltaje TDHV..... | 147 |
| 5.12.8 | Evaluación de los resultados de corriente armónica..... | 148 |
| 5.12.9 | Evaluación de los resultados de factor de potencia..... | 150 |
| 5.12.10 | Registro de los resultados de potencia activa, reactiva y aparente..... | 151 |
| 5.12.11 | Resultado consumo de energía activa, reactiva y aparente..... | 151 |
| 5.13 | Periodo de medición correspondiente al tablero principal ubicado en la secretaría de posgrados..... | 151 |
| 5.13.1 | Evaluación de los resultados de voltaje..... | 152 |
| 5.13.2 | Registro de corriente..... | 153 |
| 5.13.3 | Evaluación de los resultados de la frecuencia..... | 153 |
| 5.13.4 | Evaluación de los resultados desequilibrio de voltaje..... | 154 |
| 5.13.5 | Evaluación de los resultados dip y swell..... | 154 |
| 5.13.6 | Evaluación de los resultados flicker..... | 155 |



| | | |
|----------|---|-----|
| 5.13.7 | Evaluación de los resultados de los armónicos de voltaje TDHV..... | 156 |
| 5.13.8 | Evaluación de los resultados de corriente armónica..... | 157 |
| 5.13.9 | Evaluación de los resultados de factor de potencia..... | 159 |
| 5.13.10 | Registro de los resultados de potencia activa, reactiva y aparente..... | 160 |
| 5.13.11 | Resultado consumo de energía activa, reactiva y aparente..... | 160 |
| 5.14 | Periodo de medición correspondiente al tablero principal ubicado en el aula 010..... | 160 |
| 5.14.1 | Evaluación de los resultados de voltaje..... | 161 |
| 5.14.2 | Registro de corriente..... | 162 |
| 5.14.3 | Evaluación de los resultados de la frecuencia..... | 162 |
| 5.14.4 | Evaluación de los resultados de desequilibrio de voltaje..... | 163 |
| 5.14.5 | Evaluación de los resultados dip y swell..... | 163 |
| 5.14.6 | Evaluación de los resultados flicker..... | 164 |
| 5.14.7 | Evaluación de los resultados de los armónicos de voltaje TDHV..... | 165 |
| 5.14.8 | Evaluación de los resultados de corriente armónica..... | 166 |
| 5.14.9 | Evaluación de los resultados de factor de potencia..... | 168 |
| 5.14.10 | Registro los resultados de potencia activa, reactiva y aparente.... | 169 |
| 5.14.11. | Resultado consumo de energía activa, reactiva y aparente..... | 169 |

CAPÍTULO 6

DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA FACULTAD INGENIERÍA.

| | | |
|--------|---|-----|
| 6.1 | Diagnóstico de las instalaciones internas..... | 170 |
| 6.1.1. | Transformadores..... | 170 |
| 6.1.2. | Sistemas de puesta tierra (SPT)..... | 171 |
| 6.1.3. | Tableros de distribución y circuito eléctricos..... | 172 |



| | |
|--|-----|
| 6.2. Diagnóstico de la calidad de energía eléctrica en la Facultad Ingeniería..... | 174 |
| 6.2.1. Frecuencia..... | 175 |
| 6.2.2. Variación de voltaje..... | 175 |
| 6.2.3. Desequilibrio de voltaje..... | 176 |
| 6.2.4. Factor de potencia..... | 176 |
| 6.2.5. Armónicos..... | 177 |
| 6.2.6. Flicker..... | 178 |

CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|---------------------------|-----|
| 7.1. Conclusiones..... | 180 |
| 7.2. Recomendaciones..... | 181 |



ÍNDICE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 2.1. Factores que intervienen en la calidad de energía..... | 31 |
| Figura 2.2. Ondas de voltaje y corriente de una carga lineal..... | 32 |
| Figura 2.3. Ondas de carga no lineal..... | 32 |
| Figura 2.4. Fenómeno de distorsión armónica de una onda senoidal..... | 34 |
| Figura 2.5. Fluctuaciones de voltaje..... | 36 |
| Figura 2.6. Forma de onda del desbalance de voltaje..... | 38 |
| Figura 2.7. Onda de voltaje afectada por una Interrupción o microcorte..... | 39 |
| Figura 2.8. Onda de voltaje afectada por un sag..... | 41 |
| Figura 2.9. Onda de voltaje afectada por un swell..... | 42 |
| Figura 2.10. Perturbaciones de corta y larga duración de los parámetros de la energía eléctrica..... | 42 |
| Figura 2.11. Propagación de una descarga atmosférica al sistema de distribución..... | 44 |
| Figura 3.1. Accesorios del equipo fluke 435 serie II..... | 46 |
| Figura 3.2. Analizador calidad de energía fluke 435 serie II..... | 46 |
| Figura 3.3. Presentación de los tipos de pantallas | 47 |
| Figura 3.4. Conexión de entrada de las pinzas cocodrilo y ampermétricas..... | 50 |
| Figura 3.5. Diagrama de conexión a un sistema trifásico 4 hilos..... | 51 |
| Figura 3.6. Conexión de la pinza ampermétrica..... | 52 |
| Figura 3.7. Diagrama de conexión a la red monofásico..... | 52 |
| Figura 3.8. Ejemplo de una correcta conexión mediante el diagrama vectorial... | 53 |
| Figura 4.1. Clasificación en categorías de la normatividad..... | 56 |
| Figura 5.1. Conexión del equipo en el sitio. | 77 |
| Figura 5.2. Nivel máximo de voltaje en las tres fases..... | 80 |
| Figura 5.3. Nivel mínimo de voltaje de las tres fases..... | 80 |
| Figura 5.4. Registro de corriente máxima de las fases (AN, BN, CN). | 82 |
| Figura 5.5. Registro de la frecuencia (Hz) máxima, media y mínima..... | 83 |
| Figura 5.6. Valores registrados desequilibrio. | 86 |



| | |
|--|-----|
| Figura 5.7. Registros de eventos dip y swell (curva de CBEMA) | 88 |
| Figura 5.8. Registro de medición del flicker Pst de las tres fases. | 91 |
| Figura 5.9. Registro de medición del flicker Plt de las tres fases. | 91 |
| Figura 5.10. Espectro de distorsión armónica THDV de cada una de las fases..... | 93 |
| Figura 5.11. Espectro de distorsión armónica de voltaje individual fase (A, B, C)..... | 94 |
| Figura 5.12. Espectro de distorsión armónica de corriente THDA fase (A, B, C)..... | 97 |
| Figura 5.13. Espectro de distorsión armónica de corriente individual fase (A, B, C)..... | 98 |
| Figura 5.14. Registro en el tiempo de los valores del factor de potencia medio..... | 100 |
| Figura 5.15. Representa los registros de la actividad académica del factor de potencia medio..... | 101 |
| Figura 5.16. Registro de valores medio correspondiente a la potencia activa..... | 102 |
| Figura 5.17. Registro de valores medio correspondiente a la potencia reactiva..... | 103 |
| Figura 5.18. Registro de valores medio correspondiente a la potencia aparente..... | 103 |
| Figura 5.19. Registro de energía activa diario. | 104 |
| Figura 5.20. Registro de energía reactiva diario..... | 104 |
| Figura 5.21. Registro de energía aparente diario..... | 105 |
| Figura 5.22. Conexión del equipo en el sitio..... | 106 |
| Figura 5.23. Espectro de distorsión armónica de corriente THDA fase (A, B, C)..... | 112 |
| Figura 5.24. Espectro de distorsión armónica de corriente individual fase (A, B, C)..... | 112 |
| Figura 5.25. Conexión del equipo en el sitio..... | 115 |



| | |
|--|-----|
| Figura 5.26. Huecos de voltaje (Dip) peligrosos para el equipo eléctrico..... | 118 |
| Figura 5.27. Espectro de distorsión armónica de corriente THDA fase (A, B, C)..... | 121 |
| Figura 5.28. Espectro de distorsión armónica de corriente individual fase (A, B, C)..... | 122 |
| Figura 5.29. Conexión del equipo en el sitio..... | 124 |
| Figura 5.30. Registros de eventos dip y swell (curva de CBEMA)..... | 127 |
| Figura 5.31. Espectro de distorsión armónica de corriente THDA fase (A, B, C)..... | 131 |
| Figura 5.32. Espectro de distorsión armónica de corriente individual fase (A, B, C)..... | 132 |
| Figura 5.33. Conexión del equipo en el sitio. | 134 |
| Figura 5.34. Huecos de voltaje (Dip) peligrosos para el equipo eléctrico..... | 137 |
| Figura 5.35. Espectro de distorsión armónica de corriente TDHA fase (A, B, C)..... | 140 |
| Figura 5.36. Espectro de distorsión armónica de corriente individual fase (A, B, C)..... | 140 |
| Figura 5.37. Conexión del equipo en el sitio. | 143 |
| Figura 5.38. Huecos de voltaje (Dip) peligrosos para el equipo eléctrico..... | 146 |
| Figura 5.39. Espectro de distorsión armónica de corriente THDA fase (A, B, C)..... | 149 |
| Figura 5.40. Espectro de distorsión armónica de corriente individual fase (A, B, C)..... | 150 |
| Figura 5.41. Conexión del equipo en el sitio..... | 152 |
| Figura 5.42. Huecos de voltaje (Dip) peligrosos para el equipo eléctrico..... | 155 |
| Figura 5.43. Espectro de distorsión armónica de corriente THDA fase (A, B, C)..... | 158 |
| Figura 5.44. Espectro de distorsión armónica de corriente individual fase (A, B, C)..... | 159 |
| Figura 5.45. Conexión del equipo en el sitio..... | 161 |



| | |
|---|-----|
| Figura 5.46. Huecos de voltaje (Dip) peligrosos para el equipo eléctrico..... | 164 |
| Figura 5.47. Espectro de distorsión armónica de corriente THDA fase (A, B, C)..... | 167 |
| Figura 5.48. Espectro de distorsión armónica de corriente individual fase (A, B, C)..... | 168 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 2.1. Parámetros de los armónicos más usuales..... | 35 |
| Tabla 2.2. Límites y valores permitidos de flicker para una red eléctrica..... | 37 |
| Tabla 2.3. Clasificación de interrupción según norma IEEE 1159-1995..... | 39 |
| Tabla 2.4. Clasificación de interrupción según EN50160..... | 40 |
| Tabla 2.5. Duración de sag IEEE 1159-1995..... | 40 |
| Tabla 2.6. Duración de Swell IEEE 1159-1995..... | 41 |
| Tabla 2.7. Categorías de transitorios según la norma IEEE 1159..... | 44 |
| Tabla 3.1. Descripción de componentes del analizador de calidad de energía.... | 45 |
| Tabla 3.2. Descripción de la función de las teclas..... | 48 |
| Tabla 3.3. Datos técnicos del analizador de calidad de energía..... | 49 |
| Tabla 3.4. Normas y estándares para realizar la medición..... | 53 |
| Tabla 4.1. Rango de para parámetros de calidad de energía eléctrica (clase A)..... | 59 |
| Tabla 4.2. Límites de distorsión armónica de corriente individual (pares e impares) Norma IEC 61000-32..... | 60 |
| Tabla 4.3. Límites de distorsión armónica de corriente (armónicos impares) IEEE 519-1992..... | 62 |
| Tabla 4.4. Valores de referencia de armónicos de voltaje individual y total..... | 63 |
| Tabla 4.5. Definiciones de las variaciones de corta duración y de larga duración..... | 63 |
| Tabla 4.6. Limites voltaje según norma EN50160..... | 64 |
| Tabla 4.7. Límites para de nivel de voltaje | 66 |
| Tabla 4.8. Límites máximos de armónicos de voltaje (%)..... | 68 |
| Tabla 5.1. Demanda de coincidencia para cada circuito..... | 71 |
| Tabla 5.2. Registro de potencia total (W) para cada tablero de distribución..... | 71 |
| Tabla 5.3. Relación de los colores con cada una de las fases..... | 75 |
| Tabla 5.4. Límites de voltaje eléctrico..... | 75 |
| Tabla 5.5. Registro de medición sitio 3 (Laboratorio de máquinas eléctricas).... | 76 |



| | |
|--|-----|
| Tabla 5.6. Registro de valores de voltaje mínimo, medio y máximo de las tres fases..... | 78 |
| Tabla 5.7. Análisis del total de los valores registrados..... | 78 |
| Tabla 5.8. Análisis de los cambios bruscos de voltaje..... | 79 |
| Tabla 5.9. Registro de corriente de las tres fases..... | 81 |
| Tabla 5.10. Límites de variación de frecuencia..... | 82 |
| Tabla 5.11. Registro total de los valores de la frecuencia..... | 83 |
| Tabla 5.12. Evaluación de los registros de la frecuencia..... | 83 |
| Tabla 5.13. Límites de desequilibrio de voltaje..... | 85 |
| Tabla 5.14. Valores límites de desequilibrio de voltaje (%)..... | 85 |
| Tabla 5.15. Evaluación de los valores de desequilibrio voltaje..... | 86 |
| Tabla 5.16. Límites del evento dip y swell según el tiempo de duración..... | 87 |
| Tabla 5.17. Evaluación de los eventos dip registrados..... | 88 |
| Tabla 5.18. Valores límites Pst y Plt..... | 89 |
| Tabla 5.19 Registro de valores Pst y Plt para cada fase..... | 89 |
| Tabla 5.20. Evaluación de los valores totales del evento Pst y Plt..... | 90 |
| Tabla 5.21. Límites máximos de armónicos de voltaje (%)..... | 92 |
| Tabla 5.22. Registro de voltaje armónica THDV de las tres fases..... | 92 |
| Tabla 5.23. Evaluación de los armónicos TDHV..... | 93 |
| Tabla 5.24. Límites máximos de armónicos de voltaje (%)..... | 95 |
| Tabla 5.25. Registro de corriente armónico TDHA..... | 96 |
| Tabla 5.26. Registro de datos de factor de potencia..... | 99 |
| Tabla 5.27. Evaluación de los registro del factor de potencia..... | 99 |
| Tabla 5.28. Registro de valores de potencia activa, reactiva y aparente..... | 101 |
| Tabla 5.29. Registro de energía activa diario..... | 104 |
| Tabla 5.30. Registro de energía reactiva diario..... | 104 |
| Tabla 5.31. Registro de energía aparente diario..... | 105 |
| Tabla 5.32. Registro de medición sitio 3 (Tablero genera del transformador 120kVA)..... | 106 |
| Tabla 5.33. Análisis del total de los valores registrados de voltaje..... | 107 |



| | |
|---|-----|
| Tabla 5.34. Registro de corriente de las tres fases..... | 108 |
| Tabla 5.35. Evaluación de los valores de la frecuencia..... | 108 |
| Tabla 5.36. Evaluación de los valores de desequilibrio voltaje..... | 109 |
| Tabla 5.37. Evaluación de los valores Pst y Plt para cada fase..... | 109 |
| Tabla 5.38. Evaluación de los armónicos TDHV..... | 110 |
| Tabla 5.39. Evaluación de los armónicos individuales de voltaje..... | 110 |
| Tabla 5.40. Evaluación de los registro del factor de potencia..... | 113 |
| Tabla 5.41. Valores más significativos de potencia..... | 114 |
| Tabla 5.42. Registro de la medición sitio 2 (Tablero principal laboratorio de física)..... | 114 |
| Tabla 5.43. Análisis del total de los valores registrados de voltaje..... | 116 |
| Tabla 5.44. Registro de corriente de las tres fases..... | 116 |
| Tabla 5.45. Evaluación de los registros de la frecuencia..... | 117 |
| Tabla 5.46. Evaluación de los valores de desequilibrio voltaje..... | 117 |
| Tabla 5.47. Evaluación de los valores Pst y Plt para cada fase..... | 119 |
| Tabla 5.48. Evacuación de los armónicos TDHV..... | 119 |
| Tabla 5.49. Evacuación de los armónicos individual de voltaje..... | 120 |
| Tabla 5.50. Evaluación de los registro del factor de potencia..... | 123 |
| Tabla 5.51. Valores más significativos de potencia..... | 123 |
| Tabla 5.52. Registro de la medición sitio (Tablero principal laboratorio de frente al aula 107)..... | 124 |
| Tabla 5.53. Análisis del total de los valores registrados de voltaje..... | 125 |
| Tabla 5.54. Registro de corriente de las tres fases..... | 126 |
| Tabla 5.55. Evaluación de los valores de la frecuencia..... | 126 |
| Tabla 5.56. Evaluación de los valores de desequilibrio voltaje..... | 127 |
| Tabla 5.57. Evaluación de los eventos Dip registrados..... | 128 |
| Tabla 5.58. Evaluación de los valores Pst y Plt..... | 128 |
| Tabla 5.59. Evaluación de armónicos TDHV..... | 129 |
| Tabla 5.60. Evaluación de los armónicos individuales de voltaje..... | 129 |
| Tabla 5.61. Evaluación de los registro del factor de potencia..... | 132 |



| | |
|--|-----|
| Tabla 5.62. Valores más significativos de potencia..... | 133 |
| Tabla 5.63. Registro de medición sitio 5 (Tablero principal centro de cómputo)..... | 134 |
| Tabla 5.64. Análisis del total de los valores registrados de voltaje..... | 135 |
| Tabla 5.65. Registro de corriente en las tres fases..... | 135 |
| Tabla 5.66. Evaluación de los valores de la frecuencia..... | 136 |
| Tabla 5.67. Evaluación de los valores de desequilibrio voltaje..... | 136 |
| Tabla 5.68. Evaluación de los valores flicker Pst y Plt para cada fase..... | 137 |
| Tabla 5.69. Evaluación de los armónicos TDHV..... | 138 |
| Tabla 5.70. Evaluación de los armónicos individual de voltaje..... | 138 |
| Tabla 5.71. Evaluación de los registro del factor de potencia..... | 141 |
| Tabla 5.72. Valores más significativos de potencia..... | 142 |
| Tabla 5.73. Registro de la medición sitio 6 (tablero principal auditorio)..... | 142 |
| Tabla 5.74. Análisis del total de los valores registrados de voltaje..... | 144 |
| Tabla 5.75. Registro de corriente de las tres fases..... | 144 |
| Tabla 5.76. Evaluación de los valores de la frecuencia..... | 145 |
| Tabla 5.77. Evaluación de los valores de desequilibrio voltaje..... | 145 |
| Tabla 5.78. Evaluación de los eventos dip registrados..... | 146 |
| Tabla 5.79. Evaluación de los valores Pst y Plt para cada fase..... | 147 |
| Tabla 5.80. Evaluación de los armónicos TDHV..... | 147 |
| Tabla 5.81. Evaluación de los armónicos individual de voltaje..... | 148 |
| Tabla 5.82. Evaluación de los registro del factor de potencia..... | 150 |
| Tabla 5.83. Valores más significativos de potencia..... | 151 |
| Tabla 5.84. Registro de la medición sitio 7..... | 152 |
| Tabla 5.85. Análisis del total de los valores registrados de voltaje..... | 153 |
| Tabla 5.86. Registro de corriente de las tres fases..... | 153 |
| Tabla 5.87. Evaluación de los valores de la frecuencia..... | 154 |
| Tabla 5.88. Evaluación de los valores de desequilibrio voltaje..... | 154 |
| Tabla 5.89. Evaluación de los eventos dip registrados..... | 155 |
| Tabla 5.90. Evaluación de los valores Pst y Plt para cada fase..... | 156 |



| | |
|--|-----|
| Tabla 5.91. Evaluación de los armónicos TDHV..... | 156 |
| Tabla 5.92. Evaluación de los armónicos individuales de voltaje..... | 157 |
| Tabla 5.93. Evaluación de los registro del factor de potencia..... | 159 |
| Tabla 5.94. Valores más significativos de potencia..... | 160 |
| Tabla 5.95. Registro de la medición sitio 8 (Tablero principal de hidráulica).... | 161 |
| Tabla 5.96. Análisis del total de los valores registrados de voltaje..... | 162 |
| Tabla 5.97. Registro de corriente de las tres fases..... | 162 |
| Tabla 5.98. Evaluación de los valores de la frecuencia..... | 163 |
| Tabla 5.99. Evaluación de los valores de desequilibrio voltaje..... | 163 |
| Tabla 5.100. Evaluación de los eventos dip registrados..... | 164 |
| Tabla 5.101. Evaluación de los valores Pst y Plt para cada fase..... | 165 |
| Tabla 5.102. Evaluación de los armónicos TDHV..... | 165 |
| Tabla 5.103. Evaluación de los armónicos individuales de voltaje..... | 165 |
| Tabla 5.104. Evaluación de los registro del factor de potencia..... | 168 |
| Tabla 5.105. Valores más significantes de potencia..... | 169 |
| Tabla 6.1. Tabla de resumen de la calidad de energía en la Facultad..... | 174 |
| Tabla 6.2: Sugerencias para mejorar la calidad e energía eléctrica..... | 178 |



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Jaime Marcelo Gómez Orellana en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Análisis de calidad de energía eléctrica en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 30 de abril de 2019.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Jaime Marcelo Gómez Orellana".

Jaime Marcelo Gómez Orellana

C.I: 0106695406



Cláusula de Propiedad Intelectual

Jaime Marcelo Gómez Orellana autor del trabajo de titulación “Análisis de calidad de energía eléctrica en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor

Cuenca, 30 de abril de 2019.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Jaime Marcelo Gómez Orellana".

Jaime Marcelo Gómez Orellana

C.I: 0106695406



AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Santísima Virgen María por sus infinitas bendiciones sobre mí.

A mis padres, especialmente a mi madre María de Jesús Orellana que desde el primer día de mis estudios me apoyo, por los buenos valores que me ha inculcado e impulsando a cumplir una meta más.

Agradezco a mis hermanos, hermanas y cuñadas, por apoyarme, motivarme y sobre todo por estar siempre ahí cuando los he necesitado.

También agradezco al Ing. Patricio Astudillo Salinas director del trabajo de titulación, por su disponibilidad, paciencia y colaboración en el desarrollo del tema, además un agradecimiento a los miembros del tribunal: Ing. Luis Gonzales e Ingeniero Juan Sanango por su tiempo y conocimientos.



DEDICATORIA

El siguiente trabajo de titulación va dedicado a mi madre María de Jesús Orellana y a mi hermano David Gómez por su apoyo incondicional para lograr obtener el título de tercer nivel.

A mis hermanas, hermanos, cuñadas, a mis sobrinos Daniel y Evelyn quienes supieron motivarme a seguir adelante, por su paciencia y a poyo brindado durante esta etapa de mi vida.



GLOSARIO DE TÉRMINOS

LETRAS MAYÚSCULAS

| | |
|-----------------|--|
| CEE | Calidad de Energía Eléctrica. |
| C.A. | Corriente Alterna. |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers. |
| IEC | International Electrotechnical Commission. |
| RMS | Valor eficaz. |
| ARCONEL | Agencia de Regulación y Control de Electricidad. |
| CENACE | Centro Nacional de Control de Energía. |
| CELEC EP | Corporación Eléctrica del Ecuador. |
| MEER | Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. |
| CENELE | (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica) es la organización. |
| ITU | Unión Internacional de Telecomunicaciones. |
| EERCS | Empresa eléctrica Regional Centro Sur. |
| THDV | Distorsión armoniaca total de voltaje |



CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.

1.1 Introducción.

La energía eléctrica es de vital importancia en la sociedad, los usuarios son cada vez más exigentes y menos tolerantes con respecto a fallas y a cortes en el suministro energía eléctrica. En la actualidad el desarrollo tecnológico implica una alta proliferación de controles y dispositivos electrónicos, que generan la deformación de la onda de corriente y voltaje, causando un gran número de inconvenientes como son la pérdida de información, daño o destrucción de equipos electrónicos, deterioro de conductores eléctricos.

Por lo tanto, en el presente trabajo se realiza el análisis de calidad de energía eléctrica en la Facultad de Ingeniería, con el propósito de obtener una información actualizada de los principales parámetros que deterioran la forma de onda.

La metodología utilizada en la realización del trabajo, se inicia con el levantamiento de información de las instalaciones eléctricas que se encuentran ubicadas dentro de la Facultad, mediante la información levantada en el campo se identificó los sitios estratégicos donde se instaló el equipo con el fin de realizar las mediciones de los parámetros principales a estudiar en lo referente a la calidad de la energía.

Para la evaluación de los registros obtenidos en las mediciones realizadas se revisa normativas y estándares de la IEEE, IEC y principalmente la regulación ARCONEL 005/18, quienes son organismos encargados de establecer límites de los parámetros que intervienen en el análisis de calidad de energía.

1.2 Antecedentes.

En año de 1939 se da inicio a una nueva Facultad de Ciencias exactas en la Universidad de Cuenca, conformada por las carreras de Agrimensura, Arquitectura, Química Industrial, Ingeniería Civil e Ingeniería en Minas. En el año



de 1962 nace la Facultad de Ingeniería con la carrera de Ingeniería Civil y Topografía, siendo las primeras carreras profesionales de la Facultad.

La carrera de Ingeniería Eléctrica se inicia en el año de 1972, el promotor para la conformación de la carrera fue él Señor Daniel Palacios Decano de la Facultad en aquel entonces. En aquellos años se iniciaron grandes proyectos en el campo energético, con la construcción de la central hidroeléctrica Paute, entre otros proyectos en desarrollo, por tal motivo se necesitaba la formación de profesionales enfocados en este campo.

El 6 de Julio de 1992 es aprobada por el Consejo Universitario la carrera de Ingeniería de Sistemas, después de un largo trabajo y dedicación de los ingenieros Hernán Vintimilla, Salvador Monsalve, David Valarezo, Patricio Cordero quienes promovieron la implementación de esta carrera.

A inicios del siglo XX la tecnología y las telecomunicaciones tienen un gran desenvolvimiento, siendo una herramienta vital para el desarrollo de los países. La Facultad de Ingeniería consiente del avance tecnológico pone a disposición de la ciudadanía la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones en Octubre del 2006 [2].

1.3 Justificación y Alcance.

La energía eléctrica es uno de los elementos principales para el desarrollo económico de la sociedad. Con el rápido crecimiento de la economía basado en el conocimiento, la expansión generalizada de los dispositivos electrónicos se ha convertido en un fenómeno imparable a todos los niveles: público y privado.

Desde el año de 1939 hasta la fecha se ha incrementado paulatinamente la carga eléctrica, debido a que cada carrera de la Facultad va incrementando su equipamiento en los respectivos laboratorios, oficinas, salas de cómputo, iluminación, servicios de red etc.



Debido a la importancia que tiene la energía eléctrica para el funcionamiento adecuado de los equipos, se verificará si los parámetros de energía eléctrica están dentro de los límites establecidos de acuerdo a la regulación vigente en el país, además se revisará las normas específicas internacionales IEEE y IEC. Mediante el desarrollo del presente Trabajo de Titulación, se realizará el análisis de calidad de energía eléctrica en la Facultad, con los registros de las mediciones que se obtendrán durante el proceso se efectuará un diagnóstico técnico con el propósito de poder notificar los respectivos niveles de voltaje, corriente, flicker etc, con el fin de que los usuarios sientan la confianza y seguridad en lo que se refiere a energía eléctrica y puedan conectar sus respectivos equipos eléctricos y electrónicos.

1.4 Metodología.

Los parámetros que rigen en el término calidad de energía eléctrica están dados por normas y estándares de entidades que ayudan al mejoramiento del servicio eléctrico. Por consiguiente se revisa los conceptos que interviene en el análisis de calidad de energía eléctrica con el propósito de un mejor desenvolvimiento en el tema.

En primera instancia se realizará un levantamiento eléctrico específico de los tableros de distribución, que se encuentran ubicados en el área correspondiente a la Facultad y luego se efectuará un plano específico de la mejora, sobre cambios o reubicación de los tableros de distribución, teniendo como punto de partida el transformador.

Mediante el analizador de calidad de energía eléctrica fluke 435 serie II, se efectúa las respectivas mediciones en los tableros principales de distribución que acojan la mayor carga de la Facultad, con aquello se registraran los valores de las variaciones de magnitudes de distorsión armónica, voltaje, corriente, flicker, desbalance de voltaje, Interrupciones y factor de potencia.

Posteriormente se realiza el respectivo análisis de los datos y gráficas registradas por el analizador de calidad de energía eléctrica Fluke (435) II, según lo que



establece la regulación ARCONEL, para los límites que no se mencione en la regulación ARCONEL, se efectuará la revisión de las normas y estándares internacionales IEEE y IEC, con la finalidad de poder realizar un análisis de la energía eléctrica y evitar problemas a futuro.

1.5 Objetivo general.

Realizar el análisis de calidad de energía eléctrica, mediante el analizador de calidad de energía eléctrica y diagnosticar el estado actual del suministro eléctrico de la Facultad.

1.5.1. Objetivo específico.

- Realizar un plano eléctrico específico de los tableros de distribución de la Facultad.
- Aprender el manejo adecuado del equipo por seguridad y confiabilidad de los datos.
- Realizar mediciones de la energía eléctrica mediante el analizador de calidad de energía eléctrica en los tableros principales de distribución.
- Analizar los resultados obtenidos de armónicos, frecuencia, voltaje, corriente, factor de potencia y verificar si estos datos están en los rangos permitidos mediante las normas eléctricas que rigen en país.
- Realizar un diagnóstico de los datos obtenidos, mediante esta información se podrá notificar de una forma técnica el flujo de energía eléctrica con el cual se está energizando todos los equipos de la Facultad.

1.6 Importancia de la calidad de energía eléctrica.

El suministro de energía eléctrica es uno de los principales servicios en la sociedad moderna, para el debido soporte de la vida cotidiana. Los consumidores poco a poco han tomado conciencia de la necesidad de contar con un servicio de alto nivel en términos de calidad, voltaje, corriente, interrupciones y frecuencia, al no existir un buen servicio eléctrico los usuarios se ven afectados en el desarrollo de sus actividades.



La importancia de la calidad de energía eléctrica es debido, que de esto depende la operación de los sistemas electrónicos y automatizados, cuando suceden anomalías en el suministro de la energía eléctrica, el comportamiento de estos sistemas se ve afectado, por ejemplo la máquina de impresión 3D reinicia su proceso cuando existe una interrupción del suministro eléctrico.



CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción a la calidad de energía eléctrica.

El elevado crecimiento de la economía de los últimos años se ha traducido en una extraordinaria expansión de energía así como el desarrollo tecnológico, esto implica una alta proliferación de controles y dispositivos electrónicos, cargas no lineales los cuales se producen perturbaciones en las ondas de voltaje y corriente en el sistema.

En este capítulo se menciona los conceptos de los parámetros que intervienen en el análisis calidad de energía eléctrica para redes de bajo voltaje.

2.2 Calidad de energía eléctrica.

El término Calidad de Energía Eléctrica (CEE), se utiliza para establecer límites de diversos parámetros que afecten a la deformación de la onda de corriente, voltaje, frecuencia en el sistema eléctrico. Un buen suministro eléctrico es considerado por el cliente cuando el servicio es continuo durante las 24 horas del día y los 365 días del año y los dispositivos eléctricos, electrónicos funcionen adecuadamente sin sufrir ningún tipo de daño.

En la Figura 2.1, se ilustra algunos de los conceptos más relevantes, relacionados al suministro eléctrico. Como se puede apreciar, este concepto involucra la interacción existente entre el sistema y las cargas conectadas a esté. Los diferentes fenómenos que afectan la calidad de energía en los sistemas eléctricos son ocasionados por cargas no lineales.

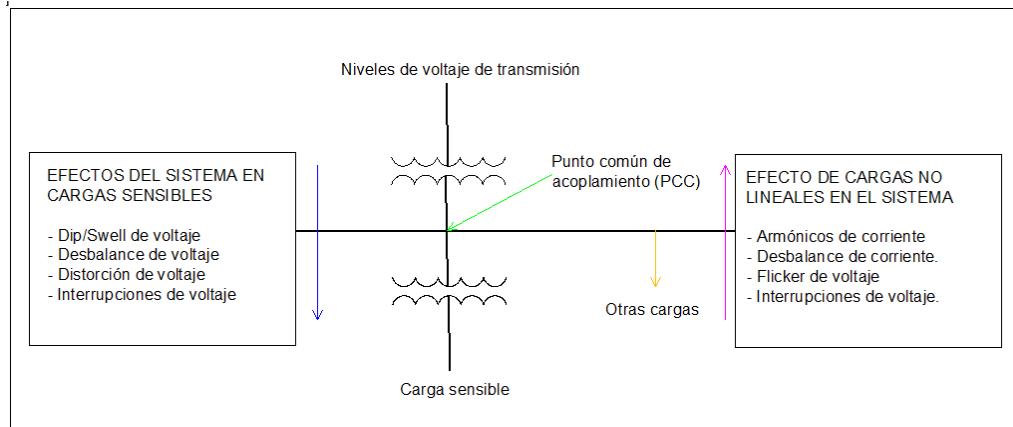


Figura 2.1: Factores que intervienen en la calidad de energía.

Fuente: Evaluación de las normas de calidad del servicio en los sistemas de distribución [4].

2.3 Cargas lineales.

Las cargas lineales son aquellas que no cambian su magnitud de impedancia durante el ciclo, esto significa que, si se tiene una onda sinusoidal de corriente, voltaje y realiza el cálculo para cualquier punto de la onda se obtendrá el mismo valor de resistencia.

La iluminación incandescente y las cargas de calefacción son cargas lineales. Lo cual significa que la impedancia de la carga es independiente del voltaje aplicado. En los circuitos C.A., la corriente se incrementa proporcionalmente al incremento del voltaje y disminuye proporcionalmente con respecto al voltaje, tal como se visualiza en la Figura 2.2, donde el comportamiento de la onda de voltaje es similar a la onda de corriente.

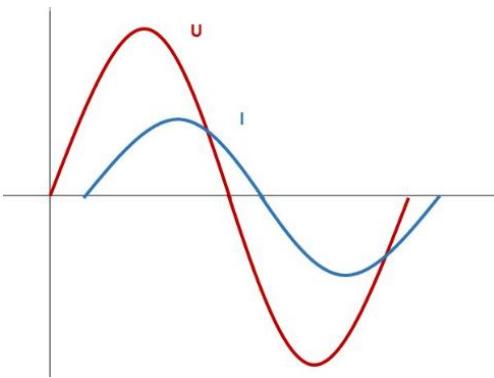


Figura 2.2: Ondas de voltaje y corriente de una carga lineal.

Fuente: Los Armónicos y la calidad de energía eléctrica [4].

2.4 Cargas no lineales.

Las cargas no lineales son aquellas que su impedancia varía durante el ciclo de voltaje, es decir, la onda sinusoidal de corriente no es igual a la onda sinusoidal de voltaje durante el periodo de tiempo medido, como se ilustra en la Figura 2.3.

Entre las cargas no lineales más comunes se tiene los convertidores estáticos, dispositivos electrónicos, magnéticos saturados y hornos de arco etc.

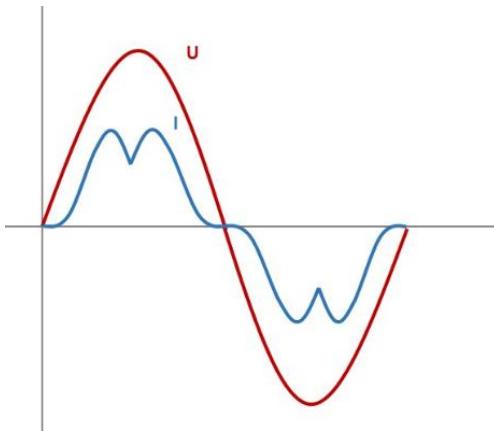


Figura 2.3: Ondas de carga no lineal.

Fuente: Los Armónicos y la calidad de energía eléctrica [4].



Las cargas no lineales se dividen en dos categorías:

Variaciones de estado estable:

- Variaciones lentas de voltaje (regulación de voltaje).
- Armónicos.
- Flicker.
- Desbalance de voltaje.

Perturbaciones:

- Interrupciones
- Sag/Dip.
- Swell.
- Transitorios.

2.5 Variaciones de estado estable.

Sin aquellas variaciones en la onda sinusoidal de voltaje y corriente que siempre están presentes en el sistema eléctrico debido a cargas no lineales y mala distribución en el sistema.

2.5.1 Variaciones lentas de voltaje.

Las variaciones lentas de voltaje son conocidas con el término regulación de voltaje y es un parámetro de gran importancia en lo que se refiere al buen funcionamiento del equipo eléctrico conectado al sistema de eléctrico [4].

Los fabricantes de equipos eléctricos y electrónicos diseñan su producto para que trabaje de una forma óptima a un voltaje de referencia ya sea de 110, 120, 240, 480 y 600 voltios, empleando un margen de variación generalmente del +/- 10% del voltaje nominal. Si el nivel de voltaje supera el límite puede causar daños irreparables a los equipos conectados.

Elevaciones de voltaje: Son voltajes transitorios causados por conexión o desconexión de cargas como también descargas atmosféricas, con una duración superior a un minuto.

Disminución de voltaje: Es un decremento de la magnitud del voltaje (rms) de C.A., a menos de 90 % a la frecuencia del sistema por una duración de más de un minuto.

2.5.2 Armónicos.

Una perturbación armónica es una deformación de la onda respecto de la onda senoidal pura. Los armónicos son voltajes o corrientes de frecuencia múltiplo entero de la frecuencia fundamental, como se ilustra en Figura 2.4. Los armónicos son generados por cargas no lineales a lo largo de la red eléctrica.

El matemático francés Fourier, definió este fenómeno afirmando que “cualquier señal periódica, por compleja que sea se puede descomponer en la suma de señales senoidales cuya frecuencia es múltiplo de la frecuencia fundamental o de referencia” [5].

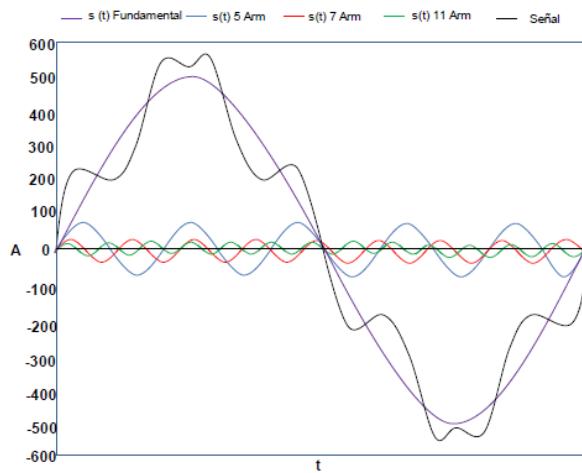


Figura 2.4: Fenómeno de distorsión armónica de una onda senoidal.

Fuente: Evaluación de las normas de calidad del servicio en los sistemas de distribución [6].

Los armónicos generalmente no se efectúan en la etapa de generación, transmisión y/o distribución, más bien estos son ocasionados por las cargas no lineales que

existe por parte de los consumidores industriales, comerciales, residenciales. Si los armónicos generados por los clientes son de gran magnitud existe la posibilidad que puedan desplazarse hacia la red de distribución.

La presencia de armónicos generan problemas tales como: Aumento de pérdida de potencia activa, sobrevoltaje en los condensadores, errores de medición, mal funcionamiento de protecciones, daño en el aislamiento y la disminución de vida útil de los equipos.

La secuencia positiva o negativa de los armónicos no determinan un comportamiento concreto en la red eléctrica, son igual de perjudiciales unos que otros. La secuencia cero, al ser su frecuencia múltiplo de la fundamental, se desplaza por el neutro, haciendo que por el circule la misma o más intensidad que por la fase provocando calentamiento en el cable, en la Tabla 2.1, se indica los valores y la secuencia de los armónicos. [5]

Tabla 2.1: Parámetros de los armónicos más usuales.

Fuente: Elaboración propia a partir de [5].

| Orden | Frecuencia | Secuencia |
|-------|------------|-----------|
| 1 | 60 | + |
| 2 | 120 | - |
| 3 | 180 | 0 |
| 4 | 240 | + |
| 5 | 300 | - |
| 6 | 360 | 0 |
| 7 | 420 | + |
| 8 | 480 | - |
| 9 | 540 | 0 |
| ... | | |
| N | $60*n$ | |

2.5.3 Flicker.

El flicker (parpadeo) es un disturbio en la amplitud de voltaje, es de tipo conducido, no simétrico (distinto en cada fase), es fácilmente detectado por las personas en los sistemas de iluminación como una vibración rápida de la luz. Este tipo de perturbación rápida (variación periódica) o fluctuación, es comúnmente llamado

fluctuación de voltaje, induciendo la impresión de inestabilidad en la sensación visual. En la Figura 2.5, se indica la fluctuación del voltaje de forma periódica.

El flicker es provocado por cargas fluctuantes muy importantes: Transitorios debido a maniobras, motores con arranques frecuentes (compresores), trituradores para procesos mineros, máquina de soldadura eléctrica, Hornos de inducción (0.5 a 30 Hz), etc.

El efecto flicker es detectado por el ojo humano con mayor facilidad en espacios con buena iluminación, causando incomodidad visual por una buena parte de la población y para un cierto número de personas el efecto flicker pasa desapercibido.

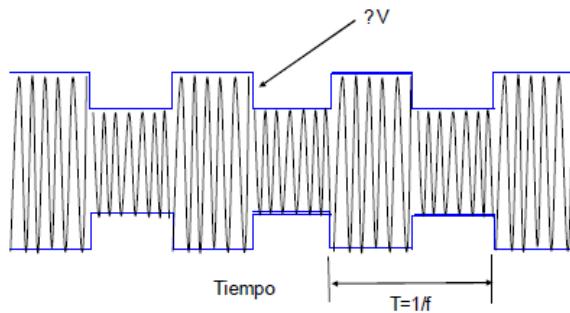


Figura 2.5: Fluctuaciones de voltaje.

Fuente: Evaluación de las normas de calidad del servicio en los sistemas de distribución [6].

Para medir el grado de afectación se emplea el índice de severidad de flicker:

- **Pst (corto plazo, cada 10min):** Se calcula el promedio cubico de cada 10 minutos de los valores momentáneos. Se considera Pst = 1 como el umbral de irritabilidad.
- **Plt (largo plazo, 2 horas):** Se calcula, tomando el promedio cubico de 12 valores Pst continuos (12 intervalos de 10 minutos = 1 intervalo de Plt de 2h).

$$Plt = \frac{\sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} Pst_i^3}}{12} \quad (2.1)$$

Nivel de Referencia: Se define como aquel nivel de perturbación garantizado en un punto dado del suministro (definido para cada tipo de perturbación), que asegura que si no es sobrepasado en un tiempo mayor al 5% del periodo de medición, la calidad de producto técnico es adecuada y existe compatibilidad electromagnética satisfactoria entre las instalaciones y equipos del consumidor con la red de suministro.

La norma IEC 61000-37 establece que el indicador del flicker debe ser medido por el índice de severidad de corto plazo $Pst=1$, el respectivo valor no debe exceder durante el 95% de una semana, en la Tabla 2.2, se observa los límites según los niveles de voltaje.

Tabla 2.2: Límites y valores permitidos de flicker para una red eléctrica.

Fuente: Elaboración propia a partir de [3].

| Nivel de voltaje | Pst [p.u] | Plt [p.u] |
|------------------|-----------|------------|
| Baja Voltaje | 1 | 0.8 |
| Media Voltaje | 1 | 0.8 |
| Alta Voltaje | 0.8 a 0.9 | 0.65 a 0.8 |

2.5.4 Desbalance de voltaje.

El desbalance de voltaje es una condición para la cual las tres fases de un sistema trifásico, difieren en magnitud y/o no están desfasadas 120° entre sí. Las redes eléctricas trifásicas, alimentan receptores trifásicos, pero también muchos receptores monofásicos. El desbalance de voltaje ocurre al conectar más cargas monofásicas a una de las tres fases, esta situación produce corrientes de carga desbalanceada y caídas de voltaje irregulares. [6]. En la Figura 2.6, se observa la forma de onda desbalanceada de voltaje en los sistemas trifásicos.

El desbalance de voltaje permitido debe ser menor al 2% (normas europeas) o menor al 3% (normas americanas).

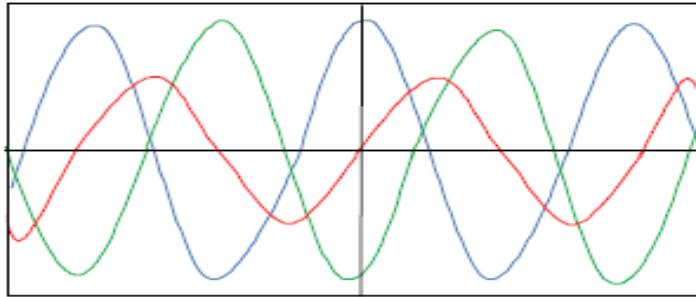


Figura 2.6: Forma de onda del desbalance de voltaje.

Fuente: Evaluación de las normas de calidad del servicio en los sistemas de distribución [6].

La mayoría de las cargas son monofásicas, conectada a un sistema de cuatro hilos multiaterrizado. Como es físicamente imposible balancear completamente las tres fases todo el tiempo, el desbalance de fases existirá. Este desbalance trifásico se muestra como una corriente residual de retorno a la subestación por el cable neutro y por la tierra [7].

Conectando una carga equilibrada a una fuente de tensiones trifásicas equilibrada se obtienen corrientes equilibradas. La suma de los factores de un sistema simétrico positivo o negativo es cero.

El desbalance produce los siguientes efectos: sobrecalentamiento de máquinas rotatorias, disminución de capacidad de transporte, mal funcionamiento de equipos electrónicos de control, parásitos, entre otros.

2.6 Variaciones de corta duración.

Las variaciones de voltaje de corta duración se originan por fallas del sistema eléctrico. Dependiendo de la localización de la falla y de las condiciones de operación del sistema, la falla puede ocasionar elevación de voltaje (Swell) o una interrupción (Sag).

2.6.1 Interrupción o microcortes.

Las interrupciones son eventos que registran con valores de voltaje cero (o menos de un 10% del voltaje nominal), pueden ser causados por descargas atmosféricas,

equipos averiados, mal funcionamiento de los sistemas de control o de protección de la red y también por daño en transformadores.

Algunos efectos debido a este problema son; el funcionamiento anormal de equipos electrónicos, como sistemas de control e instrumentación, pérdidas de datos en ordenadores y posibles paradas o reinicio de grandes sistemas, interpretándose como se detalla en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3: Clasificación de interrupción según norma IEEE 1159-1995.

Fuente: Elaboración propia a partir de [4]

| Clasificación | Duración |
|-------------------|---|
| Momentánea | De 0.5 ciclo a 3 segundos con una magnitud menor a 0.1 p.u. |
| Temporal | De 3 segundos a 1 minuto con una magnitud menor a 0.1 p.u |
| Sostenida | Mayores a 1 minuto y magnitud de 0.0 p.u |

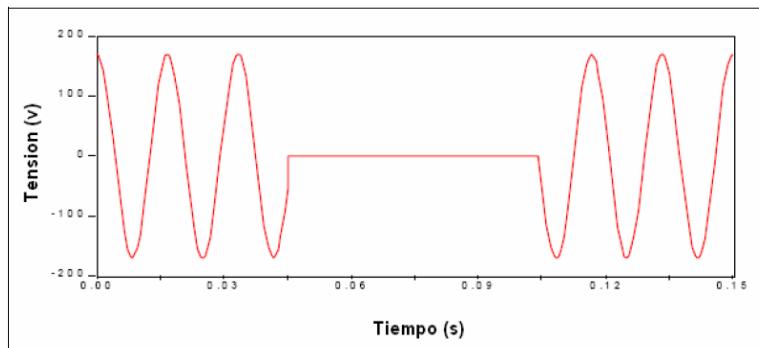


Figura 2.7: Onda de voltaje afectada por una Interrupción o microcorte.

Fuente: Análisis electrónico de las soluciones que existen en la calidad de energía [7].

De acuerdo a la norma EN-50160 una interrupción es la disminución de voltaje en un punto común y lo clasifica de acuerdo a la Tabla 2.4.

**Tabla 2.4:** Clasificación de interrupción según EN50160 [6].

Fuente: Elaboración propia a partir de [6].

| Clasificación | Duración |
|--------------------|---|
| Temporal/Sostenida | Si su duración sobre pasa los 3 minutos. |
| Momentánea | Si su duración es inferior a los 3 minutos. |

2.6.2 SAG (Depresiones o Huecos de voltaje).

Según la norma IEEE 1159-1995, un Sag es una disminución entre un 10% y 90% (0.1 - 0.9 p.u) en la magnitud del voltaje o corriente (rms) a frecuencia nominal, con una duración típica de $\frac{1}{2}$ ciclo a un minuto ($0.5\mu\text{seg}$ a un minuto).

Generalmente son asociados a fallas en la instalación del sistema eléctrico presentado en eventos de descargas atmosféricas, árboles o animales en contacto con las líneas, arranque motores que consumen de elevada potencia. En instalaciones industriales son generalmente causados por el encendido de cargas grandes, o fallas en transformadores de potencia [6].

Los efectos negativos que puede causar en los dispositivos electrónicos dependen de la duración y profundidad del evento, en la Tabla 2.5, se indica los ciclos de duración, mientras que en la figura 2.8, se muestra la forma de onda del sag.

Tabla 2.5: Duración de Sag IEEE 1159-1995.

Fuente: Elaboración propia a partir de [5].

| Clasificación | Duración |
|---------------|-----------------------|
| Instantáneo | De 0.5 a 30 ciclos. |
| Momentáneo | De 30 ciclos a 3 seg. |
| Temporal | De 3seg. a 1minuto. |

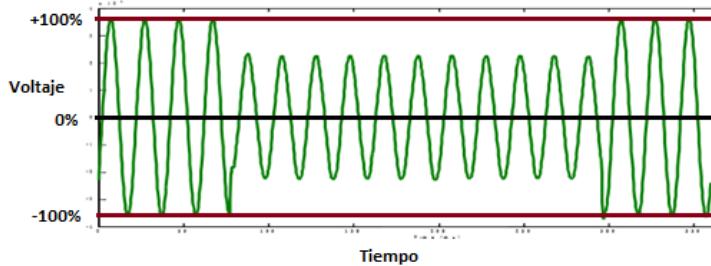


Figura 2.8: Onda de voltaje afectada por un sag.

Fuente: Elaboración propia a partir de [7].

2.6.3 Swell (salto de voltaje).

Según la norma IEEE 1159 un Swell es un incremento temporal de la voltaje o corriente entre 110% y 180% (1.1 y 1.8 p.u.) del valor rms a frecuencia nominal. Su duración típica está entre $\frac{1}{2}$ ciclo a 1 min. Como en el caso de los Sag, los Swell son asociados a fallas en el sistema, aunque no son tan comunes como los Sag.

Un caso típico de este, es la elevación temporal del voltaje en las fases durante una falla de línea a tierra. También pueden ser causadas por la desconexión de grandes cargas o la energización de grandes bancos de capacitores.

2.6.3.1. Efectos negativos de Swell.

Produce mal funcionamiento de los equipos electrónicos, deterioro del aislamiento de los conductores y a su vez acortan la vida útil de los equipos conectados a la red eléctrica. Para minimizar los efectos adversos producidos por este tipo de fenómenos se utilizan supresores de transitorios y UPS, en la Tabla 2.6 se indica los ciclos de duración además en la Figura 2.8, se muestra la forma de onda del Swell.

Tabla 2.6: Duración de Swell IEEE 1159-1995.

Fuente: Elaboración propia a partir de [5].

| Clasificación | Duración |
|---------------|-----------------------|
| Instantáneo | De 0.5 a 30 ciclos. |
| Momentáneo | De 30 ciclos a 3 seg. |
| Temporal | De 3seg. A 1minuto. |

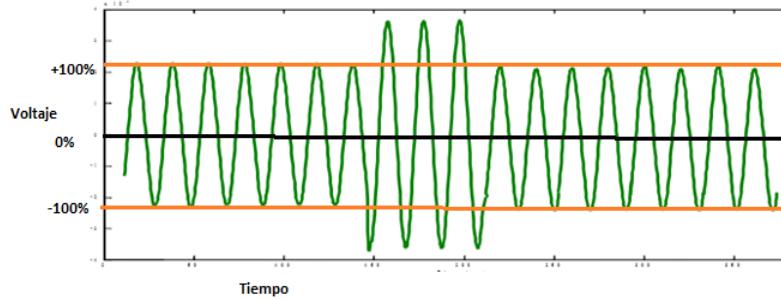


Figura 2.9: Onda de voltaje afectada por un Swell.

Fuente: Elaboración propia a partir de [7].

Según la norma EN 50160 el Swell se clasifica como:

- **Sobrevoltaje temporal:** Con magnitud mayor a 110%, con una duración relativa larga.
- **Sobrevoltaje transitoria:** Con magnitud mayor a 110%, con una duración de algunos milisegundos.

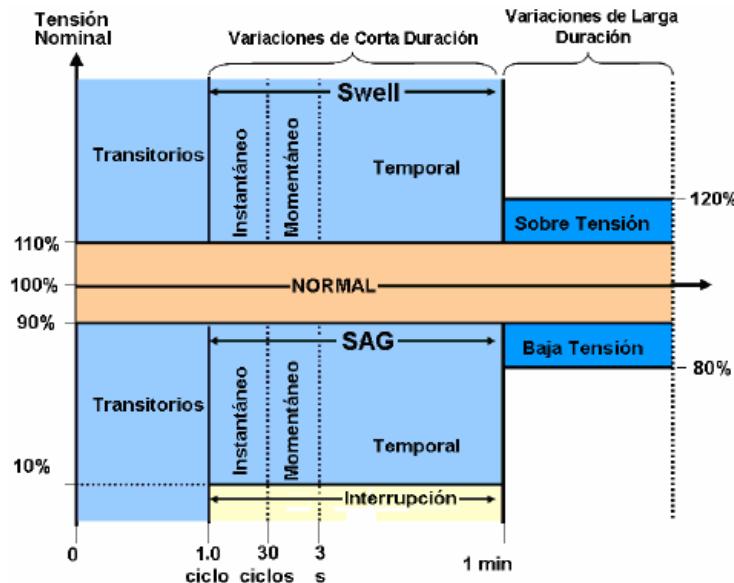


Figura 2.10: Perturbaciones de corta y larga duración de los parámetros de la energía eléctrica.

Fuente: CFF. "Comisión Federal de Electricidad" [8].

Para fines de análisis de la calidad de energía, se evalúa como sag/swell todas aquellas caídas y subidas de voltaje catalogadas entre 1/2 ciclos hasta menores a



un minuto (siempre y cuando una reducción en el voltaje no haya caído de tal forma de suspender el suministro de energía).

2.6.4 Transitorios.

En ingeniería eléctrica el término transitorio caracteriza a aquellos eventos indeseables con duración de milésimas de segundo, que pueden destruir componentes electrónicos de los equipos.

Los transitorios de voltaje se clasifican de la siguiente forma:

a) Transitorios por conmutación (tipo oscilante).

Son generados por la conmutación de interruptores sean estáticos o electromagnéticos (por ejemplo la conexión de bancos de capacitores o por el despeje de una falla, algunas veces dentro del mismo equipo electrónico). En estos casos, el transitorio de voltaje se debe al rápido cambio a través de la inductancia del cableado, donde las magnitudes de estos transitorios pueden ser muy altos.

b) Transitorios por descargas atmosféricas (impulso).

Son causados por las condiciones geográficas y meteorológicas locales. Las descargas atmosféricas producen incrementos momentáneos o caídas momentáneas de voltaje debido a fallas línea-línea o línea-tierra. Los transitorios por descargas atmosféricas en el sistema de bajo voltaje pueden ocurrir por descarga directa a los circuitos secundarios o por descargas en el circuito primario y que pasan a través del transformador de distribución.

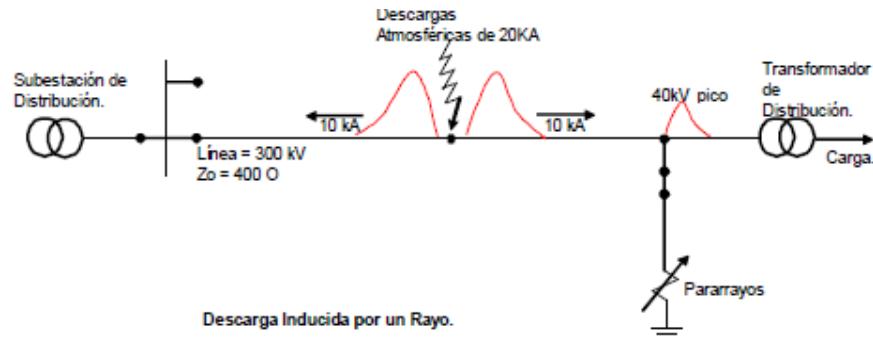


Figura 2.11: Propagación de una descarga atmosférica al sistema de distribución.

Fuente: Evaluación de las normas de calidad del servicio en los sistemas de distribución [8].

En la Tabla 2.7, se indica la categoría y el tiempo de duración de los transitorios.

Tabla 2.7: Categorías de transitorios según la norma IEEE 1159.

Fuente: Elaboración propia a partir de [6]

| Categoría | Contenido Típico Espectral | Duración Típica | Magnitud Típica del Voltaje |
|-------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------------------|
| 1.0 Transitorios | | | |
| 1.1 Impulsos | | | |
| 1.1.1 Nanosegundos | 5ns de elevación | <50ms | |
| 1.1.2 Microsegundos | 1us de elevación | 50ns-1ms | |
| 1.1.3 Milisegundos | 0.1ms de elevación | >1ms | |
| 1.2 Oscilatorios | | | |
| 1.2.1 Baja frecuencia | <5kHz | 0.3-50ms | 0-4 p.u |
| 1.2.2 Frecuencia Medida | 5-500 kHz | 20us | 0-8 p.u |
| 1.2.3 Alta Frecuencia | 0.5-5 kHz | 0.5us | 0-4 p.u |

Los transitorios vistos por el equipo electrónico pueden causar la pérdidas de datos, falsos disparos y fallas en el equipo, además reducen la vida media de los equipos.



CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DEL ANALIZADOR TRIFASICO FLUKE 435 SERIE II.

3.1 Introducción.

El analizador de la marca fluke ofrece varios modelos para monitorear, predecir, prevenir problemas de calidad de energía eléctrica. Las mediciones se lo realizan mediante la conexión de las tres fases o también se puede efectuar la conexión de un sistema monofásico.

Para el desarrollo de este trabajo se utiliza el modelo fluke 435 serie II, a diferencia de los otros modelos este equipo es de clase A y permite obtener una visión general del funcionamiento del sistema eléctrico. Mediante la pantalla LCD se visualiza los datos en tiempo real, y con la ayuda de la memoria SD de 8GB que trae incorporado el equipo permite almacenar datos en tiempo temporizado para el respectivo análisis.

3.2 Accesorios del analizador fluke 435 serie II.

El kit del analizador de energía trae los siguientes elementos que se menciona en la Tabla 3.1, además se indica cada componente en la Figura 3.1.

Tabla 3.1: Descripción de los accesorios del analizador de calidad de energía.

Fuente: Elaboración propia a partir de [9].

| # | Descripción. |
|----|--|
| 1 | Analizador de Calidad de energía Fluke (435) serie II, posee una batería BP290 (28Wh) y una SD de 8GB. |
| 2 | Manual de instrucciones. |
| 3 | Correa de nailon. |
| 4 | Cable de interfaz USB. |
| 5 | Cable flexible 2.5 m, para medir Voltaje (5 unidades) |
| 6 | Pinzas de cocodrilo (5 unidades). |
| 7 | Batería de ion litio BP290 (28Wh). |
| 8 | Juego de adhesivos para las tomas de entrada. |
| 9 | CD-ROM con el software Fluke View y manuales en diferentes idiomas. |
| 10 | Maletín de Nailon del equipo. |
| 11 | Cargador de batería/Adaptador de red. |
| 12 | Sondas amperimétricas de CA 6000 A (5 unidades). |



Figura 3.1: Accesorios del equipo fluke 435 serie II.

Fuente: Fluke serie II [9].

3.3 Descripción de la parte frontal del equipo.

En la Figura 3.2, se observa una pantalla LCD 34mm, tecla Power, tecla SCOPE, MENU, LOGGER, ENTER, SETO, MEMORY, SAVE SCREEN, teclas direccionales, tecla función (F1, F2, F3, F4), tecla intensidad de luminosidad, tecla encender/ apagar, además en la Tabla 3.2, se describe el funcionamiento de cada tecla.



Figura 3.2: Analizador calidad de energía fluke 435 serie II.

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Información en pantalla.

El analizador contiene cinco tipos de pantallas donde se visualiza los valores correspondientes de voltaje, corriente entre otras magnitudes de media. Para la diferenciación de los valores correspondientes a cada fase se distingue mediante los colores individuales que son seleccionados al inicio de la configuración. En el caso de la pantalla del osciloscopio el voltaje se presenta de color oscuro mientras que la corriente de color claro.

En la Figura 3.3, se ilustra la pantalla de tablas (1), pantalla de tolerancia (2), pantalla de forma de onda (3), pantalla de diagrama fasorial (4), pantalla de grafico de barras (5).

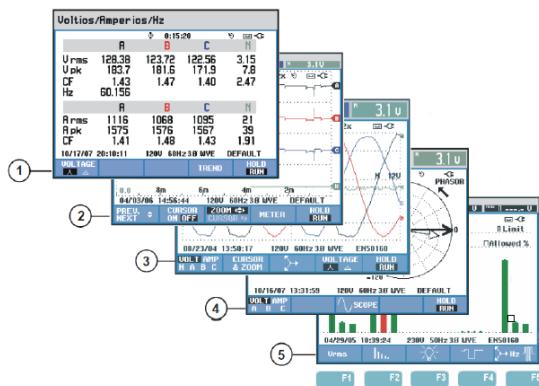


Figura 3.3: Presentación de los tipos de pantallas.

Fuente: Fluke serie II [9].

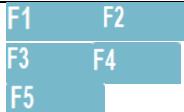
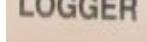
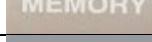
3.4.1 Teclas del dispositivo.

El teclado del dispositivo está dividido en 4 subgrupos:

- Teclas de Función.
- Teclas de direccionamiento.
- Teclas de acceso directo.
- Otras teclas: Tecla de iluminación, tecla de encendido y apagado del equipo.

Tabla 3.2 Descripción de la función de las teclas.

Fuente: Elaboración propia.

| Tecla | Descripción |
|---|---|
|  | Funciones auxiliar, que permite el acceso a la navegación por los menús. |
|  | Teclas de direccionamiento, se utiliza para elegir una letra o símbolo cuando se requiere ingresar un nombre o descripción correspondiente. |
|  | Permite el acceso a la pantalla osciloscopio. |
|  | Permite el acceso a la pantalla de supervisión de calidad de energía. Voltios, Amperios, Hz, Fluctuaciones, Armónicos, Potencia y energía, Calculadora de pérdidas de energía, Eficiencia de inversores de potencia, Desequilibrio, Corrientes de arranque, Monitor. Presionando la tecla F2 se visualiza las opciones Flicker, Power Wave, Señal de la red eléctrica. |
|  | Al presionar la tecla SETUP (configurar) se accesa al menú de configuraciones, donde le permite elegir al usuario los parámetros necesarios dependiendo la situación que desea realizar. |
|  | Al presionar la tecla SAVE SCREEN, captura de la pantalla. |
|  | Con la tecla LOGGER, se ingresa a la pantalla de configuración para iniciar una nueva medición. |
|  | Esta tecla permite guardar, imprimir y eliminar datos. |
|  | Se utiliza para confirmar la función seleccionada. |
|  | Se pulsa la tecla para establecer la intensidad de brillo de fondo de la pantalla. |
|  | Esta tecla permite encender o apagar el equipo con la última configuración realizada. |

3.5 Especificaciones técnicas del equipo.

En la Tabla 3.3, se indica los rangos de tolerancia de corriente, voltaje, frecuencia entre otros parámetros que el equipo registra sin riesgos de sufrir daños.

**Tabla 3.3:** Datos técnicos del analizador de calidad de energía.**Fuente:** Fluke serie II [10].

| Entradas de voltaje. | |
|----------------------------------|---|
| Número de entradas. | 4 (3 fases + neutro) acopladas a CC. |
| Máximo voltaje de entrada. | 1000 Vrms. |
| Rango de voltaje nominal. | 1 V a 1000 V seleccionable. |
| Máximo voltaje de medición pico. | 6 kV (modo de transitorios sólo). |
| Impedancia de entrada. | 4 MΩ//5 pF. |
| Ancho de banda. | > 10 kHz, hasta 100 kHz para modo de transitorios. |
| Escala. | 1:1, 10:1, 100:1, 1.000:1, 10.000:1 y variable. |
| Entradas de corriente. | |
| Número de entradas. | 4 (3 fases + neutro) acopladas a CC o CA. |
| Tipo | Pinza o transformador de corriente con salida mV o punta de prueba, modelo i430flex-TF |
| Rango | 0,5 Arms a 600 Arms con punta de prueba, modelo i430flex-TF incluida (con sensibilidad 10x) 5 Arms a 6000 Arms con punta de prueba, modelo i430flex-TF incluida (con sensibilidad 1x) 0,1 mV/A a 1 V/A y personalizado para utilizar con pinzas CA o CC opcionales. |
| Impedancia de entrada. | 1 MΩ |
| Ancho de banda. | > 10 kHz |
| Escala. | 1:1, 10:1, 100:1, 1.000:1, 10.000:1 y variable |

El analizador tiene la función de registrar los siguientes parámetros:

- Registro de armónicos de voltaje y corriente.
- Captura detallada de huecos y voltajes.
- Calidad de voltaje.
- Captura de transitorios.
- Desequilibrio.
- Potencia activa, reactiva y aparente.
- Flicker.
- Energía activa, reactiva y aparente.
- Factor de potencia.
- Registro de frecuencia.
- Entre otros parámetros.

3.6 Preparación inicial del equipo.

3.6.1 Código de colores.

El fabricante suministra adhesivos de colores, que deben ser colocados alrededor de las entradas del equipo (voltaje, corriente), como también en las pinzas ampermétricas y pinza de cocodrilo, esto permitirá que en futuras conexiones no se cometa errores, en la figura 3.3, se indica el etiquetado en el equipo.

- Terminales de entrada de las pinzas ampermétricas (I1, I2, I3, IN).
- Terminales de entrada de voltaje (L1, L2, L3, N, GND).



Figura 3.4: Conexión de entrada de las pinzas cocodrilo y ampermétricas.

Fuente: Elaboración propia.

3.6.2 Tarjeta de memoria SD.

El equipo cuenta con una tarjeta de memoria SD para almacenar los registros de medición. Si la tarjeta de memoria no se instala sólo se podrá visualizar momentáneamente los valores, para acceder a la tarjeta se ingresa al compartimiento de la batería.

3.6.3 Conexión del adaptador de CA.

Cuando se utiliza el adaptador/cargador original, el dispositivo se encuentra completamente operativo al encenderlo, por otro lado, el tiempo de carga de la batería es de 2,5 horas aproximadamente.

3.6.4 Diagramas de conexión en la red.

Para la conexión y desconexión del equipo a la red, se lo debe hacer con el equipo apagado por seguridad. Además se sugiere conectar con la siguiente secuencia: para las pinzas de cocodrilo primero la conexión a tierra (GND) enseguida el neutro, fase A, Fase B y Fase C y para la conexión de las pinzas ampermétricas primero la Fase A, seguido por la Fase B, Fase C y por último el neutro. En la Figura 3.5, se indica el diagrama de conexión a una red trifásica de cuatro hilos, más la conexión a tierra.

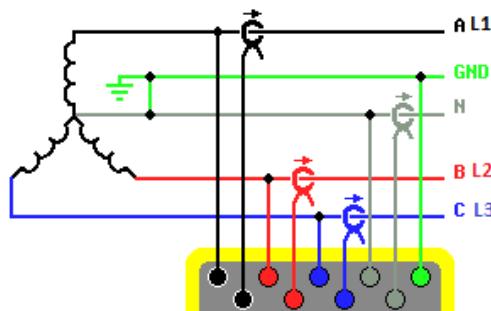
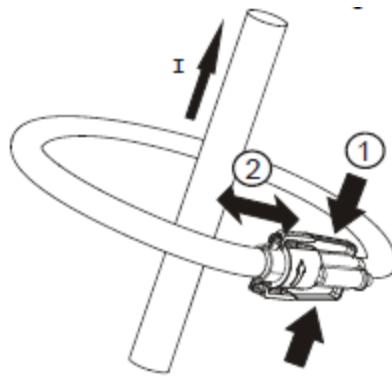
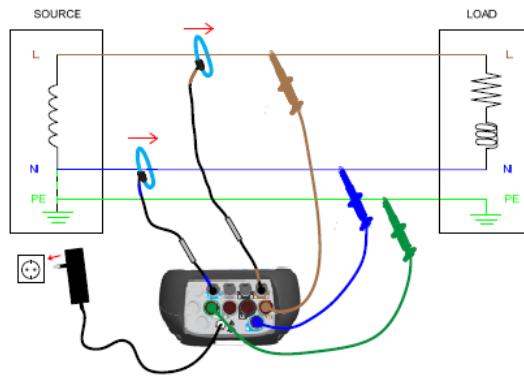


Figura 3.5: Diagrama de conexión a un sistema trifásico 4 hilos.

Fuente: Fluke serie II [9].

Al conectar las pinzas ampermétricas se tiene en consideración el sentido de la flecha de cada pinza, la flecha irá en dirección hacia la carga. En la Figura 3.6. Se indica la conexión de la pinza ampermétrica.

**Figura 3.6:** Conexión de la pinza ampermétrica.**Fuente:** Meter [3].**Figura 3.7:** Diagrama de conexión a la red monofásico.**Fuente:** Meter [3].

3.6.5 Verificación de la conexión.

La pantalla del osciloscopio y el diagrama fasorial resultan útiles para comprobar si los cables de voltaje, y las pinzas ampermétricas están conectadas adecuadamente. En el diagrama vectorial, el voltaje y la corriente deben estar desfasados 120 grados con la secuencia de la fase A (L1), fase B (L2) y fase C (L3) en sentido de las agujas del reloj. En la Figura 3.9, se indica un ejemplo.

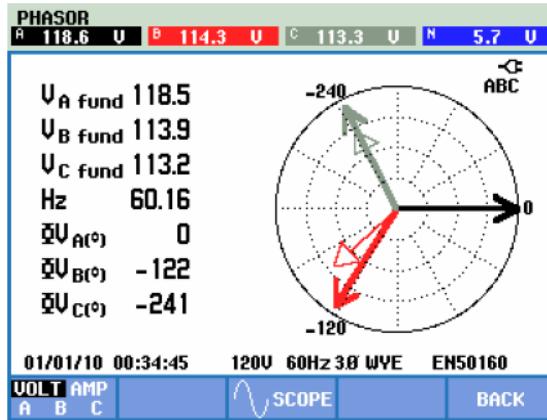


Figura 3.8: Ejemplo de una correcta conexión mediante el diagrama vectorial.

Fuente: Fluke serie II [9].

3.7 Modo de medida.

El analizador calidad de energía fluke 435 serie II, realiza la medición conforme a estándares y normas que se detallan en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4: Normas y estándares para realizar la de medición.

Fuente: Fluke serie II [10].

| | |
|-----------------------|---|
| Vrms, Arms | Intervalos de 10/12 ciclo no superpuestos y contiguos usando 500/4162 muestras por ciclo de acuerdo con la norma IEC 61000-4-30. |
| Vpico, Apico | Muestra de valor máximo dentro del intervalo de 10/12 ciclos con una resolución de la muestra de 40 μ s. |
| Factor de cresta en V | Mide la relación entre el valor de V (pico) y V (rms). |
| Factor de cresta en A | Mide la relación entre el valor de A (pico) y A (rms). |
| Hz | Medido cada 10 s de acuerdo con la norma IEC 61000-4-30. Los valores de V (rms), A (rms) se miden a lo largo de 1 ciclo, comenzando en un cruce de cero de la fundamental, y se actualiza cada medio ciclo. Esta técnica es independiente para cada canal de acuerdo con la norma IEC 61000-4-30. |
| Armónicos | Calculados a partir de mediciones de grupos de armónicos sin separación de 10/12 ciclos, en voltajes y amperios, de acuerdo con la norma IEC 61000-4-7. |
| Vatios | Calcula el valor medio de la potencia instantánea a lo largo de períodos de 10/12 ciclos para cada fase. Potencia activa total PT = P1 + P2 + P3. |
| VA | Calcula la potencia aparente utilizando el valor de V (rms) x A (rms) a lo largo de un período de 10/12 ciclos. |

| | |
|---|---|
| Var | Calcula la potencia reactiva en componentes de secuencia positiva de la fundamental. La carga capacitiva e inductiva se indica con los iconos del capacitor e inductor. |
| Armónicos VA | Calculada para cada fase y para el sistema total basada en la potencia aparente total y la potencia real de la fundamental. |
| Desequilibrio VA | Calculada usando el método de componentes simétricos para potencia aparente de la fundamental y potencia aparente total. |
| Factor de potencia (PF) | Vatios/VA totales calculados. |
| Cosφ | Coseno del ángulo entre el voltaje y la corriente de la fundamental. |
| DPF | Vatios/VA fundamentales calculados |
| Energía/coste de energía | Los valores de potencia se acumulan a lo largo del tiempo para valores de kWh. El costo de la energía se calcula con la variable de costo /kWh definida por el usuario. |
| Desequilibrio | El desequilibrio del voltaje de suministro se evalúa utilizando el método de componentes simétricos de acuerdo con la norma IEC61000-4-30. |
| Flicker (Fluctuaciones rápidas de voltaje) | De acuerdo con la norma IEC 61000-4-15 de medición de flicker, especificación funcional y de diseño. Incluye modelos de lámpara de 230 V 50 Hz y de lámpara de 120 V 60 Hz. |
| Captura de transitorios | Captura la forma de onda activada en la envolvente de la señal. Además, se activa con caídas de voltaje, sobretensiones, interrupciones y nivel de amperios |
| Corriente de arranque | La corriente de arranque comienza cuando el medio ciclo de A (rms) aumenta por encima del umbral de arranque y finaliza cuando el valor de rms del medio ciclo de A (rms) es igual o menor que el umbral de arranque menos un valor de histéresis seleccionado por el usuario. La medición es la raíz cuadrada de la media de los valores de medio ciclo de A rms al cuadrado medidos durante el período de arranque. Cada intervalo de medio ciclo es contiguo y no superpuesto según las recomendaciones de la norma IEC 61000-4-30. Las marcas indican la duración de la corriente de arranque. Los cursores permiten la medición del medio ciclo de A rms pico. |
| Señalización de la red | Las mediciones se basan en el valor eficaz de 10/12 ciclos del interarmónico correspondiente, o el verdadero valor eficaz de los cuatro valores rms de 10/12 ciclos del interarmónico correspondiente, según la norma IEC 61000-4-30. La configuración de los límites para el modo de Monitor sigue los límites de la norma EN-50160. |
| Sincronización del tiempo | El módulo opcional de sincronización del tiempo GPS430-II proporciona una incertidumbre temporal de ≤ 20 ms o $\leq 16,7$ ms en función del tiempo marcado de eventos y en función del tiempo de mediciones agregadas. Cuando no está disponible la sincronización, la tolerancia temporal es de ≤ 1 -s/24h. |



3.8 Ventajas que proporciona el analizador fluke (435).

- La tecla memory permite hacer la captura de pantalla en tiempo real de las mediciones que se estén registrando.
- El equipo es liviano y pequeño esto facilita la conexión en lugares de difícil acceso.
- La batería cargada completamente tiene una duración siete horas.
- Existe dos maneras de descargar los datos al computador: mediante la memoria SD extrayéndolo del equipo o directamente utilizando un cable USB.

CAPÍTULO 4

NORMAS PARA LA MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGIA ELÉCTRICA.

4 Normatividad.

Representa las normas y estándares para realizar un análisis técnico enfocado a la calidad de energía eléctrica (CEE), se realiza con el objetivo de verificar si los parámetros correspondientes se encuentran dentro o fuera de los límites que establece la regulación nacional y las organizaciones internacionales. En la Figura 4.1, se indica la clasificación de la normatividad que se recomienda cuando se realice el análisis de calidad de energía eléctrica en un determinado punto.

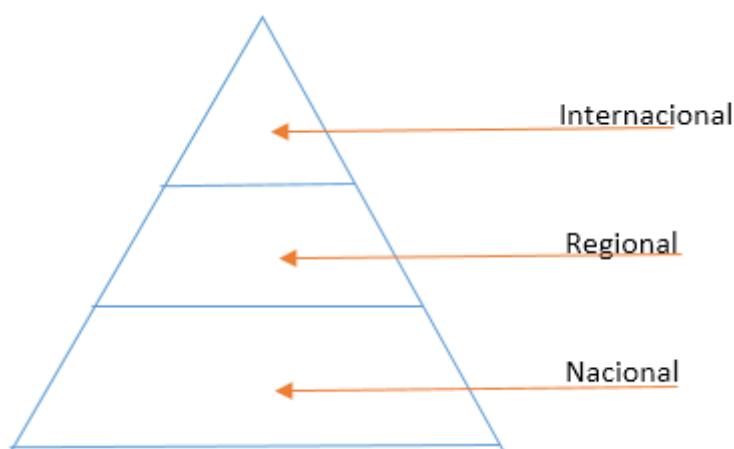


Figura 4.1: Clasificación en categorías de la normatividad.

Fuente: Elaboracion propia.

4.1 Organizaciones internacionales.

La IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) y la IEC (International Electrotechnical Commission) son las asociaciones reconocidas a nivel mundial dedicadas a la estandarización, desarrollo de técnicas y normas para la medición de CEE.



4.1.2 Organizaciones nacionales ecuatorianas.

Acrónimos.

ARCONEL: Agencia de Regulación y Control de Electricidad.

CENACE: Centro Nacional de Control de Energía.

CELEC EP: Corporación Eléctrica del Ecuador.

MEER: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

4.2 Equipos usados para el monitoreo de la calidad de energía eléctrica.

Los equipos utilizados para realizar el monitoreo deben satisfacer los errores de medida o las incertidumbres que se establece dentro la norma, además se clasifica mediante un número o símbolo adoptado por convenio internacional.

La norma IEC-61000-4-30, define tres (3) clases de medida:

Clase A: Son equipos de medida usados para la evaluación contractual de parámetros eléctricos y la verificación del cumplimiento de los valores de referencia (límites) establecidos en esta norma internacional. Normalmente, los equipos de esta clase se utilizan para resolver reclamaciones o disputas entre un operador de red y un cliente [19].

Clase S: Mediciones menos exactas que la Clase A. Usados para el diagnóstico de sistemas, detección de problemas de calidad de potencia, mantenimiento preventivo.

Clase B: Son equipos utilizados para el seguimiento de los parámetros de calidad de energía, estudios de diagnóstico en instalaciones y otras aplicaciones donde no se necesita una alta precisión en las mediciones. Los equipos de esta clase, en general, no tienen una especificación diferente a la dada por sus propios



fabricantes, mientras que los de clase A tienen definidas las características y las incertidumbres aceptables para la medición de cada uno de los parámetros de calidad de energía [19].

4.3 Normas internacionales.

4.3.1 Normas IEC.

La IEC fundada en 1906, la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) es la organización líder a nivel mundial encargada de preparar y publicar Normas Internacionales para todas las tecnologías eléctricas, electrónicas y afines. Estas actividades se conocen en su conjunto como “electrotecnología” [13]. La elaboración de los proyectos lo realizan los comités técnicos; cualquier Comité Nacional de (IEC) que esté interesado en el tema objetivo de la norma puede participar en su elaboración.

Todas las normas Internacionales IEC se crean por consenso y representan las necesidades de las partes implicadas. Cada país miembro sin importar su tamaño, tiene voz y voto respecto a lo que se incluye en una norma. Por otra parte, la IEC es una de tres organizaciones hermanas internacionales (IEC, ISO, ITU) que desarrollan normas a nivel mundial.

De este modo la IEC coopera con la Organización Internacional de Normalización (ISO) o la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) que se unen para garantizar que las normas se complementen entre sí [13].

4.3.2 Norma IEC 61000-25.

La IEC 61000-25 establece la compatibilidad para las perturbaciones a nivel industrial, también es aplicable en redes de distribución de 50 y 60 Hz, siendo en bajo o medio voltaje. Las características que define esta norma son: frecuencia, forma de onda, amplitud y equilibrio de fases. Para la implementación de esta norma se debe tener en cuenta los siguientes equipos y sus características.

Clase 1: Se refiere a equipos muy sensibles a perturbaciones en el suministro de energía.

Clase 2: Se relaciona a puntos de conexión común y puntos de conexión interior en el entorno de la industria.

Clase 3: Esta clase aplica, para alimentaciones a través de convertidores, máquinas de gran consumo de energía o motores grandes con arranques frecuentes.

4.3.3 Métodos de medida: IEC 61000-430.

La norma IEC 61000-430 se encarga de establecer las exigencias de medidas que los equipos deben cumplir para pertenecer a una clase A, con la finalidad de que los resultados obtenidos por diferentes equipos sean coherentes entre sí. En la Tabla 4.1, se indica los límites que establece esta norma.

Tabla 4.1: Rango de para parámetros de calidad de energía eléctrica (clase A).

Fuente: Norma IEC 61000-430. [14].

| Parámetros de CEE. | Rango de variación |
|--------------------------|----------------------------------|
| Frecuencia | 51-69 Hz |
| Voltaje (estado estable) | 0 - 200 % Voltaje de entrada |
| Flicker | 0 - 20 parpadeos |
| Desbalances | 0 - 5 % |
| Armónicos (THD) | Valores IEC 61000-2-4 clase 3 |
| Interarmonicos | Valores IEC 61000-2-4 clase 3 |
| Señales de voltaje | 0 - 9 % de la voltaje de entrada |
| Transitorios de voltaje | 6 kV pico |
| Transitorios rápidos | 4 kV pico |

4.3.4 Norma IEC 61000-32.

En esta norma se centra los límites de emisión de intensidad de armónico individual para equipos en los cuales su entrada de corriente por fase sea $\leq 16A$.

En la Tabla 4.2, se resumen los límites que establece la norma 61000-32, estos valores se aplica a equipos clase A. Mientras que para los equipos de la clase B se utiliza los valores de la clase A multiplicado por un factor de 1,5.

Tabla 4.2: Límites de distorsión armónica de corriente individual (pares e impares).

Fuente: Norma IEC 61000-32. [14].

| Orden armónico | Corriente(A) |
|--------------------------|--------------|
| Armónicos impares | |
| 3 | 2.30 |
| 4 | 1.14 |
| 7 | 0.77 |
| 9 | 0.40 |
| 11 | 0.33 |
| 13 | 0.21 |
| $15 \leq h \leq 39$ | 0.25/h |
| Armónicos Pares | |
| 2 | 1.08 |
| 3 | 0.43 |
| 6 | 0.30 |
| $8 \leq h \leq 40$ | 1.84/h |

4.3.5 Norma IEC 61000-4-15 (Flicker).

El flicker es medido por un indicador de la perceptibilidad de un equipo o sistema, ante fluctuaciones de voltaje durante un periodo de tiempo corto (10 minutos), obtenido de forma estadística a partir del tratamiento de la señal de voltaje. La norma IEC 61000-4-15 describe las especificaciones que deben cumplir las mediciones y los equipos de medición para realizar un monitoreo. Esta norma es certificada por el estándar de parpadeo IEC 61000-33.

Un medidor de flicker se debe ajustar en base al estándar IEC, para proceder a medir el Pst (parpadeo de corta duración) se lo efectúa con intervalos de 10 minutos, y para que cumpla lo estipulado en la norma IEC el 95% de los valores registrados deben encontrarse dentro del límite. La evolución del flicker se somete a dos tipos básicos de forma de onda:

1. Cuadrada.



2. Señales de frecuencia de la red de onda sinusoidal modulada. Las profundidades y frecuencias de las ondas dependen de este tipo de modulación.

4.4 NORMA IEEE.

Las siglas IEEE en inglés es Institute of Electrical and Electronic Engineers, corresponden a una de las mayores asociaciones del mundo en el campo de la ciencia y la ingeniería. En el siglo XIX se formaron las primeras asociaciones, haciendo frente a los avances técnicos en el campo de la radio y la electricidad. Estas asociaciones con el tiempo derivaron en la IEEE, que nació en la década de los 60 como resultado de la fusión de dos grandes asociaciones anteriores, IRE (Institute Radio Engineers) y AIEE (American Institute Electrical Engineers),

La IEEE surge con la idea de ayudar al desarrollo de dispositivos electrónicos y eléctricos, en fomentar los respectivos avances en los campos de la electrónica, telecomunicaciones y electricidad, supervisar la calidad de los productos y su peligrosidad, realizar frecuentes actividades educativas, manuales de instrucciones, tutoriales técnicos, siendo el objetivo principal de esta gran organización el trabajar por el bien de la humanidad.

4.4.1 Aplicación de límites de distorsión armónica de voltaje y corriente.

Los organismos descritos anteriormente son quienes establecen la incidencia de distorsión armónica principalmente IEC mediante los respectivos estándares 61000-3-2 y 61000-3-6, como también se indica en la norma EN 50160 y en la IEEE mediante el estándar IEEE 519-1992.

La distorsión armónica se separa en dos categorías: Armónicos de Voltaje y Armónicos de Corriente.

4.4.2 Norma IEEE 519- 2014.

La IEEE 519 establece objetivos en el diseño de sistemas eléctricos atendiendo de una manera específica a la distorsión de voltaje y corriente en un punto de

acoplamiento común (PCC). Esta norma se implementa en el año de 1981, desde aquel entonces hasta la actualidad se ha revisado en dos ocasiones la primera en el año 1992 y la segunda en el año 2014.

Los armónicos se consideran una responsabilidad conjunta que involucra tanto al usuario final y a las empresas distribuidoras de energía eléctrica. El propósito de la norma IEEE 519 es el de recomendar límites de armónicos totales e individuales de voltaje y corriente para la solución de problemas en el caso de existir.

Para el caso de los armónicos de corriente se debe realizar la relación de la máxima corriente de cortocircuito (I_{SC}) entre la máxima corriente de carga (I_L) a frecuencia fundamental, esto se define como la relación de cortocircuito (SCR) al punto de acoplamiento común (PCC), expresado por la ecuación 4.1. Con los resultados obtenidos a partir de la ecuación se procede a chequear los valores correspondientes de la Tabla 4.3.

$$SCR = \frac{I_{SC}}{I_L} \quad (4.1)$$

Dónde:

I_{SC} : La corriente de cortocircuito en el punto de acoplamiento común.

I_L : Máxima corriente fundamental de demanda.

Tabla 4.3: Límites de distorsión armónica de corriente (armónicos impares).

Fuente: IEEE 519-1992 [14].

| Límites de corriente armónica para carga no lineal en el punto común de acoplamiento con otras cargas, para voltajes entre 120-69000 V. | | | | | | |
|---|-----|---------|---------|---------|------|-----|
| Máxima distorsión impar de la corriente, en % del armónico fundamental. | | | | | | |
| Relación ISC/IL | <11 | 11≤h≤17 | 17≤h≤23 | 23≤h≤35 | 35≤h | TDD |
| <20 | 4 | 2 | 1.5 | 0.6 | 0.3 | 5 |
| 20<50 | 7 | 3.5 | 2.5 | 1 | 0.5 | 8 |
| 50<100 | 10 | 4.5 | 4 | 1.5 | 0.7 | 12 |
| 100<1000 | 12 | 5.5 | 5 | 2 | 1 | 15 |
| >1000 | 15 | 7 | 6 | 2.5 | 1.4 | 20 |

En la Tabla 4.4, se muestra los límites de distorsión de armónicos de voltaje individual y total, para los tres niveles de voltaje del sistema eléctrico.

**Tabla 4.4:** Valores de referencia de armónicos de voltaje individual y total.

Fuente: Estándar 519-1992 [14].

| Voltaje de barra en el punto de acoplamiento común. | Distorsión individual de voltaje (%). | Distorsión total del voltaje THD (%) |
|---|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Hasta 69kV | 3.0 | 5.0 |
| De 69 kV a 137.9 kV | 1.5 | 2.5 |
| 138 kV y mas | 1.0 | 1.5 |

4.4.3 Estándar IEEE 1159.

El estándar IEEE 1159-1995 define siete categorías de fenómenos electromagnéticos en las redes eléctricas: transitorios, variaciones de corta duración, variaciones de larga duración, desequilibrio de la voltaje, distorsión de la forma de onda, fluctuaciones de la voltaje y variaciones de la frecuencia [15].

Para los eventos dip y swell se establece tres tipos de variaciones (corta, instantánea, larga) como se indica en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5: Definiciones de las variaciones de corta duración y de larga duración.

Fuente: Elaboración propia basada en IEEE Std 1159-1995 [15].

| Categorías | Duración Típica | Magnitud típica de voltaje. |
|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Variaciones de corta duración | | |
| Instantáneo. | | |
| Huecos | 0.5 -30 ciclos | 0.1 – 0.9 p.u |
| Salto de voltaje (Swell). | 0.5 -30 ciclos | 1.1 – 1.4 p.u |
| Momentáneo. | | |
| Interrupción | 0.5 ciclos – 3 segundos | < 0.1 p.u |
| Hueco. | 30 ciclos – 3 segundos | 0.1 – 0.9 p.u |
| Salto de voltaje (Swell). | 30 ciclos -3 segundos | 1.1 – 1.4 p.u |
| Variaciones de larga duración. | | |
| Interrupción | > 1 minuto | 0.0 p.u |
| Subvoltaje | > 1 minuto | 0.8 – 0.9 p.u |
| Sobrevoltaje. | > 1 minuto | 1.1 – 1.2 p.u |



4.5 NORMA EN50160.

La norma EN-50160 es la norma europea básica en calidad de la energía eléctrica. Esta norma describe las características principales que debe tener el voltaje suministrado por las empresas distribuidoras para los niveles de bajo y medio voltaje en condiciones normales de generación y en el punto de entrega al cliente. Esta norma da los límites a los valores de voltaje que todo cliente tiene derecho a esperar [15].

En el caso de existir problemas con los valores de voltaje suministrado por las redes de distribución eléctrica, en un punto de suministro concreto, se realiza un análisis de la calidad de dicho suministro. El registro de los parámetros de calidad del suministro eléctrico se realiza mediante la instalación de equipos de clase A.

La norma no fija la responsabilidad del cumplimiento de límites que se indica en la Tabla 4.6 en ninguna de las partes. También es importante destacar que la norma solo es aplicable en condiciones normales de operación e incluye una lista de operaciones en las que los límites no son aplicables, como los registros obtenidos después de un fallo, acciones industriales o cortes de suministro debidos a eventos externos.

Tabla 4.6: Límites voltaje según norma EN50160.

Fuente: Elaboración propia basada en IEEE Std 1159-1995 [9].

| Evento de voltaje | Magnitud | Duración |
|-----------------------------------|----------|---|
| SAG | 90% < 1% | 1ms < 1minuto |
| Bajo voltaje | 90% < 1% | > 1minuto |
| Interrupción de suministro | < 1% | < 3 minuto (Breve) > 3 minutos (Larga) |
| Sobre voltajes temporal | > 110% | Relativamente larga |
| Sobre voltaje transitoria | > 110% | Algunos milisegundos |

4.5.1 Caracterización de un sitio:

Para realizar el análisis de calidad de energía, lo primero es ubicar un punto de conexión que abarque la mayor carga del lugar. El monitoreo se realiza en un



tiempo no menor a una semana con el objetivo de diagnosticar posibles causas de fallas [12].

4.6 Regulación ARCONEL 005/18.

Cada país implementa sus propias regulaciones y normas conforme a la situación de calidad de energía eléctrica que se encuentre afrontado. Las más utilizadas son las normas europeas y norteamericanas. Las normas norteamericanas sobre calidad de la energía son las recomendaciones de la IEEE, las cuales no tienen carácter de código o norma de cumplimiento obligatorio. A nivel europeo existen dos entidades de normalización, IEC y CENELEC, aunque IEC es un ente internacional que incluye a representantes de los Estados Unidos. La norma EN-50160 es europea, define niveles específicos de voltaje que debe ser entregado por los distribuidores de energía eléctrica y métodos para evaluar la conformidad del suministro. EN-50160 fue aprobado por el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC) en 1994.

CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica) es la organización de normalización de la Comunidad Económica Europea.

En el Ecuador, la organización encargada de la regulación de todo lo que concierne al uso de la energía eléctrica en el país, en la generación, transmisión, distribución es ARCONEL (Agencia de Regulación y Control de Electricidad).

La regulación No. ARCONEL 005/18 publicada el 28 de diciembre del 2018, deroga a la regulación No. CONELEC 004/01 "Calidad del servicio eléctrico de distribución, del 23 de mayo de 2001". Para determinar la calidad del suministro eléctrico, la regulación establece límites que se deben cumplir por parte del usuario y la empresa distribuidora.

4.6.1 Nivel de voltaje.

La regulación ARCONEL-053/18 establece el nivel de voltaje en un punto común del sistema de distribución que se determina a partir de la ecuación 4.2.



$$\Delta V_k(\%) \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100\% \quad (4.2)$$

Dónde:

ΔV_k : Variación de voltaje, en el punto de medición k de 10 minutos.

V_k : Voltaje (rms) medido en cada intervalo de medición de 10 minutos.

V_n : Voltaje nominal en el punto de medición.

La calidad de voltaje se determina como las variaciones de los valores eficaces (rms) medidos cada 10 minutos y se registra en cada punto de medición durante un período 7 días continuos.

El nivel de voltaje se cumple en un punto de medición cuando el 95% o más de los registros se encuentran dentro del límite. El valor límite de voltaje se indica en la Tabla 4.7.

Tabla 4.7. Límites para de nivel de voltaje.

Fuente: Elaboración propia basada en ARCONEL 005/18 [17].

| Nivel de Voltaje | Rango admisible |
|----------------------------------|-----------------|
| Alto voltaje (Grupo 1 y Grupo 2) | $\pm 5.0\%$ |
| Medio Voltaje | $\pm 6.0\%$ |
| Bajo Voltaje | $\pm 8.0\%$ |

4.6.2 Parpadeo (Flicker).

La evaluación de la calidad en cuanto al flicker, la regulación ARCONEL establece el índice de severidad de corta duración (P_{st}), definido de acuerdo a la norma IEC 6100-415: mismo que es determinado mediante la ecuación 4.3 [17].

$$P_{st} = \sqrt{0,0314P_{0.1} + 0,0525P_1 + 0,0657P_3 + 0,028P_{10} + 0,08P_{50}} \quad (4.3)$$

Dónde:

P_{st} : Índice de severidad de flicker de corta duración.

$P_{0.1}, P_1, P_3, P_{10}, P_{50}$: Niveles de efecto “flicker” que se sobrepasa durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total del periodo de observación.

El flicker de corta duración (P_{st}) y larga (P_{lt}), se considera intervalos de medición de 10 minutos de acuerdo a las normas IEC.

Se considera el límite $P_{st} = 1 \text{ p.u}$ como el tope de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede soportar sin molestia, el ojo humano en una muestra específica de población, mientras que el valor de P_{lt} no debe ser superior a 1 p.u [11]. Se cumple con el índice de severidad en un punto de medición cuando el 95% o más de los valores registrados se encuentran dentro del límite.

4.6.3 Armónicos.

Se evalúa la distorsión armónica total e individual de voltaje conforme a la ecuación 4.5 y 4.6:

$$V_{h,k} = \sqrt{\frac{1}{200} \sum_{i=1}^{200} (V_{h,i})^2} * 100\% \quad (4.4)$$

$$DV_{h,k} = \frac{V_{h,k}}{V_n} * 100\% \quad (4.5)$$

$$THD_k = \left[\frac{1}{V_n} \sqrt{\sum_{h=2}^{50} (V_{h,k})^2} \right] * 100\% \quad (4.6)$$

Dónde:

$V_{h,k}$: Armónica de voltaje h en el intervalo k de 10 minutos.

THD: Factor de distorsión total por armónicos, expresado en porcentaje.

$V_{h,i}$: Valor eficaz (rms) de la armónica de voltaje h para ($h = 2, 3, \dots, 50$) medido cada 3 segundos ($i = 1, 3, \dots, 200$).

DV_{h,k}: Factor de distorsión individual de voltaje de la armónica h (para h=2,3,...50)

THD_k: Factor de distorsión armónica total de voltaje.

V_n: Voltaje nominal del punto de medición expresado en voltios.

Las mediciones se deben realizar con un medidor de distorsión armónico de voltaje de acuerdo al procedimiento especificado en la norma IEC 61000-47. El límite de distorsión armónico total (THDV) se indica en la Tabla 4.8, y para los límites de distorsión armónica individual se indica en la Tabla 4.3 expresados como porcentaje del voltaje nominal. El número de valores registrados desde el orden 1 hasta 50 no debe superar los valores límite (DV_{h,k} y THD).

Tabla 4.8: Límites máximos de armónicos de voltaje (%).

Fuente: Elaboración propia basada en ARCONEL 005/18 [17].

| Nivel de voltaje | Armónica individual (%) | THD (%) |
|------------------------|-------------------------|---------|
| Bajo Voltaje | 5.0 | 8.0 |
| Medio Voltaje | 3.0 | 5.0 |
| Alto Voltaje (Grupo 1) | 1.5 | 2.5 |
| Alto Voltaje (Grupo 2) | 1.0 | 1.5 |

4.6.4 Factor de potencia.

Se define el Factor de Potencia (FP) de un circuito de corriente alterna, como la relación entre las potencias activa y aparente. Si las corrientes y voltajes son perfectamente senoidales, FP y Cosf coinciden, siendo Cosf el coseno del ángulo que forman los fasores de corriente y voltaje, el que es determinado por la impedancia equivalente del sistema eléctrico

$$FP = \frac{P}{S}$$

El factor de potencia es un término utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo. En base a la regulación ARCONEL, el factor de potencia mínimo deber ser 0,92.



4.6.5 Desequilibrio de voltaje.

El desequilibrio de voltaje se evalúa en un punto del sistema de distribución empleando la ecuación 4.7.

$$\text{Desequilibrio de Voltaje} = \left| \frac{V^-}{V^+} \right| * 100\% \quad (4.7)$$

Dónde:

V^- : Desequilibrio de voltaje negativo, determinado como el promedio de las medidas registradas (al menos cada 3 segundos) en un intervalo de 10 minutos.

V^+ : Desequilibrio de voltaje positiva, determinado como el promedio de las medidas registradas (al menos cada 3 segundos) en un intervalo de 10 minutos.

El valor límite para el índice de desequilibrio de voltaje en un punto de medición será de 2% para todos los niveles de voltaje.



CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE MEDICIONES

5. Procedimiento del trabajo.

En este capítulo se analiza los registros obtenidos durante las mediciones realizadas en los principales tableros de distribución de energía eléctrica, que se encuentran ubicados en la Facultad de Ingeniería.

Para realizar las mediciones y el diagnóstico de la calidad de energía eléctrica, se basa principalmente en la regulación del ARCONEL 053/18 y en las recomendaciones internacionales (IEC, IEEE).

5.1 Levantamiento de información eléctrica.

Al no disponer de planos eléctricos actualizados de la Facultad de Ingeniería, se realiza el respectivo levantamiento eléctrico correspondiente a las cargas eléctricas fijas que se encuentran distribuidos en los diferentes espacios.

Los planos correspondientes a la infraestructura física de la Facultad, son facilitados por Arquitecto Alex Serrano “Director de la unidad de planificación física y ejecución de obras de la Universidad de Cuenca”. Al realizar el levantamiento de la carga eléctrica se encontró con nuevos espacios que no constan en los planos de la infraestructura física. Por lo tanto se realizó la respectiva modificación en los planos.

Al proceder con el levantamiento de los circuitos eléctricos se localizó tableros principales, secundarios y de paso de distribución que se encuentran ubicados en los diferentes espacios de la Facultad (VER ANEXO 2). Para efectuar los cálculos de la demanda se consideró los siguientes factores de diversificación que se presenta en la Tabla 5.1, y en la Tabla 5.2, se indica la potencia total de cada tablero de distribución.

Tabla 5.1: Demanda de coincidencia para cada circuito.**Fuente:** Elaboración propia.

| Descripción para | Factor de coincidencia |
|-------------------------------|------------------------|
| Iluminación | 0,7 |
| Tomacorrientes | 0,35 |
| Circuitos de carga especiales | 1 |

Tabla 5.2: Registro de potencia total (W) para cada tablero de distribución.**Fuente:** Elaboración propia.

| Tablero | # Cable AWG Matriz | CTE | DMC | DMC | V(V) | I(A) |
|-----------------|--------------------|----------|--------|----------|------|------|
| TDP1-LM | 4 | 52179 | 21158 | 31021 | 127 | 410 |
| TDS2-LM | 6 | 6000 | 2100 | 3900 | 127 | 47 |
| TDS3-LM | 6 | 12500 | 4375 | 8125 | 127 | 98 |
| TDS4-LM | 6 | 5400 | 1890 | 3510 | 127 | 42 |
| TDP2-S&A | 2 | 26035 | 12816 | 13219 | 127 | 205 |
| TDS1-LA | 6 | 4700 | 1645 | 3055 | 127 | 37 |
| TDS2-LS | 6 | 1080 | 406 | 674 | 127 | 8 |
| TDS3-LS | 6 | 5800 | 2030 | 3770 | 127 | 45 |
| TDS4-LS | 6 | 4900 | 1715 | 3185 | 127 | 38 |
| TDS5-LS | 6 | 1560 | 742 | 818 | 127 | 12 |
| TDP3-Adu | 4 | 8289,4 | 4039 | 4251 | 127 | 65 |
| TDS2-A110 | 10 | 8174 | 3832 | 4342 | 127 | 64 |
| TDS2-A110 | 10 | 3852 | 1716 | 2136 | 127 | 30 |
| TDP4-PBP | 6 | 12633 | 8159 | 4474 | 127 | 99 |
| TDS3-PSB | 6 | 16732 | 12936 | 3796 | 127 | 131 |
| TDS5-CP | 6 | 4440 | 1778 | 2662 | 127 | 34 |
| TDS4-A101 | 6 | 1600 | 560 | 1040 | 127 | 12 |
| TDS1-PB | 6 | 1236 | 445 | 791 | 127 | 9 |
| TDS6-SP | 6 | 8245 | 4813 | 3432 | 127 | 64 |
| TDP7-TP | 2 | 7810 | 3962 | 3848 | 127 | 61 |
| TDS5-TP | 6 | 2600 | 910 | 1690 | 127 | 20 |
| TDS9-TP | 6 | 2965 | 1306 | 1660 | 127 | 23 |
| TDS1-TP | 6 | 8415 | 4771 | 3645 | 127 | 66 |
| TDS2-TP | 6 | 17800 | 6230 | 11570 | 127 | 140 |
| TDS8-TP | 6 | 12600 | 4410 | 8190 | 127 | 99 |
| TDP5-A010 | 2 | 5800 | 4280 | 1520 | 127 | 45 |
| TDS5-LH | 6 | 19940 | 8881 | 11059 | 127 | 157 |
| TDS-P1 | 6 | 2218 | 1553 | 665 | 127 | 17 |
| TDS-P2 | 6 | 1680 | 1176 | 504 | 127 | 13 |
| TDS-LDS1 | 6 | 5300 | 1855 | 3445 | 127 | 41 |
| TDS-LDS2 | 6 | 1600 | 560 | 1040 | 127 | 12 |
| TDP6-LF | 6 | 8825 | 3089 | 5736 | 127 | 69 |
| TDP6-LF | 6 | 24200 | 8470 | 15730 | 127 | 190 |
| TDS3-LF | 6 | 4000 | 1400 | 2600 | 127 | 31 |
| TDS-LG | 6 | 800 | 280 | 520 | 127 | 6 |
| TDS-G | 4 | 3900 | 1365 | 2535 | 127 | 30 |
| TDS1-LAA | 6 | 2800 | 980 | 1820 | 127 | 22 |
| TDS-IEEE | 8 | 2680 | 1106 | 1574 | 127 | 21 |
| Total(W) | | 321288,4 | 143737 | 177551,6 | | |



Leyenda:

CTE: Carga total instalada en los tableros de distribución (W).

DMNC: Demanda máxima no coincidente (W).

DMC: Demanda máxima cionidente (W).

V: Voltaje (V).

I: Corriente en (A).

5.2 Localización de puntos de medición y uso del equipo.

Luego de haber inspeccionado previamente las conexiones eléctricas, se observó que la Facultad de Ingeniería no cuenta con un transformador propio que energice la carga demandada. En la actualidad la carga existente se encuentra energizada por tres transformadores diferentes como se detalla a continuación:

El primer transformador se encuentra en la parte posterior del aula magna “Mario Vintimilla”, este trasformador de 120KVA alimenta la carga correspondiente al área de administración, aulas, laboratorio de física, el centro de cómputo, laboratorio de alto voltaje, laboratorio de suelos, asociación de escuelas, laboratorio de hidráulica y el centro de posgrados, los lugares que se menciona corresponde a la carga de Ingeniería, debido que este transformador también energiza la carga correspondiente a las áreas de Ciencias Químicas.

El segundo transformador se encuentra en la Facultad de Arquitectura, ubicado en la parte subterránea de la misma, desde este transformador de 75KVA existe una matriz trifásica que alimenta la carga del laboratorio de máquinas eléctricas, microprocesadores y las respectivas oficinas que se encuentran es este lugar.

El tercer transformador se encuentra ubicado en la parte subterránea del aula 010, desde este transformador de 125kVA existe una matriz directa al laboratorio de sanitaria, energizando solo el circuito de fuerza, que consiste de doce tomacorrientes de 110V, tres de 220V, uno trifásico. Cuando se realizó el



levantamiento de los circuitos eléctricos se observó que en este lugar solo se encuentra una refrigeradora y una computadora como cargas fijas.

5.1.1 Puntos de medición.

Para establecer los lugares óptimos en donde se realizara la medición con el equipo fluke 435 serie II se consideró lo siguiente:

- 1.- Que el tablero de distribución abarque la mayor carga posible de la zona donde se encuentre colocado.
- 2.- La seguridad del equipo, por ello se seleccionó zonas donde no exista humedad y al momento de la instalación del equipo pase desapercibido, esto evitando la manipulación de personas ajenas al tema.

a. Sitios de medición correspondientes al transformador 120 kVA.

Sitio 1: Tablero general de distribución ubicado junto al transformador 120 kVA.

Sitio 2: Tablero principal de distribución localizado en el laboratorio de física.

Sitio 4: Tablero principal de distribución que se encuentra ubicado frente a la entrada del aula 107 (entre pasillo del laboratorio de suelos y alto voltaje).

Sitio 5: Tablero principal de distribución se encuentra ubicado en el tercer piso, junto al aula 201 del centro de cómputo de la Facultad.

Sitio 6: Tablero de distribución principal ubicado en el auditorio.

Sitio 7: Tablero principal de distribución ubicado en la secretaría de posgrados.

Sitio 8: Tablero principal de distribución ubicado en el aula 010.

**b. Sitios de medición correspondiente al transformador 75 KVA Arquitectura:**

Sitio 3: Tablero general de distribución ubicado junto a la entrada del laboratorio de máquinas eléctricas.

5.3 Registro y configuración del equipo.

Para obtener los registros de medición se utiliza el equipo fluke 435 serie II. Para comenzar la medición se presiona tecla LOGGER, y se observar una pantalla donde indica la tasa de muestreo y el intervalo de tiempo. Para poder ingresar nuevos parámetros como también para quitar parámetros que no se utilizaran en el análisis se presiona la tecla F1 y se observa todos los parámetros de medición que el equipo puede realizar.

Para el registro de medición se selecciona los siguientes parámetros:

- Voltaje.
- Corriente.
- Frecuencia.
- Desequilibrio.
- Flicker.
- Armónicos de voltaje.
- Factor de potencia.
- Potencia activa, reactiva y aparente.
- Energía.

La tasa de muestreo y el intervalo de tiempo se ejecutan con un intervalo de 10 minutos durante 7 días.

Para visualizar los datos registrados desde el computador se utiliza el Software Power Log 5.6. Mediante este Software se observa todos los parámetros configurados previos a la medición, con valores mínimos, medios y máximos correspondientes a cada fase, de forma gráfica y numéricamente.



5.3.1 Conexión del analizador fluke 435 serie II.

En la Tabla 5.3, se indica la relación de conexión de los canales de adquisición con respecto a cada fase.

Tabla 5.3: Relación de los colores con cada una de las fases.

Fuente: Elaboración propia.

| Identificación de cada fase para el análisis. | Colores que representan la conexión del Analizador. | |
|---|---|------------|
| | Voltaje | Corriente |
| Fase I (L1=R) | 1 | 1 |
| Fase II (L2=S) | 2 | 2 |
| Fase III (L3=T) | 3 | 3 |
| Neutro | 4 [Blanco] | 4 [Blanco] |
| Tierra | 5 | |

5.4 Niveles de voltaje en el Ecuador.

En la Tabla 5.4, se indica los niveles de voltajes en Ecuador establecida en la regulación ARCONEL 053/18.

Tabla 5.4: Límites de voltaje eléctrico.

Fuente: Elaboración propia a partir de la regulación ARCONEL 053/18.

| Nivel de Voltaje | Tolerancia de variación de Voltaje |
|-----------------------|------------------------------------|
| Bajo voltaje | Menor o igual a 0,6 KV |
| Medio voltaje | Mayor a 0,6 y menor igual a 40KV |
| Medio voltaje grupo 1 | Mayor a 40 y menor igual a 138KV |
| Medio voltaje grupo 2 | Mayor a 130KV |

5.5 Datos técnicos del transformador de 75KVA (ubicado en la Facultad de Arquitectura).

Las especificaciones técnicas de placa del transformador indican el nivel de voltaje, corriente, frecuencia entre otros parámetros que se detalla a continuación.



Datos de entrada (medio voltaje).

- Potencia nominal: 75 KVA.
- Voltaje primario: 6300 V.
- Conexión Dyn5.
- Corriente de alta voltaje. 6,37 A.

Datos de salida (bajo voltaje).

- Voltaje Secundario: 220/127 V.
- Corriente de baja voltaje. 196,8 A.
- Frecuencia: 60 Hz.

5.6 Registro de datos correspondientes al tablero distribución principal, ubicado junto a la entrada del laboratorio de máquinas eléctricas.

Este tablero alimenta la carga correspondiente al laboratorio de máquinas eléctricas, laboratorio de microprocesadores, oficinas que se encuentran en el segundo piso del laboratorio y a los tableros secundarios de distribución que se encuentran en este lugar. El tablero se encuentra alimentado con una matriz directa desde el transformador de la Facultad de Arquitectura.

Tabla 5.5: Registro de medición sitio 3 (Laboratorio de máquinas eléctricas).

Fuente: Elaboración propia.

| REGISTRO | UBICACIÓN DE LA MEDIDAD | FECHA INICO | FECHA FINAL | TIEMPO TOTAL DE REGISTRO |
|------------|--|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Medición-3 | Tablero trifásico principal de distribución (Laboratorio maquinas eléctricas). | 02/01/2019 11:13:07. | 09/01/2019 11:13:07. | 6d:22h:10m |

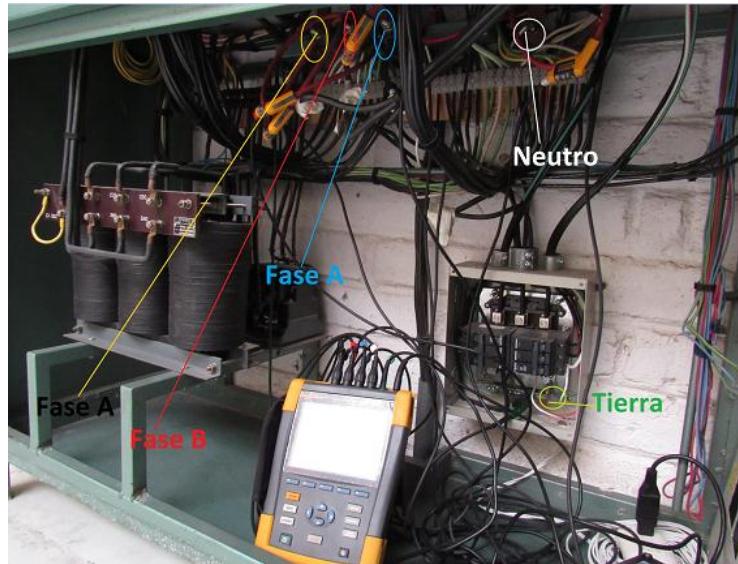


Figura 5.1: Conexión del equipo en el sitio.

Fuente: Elaboración propia.

Durante el periodo de medición se registra 997 muestras de valores de voltaje, corriente, frecuencia, desequilibrio, factor de potencia, potencia activa, reactiva, aparente y energía, de igual manera se registró 50 valores de armónicos de corriente y voltaje.

5.6.1 Análisis de voltaje.

Para el análisis del voltaje en el sistema, se toma en consideración la recomendación de las publicaciones siguientes.

- Regulación ARCONEL-053/18.
- Norma EN 50160 DE 1999.

La regulación ARCONEL-053/18, establece "la calidad de voltaje se determina como la variación de los valores eficaces (rms) registrados V_k en un intervalo de 10 minutos con relación al voltaje nominal V_n en los diferentes niveles "

Los registros de medición se efectúa durante un periodo de 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos, el incumplimiento será cuando del total de los valores registrados exista más del 5% fuera de límite $\pm 8\%$.

Para el análisis de voltaje se basa en los límites que se indica en la Tabla 4.7, y la ecuación 4.2 del capítulo 4.

a. Resultados de los registros de voltaje.

Los datos que se indica en la Tabla 5.6, representa los valores más significativos “valor eficaz (rms)” obtenidos en la medición, valores máximos, medios y mínimos entre fase y neutro.

Tabla 5.6: Registro de valores de voltaje mínimo, medio y máximo de las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

| | Voltajes mínimos [V] | | | | Voltaje medio [V] | | | | Voltajes máximos [V] | | | |
|--------------|----------------------|--------|--------|------|-------------------|--------|--------|------|----------------------|--------|--------|------|
| | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN |
| MIN. | 64,67 | 60,99 | 57,36 | 0,31 | 124,82 | 125,69 | 123,82 | 0,45 | 125,37 | 126,00 | 124,33 | 0,51 |
| MÁX. | 132,66 | 133,55 | 132,17 | 1,17 | 132,98 | 133,88 | 132,54 | 1,30 | 133,22 | 134,26 | 132,99 | 2,91 |
| PROM. | 128,91 | 129,79 | 128,15 | 0,61 | 129,65 | 130,34 | 128,87 | 0,70 | 130,01 | 130,69 | 129,25 | 0,77 |

La Tabla 5.7, se elabora a partir del total de los valores registrados durante la medición, donde se establece la cantidad de registros de voltaje que supera el límite de $\pm 8\%$ con respecto a la ecuación 4.2 de capítulo 4. Además se evalúa el nivel de voltaje conforme a lo que se indica en la Tabla 4.7.

Tabla 5.7: Análisis del total de los valores registrados de voltaje.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis de voltaje en porcentaje del total de los valores registrados | | | | | | |
|--|---------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|
| Fase-neutro | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores menores al 8% | Valores mayores al 8% | Cumple la normativa 95% | Promedio medio |
| AN | 127 | 997 | 1 | 0 | SI | 129,65 |
| BN | 127 | 997 | 1 | 0 | SI | 130,34 |
| CN | 127 | 997 | 2 | 0 | SI | 128,87 |

De los resultados que se indica en Tabla 5.7, el equipo registra un total de 997 muestras de valores de voltaje (rms), no existiendo valores que superen el límite del $+8\%$ con respecto a la ecuación 4.2 de capítulo 4, sin embargo se registra valores inferiores al -8% en las tres fases, existe un evento que involucra a las tres fases, registrado el 8 de enero de 2019 con valores de 64,67 V corresponde a la

fase A, 60,99 V corresponde a la fase B y con un valor de 57,36 V de la fase C, estos tres valores se registran a las 9:13:07, la fase C muestra otro valor de 93,78 V sucedido el 4 de enero a las 7:13:07.

Sin embargo se concluye que el nivel de voltaje registrado en este punto de conexión (Laboratorio de máquinas) se encuentra dentro de los límites, debido a que más del 95% de los valores registrados no superan el límite de $\pm 8\%$ del voltaje nominal.

Tabla 5.8: Análisis de los cambios bruscos de voltaje.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis de cambios bruscos de voltaje registrados. | | | | | | |
|---|---------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------|
| Fase-neutro | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores menores al 5% | Valores mayores al 5% | Cumple la normativa 95% | Promedio |
| AN | 127 | 997 | 2 | 0 | SI | 129,65 |
| BN | 127 | 997 | 2 | 4 | SI | 130,34 |
| CN | 127 | 997 | 3 | 0 | SI | 128,87 |

Durante el tiempo de medición se registraron un total de cuatro subidas bruscas de voltaje y siete descensos de voltaje, los más significativos se indica en la Tabla 5.9, con valores de 64,67 V registrado en la fase A, 64,67 V en la fase B, mientras que en la fase C existe dos valores 57,36 V y 93,78 V, el resto de valores registrados están entre 134,2 V y 115 V.

Los picos de voltajes registrados, son causados por encendido y apagado de motores existentes en el laboratorio.

b. Gráficos del comportamiento del voltaje.

En la Figura 5.2, se ilustra los valores registrados del voltaje máximo de la fase (AN, BN, CN) durante el intervalo medición, donde los valores de color negro corresponden a la fase A, de color rojo corresponde a la fase B y los de color azul corresponden a la fase C. La línea de color rosa representa el límite de $+8\%$ del voltaje nominal. Al observar la Figura 5.2, se afirma los valores indicados en Tabla 5.7.

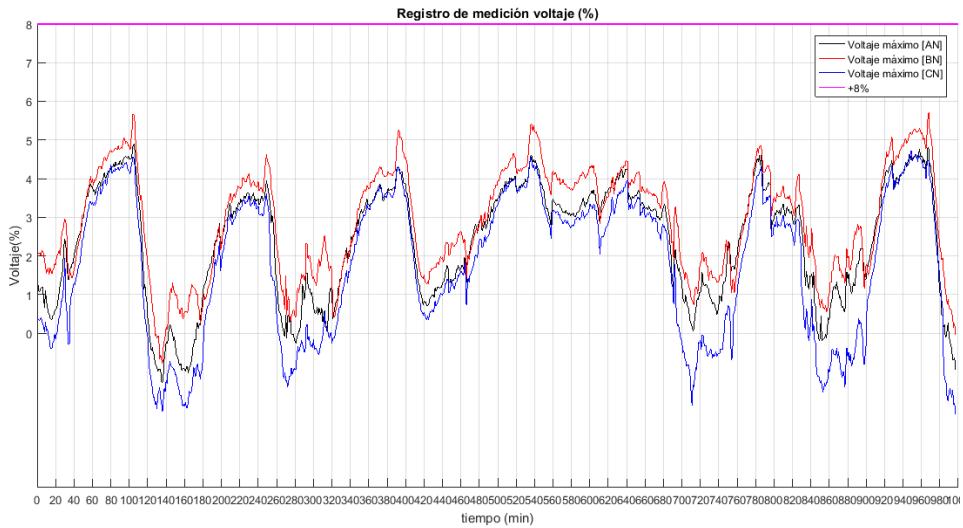


Figura 5.2: Nivel máximo de voltaje en las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5.3, se ilustra los valores registrados de voltaje mínimo de la fase (A, B, C). La línea de color rosa representa el límite de -8%, mediante la Figura 5.3, se observa claramente los descensos bruscos de voltaje.

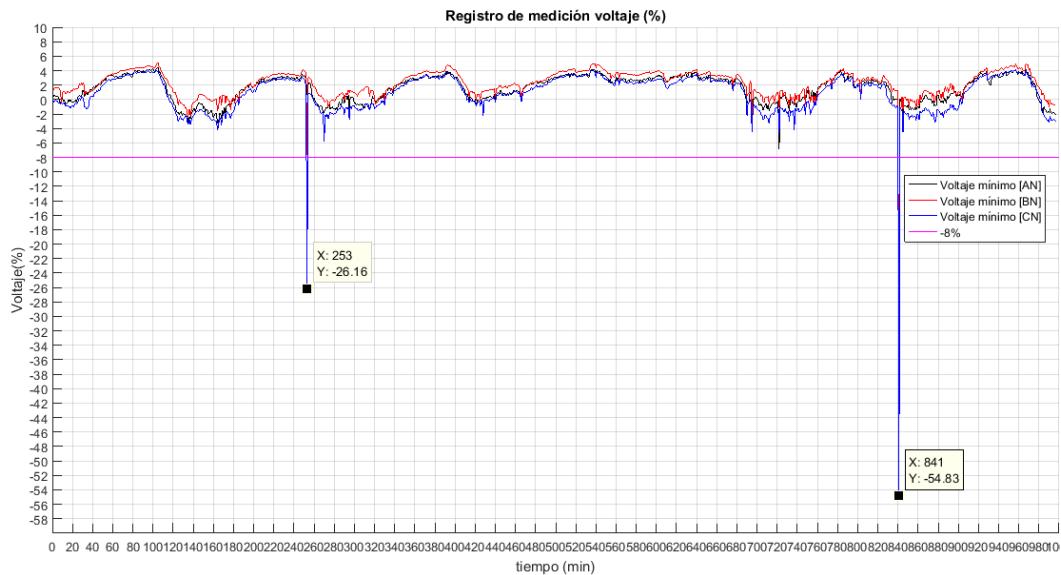


Figura 5.3: Nivel mínimo de voltaje de las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.



5.6.2 Corriente.

En la Tabla 5.9, se observa los valores instantáneos correspondientes a la corriente de valores máximo, medio y mínimo (rms) más significativos de las tres fases registradas por el equipo durante el tiempo de medición.

Tabla 5.9: Registro de corriente de las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

| | Corriente mínimos [A] | | | | Corriente medio [A] | | | | Corriente máximo [A] | | | |
|-------|-----------------------|------|------|------|---------------------|--------|------|------|----------------------|------|------|------|
| | L1 | L2 | L3 | LN | L1 | L2 | L3 | LN | L1 | L2 | L3 | LN |
| MIN. | 0,1 | 0,3 | 2,4 | 0,9 | 0,3 | 0,5 | 2,4 | 1,2 | 0,7 | 0,9 | 2,7 | 1,5 |
| MÁX. | 4,9 | 9,6 | 18,5 | 13,5 | 6276,7 | 6276,7 | 18,8 | 14,1 | 23,6 | 23,2 | 50,2 | 38,3 |
| PROM. | 0,65 | 1,57 | 5,84 | 3,45 | 19,75 | 58,42 | 6,15 | 3,88 | 1,70 | 2,44 | 6,68 | 4,50 |

a. Resultados de la variación de la corriente.

Como se puede observar en la Tabla 5.9, la máxima corriente registrada es de 50,2 A, en la fase B sucedido el 4 de enero de 2019 a las 10:03:07. También se observan valores de 6276,7 A, en la fase A y B que corresponde al valor medio de la medición, se asume que estos valores son errores de medición obtenidas por el equipo, si estos valores se tratan de un cortocircuito el voltaje debería de decrecer lo cual no es así, el voltaje se mantiene con un valor de 128,75 V sucedido el 4 de enero de 2019 a las 8:53:07.

b. Gráficos del comportamiento de la corriente.

En la Figura 5.4, se observa los valores registrados de la corriente máxima por cada fase (A, B, C) durante el periodo de medición, donde existe actividad académica se puede observar la variación de la corriente y donde la corriente está estable representa el horario de la noche, madrugada y el fin de semana.

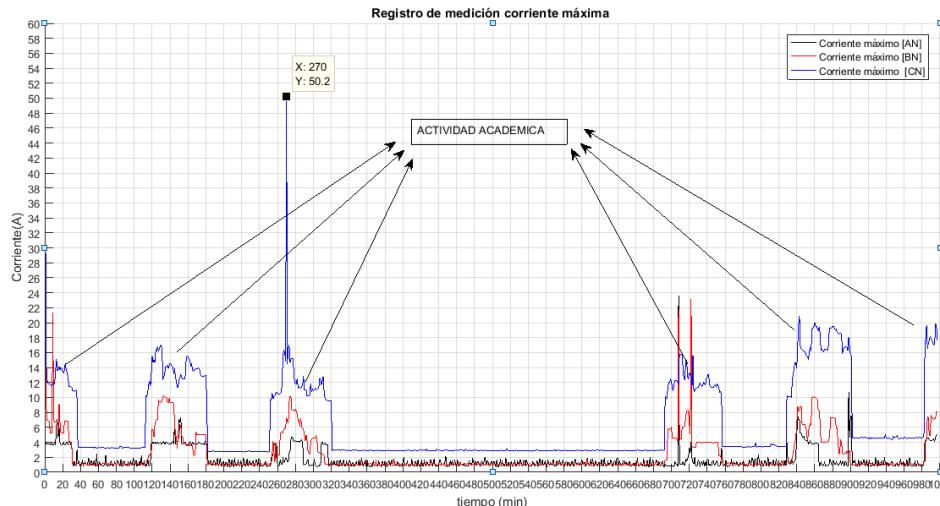


Figura 5.4: Registro de corriente máxima de las fases (AN, BN, CN).

Fuente: Elaboración propia.

5.6.3 Análisis de frecuencia.

Para el registro de frecuencia se efectúa con un intervalo de 10 minutos y para la evaluación se procede con las recomendaciones de las siguientes publicaciones.

- Norma EN50160.
- Estándar IEEE 1100.
- Norma técnica colombiana NTC 1340 (2004-08-25) regulación CREG 025/95.

La frecuencia nominal del voltaje suministrada debe ser 60 Hz, el rango de variación será entre los 59,4 Hz y 60,6 Hz en condiciones de operación normales, mientras que en condiciones de emergencia o falla la frecuencia puede oscilar entre 56,4 Hz y 62,4 Hz, como se indica en la Tabla 5.10.

Tabla 5.10: Límites de variación de frecuencia.

Fuente: Elaboración propia.

| | Tolerancia de la frecuencia | Norma |
|---------|-----------------------------|--|
| Normal | ±1% | Norma EN50160 IEEE 16000-430 IEEE 1100 |
| Crítica | -6%:+4% | Norma EN50160 |

a. Resultados del análisis de la frecuencia.

En la Tabla 5.11, se indican los valores instantáneos correspondientes a la frecuencia en el nivel máximo, mínimo y promedio más significativos registrados.

Tabla 5.11: Registro total de los valores de la frecuencia.

Fuente: Elaboración propia.

| | Frecuencia [Hz] | | |
|--------------|--------------------|-------|--------|
| | Total (L1, L2, L3) | | |
| | Mínima | Media | Máxima |
| MIN. | 59,83 | 59,97 | 60,03 |
| MÁX. | 59,98 | 60,06 | 60,17 |
| PROM. | 59,94 | 60,00 | 60,06 |

La Tabla 5.12, se elabora a partir del total de los valores registrados durante la medición, se tiene como límite $\pm 1\%$ en condiciones normales, para condiciones críticas la frecuencia debe estar entre el -6% por encima y por debajo del $+4\%$ de la nominal (60 Hz). Por lo tanto, del total de los valores registrados el 95% de estos registros deben estar dentro de los límites.

Tabla 5.12: Evaluación de los registros de la frecuencia.

Fuente: Elaboración propia.

| | Análisis de Frecuencia, del total de los valores registrados [Hz] | | | | | | | | |
|---------------|---|------------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|
| | Frecuencia nominal (Hz) | Total de valores registrados | Valores menores al -1% | Valores mayores al 1% | Cumple la normativa 95% | Valores menores al -6% | Valores mayores al 4% | Cumple la normativa 95% | Promedio medio |
| Mínimo | 60 | 997 | 0 | 0 | SI | 0 | 0 | SI | 59,94 |
| Máximo | 60 | 997 | 0 | 0 | SI | 0 | 0 | SI | 60,06 |

A partir de los resultados expuestos en la Tabla 5.13, se concluye que la frecuencia en este punto de medición cumple lo establecido por la normativa.

b. Gráfico del comportamiento de la frecuencia.

En la Figura 5.5, se ilustra el comportamiento de la frecuencia total máxima, media y mínima representada por los colores negro, rojo, azul respectivamente, las líneas de color rosa que indican el límite $\pm 1\%$ en condiciones normales, y la de color azul corresponde a condiciones críticas de -6% por encima y por debajo del

+4% de la nominal (60 Hz). Por medio de la Figura 5.5, se afirma los valores indicados en la Tabla 5.12.

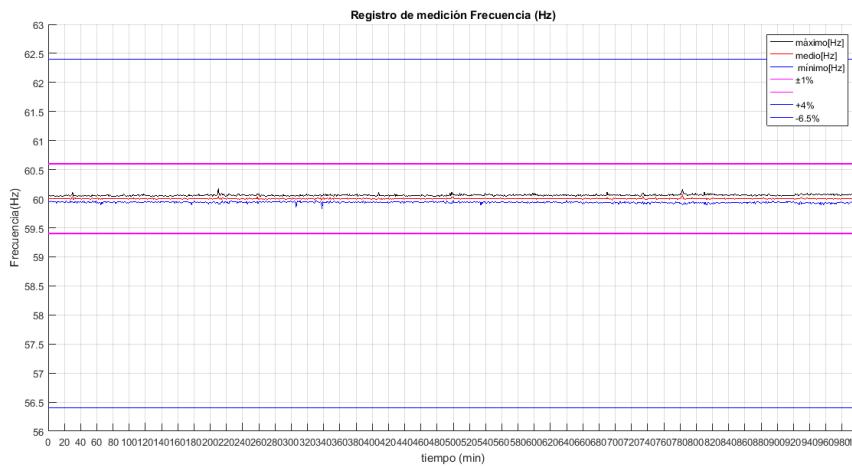


Figura 5.5 Registro de la frecuencia (Hz) máxima, media y mínima.

Fuente: Elaboración propia.

5.6.4 Análisis de desequilibrio de voltaje.

El desbalance de voltaje se mide como el cociente entre el voltaje de secuencia negativa dividido para el voltaje de secuencia positiva $\left| \frac{V^-}{V^+} \right|$ y debe permanecer por debajo del 2%. Para la evaluación del parámetro de desequilibrio de voltaje en el sistema, se utiliza la recomendación de las publicaciones siguientes.

- Regulación ARCONEL-053/18.
- Norma EN 50260 -2004.
- Standard IEC 16000-2-12.
- Norma IEEE Standard 11959 de 1995.

La regulación ARCONEL-053/18 establece que en condiciones normales de operación el 95 % de los valores registrados deben ser menores o iguales al 2% con intervalos de 10 minutos.

**Tabla 5.13:** Límites de desequilibrio de Voltaje.**Fuente:** Elaboración propia.

| Rango de voltaje | Intervalo de observación | Valor de referencia | Percentil |
|-------------------|--------------------------|---------------------|-----------|
| Vn ≤ 69 kV | Semana | 2,0% | 95% |

Utilizando la ecuación 5.1, se evalúa el parámetro de desequilibrio de voltaje en el punto de medición.

$$\text{Desequilibrio de Voltaje} = \left| \frac{V^-}{V^+} \right| * 100\% \quad (5.1)$$

a. Resultados del análisis del desequilibrio de voltaje.

En la Tabla 5.14, se observa los valores instantáneos correspondientes al desequilibrio de voltaje en los niveles máximos, mínimos y promedios más significativos, que fueron registrados.

Tabla 5.14. Valores límites de desequilibrio de voltaje (%).**Fuente:** Elaboración propia.

| Registro | Desequilibrio Voltaje | | | Cumple ARCONEL [2%] | | |
|--------------|-----------------------|-------|--------|---------------------|-------|--------|
| | Mínimo | Medio | Máximo | Mínimo | Medio | Máximo |
| MIN. | 0,01 | 0,16 | 0,26 | SI | SI | SI |
| MÁX. | 0,77 | 0,85 | 14,64 | SI | SI | NO |
| PROM. | 0,303 | 0,410 | 0,617 | SI | SI | SI |

La Tabla 5.15, se elabora a partir del total de los valores registrados durante la medición y se evalúa el incumplimiento de valores que sean superiores al 2% como se lo indica en la Tabla 5.13.

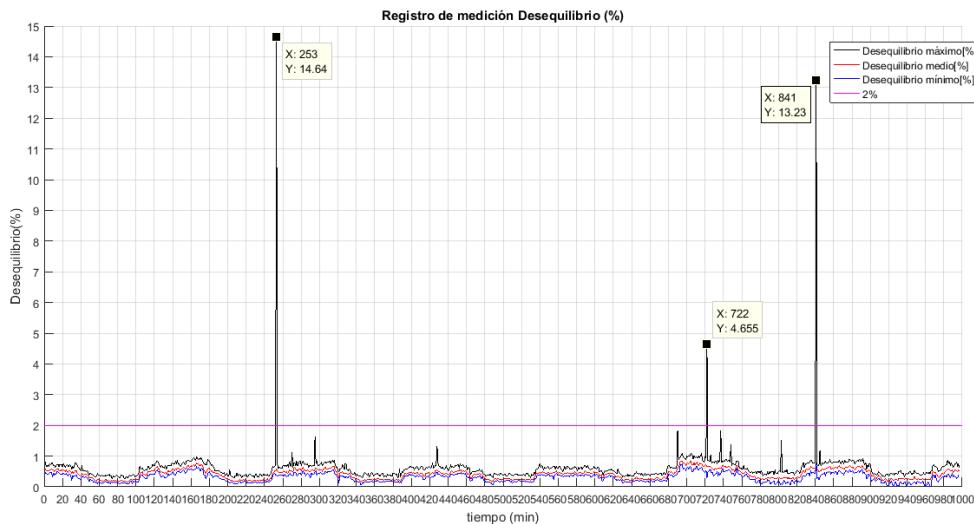
Tabla 5.15: Evaluación de los valores de desequilibrio voltaje.**Fuente:** Elaboración propia.

| Análisis de desequilibrio total de los valores registrados | | | | | |
|--|---------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores mayores al 2% | Cumple la normativa 95% | Promedio [%] |
| MIN. | 127 | 997 | 0 | SI | 0,303 |
| MÁX. | 127 | 997 | 3 | SI | 0,410 |
| MEDIO. | 127 | 997 | 0 | SI | 0,617 |

Al analizar los resultados obtenidos de la medición, se observa en la Tabla 5.15, que tres valores de las 997 superan el límite, con valores de 14,64%, 13,23% y con 4,65%, de estos tres valores el más significativo se registró el 4 de enero de 2019 a las 7:13:07. Por lo tanto, como existen más del 95% de valores que son inferiores al límite del 2% se cumple lo expuesto en la Tabla 5.15.

b. Gráfico del comportamiento de desequilibrio.

En la Figura 5.6, se observa el intervalo de medición de desequilibrio de voltaje máximo, medio, mínimo representado por los colores negro, rojo, azul respectivamente y por medio de la Figura 5.6, se ratifica los valores expuestos en la Tabla 5.16.

**Figura 5.6:** Valores registrados desequilibrio.**Fuente:** Elaboración propia.

5.6.5 Análisis de dip y swell.

Para la evaluación del parámetro dip y swell de voltaje se emplea la recomendación de la siguiente publicación.

- Estándar IEEE 1159.

En la regulación ARCONEL no se trata sobre el límite aceptable del evento dip y swell. En la Tabla 5.16, se indica los límites que establece el estándar IEEE 1159 del evento dip y swell en tres categorías, variación de corta duración, momentáneo y variación de larga duración.

Tabla 5.16: Límites del evento dip y swell según el tiempo de duración.

Fuente: Elaboración propia basada en IEEE Std 1159-1995 [8].

| Categorías | Duración Típica | Magnitud típica del voltaje. |
|---------------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Variaciones de corta duración | | |
| Instantáneo. | | |
| Huecos | 0.5 -30 ciclos | 0.1 – 0.9 p.u |
| Salto de voltaje (swell). | 0.5 -30 ciclos | 1.1 – 1.4 p.u |
| Momentáneo. | | |
| Interrupción | 0.5 ciclos – 3 segundos | < 0.1 p.u |
| Hueco. | 30 ciclos – 3 segundos | 0.1 – 0.9 p.u |
| Salto de voltaje (swell). | 30 ciclos -3 segundos | 1.1 – 1.4 p.u |
| Variaciones de larga duración. | | |
| Interrupción | > 1 minuto | 0.0 p.u |
| Subvoltaje | > 1 minuto | 0.8 – 0.9 p.u |
| Sobrevoltaje. | > 1 minuto | 1.1 – 1.2 p.u |

Para la evaluación de los eventos dip y swell en el punto de conexión, se utiliza como base la curva CBEMA (computer and business equipment manufacturers association) y la curva ITC (information technology industry council).

a. Resultado del análisis de los eventos dip y swell.

Las curvas se basan en la representación de voltaje (porcentaje de voltaje nominal de alimentación) y de la duración del incidente, además definen un margen dentro

del cual los equipos de tecnología de la información podrían seguir funcionando sin interrupciones ni pérdidas de datos.

Conforme a la Figura 5.7, y de acuerdo a la curva CBEMA se presentaron seis eventos de los cuales cuatro de ellos se encuentran dentro de los límites de tolerancia y dos de ellos representan huecos de voltaje (dip) que podría causar riesgos en el funcionamiento de los equipos electrónicos.

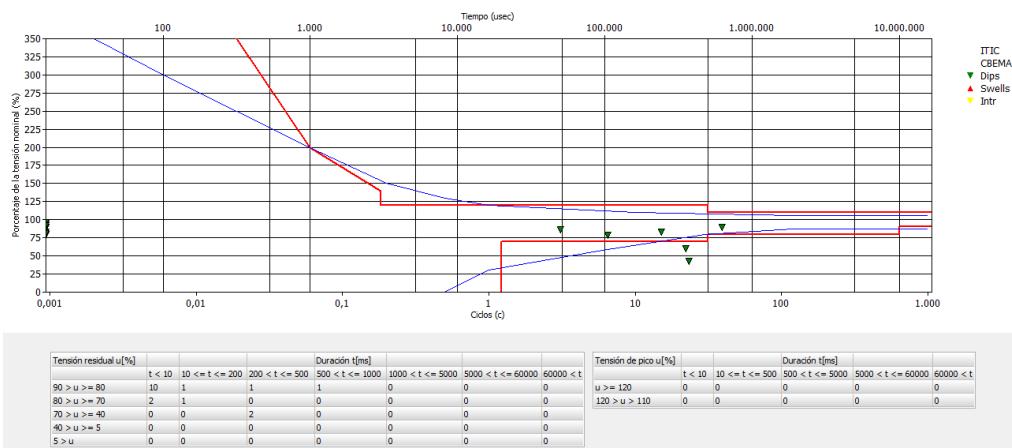


Figura 5.7 Registros de eventos dip y swell (curva de CBEMA)

Fuente: Elaboración propia a partir de “Power Log 5.6” .

Partiendo de la Figura 5.7, y de los registros obtenidos de la medición se realiza la Tabla 5.17.

Tabla 5.17: Huecos de voltaje (dip) peligrosos para el equipo eléctrico registradas en la medición.

Fuente: Elaboración propia.

| | Evento 1 | | |
|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | AN | BN | CN |
| Duración (ms) | 200< t <= 500 | 200< t <= 500 | 200< t <= 500 |
| Dip u(%) | 70>u>=40 | 70>u>=40 | 70>u>=40 |
| Voltaje (V) | 64,67 | 60,99 | 57,36 |
| Registro | 08/01/2019 9:13:07 | 08/01/2019 9:13:07 | 08/01/2019 9:13:07 |
| | Evento 2 | | |
| Duración (ms) | 200< t <= 500 | 200< t <= 500 | 200< t <= 500 |
| Dip u(%) | 70>u>=40 | 70>u>=40 | 70>u>=40 |
| Voltaje (V) | 127,89 | 117,3 | 93,78 |
| | 04/01/2019 7:13:07 | 04/01/2019 7:13:07 | 04/01/2019 7:13:07 |

Durante el periodo de la medición se registraron 6 eventos dip, que se lo visualiza en la Figura 5.7, dos de ellos se registran fuera del límite de la curva CBEMA, que representa peligro para el funcionamiento de los equipos de electrónicos, los eventos registrados se evalúan en la Tabla 5.17. Se concluye que los eventos registrados tienen duración instantánea.

5.6.6 Análisis del flicker.

La severidad del parpadeo (flicker) se expresa en términos de índice denominado Pst para períodos de tiempo corto, y Plt para períodos de tiempo extenso. Para la evaluación del flicker en el sistema eléctrico, se emplea las recomendaciones de la Tabla 5.18.

Tabla 5.18. Valores límites Pst y Plt.

Fuente: Elaboración propia.

| Rango de voltaje | | $V_n \leq 69 \text{ kV}$ | |
|------------------|---------------------------|--------------------------|---|
| | | Valor de referencia | Normativa |
| Pst | | $\leq 1 \text{ p. u.}$ | ARCONRL 053/18 IEC 61000-4-15 2003 EN 50160 |
| Plt | $\leq 1 \text{ p. u.}$ | | EN 50160 |
| | $\leq 0.65 \text{ p. u.}$ | | IEC 61000-33 (1995) |

a. Resultados del análisis del flicker:

En la Tabla 5.19, se indica los valores más significativos registrados en las tres fases con valores máximos, mínimos y promedio del total, de los eventos de Pst y Plt.

Tabla 5.19 Registro de valores Pst y Plt para cada fase.

Fuente: Elaboración propia.

| | Ítem | Valor flicker [Pst] | | | Valor flicker [Plt] | | |
|-------------|------|---------------------|---------|---------|---------------------|---------|---------|
| | | L1 [AN] | L2 [BN] | L3 [CN] | L1 [AN] | L2 [BN] | L3 [CN] |
| MIN. | 1 | 0,06 | 0,04 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| MÁX. | 1 | 6,34 | 7,09 | 7,37 | 2,77 | 3,10 | 3,23 |
| | 2 | 2,32 | 2,85 | 4,76 | 1,02 | 1,25 | 2,08 |
| | 3 | 1,09 | 0,78 | 1,50 | 1,02 | 1,25 | 2,08 |
| PROM | 1 | 0,21 | 0,15 | 0,26 | 0,26 | 0,21 | 0,32 |

Con los registros totales obtenidos de la medición se procede en la Tabla 5.20, a evaluar los valores Pst y Plt, de acuerdo con lo que se establece en la Tabla 5.18, donde se especifica el valor límite que no debe ser superado.

Tabla 5.20: Evaluación de los valores totales del evento Pst y Plt.

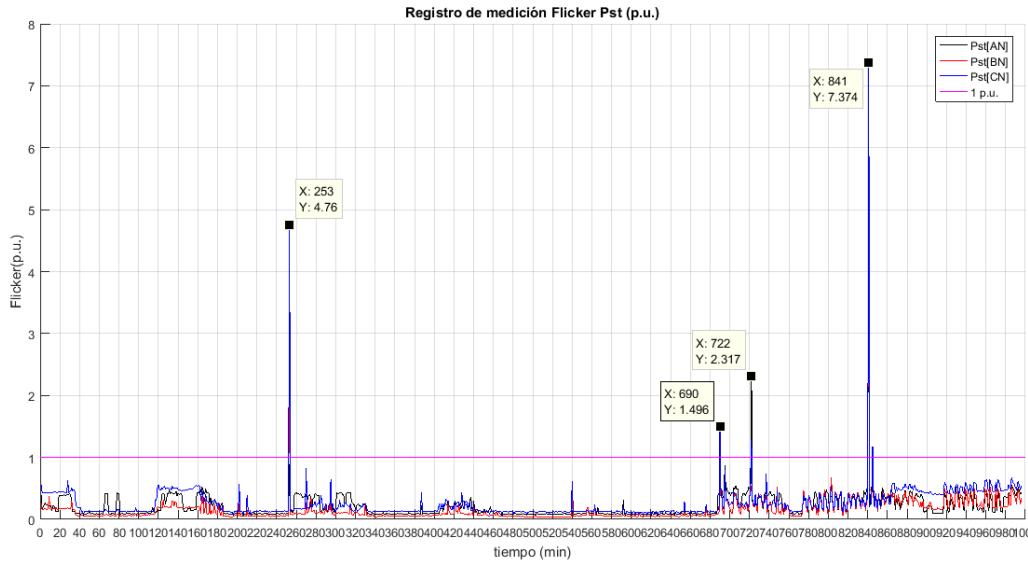
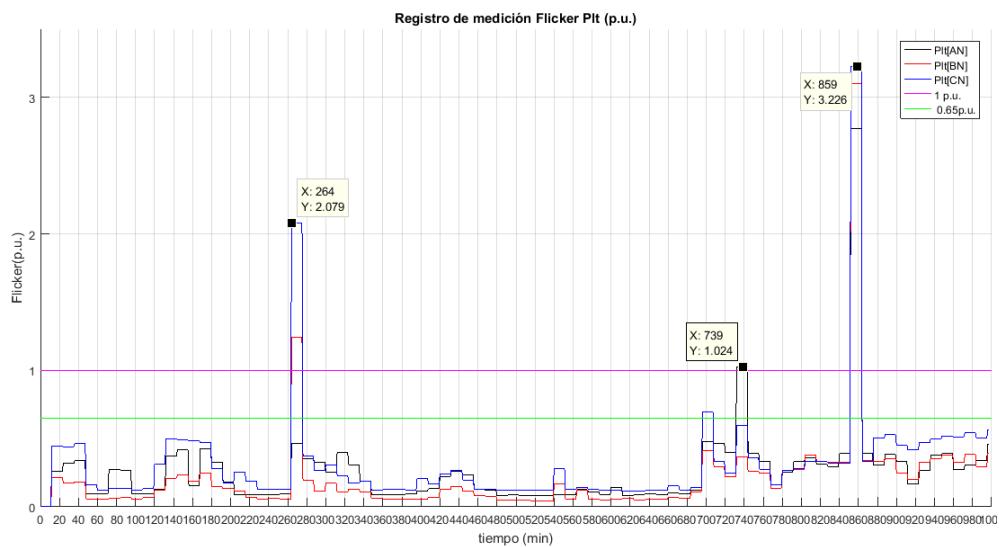
Fuente: Elaboración propia.

| Fase-neutro | Análisis de Pst y Plt del total de los valores registrados | | | | | | |
|-------------|--|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| | Pst | | | Plt | | | |
| | Total de valores registrados | Valores mayores al 1.p.u | Cumple la normativa 95% | Valores mayores al 1.p.u | Cumple la normativa 95% | Valores mayores al 0,65.p.u | Cumple la normativa 95% |
| AN | 997 | 3 | SI | 24 | SI | 24 | SI |
| BN | 997 | 2 | SI | 24 | SI | 24 | SI |
| CN | 997 | 5 | SI | 24 | SI | 36 | SI |

Registrando un total de tres eventos para la fase A, dos eventos para la fase B y cinco eventos en la fase C correspondientes al evento de corta duración (Pst). Los eventos más significativos son 7.3 p.u registrado el 8 de enero de 2019 a las 9:13:07, el segundo valor es 4.7 p.u registrado el 4 de enero de 2019 a las 7:13:07, el tercer valor es de 2,3 p.u registrado el 7 de enero de 2019 a las 13:23:07 los valores mencionados corresponde a la fase C.

Para el análisis del evento de larga duración (Plt) se evalúa mediante el límite que establece la norma EN-50160 ($Plt \leq 1p.u.$). Registrando un total de 24 eventos en las tres fases (A, B, C). Los eventos más significativos son 3.22 p.u registrado el 8 de enero de 2019 a las 11:03:07, el segundo valor es 2.07 p.u registrado el 4 de enero de 2019 a las 9:03:07, correspondientes a la fase C y el tercer valor es de 1,02 p.u registrado el 7 de enero de 2019 a las 15:03:07 en la fase A.

Sin embargo del total de los eventos Pst y Plt existen una cantidad superior al 95%, eso quiere decir que los parámetros Pst y Plt cumplen lo dispuesto por la regulación ARCONEL y la norma EN-50160. Para confirmar los valores se observa la Figura 5.8, correspondiente al evento de corta duración y la Figura 5.9, corresponde al evento de larga duración.

**Figura 5.8** Registro de medición del flicker Pst de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.**Figura 5.9** Registro de medición del flicker Plt de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.

5.6.7 Análisis de los armónicos de voltaje.

Para la evaluación del armónico en el sistema, se toma en consideración la recomendación de las siguientes publicaciones.



- Norma IEC 61000-415 del 2003.
- Regulación ARCONEL -053/18.

La regulación ARCONEL-053/18 establece la obligatoriedad a empresas de servicio y del usuario de cumplir con las exigencias.

Tabla 5.21: Límites máximos de armónicos de voltaje (%).

Fuente: Elaboración propia basada en ARCONEL 005/18.

| Nivel de voltaje | Armónica individual (%) | THD (%) |
|------------------------|-------------------------|---------|
| Bajo Voltaje | 5.0 | 8.0 |
| Medio Voltaje | 3.0 | 5.0 |
| Alto Voltaje (Grupo 1) | 1.5 | 2.5 |
| Alto Voltaje (Grupo 2) | 1.0 | 1.5 |

a. Resultado del análisis de armónica de voltaje THDV según la regulación ARCONEL-053/18

En la Tabla 5.23, se indica los valores instantáneos correspondiente al armónico de voltaje THDV, donde se expone lo valores máximo, mínimo y medio más significativos de cada una de las fases.

Tabla 5.22. Registro de voltaje armónico THDV de las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

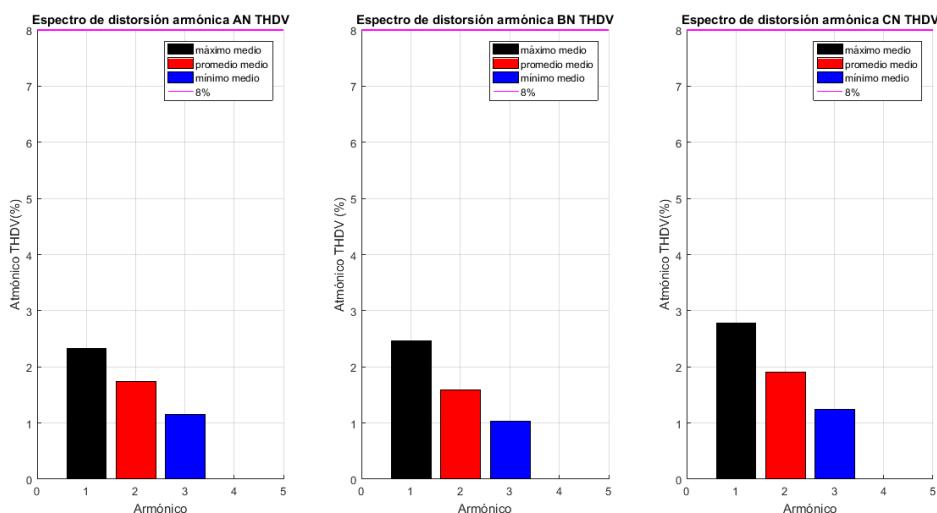
| THDV | Valores THDV mínimo [%] | | | Valores THDV medio [%] | | | Valores THDV máximo [%] | | |
|-------------|-------------------------|------|---------|------------------------|------|------|-------------------------|------|------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 |
| MIN | 1,07 | 0,98 | 2,65 | 1,14 | 1,02 | 1,23 | 1,21 | 1,06 | 1,42 |
| MÁX | 2,18 | 2,45 | 1,77054 | 2,32 | 2,45 | 2,77 | 5,11 | 4,24 | 5,03 |
| PROM | 1,61 | 1,58 | 1,77 | 1,73 | 1,58 | 1,90 | 1,84 | 1,68 | 2,01 |

En la Tabla 5.23, se realiza la evaluación de los armónicos THDV de los 50 armónicos, los valores registrados no deben sobre pasar el valor del 8% que es el límite que establece la regulación ARCONEL por fase. Los valores obtenidos por el equipo son en porcentaje.

Tabla 5.23. Evaluación de los armónicos TDHV.**Fuente:** Elaboración propia.

| Análisis de armónico TDHV [%] del total de los valores registrados | | | | |
|--|------------------------------|-----------------------------|------------------------|----------------|
| TDHV | Total de valores registrados | Valores medio mayores al 8% | Cumple la normativa 8% | Promedio medio |
| AN | 997 | 0 | SI | 1,73 |
| BN | 997 | 0 | SI | 1,58 |
| CN | 997 | 0 | SI | 1,90 |

Con los resultados que se indica en la Tabla 5.24, se observa que no existen registros que superen el límite del 8%, por lo tanto el armónico THDV se encuentra dentro del límite en este punto de medición. Para confirmar los valores de la Tabla 5.23, en la Figura 5.10, se expone el total de los valores registrados. La barra de color negro corresponde al valor promedio medio máximo, el color rojo al valor promedio medio y el de color azul al valor promedio medio mínimo, así mismo la línea de color rosa representa el límite del 8%.

**Figura 5.10:** Espectro de distorsión armónica THDV de cada una de las fases.**Fuente:** Elaboración propia.

b. Resultado de las mediciones de los armónicos individuales de voltaje según la regulación ARCONEL-053/18.

La regulación ARCONEL establece el límite de 5% para los armónicos individuales de voltaje. La Figura 5.11, indica los valores del espectro armónico individual de voltaje, de orden 2 hasta el 50, la línea de color rosa representa el límite de 5%, concluyendo que los armónicos individuales se encuentran dentro del rango. Además se observa en la Figura 5.11, que el armónico de orden 5 es de mayor porcentaje registrado en las tres fases con valores de 1,35% fase A, 1,22% fase B y de 1,44 fase C.

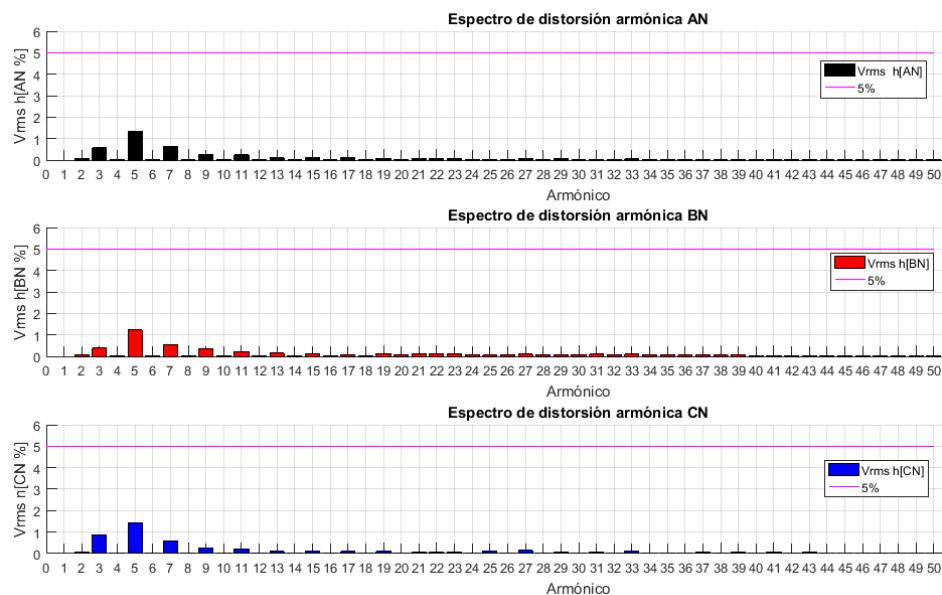


Figura 5.11. Espectro de distorsión armónica de voltaje individual fase (A, B, C).

Fuente: Elaboración propia.

5.6.8 Análisis de corriente armónica.

La evaluación del armónico en el sistema, se considera la recomendación de las siguientes publicaciones.

- Norma IEEE 519-1992
- Regulación ARCONEL -053/18.

La Regulación ARCONEL-053/18 acoge la norma IEEE 519, donde se establece los rangos de distorsión armónica de corriente individual indicados en la Tabla 5.24.

Tabla 5.24. Límites máximos de armónicos de voltaje (%).

Fuente: Elaboración propia basada en ARCONEL 005/18.

| Límites de corriente armónica para carga no lineal en el punto común de acoplamiento con otras cargas, para voltajes entre 120-6900V. | | | | | | |
|--|-----|---------|---------|---------|------|-----|
| Máxima distorsión impar de la corriente, en % del armónico fundamental. | | | | | | |
| Relación ISC/IL | <11 | 11≤h≤17 | 17≤h≤23 | 23≤h≤35 | 35≤h | TDD |
| <20 | 4 | 2 | 1.5 | 0.6 | 0.3 | 5 |
| 20<50 | 7 | 3.5 | 2.5 | 1 | 0.5 | 8 |
| 50<100 | 10 | 4.5 | 4 | 1.5 | 0.7 | 12 |
| 100<1000 | 12 | 5.5 | 5 | 2 | 1 | 15 |
| >1000 | 15 | 7 | 6 | 2.5 | 1.4 | 20 |

a. Cálculo de la corriente de cortocircuito (I_{SC}).

Para determinar el rango de los armónicos individuales de corriente es necesario calcular la relación I_{SC}/I_L correspondiente a este punto de medición.

Para obtener el valor de (I_{SC}) se considera la resistencia del conductor de la matriz y la distancia que recorre desde el punto de donde se energiza. El tablero trifásico principal ubicado en el laboratorio de máquinas se encuentra conectado con doble conductor # 4 AWG de cobre 7 hilos por fase que recorre una distancia de 50 metros.

$$R_{conductor} = 0,000833 \Omega/m) \quad (5.2)$$

$$R_{Total} = R_{conductor} * distancia \quad (5.3)$$

$$R_{Total} = 0,000833 \frac{\Omega}{m} * (50 * 2)m \quad (5.4)$$

$$R_{Total} = 0,08327 \Omega \quad (5.5)$$

El valor de la resistencia total obtenida se remplaza en la ecuación 4.1 de capítulo cuatro para obtener el valor de (I_{SC}).



$$I_{SC} = \frac{Volaje\ nominal}{R_{Total}} \quad (5.6)$$

$$I_{SC} = \frac{127V}{0,08327\ \Omega} = 1525,159\ A \quad (5.7)$$

Durante la medición se obtiene el promedio máximo de corriente que se indica en la Tabla 5.9. La corriente máxima registrada es de 5,84 A correspondiente a la fase C, por lo tanto la relación de las corrientes se presenta de la siguiente manera.

$$SCR = \frac{1525,159\ A}{5,84\ A} \quad (5.8)$$

$$SCR = 261,15 \quad (5.9)$$

Observado la Tabla 5.24, el valor calculado se encuentra dentro del intervalo de 100<1000. Dentro de este intervalo se indica los límites de distorsión armónica a cumplir para cada armónico de corriente individual y total, el número de armónicos registrados durante la medición es de 50. En la Tabla 5.25, se indica los valores más significativos de armónicos de corriente TDHA registrados.

Tabla 5.25 Registro de corriente armónico TDHA.

Fuente: Elaboración propia.

| TDHA | Valores TDHA mínimo [%] | | | Valores TDHA medio [%] | | | Valores TDHA máximo [%] | | |
|------|-------------------------|-------|-------|------------------------|--------|-------|-------------------------|--------|--------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 |
| MIN | 3,64 | 4,25 | 15,83 | 8,75 | 8,12 | 19,09 | 11,1 | 12,16 | 19,52 |
| MÁX | 73,27 | 61,39 | 53,23 | 327,67 | 327,67 | 58,65 | 327,67 | 117,96 | 64,590 |
| PROM | 49,57 | 44,49 | 35,91 | 66,33 | 52,46 | 38,10 | 99,82 | 59,29 | 40,84 |

En Figura 5.12, se indica el espectro de distorsión armónico de corriente THDA de las tres fases, el valor límite es de 15%. Cabe recalcar que para el análisis se evalúa la barra de color rojo de las tres fases (A, B, C). Al observar la Figura 5.12, se concluye que no cumple con lo establecido por la regulación ARCONEL.

En este lugar existen motores que serían los causantes de la presencia de armónicos.

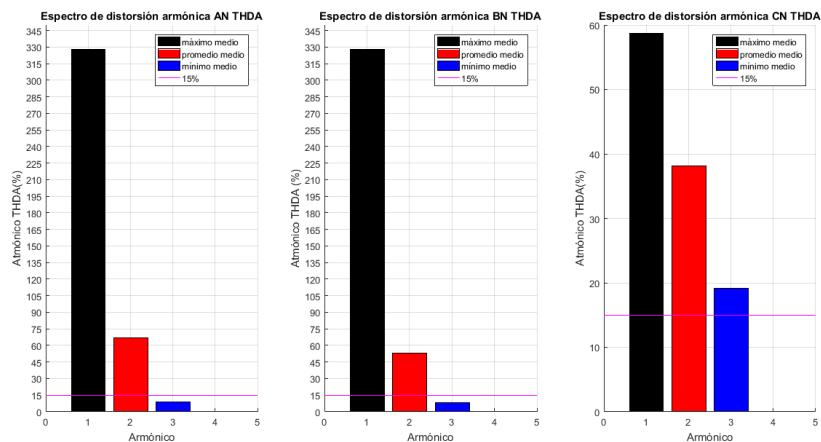


Figura 5.12: Espectro de distorsión armónica de corriente THDA fase (A, B, C).

Fuente: Elaboración propia.

b. Resultado de las mediciones de los armónicos individuales de corriente según la regulación ARCONEL-053/18.

Con los cálculos realizados anteriormente se estableció el rango de los armónicos de corriente individual, para los armónicos menores al orden 11 debe ser inferior al límite 12%, para el intervalo entre $11 \leq h \leq 17$ debe ser inferior al límite 5,5 %, para el intervalo entre $17 \leq h \leq 23$ debe ser inferior al límite 5 %, para el intervalo entre $23 \leq h \leq 35$ debe ser inferior al límite 2 %, para los armónicos mayores a $35 \leq h$ debe ser inferior al límite de 1%, como se indica en la Tabla 5.24

En la Figura 5.13 se ilustra el espectro de distorsión armónico de corriente individual correspondiente a las tres fases.

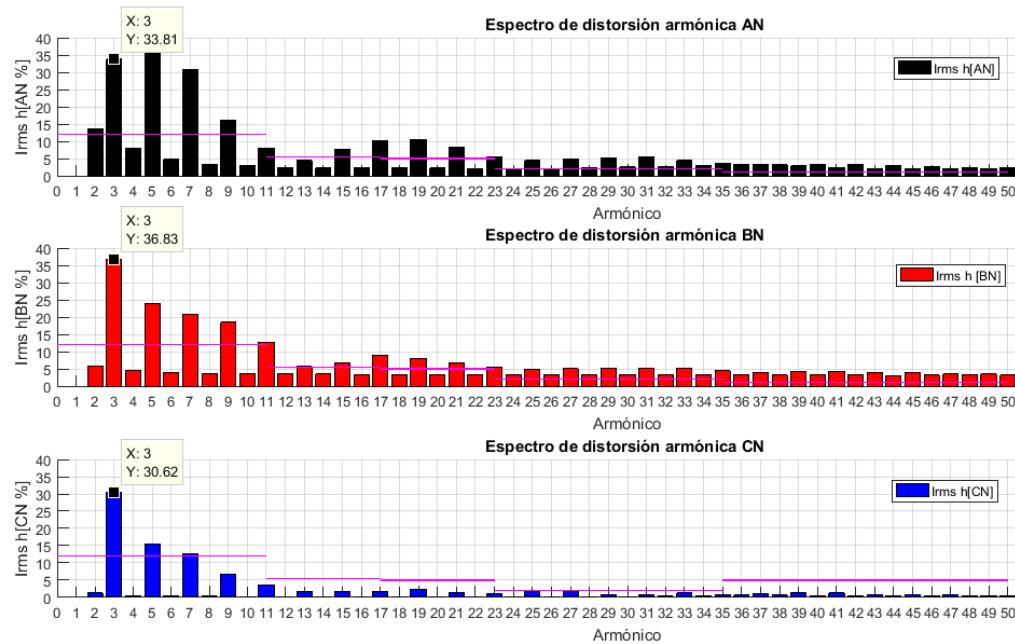


Figura 5.13: Espectro de distorsión armónica de corriente individual fase (A, B, C).

Fuente: Elaboración propia.

Analizando los resultados de la Figura 5.13, se concluye que la fase AN se encuentra fuera de los límites, la línea de color rosa representa el límite del armónico individual.

Los armónicos de color rojo que se visualiza en la Figura 5.13, corresponden a la fase BN con lo que se concluye que no cumple con los límites de la Tabla 5.25.

De igual manera la fase CN representada por las barras de color azul, se afirma que el orden armónico 3, 5 y 7 sobrepasan el límite, concluyendo que de las tres fases, la fase CN se encuentra en mejores condiciones con respecto a la fase A y B.

5.6.9 Análisis de factor de potencia.

Para la evaluación del factor de potencia en el sistema, se considera las recomendaciones de las siguientes publicaciones.

- Norma IEC 61000-415 del 2003.

- Regulación ARCONEL -053/18.

La regulación ARCONEL establece que bajo condiciones normales de operación, el factor de potencia inductivo es de 0,96 p.u, y en condiciones críticas 0,92 p.u. La medición se realiza según lo especificado en la norma EN 50160, y se obtiene los resultados que se indican en la Tabla 5.26.

Tabla 5.26: Registro de datos de factor de potencia.

Fuente: Elaboración propia.

| Valores de factor de potencia valores medio. | | | | |
|--|------|------|------|-----------------|
| | L1 | L2 | L3 | fdp total medio |
| Mín. | 0,07 | 0,37 | 0,8 | 0,52 |
| Máx. | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 327,67 |
| Promedio. | 0,69 | 0,89 | 0,95 | 10,10 |

a. Resultados de los registros del factor de potencia.

En la Tabla 5.27, se indica los resultados de la evaluación del total de los valores registrados, en cuanto al factor de potencia se tiene en consideración que no debe existir más del 5% de los valores inferiores a 0.92 pu.

Tabla 5.27: Evaluación de los registro del factor de potencia.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis del factor de potencia total de los valores registrados | | | | | |
|--|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| fdp | Total de valores registrados | Valores medios menores al 0,92 | Cumple la normativa 95% | Valores máximos menores al 0,92 | Cumple la normativa 95% |
| AN | 349 | 205,0 | NO | 179,0 | NO |
| BN | 349 | 79,0 | NO | 62,0 | NO |
| CN | 349 | 33,0 | SI | 29,0 | SI |
| Total | 349 | 339,0 | NO | 349,0 | NO |

Para la evaluación del factor de potencia se debe tener en cuenta, la sensibilidad de la sonda. Los valores que se indica en la Tabla 5.27 corresponden al total de registros obtenidos durante las horas académicas desde la 7:00 hasta 19:00. En la Figura 5.14, se visualiza claramente que en horas de la noche, madrugada y fin de semana existe la presencia de ruidos causando registros de factor de potencia

erróneo, para confirmar que la señal registrada es ruido se analiza los registros de potencia activa, obteniendo que en esos horarios la potencia es de valor cercano a cero, por lo tanto se afirma que el valor registrado corresponde a ruido.

b. Gráfico de factor de potencia del total de los datos registrados.

En la Figura 5.14 se muestra los registros totales correspondiente a las tres fases de factor de potencia de valores medio, como se observa en Figura 5.14, se indica las horas donde no existe actividad académica, la línea de color rosa indica el límite 1 p.u. y la línea de color verde indica el límite de 0,92 p.u que establece la regulación ARCONEL.

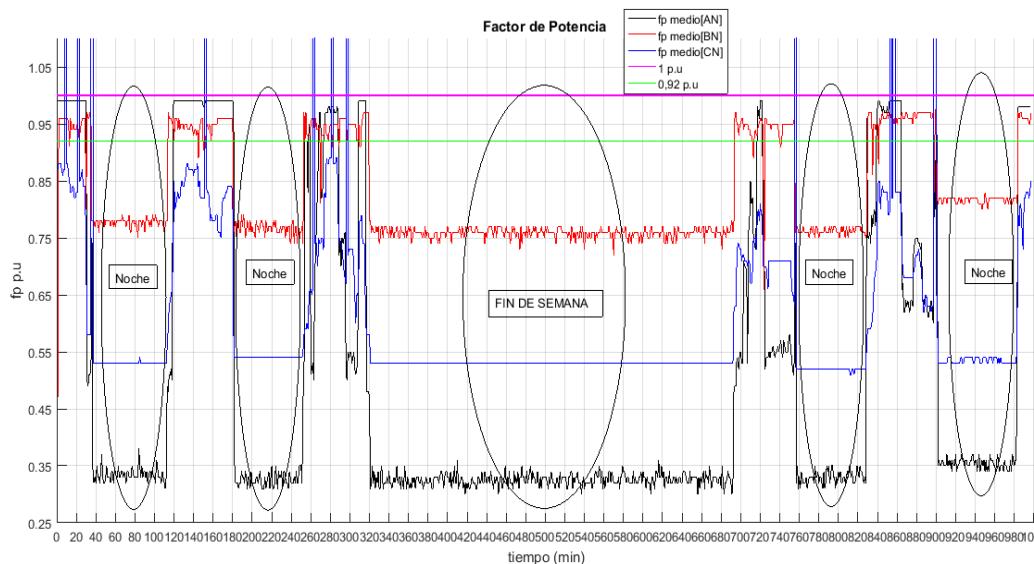


Figura 5.14: Registro en el tiempo de los valores del factor de potencia medio

Fuente: Elaboración propia.

Para graficar la Figura 5.15 se lo realiza con los registros correspondientes a la actividad académica, desde las 7:00 hasta las 19:00 de los días laborables (lunes, martes, miércoles, jueves, viernes), registrando un total de 349 valores.

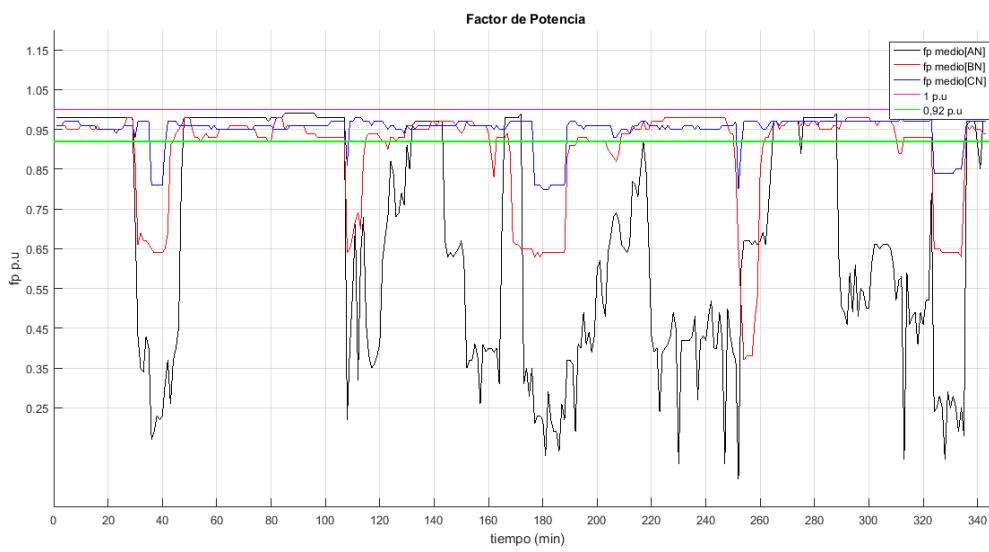


Figura 5.15: Representa los registros de la actividad académica del factor de potencia medio.

Fuente: Elaboración propia.

5.6.10 Resultados de potencia activa, aparente y reactiva.

Tabla 5.28: Registro de valores de potencia activa, reactiva y aparente.

Fuente: Elaboración propia.

| | Potencia Activa kW. | | | Potencia Aparente KVA. | | | Potencia Reactiva KVAR. | | | |
|--------------|---------------------|------|------|------------------------|------|------|-------------------------|-------|------|-------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | Total | L1 | L2 | L3 |
| MIN. | 0,01 | 0,03 | 0,27 | 0,03 | 0,06 | 0,33 | 0,6 | -0,12 | 0,00 | -0,23 |
| MÁX. | 0,71 | 1,19 | 2,28 | 0,73 | 1,25 | 2,36 | 4,71 | 0,17 | 0,26 | 0,10 |
| PROM. | 0,08 | 0,20 | 0,71 | 0,10 | 0,23 | 0,78 | 1,46 | 0,02 | 0,04 | -0,13 |

En las Figuras 5.16, 5.17 y 5.18, de potencia activa, reactiva y aparente, se registra, en los períodos de actividad académica, el consumo de potencia activa estuvo muy similar para las tres fases, se observa también que ocurrió la mayor demanda de potencia activa en la fase C llegando a valores de 2,28 kW. En la noche, madrugada y fin de semana la fase B y C son parecidas pero la fase A varía con menos consumo.

El registro de potencia reactiva se puede ver en la Figura 5.17, donde la fase C de color rojo, tuvo un comportamiento inductivo con valores hasta 0,26 kVAr, la fase B de color negro tuvo un comportamiento inductivo con valores hasta 0,17 kVAr,

en algunos momentos presentó un comportamiento capacitivo con valores de hasta -0,23 kVAr correspondiente a la fase A.

En los períodos de actividad académica la potencia aparente total alcanzó valores hasta 4.41 kVA registrado el 8 de enero de 2019 a las 15:53:07 dando un factor de utilización de:

$$F_u \frac{kVA_{max.}}{kVA_{nom.}} * 100\% = \frac{4,41 \text{ KVA}}{75 \text{ KVA}} * 100 = 5,88\% \quad (5.10)$$

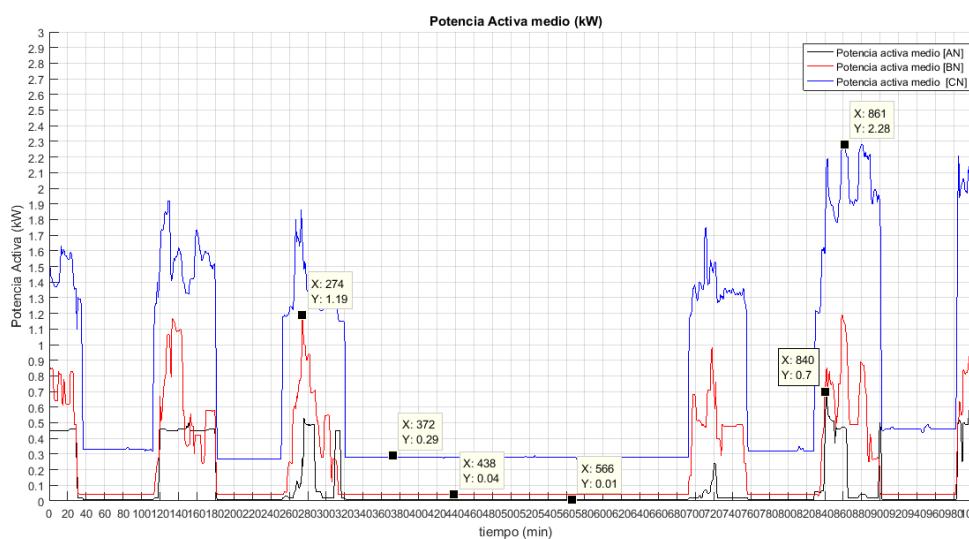


Figura 5.16: Registro de valores medio correspondiente a la potencia activa.

Fuente: Elaboración propia.

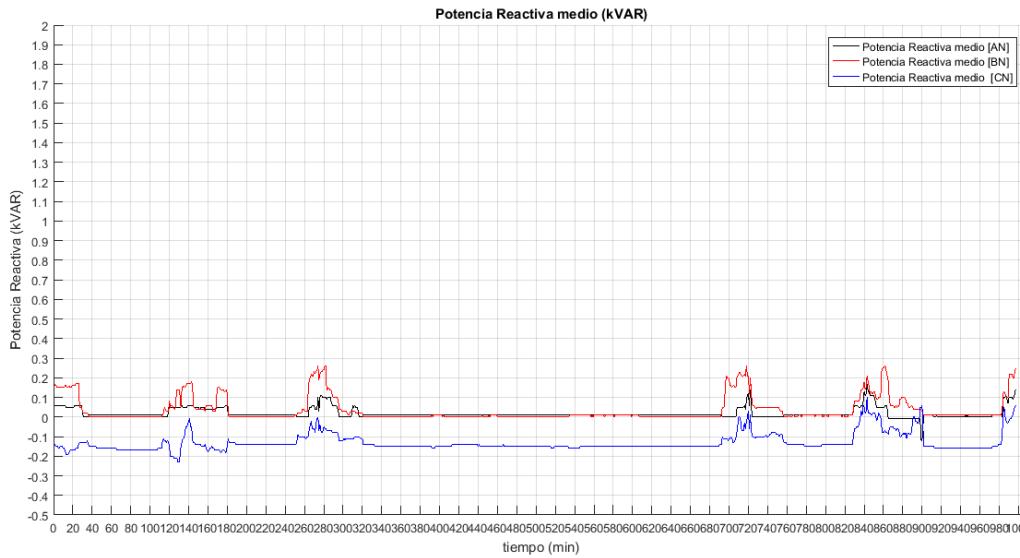


Figura 5.17: Registro de valores medio correspondiente a la potencia reactiva.

Fuente: Elaboración propia.

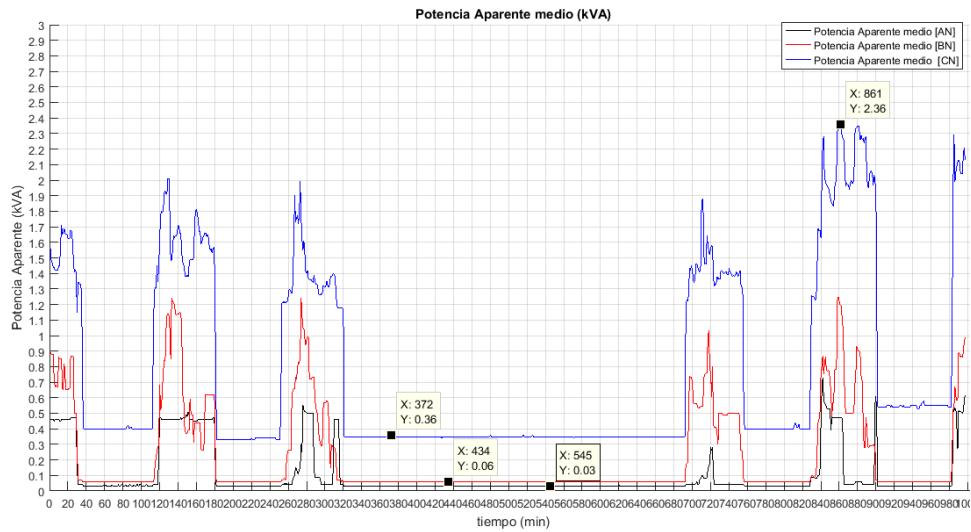


Figura 5.18: Registro de valores medio correspondiente a la potencia aparente.

Fuente: Elaboración propia.

5.6.11 Resultado consumo de energía activa, reactiva y aparente.

En las Tablas 5.29, 5.30, 5.31, y las Figuras 5.19, 5.20, 5.21, se ilustra el consumo de energía diario de las tres fases y total diario de la energía activa, reactiva,

aparente. Observando la Tabla 5.29, de energía activa, existe mayor consumo de energía en la fase C, con respecto a la fase A y B.

Tabla 5.29 y Figura 5.19: Registro de energía activa diario.

Fuente: Elaboración propia.

| Días | Energía Activa (KW) | | | |
|-----------|---------------------|---------|---------|--------------|
| | Fase AN | Fase BN | Fase CN | Total diario |
| Miércoles | 2,28 | 3,74 | 10,13 | 16,15 |
| Jueves | 4,81 | 7,44 | 21,33 | 33,58 |
| Viernes | 1,99 | 5,65 | 18,55 | 26,19 |
| Sábado | 0,24 | 0,92 | 6,62 | 7,78 |
| Domingo | 0,24 | 0,93 | 6,92 | 8,09 |
| Lunes | 0,57 | 5,81 | 18,32 | 24,7 |
| Martes | 2,69 | 7,18 | 27,64 | 37,51 |
| Miércoles | 0,77 | 1,93 | 8,6 | 11,3 |
| | | | Total | 165,3 |

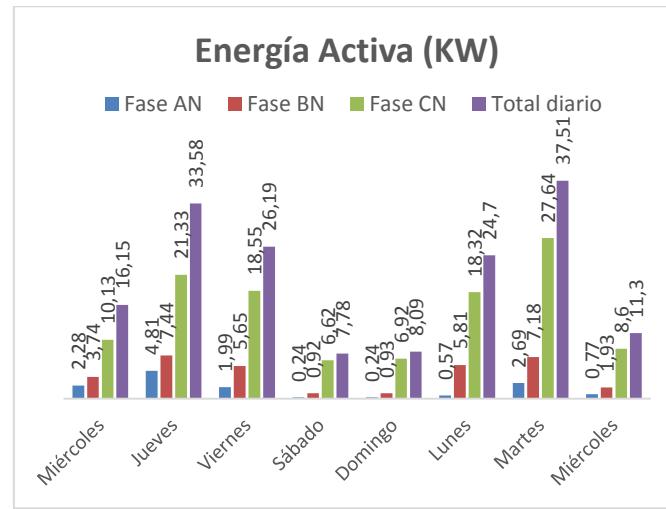


Tabla 5.30 y Figura 5.20: Registro de energía reactiva diario.

Fuente: Elaboración propia

| Días | Energía Reactiva (kVAR) | | | |
|-----------|-------------------------|---------|---------|--------------|
| | Fase AN | Fase BN | Fase CN | Total diario |
| Miércoles | 0,3 | 0,73 | 1,72 | 2,75 |
| Jueves | 0,59 | 1,03 | 3,62 | 5,24 |
| Viernes | 0,51 | 1,16 | 2,8 | 4,47 |
| Sábado | 0,16 | 0,12 | 3,58 | 3,86 |
| Domingo | 0,15 | 0,11 | 3,67 | 3,93 |
| Lunes | 0,27 | 1,22 | 2,87 | 4,36 |
| Martes | 0,41 | 1,32 | 2,16 | 3,89 |
| Miércoles | 0,25 | 0,43 | 1,37 | 2,05 |
| | | | Total | 30,55 |

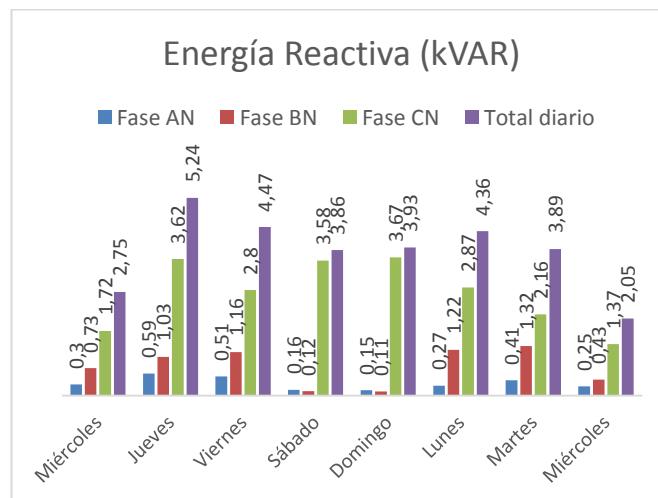
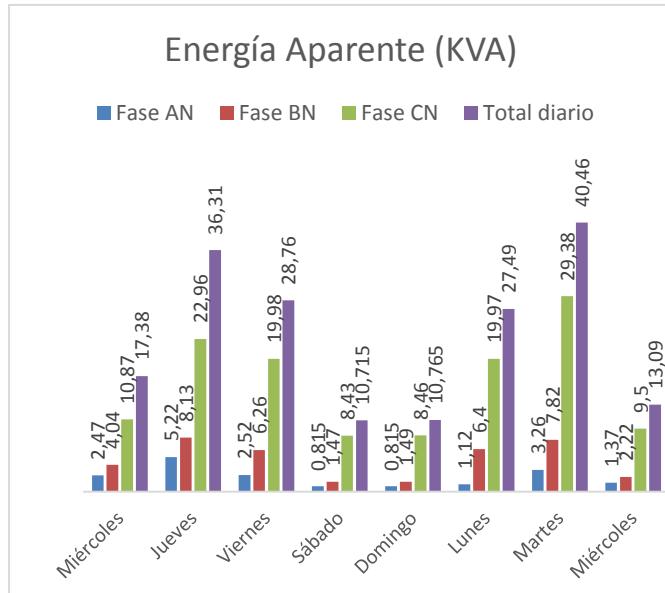


Tabla 5.31 y Figura 5.21: Registro de energía aparente diario.

Fuente: Elaboración propia

| Días | Energía Aparente (KVA) | | | |
|-----------|------------------------|---------|---------|--------------|
| | Fase AN | Fase BN | Fase CN | Total diario |
| Miércoles | 2,47 | 4,04 | 10,87 | 17,38 |
| Jueves | 5,22 | 8,13 | 22,96 | 36,31 |
| Viernes | 2,52 | 6,26 | 19,98 | 28,76 |
| Sábado | 0,815 | 1,47 | 8,43 | 10,715 |
| Domingo | 0,815 | 1,49 | 8,46 | 10,765 |
| Lunes | 1,12 | 6,4 | 19,97 | 27,49 |
| Martes | 3,26 | 7,82 | 29,38 | 40,46 |
| Miércoles | 1,37 | 2,22 | 9,5 | 13,09 |
| | | | Total | 184,97 |



5.7 Datos técnicos del transformador 120 kVA (ubicado en la parte subterránea detrás del aula magna Mario Vintimilla).

Este transformador no cuenta con la placa del fabricante, por lo tanto, se detalla los datos que se observó en el lugar.

Datos de entrada (medio voltaje).

Potencia nominal: 120KVA.

Voltaje primario: 6300 V.

Conexión Dyn5.

Corriente de alta voltaje: Desconocido.

Datos de salida de (bajo voltaje).

Voltaje Secundario: 220/127 V.

Corriente de baja voltaje. Desconocido

Frecuencia: 60 Hz.

5.8 Periodo de medición correspondiente al tablero general de distribución, que se encuentra ubicado junto al transformador 120kVA.

Desde este tablero se alimenta la mayor parte de la carga correspondiente a la Facultad de Ingeniería excepto el laboratorio de máquinas eléctricas y el circuito de fuerza del laboratorio de sanitaria, además energiza las aulas, laboratorios, la parte administrativa correspondiente a la Facultad de Ciencias Químicas, también existe conexión a la aula magna Mario Veintimilla.

Periodo de medición.

Tabla 5.32: Registro de medición sitio 3 (Tablero genera del transformador 120kVA).

Fuente: Elaboración propia.

| REGISTRO | UBICACIÓN DE LA MEDIDAD | FECHA INICO | FECHA FINAL | TIEMPO TOTAL DE REGISTRO |
|----------|--|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Medición | Tablero trifásico principal de distribución (Transformador). | 03/12/2018 16:42:25. | 10/12/2018 16:42:25. | 7d:00h:0m |

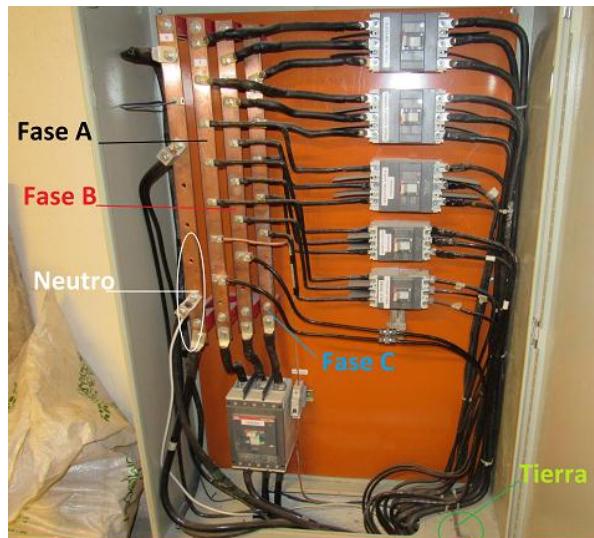


Figura 5.22: Conexión del equipo en el sitio.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se realiza el análisis con la tabla de resultados de este punto de medición, por lo tanto las figuras y las demás tablas de resultados se encuentran en la parte de ANEXO # 5.

Para las mediciones realizadas se considera los mismos criterios tomados en el tablero principal del laboratorio de máquinas eléctricas. En este punto de medición se registraron 1008 datos con intervalos de medición de 10 minutos durante los 7 días continuos como lo establece la norma EN 50160.

5.8.1 Evaluación de los resultados de voltaje.

De los resultados que se indica en Tabla 5.33, el equipo registra un total de 1008 muestras de voltaje (rms), en el transcurso de la medición se registra valores que superen el límite +8% en las tres fases (A, B, C), en la fase A con 232, en la fase B 126 y en la fase C se registra 39 datos que superan el rango. Por lo tanto la fase A y B no cumple con lo que se establece en la regulación ARCONEL debido que existe menos del 95% de los valores dentro límite, sin embargo la fase C cumple lo establecido por la regulación.

Los valores más significativos son registrados en la fase A de 139,16 V que sucedido el 9 de diciembre de 2018 a las 7:22:25, 138,64V que sucedido el 6 de diciembre de 2018 a las 6:02:25. Para confirmar los resultados de la Tabla 5.33, ver en el anexo 5, la Tabla 1.1 y la Figura 1.1.

Tabla 5.33: Análisis del total de los valores registrados de voltaje.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis de voltaje en porcentaje del total de los valores registrados (%) | | | | | | |
|--|---------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------|
| Fase-neutro | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores menores al 8% | Valores mayores al 8% | Cumple la normativa 95% | Promedio |
| AN | 127 | 1008 | 0 | 232 | NO | 5,90 |
| BN | 127 | 1008 | 0 | 126 | NO | 5,65 |
| CN | 127 | 1008 | 0 | 39 | SI | 5,30 |



5.8.2 Registro de corriente.

Como se observa en la Tabla 5.34, la máxima corriente registrada es de 326,3 A en la fase BN que sucedió el 3 de diciembre de 2018 a las 17:12:25. Mientras que en la fase CN la máxima corriente registrada es de 324,4A, que sucedió el 5 de diciembre de 2018 a las 16:02:25.

Tabla 5.34: Registro de corriente de las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

| | Corriente mínimos [A] | | | | Corriente medio [A] | | | | Corriente máximo [A] | | | |
|-------------|-----------------------|--------|--------|-------|---------------------|--------|--------|-------|----------------------|--------|--------|-------|
| | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN |
| MIN | 29,4 | 43,5 | 35,7 | 5,3 | 32,4 | 46,6 | 42,1 | 5,8 | 44,8 | 60,5 | 52,6 | 6,1 |
| MÁX | 221,3 | 255,5 | 254,3 | 40,4 | 242,4 | 275 | 279,2 | 43 | 311,1 | 326,3 | 324,4 | 46,7 |
| PROM | 93,56 | 107,32 | 105,52 | 15,63 | 107,28 | 116,58 | 116,24 | 16,95 | 137,68 | 141,23 | 142,38 | 18,97 |

Los valores de corrientes registrados son relativamente altos, esto es porque la medición se lo realiza en las barras del tablero general, la protección principal es de 400 A (In) que se indica en la Figura 5.22. Para observar el comportamiento de la corriente de forma gráfica ver en el anexo 5, en la 5 Figura 1.3.

5.8.3 Evaluación de los resultados de la frecuencia.

Como se aprecia en la Tabla 5.35, no se registran valores fuera de los límites correspondientes de frecuencia, el valor promedio mínimo es de 59,93 Hz y valor máximo 60,06 Hz. Por lo tanto, la frecuencia en este punto de medición cumple con lo establecido en la Tabla 5.10. Para confirmar los resultados de la Tabla 5.35, ver en el anexo 5, la Tabla 1.3 y Figura 1.4.

Tabla 5.35: Evaluación de los valores de la frecuencia.

Fuente: Elaboración propia.

| | Análisis de Frecuencia, del total de los valores registrados [Hz] | | | | | | | |
|-------------|---|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------|--|
| | Frecuencia nominal (Hz) | Total de valores registrados | Valores fuera del rango $\pm 1\%$ | Cumple la normativa 95% | Valores fuera del rango 6%, +4% | Cumple la normativa 95% | Promedio | |
| MIN. | 60 | 1008 | 0 | SI | 0 | SI | 59,93 | |
| MÁX. | 60 | 1008 | 0 | | 0 | | 60,06 | |

5.8.4 Evaluación de los resultados desequilibrio de voltaje.

Mediante la Tabla 5.36, se observa un registro fuera del límite correspondiente a desequilibrio de los 1008 registros, con un valor de 2,08% registrado el 8 de diciembre de 2018 a las 17:22:25, Para confirmar los resultados de la Tabla 5.36, ver anexo 5, la Tabla 1.4, y Figura 1.5. Por lo tanto existe más del 95% de registro inferior a 2%.

Tabla 5.36: Evaluación de los valores de desequilibrio voltaje.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis de desequilibrio total de los valores registrados | | | | | |
|--|---------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores mayores al 2% | Cumple la normativa 95% | Promedio [%] |
| MIN. | 127 | 1008 | 0 | SI | 0,118 |
| MÁX. | 127 | 1008 | 0 | | 0,726 |
| MEDIO. | 127 | 1008 | 1 | | 0,392 |

5.8.5 Evaluación de los resultados dip y swell.

Durante la medición realizada en este punto no se registraron eventos dip y swell, por el equipo.

5.8.6 Evaluación de los resultados flicker.

Con los resultados de la Tabla 5.37, se observa que no existen valores fuera de los límites de los 1008 registros Pst y Plt. Para confirmar los resultados de la Tabla 5.38, ver anexo 5, en la Tabla 1.5, Figura 1.6 y Figura 1.7.

Tabla 5.37: Evaluación de los valores Pst y Plt para cada fase.

Fuente: Elaboración propia.

| | Análisis de Pst y Plt del total de los valores registrados | | | | | | |
|--|--|------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| | Fase-neutro | Total de valores registrados | Pst | | Plt | | |
| | | | Valores mayores al 1.p.u | Cumple la normativa 95% | Valores mayores al 1.p.u | Cumple la normativa 95% | Valores mayores al 0,65.p.u |
| | AN | 1008 | 0 | SI | 0 | SI | 10 |
| | BN | 1008 | 0 | SI | 0 | SI | 0 |
| | CN | 1008 | 0 | SI | 0 | SI | 0 |

5.8.7 Evaluación de los resultados de los armónicos de voltaje TDHV.

Al observar la Tabla 5.38, no existe valores fuera de los límites correspondientes de amónica THDV de los 1008 registros, los valores obtenidos son muy inferiores al límite de 8%. Para confirmar los resultados ver anexo 5 en la Tabla 1.6, y Figura 1,8.

Tabla 5.38: Evaluación de los armónicos TDHV.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis de amónico TDHV [%] del total de los valores registrados | | | | |
|---|------------------------------|-----------------------|------------------------|----------------|
| TDHV | Total de valores registrados | Valores mayores al 8% | Cumple la normativa 8% | Promedio medio |
| AN | 1008 | 0 | SI | 2,22 |
| BN | 1008 | 0 | SI | 2,98 |
| CN | 1008 | 0 | SI | 2,76 |

a. Evaluación de los resultados de los armónicos individuales de voltaje.

Como se ilustra en la Tabla 5.39, no existe valores fuera de los límites correspondiente al amónico individual en las tres fases (A, B, C), los valores obtenidos son inferiores al límite de 5% como lo establece la regulación ARCONEL. Para confirmar los resultados ver anexo 5 la Figura 1.7.

Tabla 5.39: Evaluación de los armónicos individuales de voltaje.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis de amónico voltaje individual medio total | | | | |
|--|------------------------------|-----------------------------|------------------------|----------------|
| Individual | Total de valores registrados | Valores medio mayores al 5% | Cumple la normativa 5% | Promedio medio |
| AN | 50 | 0 | SI | 2,11 |
| BN | 50 | 0 | SI | 2,19 |
| CN | 50 | 0 | SI | 2,18 |

5.8.8 Evaluación de los resultados de corriente armónica.

El tablero trifásico principal ubicado junto al transformador de 120KVA se encuentra conectado con un conductor # 1/0 AWG de cobre 7 hilos por fase que recorre una distancia de 4 metros



$$R_{conductor} = 0,00032 \Omega/m \quad (5.11)$$

$$R_{Total} = R_{conductor} * distancia \quad (5.12)$$

$$R_{Total} = 0,00032 \frac{\Omega}{m} * 4 m \quad (5.13)$$

$$R_{Total} = 0,00657 \Omega \quad (5.14)$$

El valor de la resistencia total obtenida se remplaza en la ecuación 4.1 del capítulo 4 para obtener el valor de (I_{SC}).

$$I_{SC} = \frac{127}{0,00657} = 19324,41 A \quad (5.15)$$

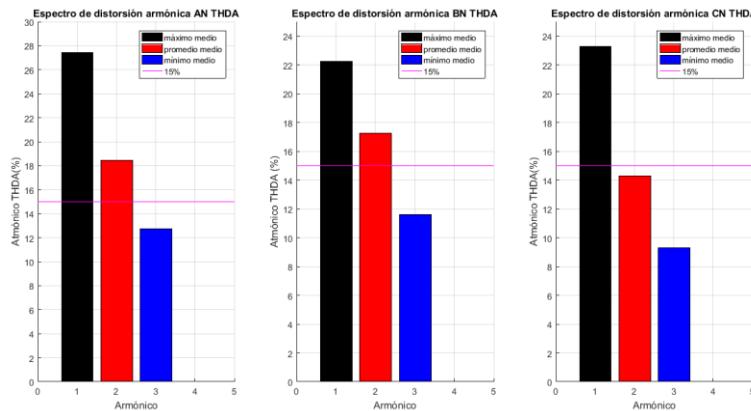
A partir de la Tabla 5.34, la corriente máxima promedio obtenida es 142,38 A, por lo tanto la relación de las corrientes se presenta de la siguiente manera.

$$SCR = \frac{19324,41 A}{142,38 A} \quad (5.16)$$

$$SCR = 135,72 \quad (5.17)$$

Observado la Tabla 5.24, el valor calculado se encuentra dentro del intervalo de 100<1000. Dentro de este intervalo se indica los límites de distorsión armónica a cumplir para cada armónico de corriente individual y total, el número de armónicos registrados durante la medición es de 50.

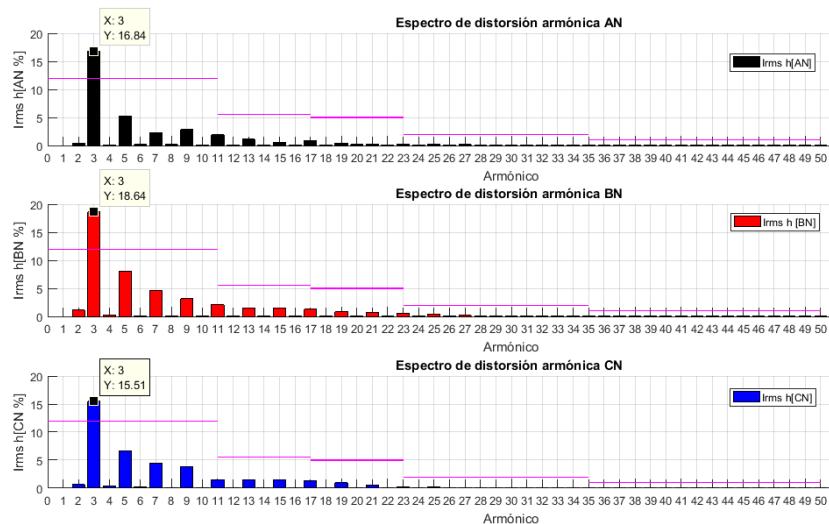
En la Figura 5.23, se indica el espectro de distorsión armónica THDA para las tres fases (A, B, C), la línea de color rosa representa el límite 15% y las barras a evaluar son de color rojo, por lo tanto, la fase A y B se encuentra fuera del rango, mientras que la fase C es menor que el 15%. Lo que significa que el parámetro de armónico THDA no cumple la fase A y B lo indicado en la regulación ARCONEL, en la parte de anexo 5 en la Tabla 1.8, se indica los valores máximos, mínimos registrados durante la medición.

**Figura 5.23:** Espectro de distorsión armónica de corriente THDA fase (A, B, C).**Fuente:** Elaboración propia.

a. Evaluación de los resultados de corriente armónica individual.

A partir de la Tabla 5.24, y de la ecuación 5.16, los límites para los armónicos individuales se encuentra dentro del rango 100<1000.

La línea de color rosa representa el límite para cada armónico individual que se ilustra en la Figuran 5.24. Analizando los resultados de los armónicos individuales se concluye que la fase AN, BN, CN se encuentra dentro de los límites excepto el armónico de orden 3, que es afectado por las diversas cargas no lineales instaladas en espacios de Facultad de Ingeniería y Ciencias Químicas.

**Figura 5.24:** Espectro de distorsión armónica de corriente individual fase (A, B, C).**Fuente:** Elaboración propia.

5.8.9 Evaluación de los resultados de factor de potencia.

En la Tabla 5.40, se visualiza que existen registros por debajo del límite 0,92 p.u., en la fase B con 21 datos fuera del límite. Los valores más bajos del factor de potencia registrados es 0.88 p.u. en la fase BN suscitado el 9 de diciembre de 2018 a las 10:22:25, el siguiente valor es de 0.9 p.u en la fase BN suscitado el 9 de diciembre de 2018 a las 12:22:25.

Luego de analizar los 1008 parámetros se concluye que las tres fases si cumple con lo que establece la regulación. Para confirmar los resultados de la Tabla 5.40, ver anexo 5, en la Tabla 1.9 y Figura 1,10.

Tabla 5.40: Evaluación de los registro del factor de potencia.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis del factor de potencia total de los valores registrados | | | | | |
|--|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| fdp | Total de valores registrados | Valores medios menores al 0,92 | Cumple la normativa 95% | Valores máximos menores al 0,92 | Cumple la normativa 95% |
| AN | 1008 | 0 | SI | 0,0 | SI |
| BN | 1008 | 21 | SI | 0,0 | SI |
| CN | 1008 | 0 | SI | 0,0 | SI |
| Total | 1008 | 0 | SI | 0,0 | SI |

5.8.10 Registro de resultados de potencia activa, reactiva y aparente.

Observando la Tabla 5.41, se aprecia los registros de potencia activa, reactiva y aparente con valores máximos, mínimos y promedio. El valor máximo registrado de potencia activa es 35,64 kW correspondiente a la fase C. La potencia aparente total alcanzó valores hasta 101,04 kVA registrado el 5 de diciembre de 2018 a las 16:02:25 dando un factor de utilización de:

$$F_u \frac{kVA_{max.}}{kVA_{nom.}} * 100\% = \frac{101,04 \text{ KVA}}{120 \text{ KVA}} * 100 = 84,2\% \quad (5.18)$$

**Tabla 5.41:** Valores más significativos de potencia.**Fuente:** Elaboración propia.

| | Potencia Activa kW. | | | Potencia Aparente kVA. | | | Potencia Reactiva KVAR. | | | |
|--------------|---------------------|-------|-------|------------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|-------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | Total | L1 | L2 | L3 |
| MIN. | 4,41 | 5,64 | 5,39 | 4,47 | 6,23 | 5,65 | 17,46 | -2,25 | -1,87 | -0,84 |
| MÁX. | 31,62 | 35,29 | 35,64 | 31,91 | 35,88 | 36,13 | 101,04 | 2,82 | 5,41 | 5,86 |
| PROM. | 13,95 | 15,07 | 15,09 | 14,22 | 15,51 | 15,40 | 45,47 | 0,16 | 0,14 | 0,72 |

5.8.11 Resultado consumo de energía activa, reactiva y aparente.

Durante el periodo de medición se registra un consumo total de 7.41 MW de energía activa, mientras que la energía reactiva se registró 0,218 MVAR. Para confirmar los datos con más detalle ver anexo 5 las Tablas 1.10, 1.11, 1.12 y Figuras 1.11, 1.12, 1.13, donde se indica el consumo registrado de las tres energías por día.

5.9 Periodo de medición correspondiente al tablero principal ubicado en el laboratorio de física.

Desde este tablero alimenta la carga correspondiente al laboratorio de física (las tres aulas y oficina), teniendo en cuenta que desde este tablero solo se energiza a los circuitos de fuerza, debido que el circuito de iluminación es alimentado desde el tablero que se encuentra ubicado en pasillo al salir del laboratorio.

Tabla 5.42: Registro de la medición sitio 2 (tablero principal laboratorio de física).**Fuente:** Elaboración propia

| REGISTRO | UBICACIÓN DE LA MEDIDAD | FECHA INICO | FECHA FINAL | TIEMPO TOTAL DE REGISTRO |
|------------|--|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Medición-2 | Tablero trifásico principal de distribución (Laboratorio de física). | 12/12/2018 16:36:047 | 19/12/2018 15:16:07. | 6d:22h:40m |

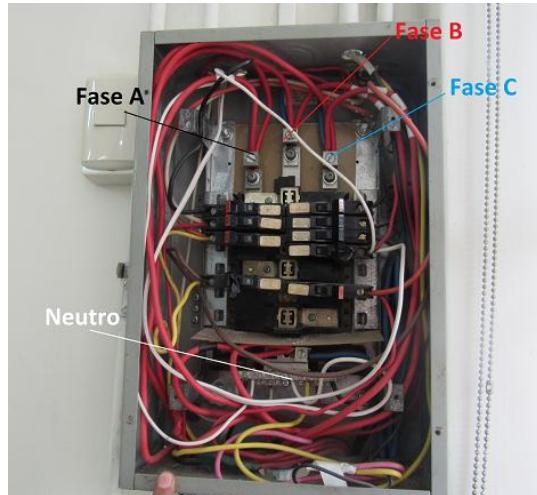


Figura 5.25: Conexión del equipo en el sitio.

Fuente: Elaboración propia

A continuación se realiza el análisis con la tabla de resultados de este punto de medición, por lo tanto las figuras y las demás tablas de resultados se encuentran en el ANEXO # 5.

Para las mediciones realizadas se considera los mismos criterios tomados en el tablero principal del laboratorio de máquinas eléctricas. En este punto de medición se registraron 1000 datos con intervalos de medición de 10 minutos durante los 7 días continuos como lo establece la norma EN 50160.

5.9.1 Evaluación de los resultados de voltaje.

De los resultados que se indica en Tabla 5.43, el equipo obtuvo un total de 1000 muestras de valores de voltaje (rms), en el transcurso de la medición se registra valores que superen el límite +8% con respecto a la ecuación 4,2 del capítulo 4, en las tres fases (A, B, C), en la fase A con 131, en la fase B 72 y en la fase C se registra 41 datos que superan el rango. Por lo tanto la fase A y B no cumple con lo que se establece en la regulación ARCONEL debido que existe menos del 95% de los valores dentro límite, sin embargo la fase C si cumple.

Los valores más significativos son registrados en la fase A de 139,41 V que sucedido el 16 de diciembre de 2018 a las 6:56:07, 138, 51V que sucedido el 17

de diciembre de 2018 a las 6:26:07 y el nivel promedio máximo se encuentra con valores de 134 V (VER ANEXO 5 la Tabla 2.2 y Figura 2.1).

Tabla 5.43: Análisis del total de los valores registrados de voltaje.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis de tensión en porcentaje del total de los valores registrados | | | | | | |
|--|---------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------|
| Fase-neutro | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | valores menores al 8% | valores mayores al 8% | Cumple la normativa 95% | Promedio |
| AN | 127 | 1000 | 0 | 131 | NO | 5,65 |
| BN | 127 | 1000 | 0 | 72 | NO | 5,37 |
| CN | 127 | 1000 | 0 | 41 | SI | 5,07 |

5.9.2 Registro de corriente.

Como se observa en la Tabla 5.44, la máxima corriente registrada es de 21,8 A en la fase CN sucedió el 18 de diciembre de 2018 a las 16:56:07. Mientras que en la fase AN la máxima corriente registradas es de 20,8 que sucedió el 17 de diciembre de 2018 a las 7:16:07. Para observar el comportamiento de la corriente ver en el anexo 5 la Figura 2.3.

Tabla 5.44: Registro de corriente de las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

| | Corriente mínimos [A] | | | | Corriente medio [A] | | | | Corriente máximo [A] | | | |
|-------|-----------------------|--------|--------|------|---------------------|--------|--------|------|----------------------|--------|--------|------|
| | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [C] | L3 [C] | LN |
| MIN. | 0,5 | 0,1 | 0 | 0,4 | 0,6 | 0,3 | 0,2 | 0,5 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,8 |
| MÁX. | 2,7 | 5,6 | 0,1 | 3 | 10,1 | 7,6 | 0,3 | 10,1 | 20,8 | 21,8 | 1,6 | 20,7 |
| PROM. | 0,86 | 0,73 | 0,10 | 0,84 | 1,00 | 1,07 | 0,30 | 1,20 | 1,64 | 1,77 | 0,94 | 3,52 |

5.9.3 Evaluación de los resultados de la frecuencia.

Como se aprecia en la Tabla 5.45, no se registran valores fuera de los límites correspondientes de frecuencia, el valor promedio mínimo es de 59,93 Hz y valor máximo 60,06 Hz. Por lo tanto, la frecuencia en este punto de medición cumple con lo que se indica en la Tabla 5.10. Para confirmar los resultados de la Tabla 5.45, ver en el anexo 5, en la Tabla 2.3 y Figura 2.4.

**Tabla 5.45:** Evaluación de los registros de la frecuencia.**Fuente:** Elaboración propia.

| | Análisis de Frecuencia, del total de los valores registrados [Hz] | | | | | | | | |
|---------------|---|------------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|
| | Frecuencia nominal (Hz) | Total de valores registrados | Valores menores al -1% | Valores mayores al 1% | Cumple la normativa 95% | Valores menores al -6% | Valores mayores al 4% | Cumple la normativa 95% | Promedio medio |
| Mínimo | 60 | 1000 | 0 | 0 | SI | 0 | 0 | SI | 59,93 |
| Máximo | 60 | 1000 | 0 | 0 | SI | 0 | 0 | SI | 60,06 |

5.9.4 Evaluación de los resultados desequilibrio de voltaje.

Mediante la Tabla 5.48, se observa dos registros fuera del límite el más significativo de 3.04% registrado el 17 de diciembre de 2018 a las 21:26:23 en la fase A, Para confirmar los resultados de la Tabla 5.48 ver anexo 5, en la Tabla 2.4 y Figura 2.5. Por lo tanto existe más del 95% de registro inferior a 2%.

Tabla 5.46: Evaluación de los valores de desequilibrio voltaje.**Fuente:** Elaboración propia

| Análisis de desequilibrio total de los valores registrados | | | | | |
|--|---------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores mayores al 2% | Cumple la normativa 95% | Promedio [%] |
| MIN. | 127 | 1000 | 0,0 | | 0,264 |
| MÁX. | 127 | 1000 | 2,0 | SI | 0,623 |
| MEDIO. | 127 | 1000 | 0,0 | | 0,430 |

5.9.5 Evaluación de los resultados dip y swell.

Con los resultados obtenidos mediante curva CBEMA, en la Figura 5.30 se observa que existen dos caídas de voltaje (dip de color verde). Sin embargo los eventos registrados no representan peligro para el funcionamiento de los equipos eléctricos, tiene una duración $200 < t \leq 500$ [ms].

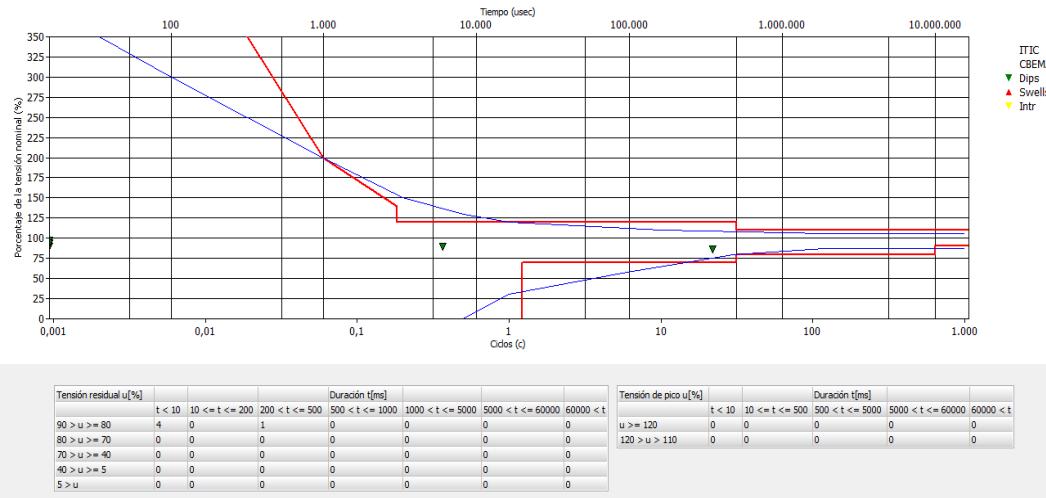


Figura 5.26: Huecos de voltaje (dip) peligrosos para el equipo eléctrico.

Fuente: Elaboración propia.

5.9.6 Evaluación de los resultados flicker.

Durante el periodo de medición se registrando un total de seis eventos para la fase A, tres en la fase B y cuatro en la fase C correspondientes al evento de corta duración (Pst). El valor más significativo es de 2.03 p.u registrado el 14 de diciembre de 2018 a las 3:26:07.

No se registra eventos de larga duración (Plt), el parámetro se evalúa mediante el límite que establece la norma EN-50160 ($Plt \leq 1$ p.u.).

Sin embargo del total de los eventos Pst y Plt existen una cantidad superior al 95%, eso quiere decir que los parámetros Pst y Plt cumplen lo dispuesto por la regulación ARCONEL y la norma EN-50160. Para confirmar los valores ver el anexo 5 la Tabla 2.5, Figuras 2.6 y 2.7).

Tabla 5.47: Evaluación de los valores Pst y Plt para cada fase.**Fuente:** Elaboración propia.

| Fase-neutro | Análisis de Pst y Plt del total de los valores registrados | | | | | | | |
|-------------|--|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|----|--|
| | Pst | | | Plt | | | | |
| | Total de valores registrados | Valores mayores al 1.p.u | Cumple la normativa 95% | Valores mayores al 1.p.u | Cumple la normativa 95% | Valores mayores al 0,65.p.u | | |
| AN | 1000 | 6 | SI | 0 | SI | 24 | SI | |
| BN | 1000 | 3 | SI | 0 | SI | 12 | SI | |
| CN | 1000 | 4 | SI | 0 | SI | 12 | SI | |

5.9.7 Evaluación de los resultados de los armónicos de voltaje TDHV.

Al observar la Tabla 5.48, no existe valores fuera de los límites correspondientes de amónica THDV de los 1000 registros, los valores obtenidos son muy inferiores al límite de 8%. Para confirmar los resultados ver en el anexo 5, la Tabla 2.6, y Figura 2.8.

Tabla 5.48. Evacuación de los armónicos TDHV.**Fuente:** Elaboración propia.

| TDHV | Análisis de armónico TDHV [%] del total de los valores registrados | | | |
|------|--|-----------------------|------------------------|----------------|
| | Total de valores registrados | Valores mayores al 8% | Cumple la normativa 8% | Promedio medio |
| AN | 1000 | 0 | SI | 2,34 |
| BN | 1000 | 0 | SI | 3,11 |
| CN | 1000 | 0 | SI | 2,89 |

a. Evaluación de los resultados de los armónicos individuales de voltaje.

Como se ilustra en la Tabla 5.49, no existe valores fuera de los límites correspondiente al armónico individual en las tres fases (A, B, C), los valores obtenidos son inferiores al límite de 5% como lo establece la regulación ARCONEL. Para confirmar los resultados ver en el anexo 5, la Figura 2.9.

**Tabla 5.49:** Evacuación de los armónicos individual de voltaje.**Fuente:** Elaboración propia

| Individual | Análisis de armónico Voltaje individual medio total | | | |
|------------|---|-----------------------------|------------------------|----------------|
| | Total de valores registrados | Valores medio mayores al 5% | Cumple la normativa 5% | Promedio medio |
| AN | 50 | 0 | SI | 2,12 |
| BN | 50 | 0 | SI | 2,20 |
| CN | 50 | 0 | SI | 2,19 |

5.9.8 Evaluación de los resultados de corriente armónica.

El tablero trifásico principal ubicado en el laboratorio de física, conectado con un conductor # 6 AWG de cobre 7 hilos por fase recorre una distancia de 20 metros

$$R_{conductor} = 0,0014 \Omega/m) \quad (5.19)$$

$$R_{Total} = 0,0014 \frac{\Omega}{m} * 20 m \quad (5.20)$$

$$R_{Total} = 0,0277 \Omega \quad (5.21)$$

El valor de la resistencia total obtenida se remplaza en la ecuación 4.1, de capítulo 4 para obtener el valor de (I_{SC}).

$$I_{SC} = \frac{127}{0,027} = 4584,83 A \quad (5.22)$$

A partir de la Tabla 5.44, la corriente promedio máxima obtenida es de 1,77 A, por lo tanto la relación de las corrientes se presentan de la siguiente manera.

$$SCR = \frac{4584,83A}{1,77A} \quad (5.23)$$

$$SCR = 2590,29 \quad (5.24)$$

Observado la Tabla 5.25, el valor calculado se encuentra dentro del intervalo de >1000. Dentro de este intervalo se indica los límites de distorsión armónica a cumplir para cada armónico de corriente individual y total, el número de armónicos registrados durante la medición es de 50.

En la Figura 5.27, se indica el espectro de distorsión armónica THDA para las tres fases (A, B, C), la línea de color rosa representa el límite 20% y las barras a evaluar son de color rojo, por lo tanto, la fase A y B se encuentra fuera del rango, mientras que la fase C es menor que al 20%. Lo que significa que el parámetro del armónico THDA no cumple la fase A y B lo indicado en la regulación ARCONEL, en la parte de anexo 5 la Tabla 2.7, se indica los valores máximos, mínimos registrados durante la medición.

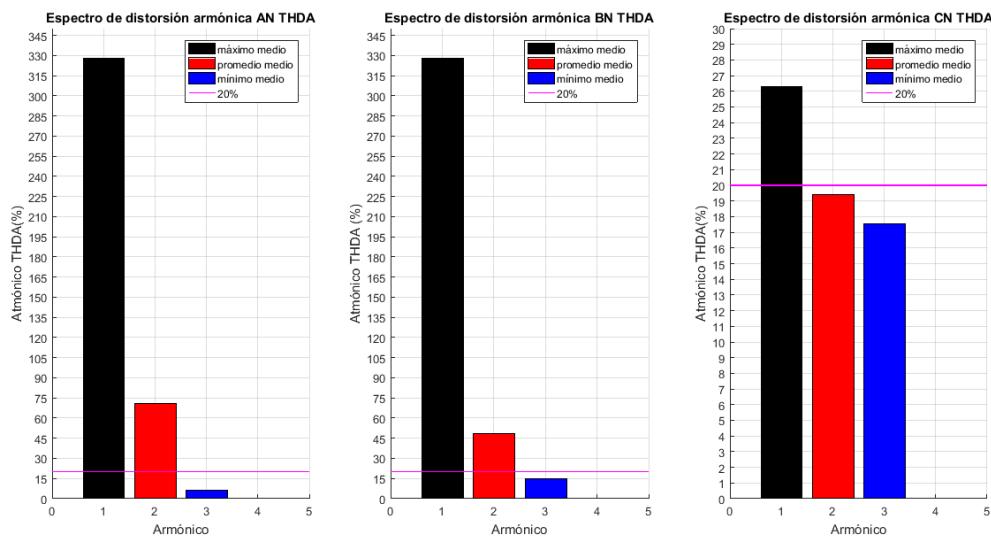


Figura 5.27: Espectro de distorsión armónica de corriente THDA fase (A, B, C).

Fuente: Elaboración propia.

a. Evaluación de los resultados de corriente armónica individual.

A partir de la Tabla 5.24, y de los resultados de la ecuación 5.23, los límites para los armónicos individuales se hallan en el rango >1000 , indicada en la Tabla 5.24.

La línea de color rosa representa el límite para cada armónico individual que se ilustra en la Figura 5.32. Analizando los resultados de los armónicos individuales se concluye que la fase A y B no se encuentra dentro de lo límite, sin embargo la fase C es inferior al límite que se indica en la Tabla 5.24. Los armónicos registrados en este tablero podrían ser perturbaciones externas del laboratorio, debido que no se observó cargas que pueden perturbar la señal como motores u hornos.

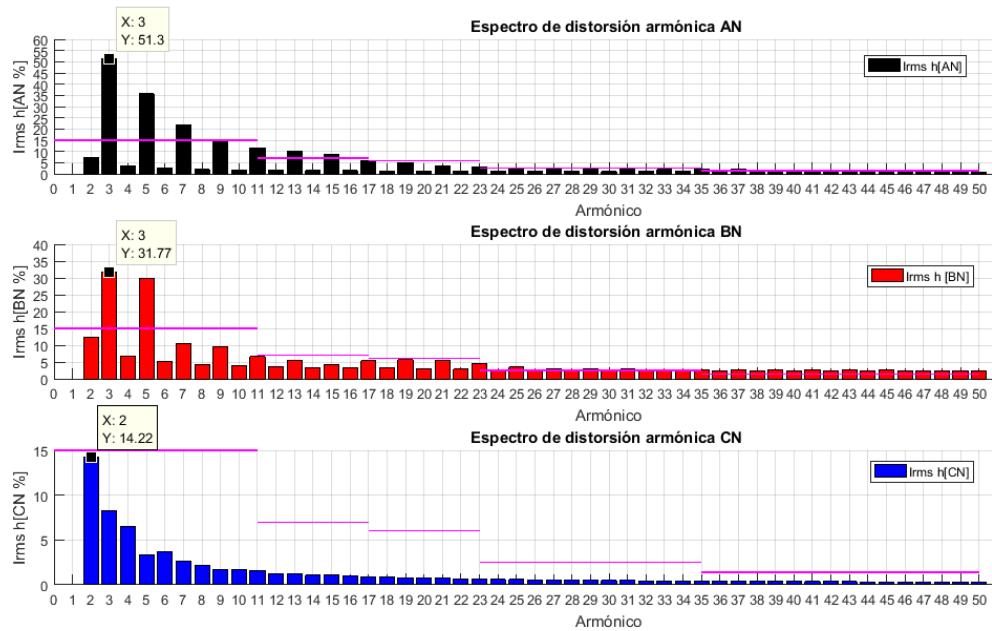


Figura 5.28: Espectro de distorsión armónica de corriente individual fase (A, B, C).

Fuente: Elaboración propia.

5.9.9 Evaluación de los resultados de factor de potencia.

En la evaluación se tomó en cuenta, la sensibilidad de la sonda. Los valores que se indica en la Tabla 5.50, corresponden al total de registros obtenidos durante las horas académicas desde la 7:00 hasta 19:00. Debido a que en horas de la noche, madrugada y fin de semana existe la presencia de ruidos causando registros de factor de potencia erróneos, para confirmar que la señal registrada es ruido se analiza los registros de potencia activa, obteniendo que en esos horarios la potencia es un valor cercano a cero, por lo tanto se afirma que el valor registrado corresponde a ruido. Para observar el registro de mediciones ver en el anexo 5, en la Tabla 2.9 y Figura 2,10.

Tabla 5.50: Evaluación de los registro del factor de potencia.**Fuente:** Elaboración propia

| Análisis del factor de potencia total de los valores registrados | | | | | |
|--|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| fdp | Total de valores registrados | Valores medios menores al 0,92 | Cumple la normativa 95% | Valores máximos menores al 0,92 | Cumple la normativa 95% |
| AN | 372 | 365 | NO | 312 | NO |
| BN | 372 | 260 | NO | 225 | NO |
| CN | 372 | 372 | NO | 372 | NO |
| Total | 372 | 372 | NO | 372 | NO |

5.9.10 Registro de los resultados de potencia activa, reactiva y aparente.

En la Tabla 5.51, se aprecia los registros de potencia activa, reactiva y aparente con valores máximos, mínimos y promedio. El valor máximo registrado de potencia activa es 0,96 kW correspondiente a la fase C. La potencia aparente total alcanzo valores hasta 1,71 kVA registrado el 17 de diciembre de 2018 a las 7:16:18 dando un factor de utilización de:

$$F_u \frac{kVA_{max.}}{kVA_{nom.}} * 100\% = \frac{1.71 \text{ KVA}}{120 \text{ KVA}} * 100 = 1,42\% \quad (5.25)$$

Tabla 5.51: Valores más significativos de potencia.**Fuente:** Elaboración propia.

| | Potencia Activa kW. | | | Potencia Aparente Kva. | | | Potencia Reactiva KVAR. | | | |
|--------------|---------------------|------|------|------------------------|------|------|-------------------------|-------|------|------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | Total | L1 | L2 | L3 |
| MIN. | 0,06 | 0,01 | 0,00 | 0,09 | 0,04 | 0,03 | 0,18 | -0,03 | 0,01 | 0,01 |
| MÁX. | 0,96 | 0,85 | 0,01 | 0,98 | 0,87 | 0,03 | 1,71 | 0,02 | 0,07 | 0,02 |
| PROM. | 0,10 | 0,10 | 0,00 | 0,13 | 0,13 | 0,03 | 0,37 | 0,00 | 0,02 | 0,02 |

5.9.11 Resultado consumo de energía activa, reactiva y aparente.

Durante el periodo de medición se registra un consumo total de 34.53 kW de energía activa, mientras que la energía reactiva de 7,84 kVAR. Para confirmar los datos con más detalle ver en el anexo 5, en las Tablas 2.10, 2.11, 2.12 y las Figuras 2.11, 2.12, 2.13, donde se indica el consumo registrado de las tres energías por día.

5.10 Periodo de medición del tablero principal ubicado en el pasillo del laboratorio de suelos y alto voltaje.

Desde este tablero se alimenta la carga correspondiente al laboratorio de suelos, laboratorio de alto voltaje y oficinas que se encuentran dentro de estos laboratorios, de igual forma desde aquí se energizan las aulas 107, 108 y la iluminación del pasillo.

Periodo de medición.

Tabla 5.52: Registro de la medición sitio (Tablero principal laboratorio de física).

Fuente: Elaboración propia.

| REGISTRO | UBICACIÓN DE LA MEDIDAD | FECHA INICO | FECHA FINAL | TIEMPO TOTAL DE REGISTRO |
|------------|--|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Medición-4 | Tablero trifásico principal de distribución (Suelos y alta voltaje). | 09/01/2019 16:30:04. | 16/01/2019 11:30:04. | 6d:19h:0m |

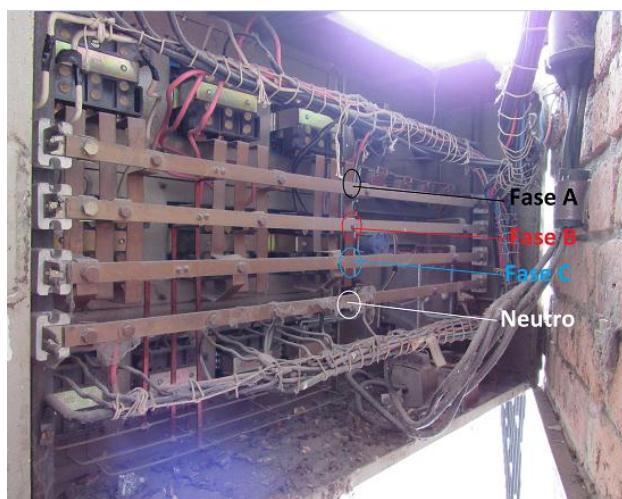


Figura 5.29: Conexión del equipo en el sitio.

Fuente: Elaboración propia

A continuación se tiene el análisis con la tabla de resultados de este punto de medición, por lo tanto las figuras y las demás tablas de resultado se encuentran en la parte del ANEXO #5.

Para las mediciones realizadas se considera los mismos criterios tomados en el tablero principal del laboratorio de máquinas eléctricas. En este punto de medición se registraron 978 datos con intervalos de medición de 10 minutos durante los 7 días continuos como lo establece la norma EN 50160.

5.10.1 Evaluación de los resultados de voltaje.

De los resultados que se indica en Tabla 5.53, el equipo registra un total de 978 muestras de valores de voltaje (rms), en el transcurso de la medición se registra valores que superan el límite $\pm 8\%$ con respecto a la ecuación 4.2 de capítulo 4. Los valores más significativos son 75,75 V en la fase A, 97,16 V en la fase B y 106 V en la fase C sucedido el 16 enero de 2019 a las 11:10:04. Estos valores representan cambios bruscos de voltaje. Determinado que la fase B no cumple lo indicado por la regulación ARCONEL.

Es necesario recalcar que en este punto de medición el nivel de voltaje promedio máximo se encuentra con valores de 136 V en las tres fases (A, B, C), (VER ANEXO 5 Tabla 3.1 y Figura 3.1, 3.2).

Tabla 5.53: Análisis del total de los valores registrados de voltaje.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis de voltaje en porcentaje del total de los valores registrados | | | | | | |
|--|---------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------|
| Fase-neutro | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores menores al 8% | Valores mayores al 8% | Cumple la normativa 95% | Promedio |
| AN | 127 | 978 | 3 | 0 | SI | 3,82 |
| BN | 127 | 978 | 1 | 83 | NO | 4,66 |
| CN | 127 | 978 | 2 | 0 | SI | 3,35 |

5.10.2 Registro de corriente.

Como se observa en la Tabla 5.54, la máxima corriente registrada es de 96 A en la fase A qué sucedió el 11 de enero de 2019 a las 2:10:04. Mientras que en la fase B la máxima corriente registradas es de 68,5 A qué sucedió el 11 enero de 2019 a

las 16:40:04. Para observar el comportamiento de la corriente de forma gráfica ver en el anexo 5, en la Figura 3.3.

Tabla 5.54: Registro de corriente de las tres fases

Fuente: Elaboración propia.

| | Corriente mínimos [A] | | | | Corriente medio [A] | | | | Corriente máximo [A] | | | |
|--------------|-----------------------|--------|--------|------|---------------------|--------|--------|------|----------------------|--------|--------|------|
| | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [C] | L3 [C] | LN |
| MIN. | 0,2 | 0,3 | 0,7 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,9 | 1,3 | 1,2 |
| MÁX. | 41,5 | 42,6 | 27,8 | 13 | 42 | 46 | 43,4 | 17,4 | 96 | 68,5 | 71,6 | 47,3 |
| PROM. | 5,11 | 2,63 | 3,20 | 2,53 | 7,28 | 5,14 | 13,99 | 3,81 | 12,64 | 9,40 | 29,03 | 7,10 |

5.10.3 Evaluación de los resultados de la frecuencia.

Como se aprecia en la Tabla 5.55, no se registran valores fuera de los límites correspondientes de frecuencia, el valor promedio mínimo es de 59,93 Hz y valor máximo 60,06 Hz. Por lo tanto, la frecuencia en este punto de medición cumple con lo que se indica en la Tabla 5.15. Para confirmar los resultados de la Tabla 5.57 ver en el anexo 5, la Tabla 3.3 y Figura 3.4.

Tabla 5.55: Evaluación de los valores de la frecuencia.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis de Frecuencia, del total de los valores registrados [Hz] | | | | | | | |
|---|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------|
| | Frecuencia nominal (Hz) | Total de valores registrados | Valores fuera del rango ±1% | Cumple la normativa 95% | Valores fuera del rango -6%, +4% | Cumple la normativa 95% | Promedio |
| MIN. | 60 | 978 | 0,0 | SI | 0,0 | SI | 59,94 |
| MÁX. | 60 | 978 | 1 | | 1 | SI | 60,06 |

5.10.4 Evaluación de los resultados desequilibrio de voltaje.

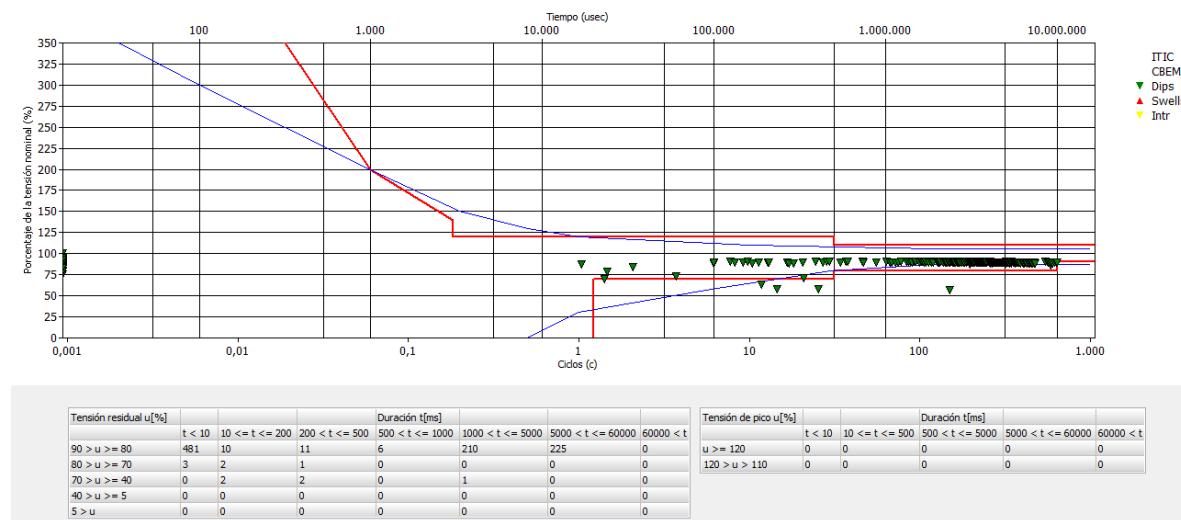
Mediante la Tabla 5.56, se observa un registro de valores 89 valores fuera del límite del 2%. Por lo tanto en este punto de medición no se cumple el parámetro establecido por la regulación ARCONEL debido que existe menos del 95% de registros dentro del límite. Para confirmar los resultados de la Tabla 5.56, ver en el anexo 5 en la Tabla 3.4 y Figura 3.5.

Tabla 5.56: Evaluación de los valores de desequilibrio voltaje.**Fuente:** Elaboración propia

| Análisis de desequilibrio total de los valores registrados | | | | | |
|--|---------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores mayores al 2% | Cumple la normativa 95% | Promedio [%] |
| MIN. | 127 | 978 | 0,0 | NO | 0,162 |
| MÁX. | 127 | 978 | 89,0 | | 1,005 |
| MEDIO. | 127 | 978 | 1,0 | | 0,455 |

5.10.5 Evaluación de los resultados dip y swell

Conforme a la Figura 5.30, y de acuerdo a la curva CBEMA se presentaron 481 eventos de caídas de voltaje (dip) de los cuales cinco de ellos podrían causar riegos en el funcionamiento de los equipos electrónicos.

**Figura 5.30:** Registros de eventos dip y swell (curva de CBEMA)**Fuente:** Elaboración propia a partir de "Power Log 5.6".

Partiendo de la Figura 5.30 y de los registros obtenidos de la medición se realiza la Tabla 5.59, donde se indica el tiempo de duración de cada evento dip.

**Tabla 5.57:** Evaluación de los eventos Dip registrados.**Fuente:** Elaboración propia.

| | Evento 1 | | |
|---------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | AN | BN | CN |
| Duración (ms) | 200< t <=500 | 200< t <=500 | 200< t <=500 |
| Dip u(%) | 70> u >=40 | 70> u >=40 | 70> u >=40 |
| Voltaje (V) | 75,75 | 97,16 | 106,58 |
| | 16/01/2019 11:10:04 | 16/01/2019 11:10:04 | 16/01/2019 11:10:04 |
| | Evento 2 | | |
| Duración (ms) | 200< t <=500 | 200< t <=500 | 200< t <=500 |
| Dip u(%) | 70> u >=40 | 70> u >=40 | 70> u >=40 |
| Voltaje (V) | 110,2 | 120,96 | 125,91 |
| Registro | 14/01/2019 13:40:04 | 14/01/2019 13:40:04 | 14/01/2019 13:40:04 |

5.10.6 Evaluación de los resultados flicker.

Con los resultados de la Tabla 5.58, se aprecia que en este punto de medición no se cumple, lo que establece la regulación ARCONEL debido que existen menos del 95% de los valores registrados dentro de límite (VER ANEXO 5, Tabla 3.5, Figura 3.6 y Figura 3,7).

Tabla 5.58: Evaluación de los valores Pst y Plt.**Fuente:** Elaboración propia.

| Fase-neutro | Análisis de Pst y Plt del total de los valores registrados | | | | | | |
|-------------|--|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| | Total de valores registrados | Pst | | Plt | | | |
| | | Valores mayores al 1.p.u | Cumple la normativa 95% | Valores mayores al 1.p.u | Cumple la normativa 95% | Valores mayores al 0,65.p.u | Cumple la normativa 95% |
| AN | 997 | 99 | NO | 132 | NO | 187 | NO |
| BN | 997 | 130 | NO | 120 | NO | 331 | NO |
| CN | 997 | 592 | NO | 595 | NO | 607 | NO |

5.10.7 Evaluación de los resultados de los armónicos de voltaje TDHV.

Al observar la Tabla 5.59, de los resultados no existe valores fuera de los límites correspondientes de amónica THDV de los 997 registros, los valores obtenidos

son inferiores al límite de 8%. Para confirmar los resultados ver en el anexo 5, en la Tabla 3.6 y Figura 3,8).

Tabla 5.59: Evaluación de armónicos TDHV.

Fuente: Elaboración propia

| Análisis de armónico TDHV [%] del total de los valores registrados | | | | |
|--|------------------------------|-----------------------|------------------------|----------------|
| TDHV | Total de valores registrados | Valores mayores al 8% | Cumple la normativa 8% | Promedio medio |
| AN | 977 | 0 | SI | 2,84 |
| BN | 977 | 0 | SI | 3,16 |
| CN | 977 | 0 | SI | 2,51 |

a. Evaluación de los resultados de los armónicos individuales de voltaje.

Como se ilustra en la Tabla 5.60, no existe valores fuera de los límites correspondiente al armónico individual en las tres fases (A, B, C), los valores obtenidos son inferiores al límite de 5% como lo establece la regulación ARCONEL. Para confirmar los resultados ver en el anexo 5 la Figura 3.9.

Tabla 5.60 Evaluación de los armónicos individuales de voltaje.

Fuente: Elaboración propia

| Análisis de armónico voltaje individual medio total | | | | |
|---|------------------------------|-----------------------------|------------------------|----------------|
| Individual | Total de valores registrados | Valores medio mayores al 5% | Cumple la normativa 5% | Promedio medio |
| AN | 50 | 0 | SI | 2,15 |
| BN | 50 | 0 | SI | 2,23 |
| CN | 50 | 0 | SI | 2,18 |

5.10.8 Evaluación de los resultados de corriente armónica.

El tablero trifásico principal ubicado junto al transformador de 120KVA se encuentra conectado con un conductor # 2 AWG de cobre 7 hilos por fase que recorre una distancia de 125 metros.

$$R_{conductor} = 0,000524 \Omega/m \quad (5.26)$$



$$R_{Total} = 0,000524 \frac{\Omega}{m} * 125 \text{ m} \quad (5.27)$$

$$R_{Total} = 0,0655 \Omega \quad (5.28)$$

El valor de la resistencia total obtenida se remplaza en la ecuación 4.1, de capítulo 4 para obtener el valor de (I_{SC}).

$$I_{SC} = \frac{127}{0,0655} = 1938,93 \text{ A} \quad (5.29)$$

A partir de la Tabla 5.54, la corriente promedio máximo obtenido es de 29,03 A, por lo tanto la relación de las corrientes se presentan de la siguiente manera.

$$SCR = \frac{1938,93 \text{ A}}{29,03 \text{ A}} \quad (5.30)$$

$$SCR = 66,79 \quad (5.31)$$

Observado la Tabla 5.24, el valor calculado se encuentra dentro del intervalo de 50<100. Dentro de este intervalo se indica los límites de distorsión armónica a cumplir para cada armónico de corriente individual y total, el número de armónicos registrados durante la medición es de 50.

En la Figura 5.31, se indica el espectro de distorsión armónica THDA para las tres fases (A, B, C), la línea de color rosa representa el límite 12% y las barras a evaluar son de color rojo, por lo tanto, los valores correspondientes de distorsión armónica para cada fase rebasan el límite. Lo cual indica que el parámetro de armónicos THDA no cumple las especificaciones impuestas por la regulación ARCONEL, en la parte del anexo 5, en la Tabla 3.7) se indica lo valores máximos, mínimos registrados durante la medición.

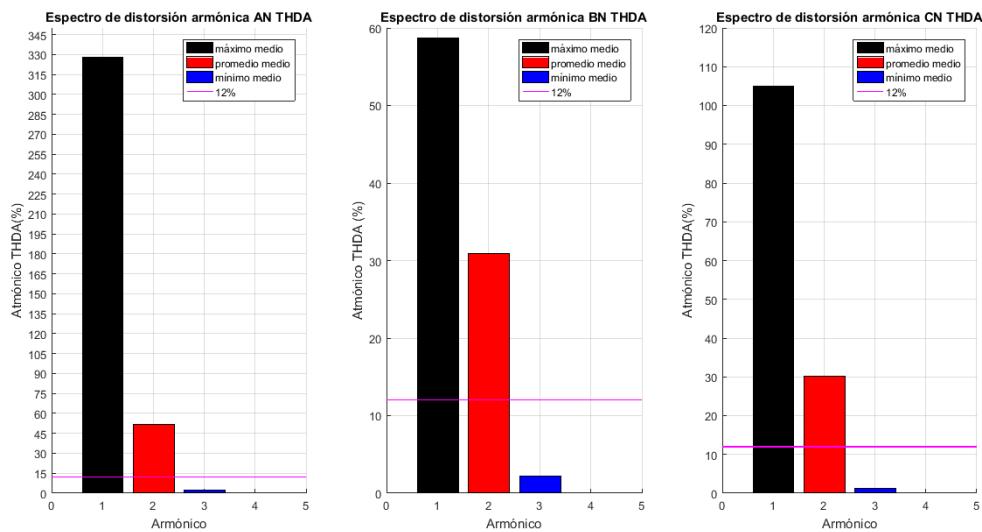


Figura 5.31: Espectro de distorsión armónica de corriente THDA fase (A, B, C).

Fuente: Elaboración propia.

a. Evaluación de los resultados de corriente armónica individual.

A partir de los resultados obtenidos de la ecuación 5.30, los límites para los armónicos individuales se encuentra dentro del rango $50 < 100$, indicada en la Tabla 5.24.

La línea de color rosa representa el límite para cada armónico individual que se ilustra en la Figuran 5.32. Analizando los resultados de los armónicos individuales se concluye que la fase AN, BN, CN no se encuentra dentro de los límites.

Se debe tener en cuenta que desde este tablero se energiza la carga de los laboratorios de suelos y alto voltaje, dentro de estos espacios existe motores, hornos entre otros equipos que estarían perturbando la onda senoidal de corriente.

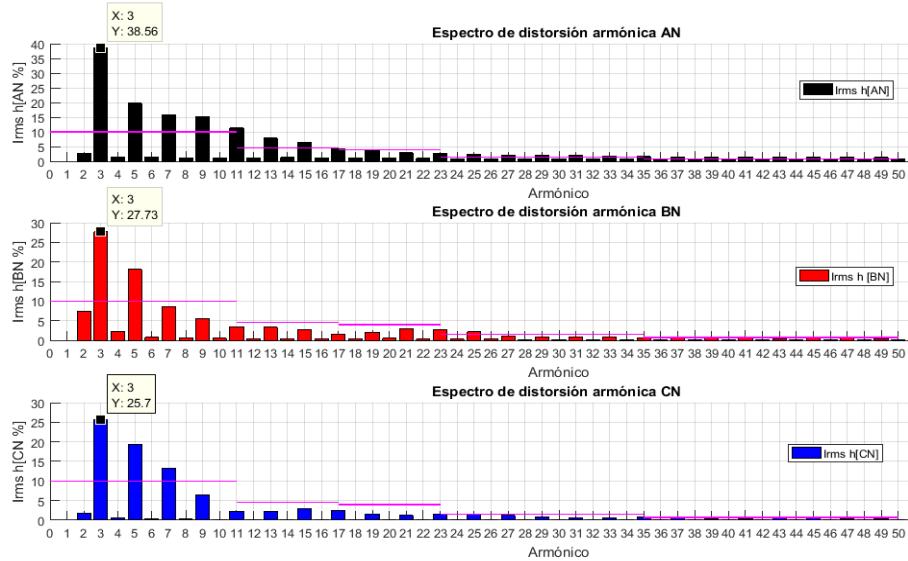


Figura 5.32: Espectro de distorsión armónica de corriente individual fase (A, B, C).

Fuente: Elaboración propia.

5.10.9 Evaluación de los resultados de factor de potencia.

Para realizar la evaluación se debe tener en cuenta, la sensibilidad de la sonda. Los valores que se indica en la Tabla 5.61, corresponden al total de registros obtenidos durante las horas académicas desde la 7:00 hasta 19:00. Existen registros inferiores al límite 0,92 p.u. La fase A registra un total de 214 valores, la fase B registra 130 y la fase C 47 valores fuera del límite. Por lo tanto no cumple lo indicado por la regulación ARCONEL debido a que existen datos inferiores al 95%. Para confirmar los resultados de la Tabla 5.61, ver en el anexo 5, en la Tabla 3.9, y Figura 3.10.

Tabla 5.61 Evaluación de los registro del factor de potencia.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis del factor de potencia total de los valores registrados | | | | | |
|--|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| fdp | Total de valores registrados | Valores medios menores al 0,92 | Cumple la normativa 95% | Valores máximos menores al 0,92 | Cumple la normativa 95% |
| AN | 327 | 214 | NO | 94,0 | NO |
| BN | 327 | 130 | NO | 29,0 | SI |
| CN | 327 | 47 | SI | 2,0 | SI |
| Total | 327 | 281 | NO | 169,0 | NO |



5.10.10 Registro de los resultados de potencia activa, reactiva y aparente.

Observando la Tabla 5.64, se aprecia los registros de potencia activa, reactiva y aparente con valores máximos, mínimos y promedio. El valor máximo registrado de potencia activa es de 5,40 kW correspondiente a la fase B. La potencia aparente total alcanzó valores hasta 14,1 kVA registrado el 11 de enero de 2019 a las 12:10:04 dando un factor de utilización de:

$$F_u \frac{kVA_{max.}}{kVA_{nom.}} * 100\% = \frac{5,40 \text{ KVA}}{120 \text{ KVA}} * 100 = 4.5\% \quad (5.32)$$

Tabla 5.62 Valores más significativos de potencia.

Fuente: Elaboración propia.

| | Potencia Activa kW. | | | Potencia Aparente Kva. | | | Potencia Reactiva KVAR. | | | |
|--------------|---------------------|------|------|------------------------|------|------|-------------------------|-------|-------|-------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | Total | L1 | L2 | L3 |
| MIN. | 0,02 | 0,04 | 0,08 | 0,05 | 0,06 | 0,12 | 0,27 | -0,03 | -1,81 | -0,04 |
| MÁX. | 4,62 | 5,40 | 5,15 | 5,30 | 5,53 | 5,18 | 14,1 | 2,64 | 1,30 | 1,56 |
| PROM. | 0,77 | 0,54 | 1,48 | 0,88 | 0,58 | 1,52 | 3,66 | 0,18 | 0,01 | 0,12 |

5.10.11 Resultado consumo de energía activa, reactiva y aparente.

Durante el periodo de medición se registra un consumo total de 454.55 MW de energía activa, mientras que la energía reactiva se registró 59,14 MVAR. Para confirmar los datos con más detalle ver en el anexo 5, las Tablas 3.10, 3.11, 3.12 y Figura 3.11, 3.12, 3.13), donde se indica el consumo registrado de las tres energías por día.

5.11 Periodo de medición correspondiente al tablero principal ubicado en el tercer piso de la sala de computación.

Desde este tablero se alimenta toda la carga que se encuentra en el tercer piso de la Facultad correspondiendo la mayor parte al laboratorio de centro de computación y las aulas 204, 205.

Periodo de medición.

Tabla 5.63: Registro de medición sitio 5 (Tablero principal centro de cómputo) .

Fuente: Elaboración propia.

| REGISTRO | UBICACION DE LA MEDIDAD | FECHA INICO | FECHA FINAL | TIEMPO TOTAL DE REGISTRO |
|-------------------|--|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Medición-5 | Tablero trifásico principal de distribución (Sala de computación). | 16/01/2019 16:28:19. | 23/01/2019 11:58:04. | 6d:19h:30m |

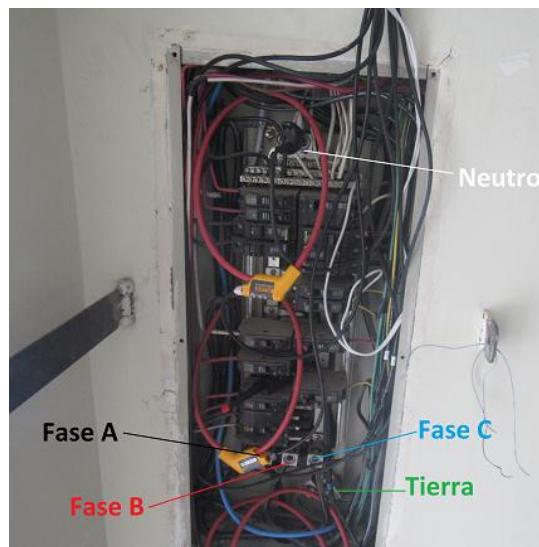


Figura 5.33: Conexión del equipo en el sitio.

Fuente: Elaboración propia

A continuación se tiene el análisis con la tabla de resultados de este punto de medición, por lo tanto las figuras y las demás tablas de resultados se encuentran en el ANEXO # 5.

Para las mediciones realizadas se considera los mismos criterios tomados el tablero principal del laboratorio de máquinas eléctricas. En este punto de medición se registraron 981 datos con intervalos de medición de 10 minutos durante los 7 días continuos como lo establece la norma EN 50160.

5.11.1 Evaluación de los resultados de voltaje.

De los resultados que se indica en Tabla 5.64, el equipo obtuvo un total de 981 muestras de valores de voltaje (rms), en el transcurso de la medición se registra valores que superen el límite +8% con respecto a la ecuación 4.2, de capítulo 4, sucedido en la fases A con 108 datos que superan el rango. Por lo tanto la fase A no cumple con lo indicado en la regulación ARCONEL debido que existe menos del 95% de los valores dentro límite, sin embargo la fase B y C si cumple. Se registró un cambio brusco de voltaje con valor de 120.8 V en la fase BN suscitado el 22 de enero de 2019 a las 12:28:19. Para confirmar los datos de la Tabla 5.64 ver en el anexo 5, las Figuras 4.1, y4.2.

Tabla 5.64: Análisis del total de los valores registrados de voltaje.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis de voltaje en porcentaje del total de los valores registrados | | | | | | |
|--|---------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|
| Fase-neutro | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores menores al 8% | Valores mayores al 8% | Cumple la normativa 95% | Promedio medio |
| AN | 127 | 981 | 0 | 0 | SI | 4,23 |
| BN | 127 | 981 | 0 | 108 | NO | 5,33 |
| CN | 127 | 981 | 0 | 0 | SI | 4,68 |

5.11.2 Registro de corriente.

Como se observa en la Tabla 5.66, la máxima corriente registrada es de 61,5 A, en la fase AN sucedió el 14 de enero de 2019 a las 11:38:19. Mientras que en la fase BN la máxima corriente registradas es de 54,5 A, sucedió el 16 de enero de 2018 a las 18:28:19.

Tabla 5.65: Registro de corriente en las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

| | Corriente mínimos [A] | | | | Corriente medio [A] | | | | Corriente máximo [A] | | | |
|-------|-----------------------|--------|--------|-------|---------------------|--------|--------|-------|----------------------|--------|--------|-------|
| | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [C] | L3 [C] | LN |
| MIN. | 10,2 | 11,3 | 3,1 | 4,1 | 11,4 | 12,2 | 3,3 | 4,4 | 12,1 | 13,2 | 3,4 | 4,6 |
| MÁX. | 46,2 | 51,8 | 28,4 | 29,8 | 47,9 | 53,2 | 29,6 | 30,7 | 61,5 | 54,5 | 32,3 | 39 |
| PROM. | 21,23 | 22,71 | 9,19 | 11,81 | 22,27 | 23,67 | 9,75 | 12,56 | 24,37 | 24,77 | 10,60 | 13,82 |

5.11.3 Evaluación de los resultados de la frecuencia.

Como se aprecia en la Tabla 5.66, no se registran valores fuera de los límites correspondientes de frecuencia, el valor promedio mínimo es de 59,93 Hz y valor máximo 60,06 Hz. Por lo tanto, la frecuencia en este punto de medición cumple con lo que se indica en la Tabla 5.10. Para confirmar los resultados de la Tabla 5.66, ver en el anexo 5, en la Tabla 4.3 y Figura 4.4.

Tabla 5.66: Evaluación de los valores de la frecuencia.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis de Frecuencia, del total de los valores registrados [Hz] | | | | | | | |
|---|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------|
| | Frecuencia nominal (Hz) | Total de valores registrados | Valores fuera del rango ±1% | Cumple la normativa 95% | Valores fuera del rango 6%, +4% | Cumple la normativa 95% | Promedio |
| MIN. | 60 | 981 | 0 | SI | 0 | SI | 59,94 |
| MÁX. | 60 | 981 | 0 | | 0 | SI | 60,06 |

5.11.4 Evaluación de los resultados desequilibrio de voltaje.

Mediante la Tabla 5.67, se observa un valor fuera del límite correspondiente a desequilibrio de los 981 registros, con un valor de 3,89%. Para confirmar los resultados de la Tabla 5.67, ver en el anexo 5, en la Tabla 4.4 y Figura 4.5. Por lo tanto existe más del 95% de valores inferiores al 2%.

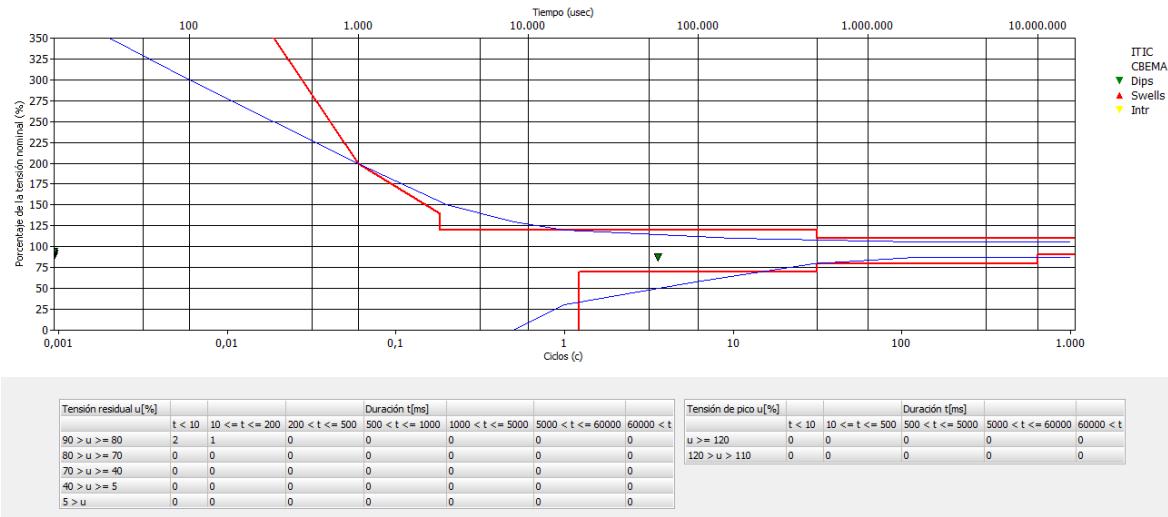
Tabla 5.67: Evaluación de los valores de desequilibrio voltaje.

Fuente: Elaboración propia

| Análisis de desequilibrio total de los valores registrados | | | | | |
|--|---------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores mayores al 2% | Cumple la normativa 95% | Promedio [%] |
| MIN. | 127 | 981 | 0 | SI | 0,163 |
| MÁX. | 127 | 981 | 0 | | 0,312 |
| MEDIO. | 127 | 981 | 1 | | 0,477 |

5.11.5 Evaluación de los resultados dip y swell.

Con los resultados obtenidos mediante la Figura 5.34, se muestra que existe un evento dip registrado, no obstante se encuentra dentro del límite y no representan peligro para el funcionamiento de los equipos eléctricos.

**Figura 5.34:** Huecos de voltaje (Dip) peligrosos para el equipo eléctrico.**Fuente:** Elaboración propia.

5.11.6 Evaluación de los resultados flicker.

Con los resultados de la Tabla 5.68, se observa valores de Pst que superan el límite. Sin embargo existe más del 95% de registros dentro del límite. Concluyendo que las tres fases cumplen con lo que establece la regulación ARCONEL (VER ANEXO 5 Tabla 4.5, Figura 4.6 y Figura 4.7).

Tabla 5.68: Evaluación de los valores flicker Pst y Plt para cada fase.**Fuente:** Elaboración propia.

| Fase-neutro | Análisis de Pst y Plt del total de los valores registrados | | | | | | |
|-------------|--|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| | Total de valores registrados | Pst | | Plt | | | |
| | | Valores mayores al 1.p.u | Cumple la normativa 95% | Valores mayores al 1.p.u | Cumple la normativa 95% | Valores mayores al 0,65.p.u | Cumple la normativa 95% |
| AN | 981 | 4 | SI | 0 | SI | 0 | SI |
| BN | 981 | 2 | SI | 0 | SI | 0 | SI |
| CN | 981 | 1 | SI | 0 | SI | 12 | SI |

5.11.7 Evaluación de los resultados de los armónicos de voltaje TDHV.

De los resultados obtenidos que se indica en Tabla 5.69, no se observa valores que superen el límite correspondiente al amónico THDV de los 981 registros, los



datos obtenidos son inferiores al límite de 8%. Para confirmar los resultados ver en el anexo 5, en la Tabla 4.6 y Figura 4,8.

Tabla 5.69: Evaluación de los armónicos TDHV.

Fuente: Elaboración propia.

| TDHV | Análisis de amónico TDHV [%] del total de los valores registrados | | | |
|------|---|-----------------------|------------------------|----------------|
| | Total de valores registrados | Valores mayores al 8% | Cumple la normativa 8% | Promedio medio |
| AN | 981 | 0 | SI | 2,84 |
| BN | 981 | 0 | SI | 3,16 |
| CN | 981 | 0 | SI | 2,51 |

a. Evaluación de los resultados de los armónicos individuales de voltaje.

Como se ilustra en la Tabla 5.70, no existe valores fuera de los límites correspondiente al amónico individual en las tres fases (A, B, C), los datos obtenidos son inferiores al límite de 5% como lo establece la regulación ARCONEL. Para confirmar los resultados ver en el anexo 5, en la Figura 4.9.

Tabla 5.70: Evaluación de los armónicos individuales de voltaje.

Fuente: Elaboración propia.

| Individual | Análisis de amónico voltaje individual medio total | | | |
|------------|--|-----------------------------|------------------------|----------------|
| | Total de valores registrados | Valores medio mayores al 5% | Cumple la normativa 5% | Promedio medio |
| AN | 50 | 0 | SI | 2,18 |
| BN | 50 | 0 | SI | 2,18 |
| CN | 50 | 0 | SI | 2,22 |

5.11.8 Evaluación de los resultados de corriente armónica.

El tablero trifásico principal ubicado en el tercer piso de la Facultad se encuentra conectado con un conductor # 2 AWG de cobre 7 hilos por fase que recorre una distancia de 14 metros

$$R_{conductor} = 0,000524\Omega/m) \quad (5.33)$$



$$R_{Total} = 0,000524 \frac{\Omega}{m} * 14 \text{ m} \quad (5.34)$$

$$R_{Total} = 0,00733 \Omega \quad (5.35)$$

El valor de la resistencia total obtenida se remplaza en la ecuación 4.1, de capítulo 4 para obtener el valor de (I_{SC}).

$$I_{SC} = \frac{127 \text{ V}}{0,00733} = 17301,98 \text{ A} \quad (5.36)$$

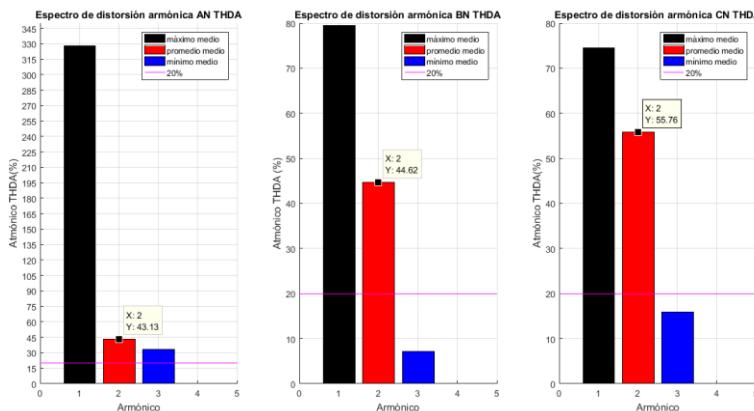
A partir de la Tabla 5.65, la corriente máxima obtenida es de 24,77 A, por lo tanto la relación de las corrientes se presentan de la siguiente manera.

$$SCR = \frac{17301,98 \text{ A}}{24,77 \text{ A}} \quad (5.37)$$

$$SCR = 698,50 \quad (5.38)$$

Observado la Tabla 5.24, el valor calculado se encuentra dentro del intervalo de 100<1000. Dentro de este intervalo se indica los límites de distorsión armónica a cumplir para cada armónico de corriente individual y total, el número de armónicos registrados durante la medición es de 50.

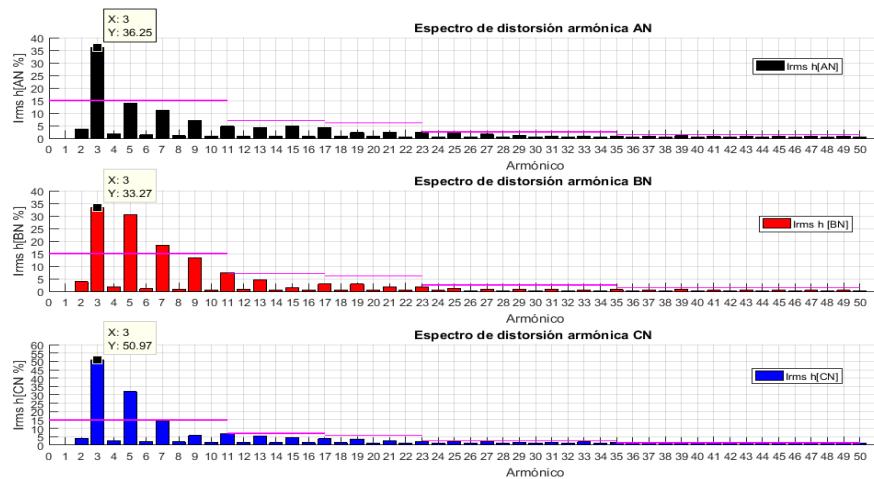
En la Figura 5.35, se indica el espectro de distorsión armónica THDA para las tres fases (A, B, C), la línea de color rosa representa el límite 15% y las barras a evaluar son de color rojo, por lo tanto, los valores correspondientes de distorsión armónica para cada fase rebasan el límite. Por consiguiente el parámetro de armónicos THDA no cumple lo indicado en la regulación ARCONEL, en la parte del anexo 5 en la Tabla 4.7, se indica los valores máximos, mínimos registrados durante la medición.

**Tabla 5.35:** Espectro de distorsión armónica de corriente TDHA fase (A, B, C)**Fuente:** Elaboración propia.

a. Evaluación de los resultados de corriente armónica individual.

A partir de los resultados obtenidos de la ecuación 5.38, los límites para los armónicos individuales se encuentran dentro del rango $100 < 1000$, indicada en la Tabla 5.24.

Analizando los resultados de los armónicos de corriente individual se observa que en la fase BN los armónicos de orden, 3, 5, 7, se encuentran fuera de los límites, de la fase AN el armónico 3 supera el límite y de la fase CN los armónicos de orden 3,5 y 15 se encuentran fuera de los límites.

**Figura 5.36:** Espectro de distorsión armónica de corriente individual fase (A, B, C).**Fuente:** Elaboración propia.



5.11.9 Evaluación de los resultados de factor de potencia.

Para realizar la evaluación se debe tener en cuenta, la sensibilidad de la sonda. Los valores que se indica en la Tabla 5.64, corresponden al total de registros obtenidos durante las horas académicas desde la 7:00 hasta 19:00. Existen registros inferiores el límite 0,92 p.u. La fase A registra un total de 554 valores, la fase B registra 2 y la fase C 554 valores fuera del límite. Por lo tanto en este punto de medición existe menos del 95% de los valores inferiores a 0,92 p.u. Para confirmar los resultados de la Tabla 5.71, véase en el anexo 5, en la Tabla 4.9 y Figura 4,10)

Tabla 5.71: Evaluación de los registro del factor de potencia.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis del factor de potencia total de los valores registrados | | | | | |
|--|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| fdp | Total de valores registrados | Valores medios menores al 0,92 | Cumple la normativa 95% | Valores máximos menores al 0,92 | Cumple la normativa 95% |
| AN | 609 | 554 | NO | 467,0 | NO |
| BN | 609 | 2 | SI | 0,0 | SI |
| CN | 609 | 554 | NO | 504,0 | NO |
| Total | 609 | 569,0 | NO | 530,0 | NO |

5.11.10 Registro de los resultados de potencia activa, reactiva y aparente.

En la Tabla 5.72, se aprecia los registros de potencia activa, reactiva y aparente con valores máximos, mínimos y promedio, el valor máximo registrado de potencia activa es 6,68 kW correspondiente a la fase B. La potencia aparente total alcanzó valores hasta 16,14 kVA dando un factor de utilización de:

$$F_u \frac{kVA_{max.}}{kVA_{nom.}} * 100\% = \frac{16,14 \text{ KVA}}{120 \text{ KVA}} * 100 = 13,66\% \quad (5,37)$$

**Tabla 5.72:** Valores más significativos de potencia.**Fuente:** Elaboración propia

| | Potencia Activa kW. | | | Potencia Aparente Kva. | | | Potencia Reactiva KVAR. | | | |
|--------------|---------------------|------|------|------------------------|------|------|-------------------------|-------|-------|-------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | Total | L1 | L2 | L3 |
| MIN. | 0,74 | 1,56 | 0,14 | 1,53 | 1,66 | 0,44 | 4,11 | -1,48 | -0,46 | -0,47 |
| MÁX. | 5,66 | 6,68 | 3,48 | 6,19 | 6,87 | 3,85 | 16,14 | -0,83 | 0,10 | -0,20 |
| PROM. | 2,30 | 3,06 | 1,05 | 2,92 | 3,14 | 1,28 | 7,81 | -1,23 | -0,24 | -0,35 |

5.11.11 Resultado consumo de energía activa, reactiva y aparente.

Durante el periodo de medición se registra un consumo total de 10747.37 kW de energía activa, mientras que la energía reactiva se registró 296,51 kVAR. Para confirmar los datos con más detalle ver en el anexo 5, en las Tablas 4.10, 4.11, 4.12 y las Figuras 4.11, 4.12, 4.13, donde se indica el consumo registrado de las tres energías por día.

5.12 Periodo de medición correspondiente al tablero principal ubicado el auditorio de la Facultad.

Desde este tablero se alimenta la carga correspondiente al auditorio, sala de profesores, las aulas 011 y 012 que se encuentran en la planta baja y desde este tablero también se alimenta las cargas del segundo piso correspondiente a las aulas 110, 111 como también las oficinas de la red sísmica del austro.

Periodo de medición.

Tabla 5.73: Registro de la medición sitio 6 (Tablero principal Auditorio).**Fuente:** Elaboración propia.

| REGISTRO | UBICACIÓN DE LA MEDIDAD | FECHA INICO | FECHA FINAL | TIEMPO TOTAL DE REGISTRO |
|------------|---|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Medición-6 | Tablero trifásico principal de distribución (Auditorio de la Facultad). | 23/01/2019 13:22:40. | 30/01/2019 11:32:40. | 6d:22h:10m |

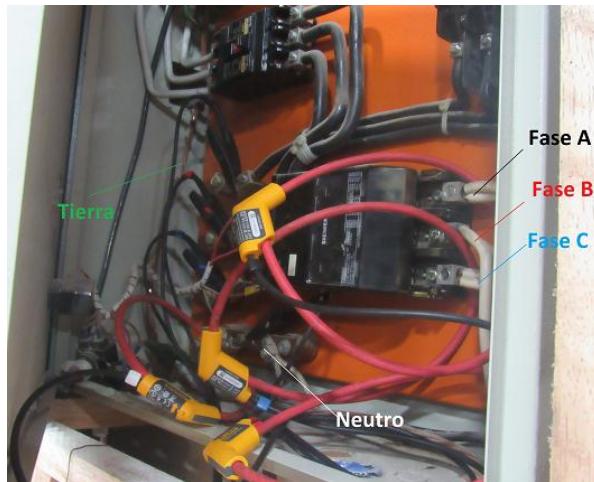


Figura 5.37: Conexión del equipo en el sitio.

Fuente: Elaboración propia

A continuación se realiza el análisis con la tabla de resultados de este punto de medición, por lo tanto las figuras y las demás tablas de resultados se encuentran en el ANEXO 5.

Para las mediciones realizadas se considera los mismos criterios efectuados en el tablero principal del laboratorio de máquinas eléctricas. En este punto de medición se registraron 997 datos con intervalos de medición de 10 minutos durante los 7 días continuos como lo establece la norma EN 50160.

5.12.1 Evaluación de los resultados de voltaje.

De los resultados que se indica en Tabla 5.75, el equipo obtuvo un total de 997 muestras de valores de voltaje (rms), en el transcurso de la medición se registra valores que superan el límite $\pm 8\%$ con respecto a la ecuación 4.2, de capítulo 4. Sin embargo más del 95% de los valores se encuentran dentro del límite, eso quiere decir que el voltaje cumple lo estipulado por la regulación ARCONEL en este punto de medición.

Además se registraron tres cambios bruscos de voltaje con valor de 105,8 V en la fase AN suscitado el 26 de enero de 2019 a las 2:02:40, el segundo valor de 115,2 V en la fase BN suscitado el 28 de enero de 2019 a las 16:22:40 y el tercer valor de 118,1 V en la fase CN suscitado el 30 de enero de 2019 a las 9:12:40. Para



observar los cambios bruscos de voltaje ver en el anexo 5 la Tabla 5.1, y las Figuras 5.1, 5.2.

Tabla 5.74: Análisis del total de los valores registrados de voltaje.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis de voltaje en porcentaje del total de los valores registrados | | | | | | |
|--|---------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------|
| Fase-neutro | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores menores al 8% | Valores mayores al 8% | Cumple la normativa 95% | Promedio |
| AN | 127 | 997 | 1 | 0 | SI | 4,61 |
| BN | 127 | 997 | 1 | 2 | SI | 4,35 |
| CN | 127 | 997 | 0 | 0 | SI | 4,22 |

5.12.2 Registro de corriente.

En este punto de medición la máxima corriente registrada es de 46,6 A, en la fase BN sucedió el 30 de enero de 2019 a las 9:22:40, se indica en la Tabla 5.75.

Tabla 5.75: Registro de corriente de las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

| | Corriente mínimos [A] | | | | Corriente medio [A] | | | | Corriente máximo [A] | | | |
|--------------|-----------------------|--------|--------|------|---------------------|--------|--------|------|----------------------|--------|--------|------|
| | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN |
| MIN. | 0,9 | 0,7 | 1,8 | 1,2 | 0,9 | 0,8 | 2,1 | 1,3 | 1,1 | 1,1 | 2,4 | 1,5 |
| MÁX. | 11,7 | 24,6 | 11,6 | 16,2 | 6276,7 | 25,9 | 6276,7 | 17,2 | 23,3 | 46,6 | 12,6 | 33,2 |
| PROM. | 3,03 | 6,34 | 4,10 | 4,63 | 9,48 | 6,77 | 23,15 | 5,06 | 3,79 | 7,80 | 4,94 | 5,94 |

5.12.3 Evaluación de los resultados de la frecuencia.

En este punto de medición los valores registrados de la frecuencia se encuentran dentro del límite como se ilustra en la Tabla 5.76. Para confirmar los resultados de la Tabla 5.76, ver en el anexo 5, en la Tabla 5.3 y Figura 5.4.

**Tabla 5.76:** Evaluación de los valores de la frecuencia.**Fuente:** Elaboración propia.

| Análisis de Frecuencia, del total de los valores registrados [Hz] | | | | | | | |
|---|-------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------|
| | Frecuencia nominal (Hz) | Total de valores registrados | Valores fuera del rango $\pm 1\%$ | Cumple la normativa 95% | Valores fuera del rango 6%, +4% | Cumple la normativa 95% | Promedio |
| MIN. | 60 | 997 | 0 | SI | 0 | SI | 59,93 |
| MÁX. | 60 | 997 | 0 | | 0 | | 60,06 |

5.12.4 Evaluación de los resultados desequilibrio de voltaje.

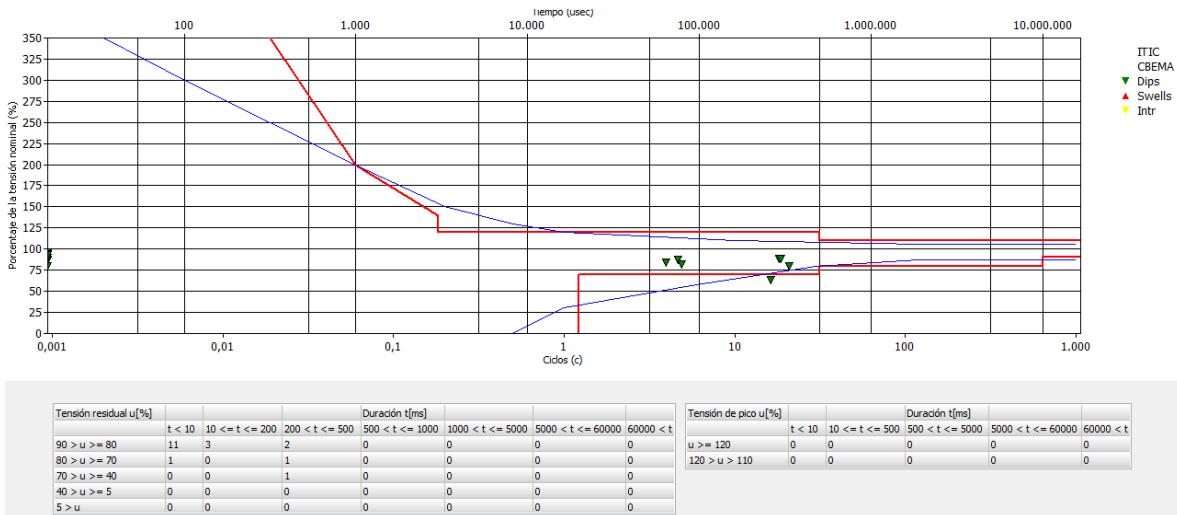
Con los valores obtenidos en la Tabla 5.77, se observa un valor fuera del límite de 2%, con un valor de 3,82% de los 981 registros. Por lo tanto en este punto cumple lo que establece la regulación ARCONEL. Para confirmar los resultados de la Tabla 5.77, ver el anexo 5, en la Tabla 5.4 y Figura 5.5.

Tabla 5.77: Evaluación de los valores de desequilibrio voltaje.**Fuente:** Elaboración propia

| Análisis de desequilibrio total de los valores registrados | | | | | |
|--|---------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores mayores al 2% | Cumple la normativa 95% | Promedio [%] |
| MIN. | 127 | 997 | 0 | | 0,062 |
| MÁX. | 127 | 997 | 0 | SI | 0,761 |
| MEDIO. | 127 | 997 | 3 | | 0,290 |

5.12.5 Evaluación de los resultados dip y swell.

En la Figura 5.42, se observa que en este punto de medición se registra seis eventos de caída de voltaje de los cuales un evento representa peligro para el funcionamiento de los equipos eléctricos.

**Figura 5.38:** Huecos de voltaje (Dip) peligrosos para el equipo eléctrico.**Fuente:** Elaboración propia.

El evento registrado con un valor de 105 V en la fase A es de variación instantánea como se indica en la Tabla 5.78.

Tabla 5.78: Evaluación de los eventos dip registrados.**Fuente:** Elaboración propia.

| | Evento 1 | | |
|---------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | AN | BN | CN |
| Duración (ms) | $200 < t \leq 500$ | $200 < t \leq 500$ | $200 < t \leq 500$ |
| Dip u(%) | $70 > u \geq 40$ | $70 > u \geq 40$ | $70 > u \geq 40$ |
| Voltaje (V) | 105,82 | 115,15 | 118,08 |
| Registrado | 66/01/2019 2:01:004 | 66/01/2019 2:01:004 | 66/01/2019 2:01:004 |

5.12.6 Evaluación de los resultados flicker.

En este punto de medición se ha registrado cuatro eventos en las tres Fases (A, B, C), para los eventos Pst y Plt como se indica en la Tabla 5.79, por lo tanto existe más de 95% de valores registrados por debajo de 1 p.u. Para confirmar los resultados de la Tabla 5.79 ver en el anexo 5, en la Tabla 5.5, y las Figuras 5.6 y 5.7.

**Tabla 5.79:** Evaluación de los valores Pst y Plt para cada fase.**Fuente:** Elaboración propia.

| | Análisis de Pst y Plt del total de los valores registrados | | | | | | |
|-------------|--|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| | Pst | | Plt | | | | |
| Fase-neutro | Total de valores registrados | Valores mayores al 1.p.u | Cumple la normativa 95% | Valores mayores al 1.p.u | Cumple la normativa 95% | Valores mayores al 0,65.p.u | Cumple la normativa 95% |
| AN | 997 | 4 | SI | 4 | SI | 9 | SI |
| BN | 997 | 4 | SI | 4 | SI | 9 | SI |
| CN | 997 | 4 | SI | 4 | SI | 9 | SI |

5.12.7 Evaluación de los resultados de los armónicos de voltaje TDHV.

Al observar la Tabla 5.80, no registra valores fuera de los límites correspondientes de amónica THDV de los 997 registros, siendo inferiores al límite de 8%. Para confirmar los resultados ver en el anexo 5, en la Tabla 5.6 y Figura 5,80.

Tabla 5.80: Evaluación de los armónicos TDHV.**Fuente:** Elaboración propia.

| TDHV | Análisis de amónico TDHV [%] del total de los valores registrados | | | |
|------|---|-----------------------------|------------------------|----------------|
| | Total de valores registrados | Valores medio mayores al 8% | Cumple la normativa 8% | Promedio medio |
| AN | 997 | 0 | SI | 3,31 |
| BN | 997 | 0 | SI | 2,63 |
| CN | 997 | 0 | SI | 3,35 |

a. Evaluación de los resultados de los armónicos individuales de voltaje.

En este punto de medición no se registra valores superiores al límite 5% en ninguna de las tres fases (A, B, C), como se ilustra en la Tabla 5.81. Para confirmar los resultados ver en el anexo 5, en la Figura 5.9.

**Tabla 5.81:** Evaluación de los armónicos individual de voltaje.**Fuente:** Elaboración propia.

| Individual | Análisis de armónico voltaje individual medio total | | | |
|------------|---|-----------------------------|------------------------|----------------|
| | Total de valores registrados | Valores medio mayores al 5% | Cumple la normativa 5% | Promedio medio |
| AN | 50 | 0 | SI | 2,18 |
| BN | 50 | 0 | SI | 2,18 |
| CN | 50 | 0 | SI | 2,23 |

5.12.8 Evaluación de los resultados de corriente armónica.

El tablero trifásico principal está ubicado en el auditorio de la Facultad, se encuentra conectado con un conductor # 2 AWG de cobre 7 hilos por fase que recorre una distancia de 30 metros.

$$R_{conductor} = 0,000524 \Omega/m \quad (5.40)$$

$$R_{Total} = 0,000524 \frac{\Omega}{m} * 30 m \quad (5.41)$$

$$R_{Total} = 0,0157 \Omega \quad (5.42)$$

El valor de la resistencia total obtenida se remplaza en la ecuación 4.1 de capítulo 4 para obtener el valor de (I_{SC}).

$$I_{SC} = \frac{127 V}{0,0157} = 8078,88 A \quad (5.43)$$

A partir de la Tabla 5.75, la corriente promedio máxima obtenido es de 7,8 A, por lo tanto la relación de las corrientes se presentan de la siguiente manera.

$$SCR = \frac{8078,88 A}{7,8 A} \quad (5.44)$$

$$SCR = 1035,75 \quad (5.45)$$

Observado la Tabla 5.24, el valor calculado se encuentra dentro del intervalo de >1000. Dentro de este intervalo se indica los límites de distorsión armónica a

cumplir para cada armónico de corriente individual y total, el número de armónicos registrados durante la medición es de 50.

En la Figura 5.39, se indica el espectro de distorsión armónica THDA para las tres fases (A, B, C), la línea de color rosa representa el límite 20% y las barras a evaluar son de color rojo, en este punto de medición el armónico THDA no cumple lo indicado en la regulación ARCONEL, en la parte del anexo 5, en la Tabla 5.7, se indica los valores máximos, mínimos registrados durante la medición.

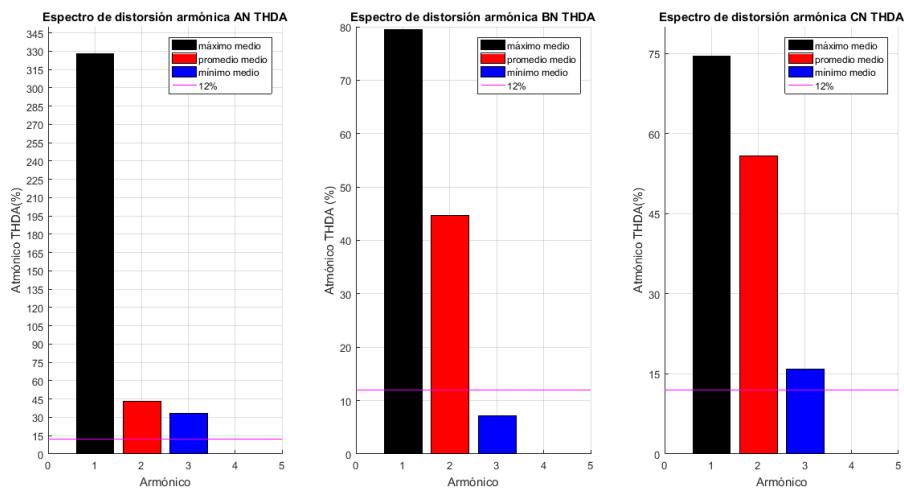


Figura 5.39: Espectro de distorsión armónica de corriente THDA fase (A, B, C).

Fuente: Elaboración propia.

a. Evaluación de los resultados de corriente armónica individual.

A partir de los resultados obtenidos de la ecuación 5.44, se establece los límites para los armónicos individuales se encuentra dentro del rango >1000 , indicada en la Tabla 5.24.

Analizando los resultados de los armónicos de corriente individual que se observa en la Figura 5.40, el armónico de orden 3 de la fase AN se encuentran fuera del límite, de la fase BN los armónicos de orden 3, 5, 7 supera el límite y de la fase CN los armónicos de orden 3 y 5 se encuentran fuera de los límites.

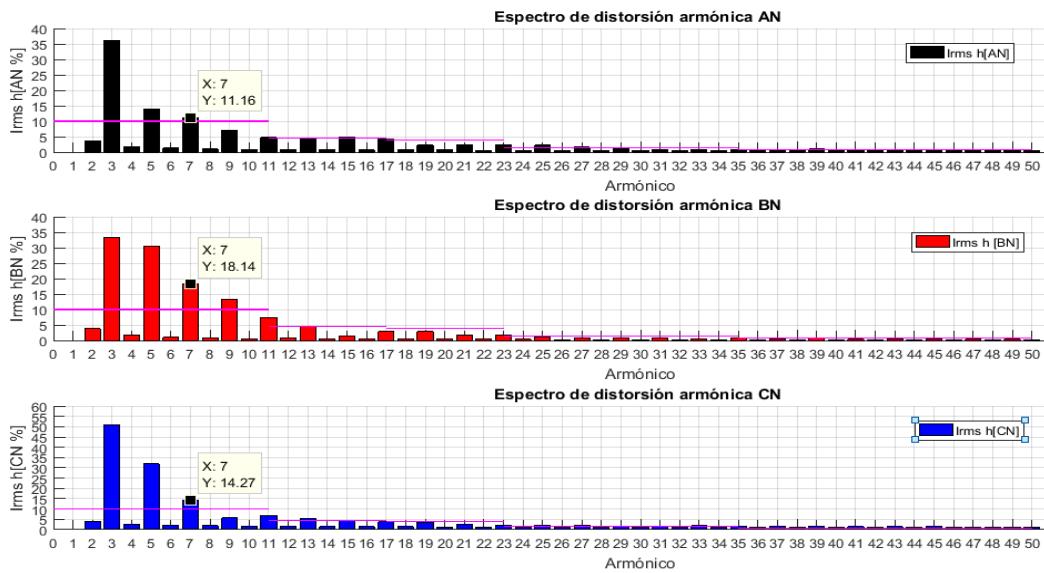


Figura 5.40: Espectro de distorsión armónica de corriente individual fase (A, B, C).

Fuente: Elaboración propia.

5.12.9 Evaluación de los resultados de factor de potencia.

Para la evaluación del factor de potencia se debe tener en cuenta, la sensibilidad de la sonda. Los valores que se indica en la Tabla 5.83, corresponden al total de registros obtenidos durante las horas académicas desde la 7:00 hasta 21:00 de los días laborables. Existen registros inferiores al límite 0,92 p.u. La fase A registra un total de 390 valores, la fase B 137 y la fase C 259 fuera del límite. Por lo tanto en este punto de medición existe menos del 95% de los valores inferiores a 0,92 p.u. Para confirmar los resultados de la Tabla 5.82, ver en el anexo 5, en la Tabla 5.9 y Figura 5,10).

Tabla 5.82: Evaluación de los registro del factor de potencia.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis del factor de potencia total de los valores registrados | | | | | |
|--|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| fdp | Total de valores registrados | Valores medios menores al 0,92 | Cumple la normativa 95% | Valores máximos menores al 0,92 | Cumple la normativa 95% |
| AN | 405 | 390 | NO | 366 | NO |
| BN | 405 | 137 | NO | 115 | NO |
| CN | 405 | 259 | NO | 230 | NO |
| Total | 405 | 405 | NO | 404 | NO |

5.12.10 Registro de los resultados de potencia activa, reactiva y aparente.

En la Tabla 5.83, se aprecia los registros de potencia activa, reactiva y aparente con valores máximos, mínimos y promedio. El valor máximo registrado de potencia activa es 3,13 kW correspondiente a la fase C. La potencia aparente total alcanzó valores hasta 6,3 kVA registrado el 29 de enero de 2018 a las 10:42:40 dando un factor de utilización de:

$$F_u \frac{kVA_{max}}{kVA_{nom}} * 100\% = \frac{6,3 \text{ KVA}}{120 \text{ KVA}} * 100 = 5,25\% \quad (5.46)$$

Tabla 5.83: Valores más significativos de potencia.

Fuente: Elaboración propia.

| | Potencia Activa kW. | | | Potencia Aparente KVA. | | | Potencia Reactiva KVAR. | | | |
|--------------|---------------------|------|------|------------------------|------|------|-------------------------|-------|------|-------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | Total | L1 | L2 | L3 |
| MIN. | 0,11 | 0,08 | 0,22 | 0,13 | 0,11 | 0,28 | 0,57 | -0,02 | 0,01 | -0,04 |
| MÁX. | 1,40 | 3,13 | 1,45 | 1,51 | 3,29 | 1,52 | 6,3 | 0,30 | 0,94 | 0,18 |
| PROM. | 0,37 | 0,79 | 0,48 | 0,42 | 0,87 | 0,56 | 2,05 | 0,06 | 0,24 | 0,03 |

5.12.11 Resultado consumo de energía activa, reactiva y aparente.

Durante el periodo de medición se registra un consumo total de 271.3 KW de energía activa, mientras que la energía reactiva de 53,93 KVAR. Para confirmar los datos con más detalle ver el anexo 5 en las Tablas 5.10, 5.11, 5.12 y las Figuras 5.11, 5.12, 5.13), donde se indica el consumo registrado de las tres energías por día.

5.13 Periodo de medición correspondiente al tablero principal ubicado en la secretaria de posgrados.

Desde este tablero alimenta la carga correspondiente a la secretaria de posgrados, laboratorio de telemática, departamento de comunicación, las aulas 109, 005, la bodega y baños que se encuentra en segunda planta.

Periodo de medición.

Tabla 5.84: Registro de la medición sitio 7.

Fuente: Elaboración propia.

| REGISTRO | UBICACIÓN DE LA MEDIDAD | FECHA INICO | FECHA FINAL | TIEMPO TOTAL DE REGISTRO |
|------------|--|-------------------------|------------------------|--------------------------|
| Medición-7 | Tablero trifásico principal de distribución (posgrados). | 31/01/2019 12:20:15. | 7/02/2019 11:50:15. | 6d:23h:30m |

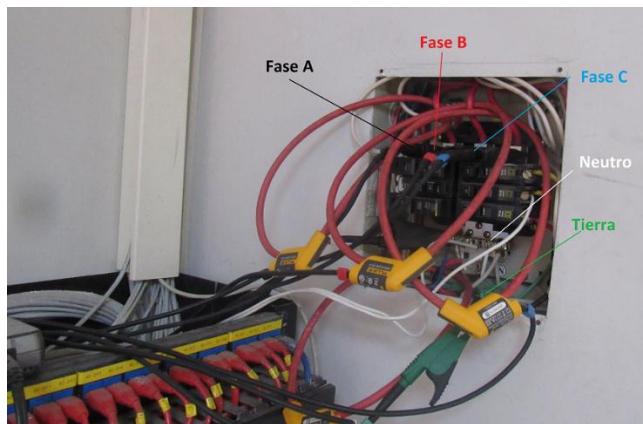


Figura 5.41: Conexión del equipo en el sitio.

Fuente: Elaboración propia

A continuación se realiza el análisis con la tabla de resultados de este punto de medición, por lo tanto las figuras y las demás tablas de resultados se encuentran en el ANEXO 5.

Para las mediciones realizadas se considera los mismos criterios efectuados en el tablero principal del laboratorio de máquinas eléctricas. En este punto de medición se registraron 1005 datos con intervalos de medición de 10 minutos durante los 7 días continuos como lo establece la norma EN 50160.

5.13.1 Evaluación de los resultados de voltaje.

De los resultados que se indica en la Tabla 5.85, el equipo obtuvo un total de 1005 muestras de valores de voltaje (rms) en el transcurso de la medición, existe valores fuera del límite en la fase A y B, sin embargo se registra más del 95% de

los valores dentro del rango. En este punto de medición existe tres cambios bruscos de voltaje, el más significativo de 87,6 V en la fase BN suscitado el 6 de febrero de 2019. (VER ANEXO 5, las Tablas 6.1, 6.2 y las Figuras 6.1, 6.2).

Tabla 5.85: Análisis del total de los valores registrados de voltaje.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis de voltaje en porcentaje del total de los valores registrados | | | | | | |
|--|---------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------|
| Fase-neutro | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores menores al 8% | Valores mayores al 8% | Cumple la normativa 95% | Promedio |
| AN | 127 | 1005 | 2 | 0 | SI | 131,69 |
| BN | 127 | 1005 | 3 | 0 | SI | 131,84 |
| CN | 127 | 1005 | 0 | 0 | SI | 133,16 |

5.13.2 Registro de corriente.

En este punto de medición la máxima corriente registrada es de 32.8 A en la fase BN sucedió el 31 de enero de 2019 a las 13:00:15. Como se observa en la Tabla 5.86, en el anexo 5, en la Figura 6.3, se indica el registro de corriente.

Tabla 5.86: Registro de corriente de las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

| | Corriente mínimos [A] | | | Corriente medio [A] | | | Corriente máximo [A] | | | | | |
|------|-----------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|----------------------|------|--------|--------|--------|------|
| | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN |
| MIN. | 0,1 | 0,7 | 0 | 0,6 | 0,3 | 0,8 | 0,2 | 0,8 | 0,7 | 1,2 | 0,7 | 1,6 |
| MÁX. | 4,8 | 14,6 | 0,5 | 12,6 | 4,9 | 17,2 | 1,5 | 16 | 6,6 | 32,8 | 5,6 | 27,8 |
| PROM | 1,25 | 2,95 | 0,10 | 3,10 | 1,39 | 3,37 | 0,23 | 4,12 | 1,98 | 4,74 | 0,88 | 6,07 |

5.13.3 Evaluación de los resultados de la frecuencia.

Los registros frecuencia en este punto de medición se encuentran dentro del límite, como se aprecia en la Tabla 5.87, Para confirmar los resultados ver en el anexo 5, en la Tabla 6.3 y Figura 6.4.

Tabla 5.87: Evaluación de los valores de la frecuencia.**Fuente:** Elaboración propia.

| Análisis de Frecuencia, del total de los valores registrados [Hz] | | | | | | | |
|---|-------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------|
| | Frecuencia nominal (Hz) | Total de valores registrados | Valores fuera del rango $\pm 1\%$ | Cumple la normativa 95% | Valores fuera del rango 6%, +4% | Cumple la normativa 95% | Promedio |
| MIN. | 60 | 1005 | 0 | SI | 0 | SI | 59,93 |
| MÁX. | 60 | 1005 | 0 | | 0 | | 60,06 |

5.13.4 Evaluación de los resultados desequilibrio de voltaje.

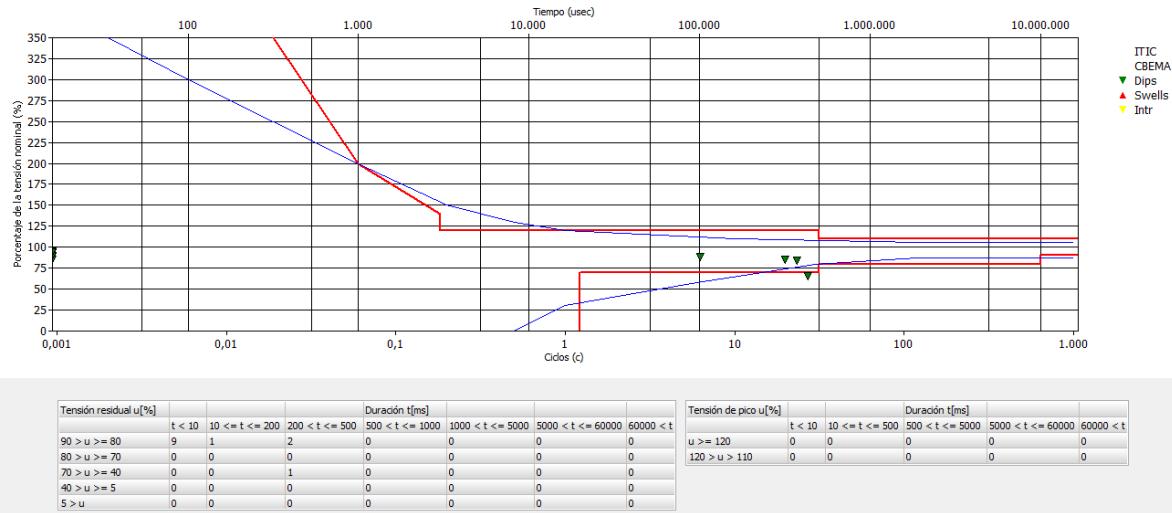
Mediante la Tabla 5.88, se observa en el registro tres valores fuera del límite del 2%, el más significativo 13,56% registrado el 31 de enero de 2019 a las 13:01:15. Por lo tanto existe más del 95% de valores inferior a 2%. (VER ANEXO 5, Tabla 6.4 y Figura 6.5).

Tabla 5.88: Evaluación de los valores de desequilibrio voltaje.**Fuente:** Elaboración propia

| Análisis de desequilibrio total de los valores registrados | | | | | |
|--|---------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores mayores al 2% | Cumple la normativa 95% | Promedio [%] |
| MIN. | 127 | 1005 | 0,0 | SI | 0,477 |
| MÁX. | 127 | 1005 | 3,0 | | 0,833 |
| MEDIO. | 127 | 1005 | 0,0 | | 0,650 |

5.13.5 Evaluación de los resultados dip y swell.

Con los resultados que se indica en la Figura 5.42, se registra cuatro eventos dip, de los cuales uno representa peligro en el funcionamiento de los equipos eléctricos.

**Figura 5.42:** Huecos de voltaje (Dip) peligrosos para el equipo eléctrico.**Fuente:** Elaboración propia.

El evento registrado con un valor de 87,6 V, en la fase B es de variación instantánea como se indica en la Tabla 5.89. Las consecuencias que podría causar el evento es pérdida de información en los dispositivos electrónicos.

Tabla 5.89: Evaluación de los eventos Dip registrados.**Fuente:** Elaboración propia.

| | Evento 1 | | |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | AN | BN | CN |
| Duración (ms) | $200 < t \leq 500$ | $200 < t \leq 500$ | $200 < t \leq 500$ |
| Dip u(%) | $70 > u \geq 40$ | $70 > u \geq 40$ | $70 > u \geq 40$ |
| Voltaje (V) | 104.88 | 87,60 | 119,11 |
| Registrado | 31/01/2019 13:0:15 | 31/01/2019 13:0:15 | 31/01/2019 13:0:15 |

5.13.6 Evaluación de los resultados flicker.

Durante la medición se registra eventos Pst y Plt indicado en la Tabla 5.90. En las tres fases (A, B, C) superando el límite 1 p.u. Sin embargo más del 95% son inferiores. (VER ANEXO 5, en la Tabla 6.6, Figura 6.6 y Figura 6,7).

**Tabla 5.90:** Evaluación de los valores Pst y Plt para cada fase**Fuente:** Elaboración propia.

| | Análisis de Pst y Plt del total de los valores registrados | | | | | | |
|-------------|--|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| | Pst | | Plt | | | | |
| Fase-neutro | Total de valores registrados | Valores mayores al 1.p.u | Cumple la normativa 95% | Valores mayores al 1.p.u | Cumple la normativa 95% | Valores mayores al 0,65.p.u | Cumple la normativa 95% |
| AN | 1005 | 5 | SI | 24 | SI | 60 | NO |
| BN | 1005 | 3 | SI | 24 | SI | 36 | SI |
| CN | 1005 | 12 | SI | 0 | SI | 48 | SI |

5.13.7 Evaluación de los resultados de los armónicos de voltaje TDHV.

Al observar la Tabla 5.91, no se registra valores fuera del límite correspondiente al armónico THDV de los 1005 datos los resultando ser inferiores al límite de 8%. Para confirmar los resultados ver en el anexo 5, en la Tabla 6.6 y Figura 6.8.

Tabla 5.91. Evaluación de los armónicos TDHV.**Fuente:** Elaboración propia.

| TDHV | Análisis de armónico TDHV [%] del total de los valores registrados | | | |
|------|--|------------------------------|------------------------|----------------|
| | Total de valores registrados | Valores medio. mayores al 8% | Cumple la normativa 8% | Promedio medio |
| AN | 1005 | 0 | SI | 3,15 |
| BN | 1005 | 0 | SI | 2,87 |
| CN | 1005 | 0 | SI | 2,15 |

a. Evaluación de los resultados de los armónicos individuales de voltaje.

En este punto de medición los armónicos individuales no superan el límite de 5% que establece la regulación ARCONEL. Como se ilustra en la Tabla 5.92, para afirmar los resultados ver el anexo 5, en la Figura 6.9.

Tabla 5.92: Evaluación de los armónicos individuales de voltaje.**Fuente:** Elaboración propia.

| Individual | Análisis de armónico voltaje individual medio total | | | |
|------------|---|-----------------------------|------------------------|----------------|
| | Total de valores registrados | Valores medio mayores al 5% | Cumple la normativa 5% | Promedio medio |
| AN | 50 | 0 | SI | 2,17 |
| BN | 50 | 0 | SI | 2,15 |
| CN | 50 | 0 | SI | 2,11 |

5.13.8 Evaluación de los resultados de corriente armónica.

El tablero trifásico ubicado en la secretaría se encuentra conectado con un conductor # 6 AWG de cobre 7 hilos por fase que recorre una distancia de 20 metros.

$$R_{conductor} = 0,001331 \Omega/m \quad (5.47)$$

$$R_{Total} = 0,001331 \frac{\Omega}{m} * 20m \quad (5.48)$$

$$R_{Total} = 0,0266 \Omega \quad (5.49)$$

El valor de la resistencia total obtenida se remplaza en la ecuación 4.1, de capítulo 4 para obtener el valor de (I_{SC}).

$$I_{SC} = \frac{127}{0,0266} = 4770,80 A \quad (5.50)$$

A partir de la Tabla 5.87, la corriente promedio máxima obtenida es de 4.72 A, por lo tanto la relación de las corrientes se presentan de la siguiente manera.

$$SCR = \frac{4770,80 A}{4,72 A} \quad (5.51)$$

$$SCR = 1010,77 \quad (5.52)$$

Observado la Tabla 5.24, el valor calculado se encuentra dentro del intervalo de >1000. Dentro de este intervalo se indica los límites de distorsión armónica a

cumplir para cada armónico de corriente individual y total, el número de armónicos registrados durante la medición es de 50.

En la Figura 5.43, se indica el espectro de distorsión armónica THDA para las tres fases (A, B, C), la línea de color rosa representa el límite 20% y las barras a evaluar son de color rojo, por lo tanto, los valores correspondientes de distorsión armónica para cada fase rebasan el límite. Por consiguiente el parámetro de armónicos THDA no cumple lo indicado en la regulación ARCONEL, en el anexo 5 Tabla 1.8 se indica los valores máximos, mínimos registrados durante la medición.

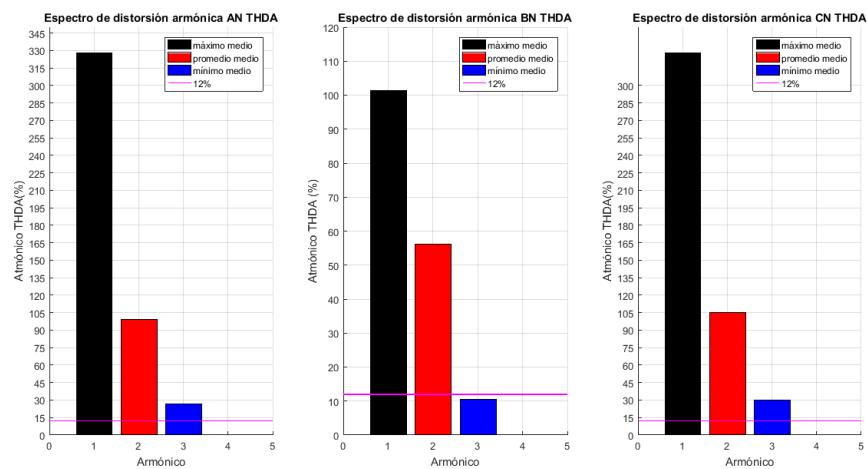


Figura 5.43: Espectro de distorsión armónica de corriente THDA fase (A, B, C).

Fuente: Elaboración propia.

a. Evaluación de los resultados de corriente armónica individual.

A partir de los resultados obtenidos de la ecuación 5.51, se establece los límites para los armónicos individuales se encuentra dentro del rango >1000 , indicada en la Tabla 5.24.

Analizando los resultados que se indica en la Figura 5.44, los armónicos de orden 3, 5, 7, 9, 11 de la fase AN se encuentran fuera del límite, de la fase BN el armónico de orden 3, 5, 7 fuera de rango y de la fase CN el armónico de orden 3, 5, 7, 9, 11 supera el límite.

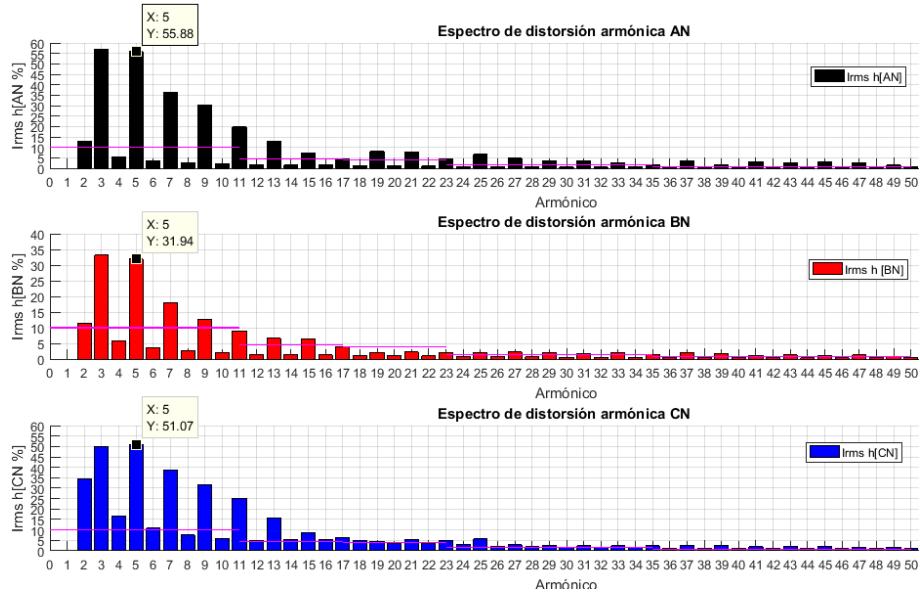


Figura 5.44: Espectro de distorsión armónica de corriente individual fase (A, B, C).

Fuente: Elaboración propia.

5.13.9 Evaluación de los resultados de factor de potencia.

En este punto de la medición sea registrado 372 valores correspondiente a la actividad académica desde 7:00 hasta 21:00 de lunes a viernes, existen valores inferiores a 0,92 en la fase A, B, C, como se lo indica en la Tabla 5.93, y se concluye en este punto de la medición no se cumple lo indicado en la regulación ARCONEL (VER ANEXO 5, Tabla 6.9 y Figura 6,10).

Tabla 5.93: Evaluación de los registro del factor de potencia

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis del factor de potencia total de los valores registrados | | | | | |
|--|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| fdp | Total de valores registrados | Valores medios menores al 0,92 | Cumple la normativa 95% | Valores máximos menores al 0,92 | Cumple la normativa 95% |
| AN | 372 | 357 | NO | 357 | NO |
| BN | 372 | 357 | NO | 357 | NO |
| CN | 372 | 357 | NO | 352 | NO |
| Total | 372 | 357 | NO | 357 | NO |

5.13.10 Registro de los resultados de potencia activa, reactiva y aparente.

En la Tabla 5.94 se observa que el valor máximo registrado de potencia activa es 1,03 kW correspondiente a la fase B. La potencia aparente total alcanzó valores hasta 3,87 kVA sucedido el 1 de febrero de 2019 a las 9:20:15 dando un factor de utilización de:

$$F_u \frac{kVA_{max.}}{kVA_{nom.}} * 100\% = \frac{3,87 \text{ KVA}}{120 \text{ KVA}} * 100 = 3,22\% \quad (5.52)$$

Tabla 5.94: Valores más significativos de potencia.

Fuente: Elaboración propia.

| | Potencia Activa kW. | | | Potencia Aparente KVA. | | | Potencia Reactiva KVAR. | | | |
|--------------|---------------------|------|------|------------------------|------|------|-------------------------|-------|------|-------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | Total | L1 | L2 | L3 |
| MIN. | -0,03 | 0,06 | 0,00 | 0,04 | 0,11 | 0,03 | 0,21 | -0,54 | 0,02 | -0,01 |
| MÁX. | 0,46 | 1,03 | 0,08 | 0,64 | 2,16 | 0,13 | 3,87 | 0,00 | 1,89 | 0,01 |
| PROM. | 0,09 | 0,23 | 0,01 | 0,18 | 0,43 | 0,03 | 0,85 | -0,10 | 0,31 | 0,00 |

5.13.11 Resultado consumo de energía activa, reactiva y aparente.

Se registra un consumo total de 55.53 KW de energía activa, mientras que la energía reactiva es 70,393 KVAR. Para confirmar los datos con más detalle ver el anexo 5 en las Tablas 6.10, 6.11, 6.12 y las Figura 6.11, 6.12, 6.13, donde se indica el consumo registrado de las tres energías por día.

5.14 Periodo de medición correspondiente al tablero principal ubicado en el aula 010.

Desde este tablero se alimenta la carga correspondiente al laboratorio de hidráulica circuito de fuerza e iluminación. Debido que la iluminación del área administrativa se energiza desde el tablero que se encuentra ubicado en el pasillo, asimismo desde este tablero se alimenta los circuitos de las cuatro asociaciones de escuelas y los tomacorrientes del aula 010.

Periodo de medición.

Tabla 5.95: Registro de la medición sitio 8 (Tablero principal de hidráulica).

Fuente: Elaboración propia.

| REGISTRO | UBICACIÓN DE LA MEDIDAD | FECHA INICO | FECHA FINAL | TIEMPO TOTAL DE REGISTRO |
|------------|--|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Medición-8 | Tablero trifásico principal de distribución (010). | 06/03/2019 12:57:57. | 13/03/2019 11:11:57. | 6d:22h:30m |

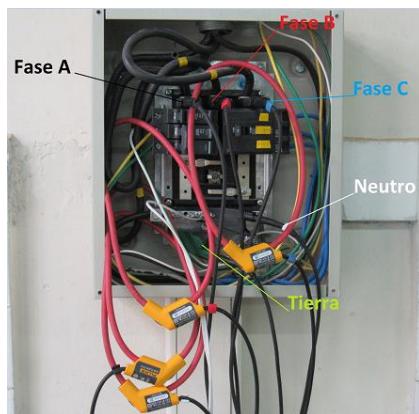


Figura 5.45: Conexión del equipo en el sitio.

Fuente: Elaboración propia

A continuación se realiza el análisis con la tabla de resultados de este punto de medición, por lo tanto las figuras y las demás tablas de resultados se encuentran en el ANEXO 5.

Para las mediciones realizadas se considera los mismos criterios efectuados en el tablero principal del laboratorio de máquinas eléctricas. En este punto de medición se registraron 999 datos con intervalos de medición de 10 minutos durante los 7 días continuos como lo establece la norma EN 50160.

5.14.1 Evaluación de los resultados de voltaje.

Se registró cinco cambios bruscos de voltaje, de los cuales tres tienen valores de caída de voltaje considerable siendo estos de 112,9 V en la fase AN sucedido el 7 de marzo de 2019 a las 9:47:57, el segundo evento de 116,7 V en la fase CN

suscitado el 7 de marzo de 2019 a las 6:47:57 y el tercer evento de 120,3 V en la fase BN suscitado el 1 de marzo de 2019 a las 0:37:57.

Para confirmar la existencia de cambios bruscos de voltaje ver en el anexo 5, en la Tabla 7.1, 7.2 y Figura 7.1.

Tabla 5.96: Análisis del total de los valores registrados de voltaje.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis de amónico TDHV [%] del total de los valores registrados | | | | | | |
|---|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------|
| TDHV | Total de valores registrados | Valores mín. mayores al 8% | Valores medio mayores al 8% | Valores máx. mayores al 8% | Cumple la normativa 95% | Promedio medio |
| AN | 999 | 0 | 0 | 0 | SI | 132,23 |
| BN | 999 | 0 | 0 | 0 | SI | 133,59 |
| CN | 999 | 0 | 0 | 0 | SI | 132,38 |

5.14.2 Registro de corriente.

Con los datos de la Tabla 5.97, la máxima corriente registrada es de 43,2 A en la fase BN sucedió el 10 de marzo de 2019 a las 3:37:57. Para observar los registros de forma gráfica ver en el anexo 5, la Figura 7.3.

Tabla 5.97: Registro de corriente de las tres fases..

Fuente: Elaboración propia.

| | Corriente mínimos [A] | | | | Corriente medio [A] | | | | Corriente máximo [A] | | | |
|------|-----------------------|--------|--------|------|---------------------|--------|--------|------|----------------------|--------|--------|------|
| | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN |
| MIN | 0,6 | 0 | 0,1 | 0,4 | 0,8 | 0,3 | 0,3 | 0,6 | 1,1 | 0,8 | 0,7 | 0,9 |
| MÁX | 17,1 | 13,2 | 12,5 | 5,6 | 6276,7 | 6276,7 | 13 | 5,7 | 43,2 | 40,5 | 39,3 | 20,8 |
| PROM | 1,63 | 0,48 | 1,25 | 1,41 | 27,09 | 13,36 | 1,50 | 1,76 | 4,74 | 1,60 | 2,78 | 4,73 |

5.14.3 Evaluación de los resultados de la frecuencia.

Mediante los registros que se expone en la Tabla 5.98, el valor promedio mínimo es de 59,93 Hz y valor máximo 60,06 Hz. Por lo tanto, la frecuencia en este punto de medición cumple con lo que se indica en la Tabla 5.15. Para confirmar los resultados de la Tabla 5.98, ver en el anexo 5, en la Tabla 7.3, y Figura 7.4.

**Tabla 5.98:** Evaluación de los valores de la frecuencia.**Fuente:** Elaboración propia.

| | Análisis de Frecuencia, del total de los valores registrados [Hz] | | | | | | | | |
|--------|---|------------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|
| | Frecuencia nominal (Hz) | Total de valores registrados | valores menores al -1% | valores mayores al 1% | Cumple la normativa 95% | valores menores al -6% | valores mayores al 4% | Cumple la normativa 95% | Promedio medio |
| Mínimo | 60 | 999 | 0 | 0 | SI | 0 | 0 | SI | 59,96 |
| Máximo | 60 | 999 | 0 | 0 | | 0 | 0 | | 60,04 |

5.14.4 Evaluación de los resultados de desequilibrio de voltaje.

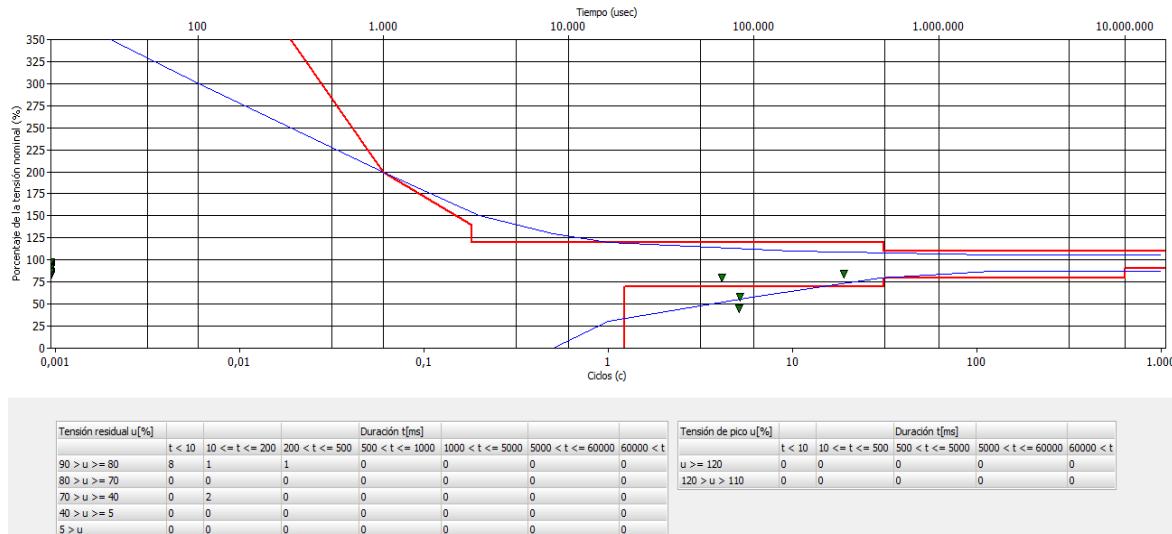
Se registran cuatro valores superior al 2% del total de 999 registrados, el valor más significativo es de 9,37 sucedido el 7 marzo 2019 a las 6:37:39. Sin embargo como se indica en la Tabla 5.99 existe más del 95% de valores dentro del límite. (VER ANEXO 5, Tabla 7.4 y Figura 7.5).

Tabla 5.99: Evaluación de los valores de desequilibrio voltaje.**Fuente:** Elaboración propia.

| Análisis de desequilibrio total de los valores registrados | | | | | |
|--|---------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores mayores al 2% | Cumple la normativa 95% | Promedio [%] |
| MIN. | 127 | 999 | 0 | SI | 0,351 |
| MÁX. | 127 | 999 | 4 | | 0,710 |
| MEDIO. | 127 | 999 | 0 | | 0,510 |

5.14.5 Evaluación de los resultados Dip y Swell.

En este punto de medición se registran cuatro eventos de caída de voltaje como se observa en la Figura 46.

**Figura 5.46:** Huecos de voltaje (Dip) peligrosos para el equipo eléctrico.**Fuente:** Elaboración propia.

El evento registrado con un valor de 112,92 V en la fase A es de variación instantánea como se indica en la Tabla 5.100. La posible consecuencia del evento es pérdida de información en los dispositivos electrónicos.

Tabla 5.100: Evaluación de los eventos Dip registrados.**Fuente:** Elaboración propia.

| Evento 1 | | | |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | AN | BN | CN |
| Duración (ms) | $200 < t \leq 500$ | $200 < t \leq 500$ | $200 < t \leq 500$ |
| Dip u(%) | $90 > u \geq 80$ | $90 > u \geq 80$ | $90 > u \geq 80$ |
| Voltaje (V) | 112.92 | 142,42 | 126,78 |
| Registrado | 07/03/2019 9:47:57 | 07/03/2019 9:47:57 | 07/03/2019 9:47:57 |

5.14.6 Evaluación de los resultados flicker.

Con los resultados de la Tabla 5.101, se observa que existen valores fuera del límite 1 p.u para los eventos Pst y Plt. Pero del total de valores más del 95% se encuentran por debajo 1 p.u (VER ANEXO 5 Tabla 7.5, Figura 7.6 y Figura 7.7).

Tabla 5.101: Evaluación de los valores Pst y Plt para cada fase.**Fuente:** Elaboración propia.

| | | Análisis de Pst y Plt del total de los valores registrados | | | | | |
|-------------|------------------------------|--|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| | | Pst | | Plt | | | |
| Fase-neutro | Total de valores registrados | Valores mayores al 1.p.u | Cumple la normativa 95% | Valores mayores al 1.p.u | Cumple la normativa 95% | Valores mayores al 0,65.p.u | Cumple la normativa 95% |
| AN | 999 | 6 | SI | 36 | SI | 72 | NO |
| BN | 999 | 13 | SI | 36 | SI | 60 | NO |
| CN | 999 | 6 | SI | 12 | SI | 36 | SI |

5.14.7 Evaluación de los resultados de los armónicos de voltaje TDHV.

Con los resultados obtenidos que se indica en la Tabla 5.102, los valores registrados son inferiores al límite de 8%. Para confirmar los resultados ver en el anexo 5, en la Tabla 7.6 y Figura 7,8.

Tabla 5.102. Evaluación de los armónicos TDHV.**Fuente:** Elaboración propia.

| Análisis de armónico TDHV [%] del total de los valores registrados | | | | |
|--|------------------------------|------------------------------|------------------------|----------------|
| TDHV | Total de valores registrados | Valores medio. mayores al 8% | Cumple la normativa 8% | Promedio medio |
| AN | 999 | 0 | SI | 2,43 |
| BN | 999 | 0 | SI | 1,86 |
| CN | 999 | 0 | SI | 2,77 |

a. Evaluación de los resultados de los armónicos individuales de voltaje.

Durante el periodo de medición realizado en este punto no se registró valores que superen el límite de 5%. Por lo tanto cumple lo indicado por la regulación ARCONEL. Para confirmar los resultados ver en el anexo 5, la Figura 7.9.

Tabla 5.103: Evaluación de los armónicos individuales de voltaje.**Fuente:** Elaboración propia.

| Análisis de armónico voltaje individual medio total | | | | |
|---|------------------------------|-----------------------------|------------------------|----------------|
| Individual | Total de valores registrados | Valores medio mayores al 5% | Cumple la normativa 5% | Promedio medio |
| AN | 50 | 0 | SI | 2,12 |
| BN | 50 | 0 | SI | 2,10 |
| CN | 50 | 0 | SI | 2,14 |



5.14.8 Evaluación de los resultados de corriente armónica.

El tablero trifásico principal ubicado en el aula 010 se encuentra conectado con un conductor # 2 AWG de cobre 7 hilos por fase que recorre una distancia de 50 metros.

$$R_{conductor} = 0,000524 \Omega/m \quad (5.54)$$

$$R_{Total} = 0,000524 \frac{\Omega}{m} * 50 m \quad (5.55)$$

$$R_{Total} = 0,0262 \Omega \quad (5.56)$$

El valor de la resistencia total obtenida se remplaza en la ecuación 4.1, de capítulo 4 para obtener el valor de (I_{SC}).

$$I_{SC} = \frac{127V}{0,0262 \Omega} = 4770,84 A \quad (5.57)$$

A partir de la Tabla 5.97, la corriente promedio máxima obtenida es de 4,74 A, por lo tanto la relación de las corrientes se presentan de la siguiente manera.

$$SCR = \frac{4847,328 A}{4,74 A} \quad (5.58)$$

$$SCR = 1022,64 \quad (5.59)$$

Observado la Tabla 5.24, el valor calculado se encuentra dentro del intervalo de 100<1000. Dentro de este intervalo se indica los límites de distorsión armónica a cumplir para cada armónico de corriente individual y total, el número de armónicos registrados durante la medición es de 50.

En la Figura 5.47, se indica el espectro de distorsión armónica THDA para las tres fases (A, B, C), la línea de color rosa representa el límite 15% y las barras a evaluar son de color rojo, por lo tanto, los valores correspondientes de distorsión armónica para cada fase rebasan el límite. Por consiguiente el parámetro de armónicos THDA no cumple lo indicado en la regulación ARCONEL, en el ver

anexo 5 en la Tabla 7.8, donde se indica lo valores máximos, mínimos registrados durante la medición.

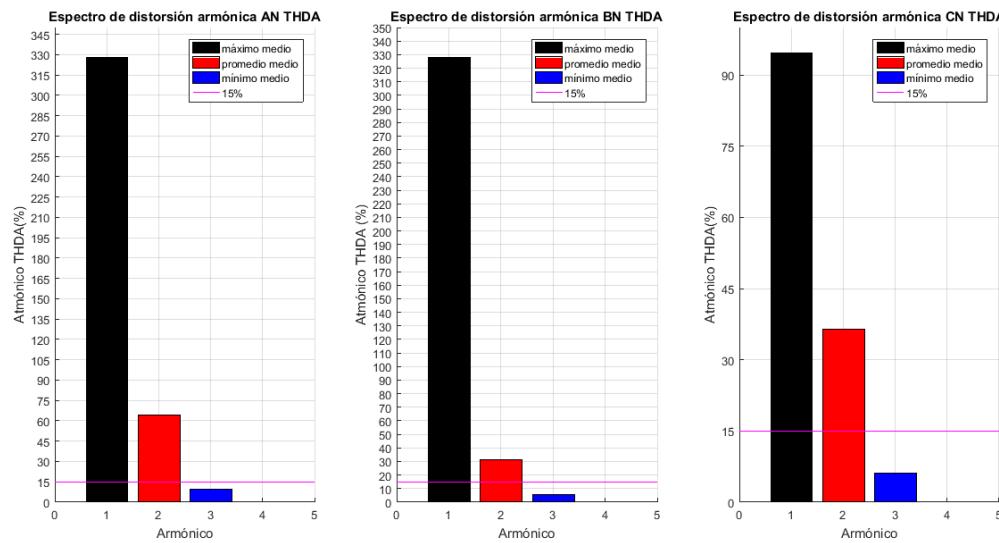


Figura 5.47: Espectro de distorsión armónica de corriente THDA fase (A, B, C).

Fuente: Elaboración propia.

a. Evaluación de los resultados de corriente armónica individual.

A partir de los resultados obtenidos de la ecuación 5.58, se establece los límites para los armónicos individuales se encuentra dentro del rango >1000 , indicada en la Tabla 5.24.

Analizando los resultados que se indica en la Figura 5.48, el armónico de orden 3, 5, 7 de la fase AN se encuentran fuera del límite y de la fase BN como de la fase AN el armónico de orden 3 supera el límite.

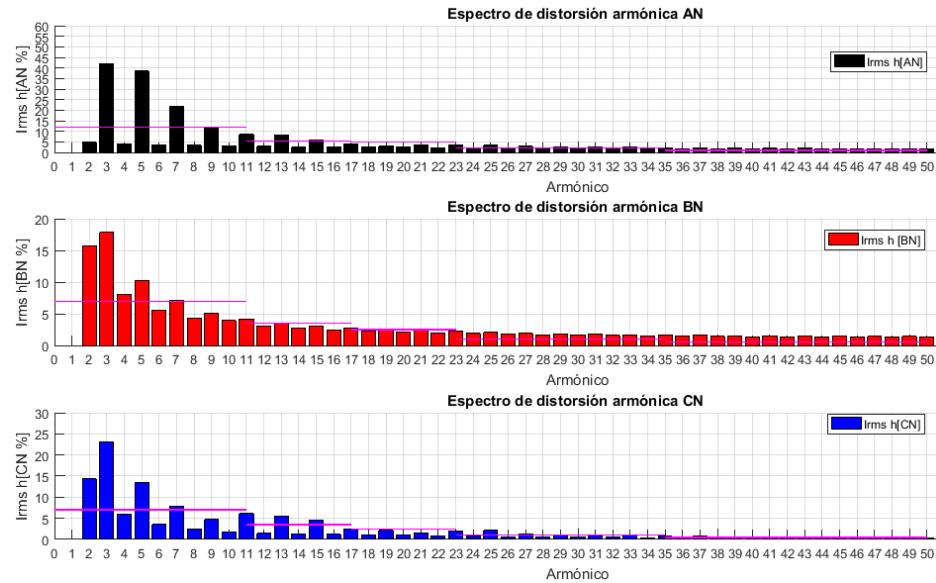


Figura 5.48: Espectro de distorsión armónica de corriente individual fase (A, B, C).

Fuente: Elaboración propia.

5.14.9 Evaluación de los resultados de factor de potencia.

Para la evaluación del factor de potencia se debe tener en cuenta, la sensibilidad de la sonda. Los valores que se indica en la Tabla 5.104, corresponden al total de registros obtenidos durante las horas académicas desde la 7:00 hasta 19:00 de los días laborables donde se registra un tal de 371 valores, sin embargo en este punto de medición existe menos del 95% por debajo de 0,92. (VER ANEXO 5, Tabla 7.9 y Figura 7.10).

Tabla 5.104: Evaluación de los registros de factor de potencia.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis del factor de potencia total de los valores registrados | | | | | |
|--|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| fdp | Total de valores registrados | Valores medios menores al 0,92 | Cumple la normativa 95% | Valores máximos menores al 0,92 | Cumple la normativa 95% |
| AN | 371 | 359,0 | NO | 259,0 | NO |
| BN | 371 | 363,0 | NO | 341,0 | NO |
| CN | 371 | 367,0 | NO | 341,0 | NO |
| Total | 371 | 370,0 | NO | 371,0 | NO |

5.14.10 Registro los resultados de potencia activa, reactiva y aparente.

En el transcurso de la medición el valor máximo registrado de potencia activa es 1,66 kW correspondiente a la fase A. La potencia aparente total alcanzo valores hasta 5,82 kVA registrado el 10 de marzo de 2019 a las 13:37:57 dando un factor de utilización de:

$$F_u \frac{kVA_{max.}}{kVA_{nom.}} * 100\% = \frac{5.82 \text{ KVA}}{120 \text{ KVA}} * 100 = 4,85\% \quad (5.59)$$

Tabla 5.105: Valores más significantes de potencia.

Fuente: Elaboración propia.

| | Potencia Activa kW. | | | Potencia Aparente KVA. | | | | Potencia Reactiva KVAR. | | |
|--------------|---------------------|------|------|------------------------|------|------|-------|-------------------------|-------|-------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | Total | L1 | L2 | L3 |
| MIN. | 0,06 | 0,00 | 0,01 | 0,10 | 0,03 | 0,03 | 0,21 | 0,04 | -0,02 | -0,03 |
| MÁX. | 1,66 | 0,86 | 0,95 | 2,28 | 1,79 | 1,71 | 5,82 | 1,57 | 1,59 | 1,44 |
| PROM. | 0,16 | 0,03 | 0,11 | 0,24 | 0,10 | 0,19 | 0,60 | 0,11 | 0,07 | 0,13 |

5.14.11 Resultado consumo de energía activa, reactiva y aparente.

En este sitio se registra un consumo total de 51,65 KW de energía activa, mientras que la energía reactiva un valor de 30,5 kVAR. Para confirmar los datos con más detalle en el anexo 5, en las Tablas 7.10, 7.11, 7.12 y Figuras 7.11, 7.12, 7.13, donde se indica el consumo registrado de las tres energías por día



CAPÍTULO 6

DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA FACULTAD INGENIERÍA

El análisis de calidad de energía eléctrica se realizó con el analizador de red fluke 435 serie II, para examinar el comportamiento de los perfiles de voltaje, corriente, factor de potencia, potencia activa, reactiva, frecuencia, desbalance de voltaje, armónicos, flicker en los tableros principales de la Facultad según lo establecido por la regulación ARCONEL 005/18.

Por lo tanto se procede a indicar dos diagnósticos con respecto a las instalaciones internas y sobre los resultados obtenidos de los parámetros de análisis de calidad de energía eléctrica.

6.1 Diagnóstico de las instalaciones internas.

De acuerdo con la revisión que se realizó en las instalaciones internas de la Facultad, se da a conocer el estado actual de los transformadores, tableros de distribución, circuitos de iluminación y fuerza.

6.1.1. Transformadores.

Para satisfacer la carga eléctrica de todas las áreas de la Facultad de Ingeniería, en la actualidad se cuenta con tres transformadores quienes suministran la energía.

El primer transformador se encuentra ubicado detrás del aula magna Mario Vintimilla en la parte subterránea, tiene una potencia de 120kVA, este transformador no cuenta con la placa técnica dispuesta por el fabricante, al inspeccionar se observó que ha sido intervenido por lo que cuenta con un cableado nuevo, tablero general nuevo, malla que aísla al transformador.

El Segundo transformador se encuentra ubicado en la Facultad de Arquitectura en la parte subterránea tiene una capacidad de 75 KVA, cuenta con la placa técnica

del fabricante donde indica que se fabricó en enero del 2011. El tablero general de distribución es antiguo las protecciones son fusibles clase G (en forma de cilindro) dentro de un encapsulado trifásico, no existe el etiquetado de los circuitos. Cuenta con la respectiva malla aislamiento pero no hay mantenimiento en la parte de limpieza periódicamente.

Finalmente, el tercer transformador se encuentra ubicado en la parte baja del aula 010 correspondiente a la Facultad, tiene una capacidad de 125 KVA, cuenta con la placa técnica del fabricante donde indica que se fabricó en el año 2011. El transformador no cuenta con un tablero general de distribución, existe conexiones inadecuadas de las protecciones a la salida de bajo voltaje, no cuenta con la malla de seguridad, el mantenimiento de limpieza es deficiente y debido a eso existe humedad en el piso.

Cabe recalcar, que desde este transformador se tiene una matriz directa hacia el laboratorio de sanitaria, que energiza el circuito de fuerza conformado por veinte tomacorrientes.

Para estos sitios donde se encuentran ubicados los transformadores se recomienda efectuar la debida limpieza y realizar el etiquetado de los circuitos.

6.1.2. Sistemas de puesta tierra (SPT).

En el tránscurso del levantamiento de información no se encontró el cable de puesta a tierra en los tableros que se encuentran ubicados en los pasillos de la Facultad, además en los tableros normalizados el STP no es el adecuado, debido que no se encuentran conectada a la barra de tierras. Los tomacorrientes que se encuentran ubicados en las aulas no cuenta con el cable de tierra, mientras que el circuito de fuerza de los laboratorios cuenta con un cable conectado directamente a una varilla con una conexión inadecuada por el motivo que no se encuentra soldado el cable con la varilla.

El sistema de puesta a tierra asegurar la no actuación de las protecciones y elimina o disminuye el daños en los equipos eléctricos debido a sobre voltajes



provenientes de la red externa o por cortocircuitos internos, de igual manera provee seguridad a las personas limitando el voltaje de contacto. Por tal razón se recomienda realizar una nueva conexión del sistema de puesta a tierra en la Facultad.

6.1.3. Tableros de distribución y circuito eléctricos.

En toda la infraestructura de la Facultad se encontró 47 tableros de distribución, entre bifásicos, trifásicos y tableros de paso (VER ANEXO 2).

Existe cinco tableros antiguos que no representan seguridad en caso de cortocircuitos, cuatro de ellos son cajas y adentró se encuentran interruptores tipo cuchilla (VER ANEXO 1), el quinto tablero se encuentra en el pasillo frente al aula 107, la protección son fusibles clase G (en forma de cilindro), sin etiquetamiento y sin limpieza.

Durante el levantamiento de información de las cargas fijas se observó circuitos de iluminación en desorden (circuitos mesclados y la ubicación de lámparas azar), como también existe una sobre carga de luminarias por circuito, que establece la EERCS (Empresa Eléctrica Regional Centro Sur) 20 por circuito. Los circuitos de fuerza en algunas aulas existen varios tomacorrientes y en otras apenas dos, así mismo se encuentran mezclados los circuitos de tomacorrientes bifásicos con monofásicos. (VER ANEXO 3).

Se efectúa un plano de mejora expresado en el anexo 4, donde se procede a realizar la distribución de los circuitos de iluminación, fuerza y cargas especiales. Además se efectúa los cálculos de la carga eléctrica existente en la Facultad con el objetivo de dimensionar la capacidad de un transformador.

En el plano de mejora se sugiere implementar dos tableros generales con barras de cobre expresados con el distintivo TGD1 y TGD2 que se encuentran ubicados en la primera planta baja. Desde estos puntos se energizara a los tableros secundarios que se encuentran ubicados en las tres plantas de la Facultad como se indica en el anexo 4.



Los tableros que se recomienda a ser cambiados y reubicados son:

Tablero con el distintivo TDP4-PBP expresado en el anexo 4(1), que se encuentra ubicado en la planta baja entre el aula 001 y el área de suministros, se aconseja el debido cambiado por un centro de carga bifásico para 20 circuitos.

Tablero con el distintivo TDP5-ASOS expresado en el anexo 4(1), que se encuentra ubicado en el patio de las asociaciones escuela, es reubicado con respecto a lo que se indica en el anexo 3, se recomienda que debe ser bifásico para 12 circuitos.

Tablero con el distintivo TP1-PB véase en el anexo 4(1), que se encuentra frente al aula 009, se aconseja el cambiado por un centro de carga bifásico para 12 circuitos.

Tablero con el distintivo TDP2-S&A que se indica en el anexo 4(1), se encuentra ubicado frente al aula 107, se sugiere el debido cambio a un tablero con barras de cobre trifásico cuatro hilos, debido que desde este tablero se energiza la carga de los laboratorios de suelos y alto voltaje donde se encuentran instalados motores y hornos.

Tablero con el distintivo TDP1-LM que se indica en el anexo 4(2), se encuentra ubicado junto a la entrada del laboratorio de máquinas eléctricas, se aconseja el debido cambio a un tablero con barras de cobre trifásico cuatro hilos, en este lugar existe varios motores que son utilizados en las prácticas de los estudiantes de eléctrica y electrónica.

Tablero con el distintivo TDS2-PSP expresado en el anexo 4(2), que se encuentra ubicado en la primera planta alta entre el aula 105 y 104 se aconseja el cambiado por un centro de carga bifásico para 20 circuitos.

Además se sugiere tener en cuenta el cambio de los tableros que se encuentran ubicados en el laboratorio de hidráulica y el laboratorio de física, debido que la

base de protección es distinta a las que se puede encontrar en el mercado eléctrico, son de versiones anteriores.

6.2. Diagnóstico de la calidad de energía eléctrica en la Facultad Ingeniería.

Se realizó el monitoreo de calidad de la energía en ocho tableros de distribución.

En la Tabla 6.1 se presenta un resumen del cumplimiento o no de los parámetros en los sitios de medición, para que se cumpla lo establecido por la regulación ARCONEL durante el periodo de medición más 95% de los valores registrados debe estar dentro del límite.

Tabla 6.1: Tabla de resumen de la calidad de energía en la Facultad.

Fuente: Elaboración propia

| Ubicación | Resumen total de las mediciones realizadas | | | | | | | | |
|---|--|---------------|------------|---------------|-------------|-----------|------------------|--------------------|-----------|
| | Voltaje Regulación ARCONEL ($\pm 8\%$) | Corriente (A) | Frecuencia | Desequilibrio | Dip y swell | Flicker | Armónico Voltaje | Armónico corriente | Fdp |
| Tablero principal ubicado en el laboratorio de máquinas eléctricas | cumple | 50,2 | Cumple | Cumple | cumple | cumple | cumple | No cumple | No cumple |
| Tablero principal Transformador 120 kVA | No A y B | 326,3 | Cumple | Cumple | cumple | cumple | cumple | No, 3 orden | cumple |
| Tablero principal ubicado en el laboratorio de física | No A y B | 21,8 | Cumple | Cumple | cumple | cumple | cumple | No A y B | No cumple |
| Tablero principal ubicado en el pasillo de Laboratorio de suelos y alto voltaje | No B | 96 | Cumple | No cumple | cumple | No cumple | cumple | No cumple | No A y B |
| Tablero principal ubicado en el tercer piso centro de computación | No B | 61,5 | Cumple | Cumple | cumple | cumple | cumple | cumple | No A y C |
| Tablero principal ubicado en el Auditorio de la Facultad | Cumple | 46,6 | Cumple | Cumple | Cumple | Cumple | Cumple | No cumple | No cumple |
| Tablero principal ubicado en la secretaría de posgrados. | Cumple | 38,8 | Cumple | Cumple | Cumple | Cumple | Cumple | No cumple | No cumple |
| Tablero principal ubicado en la aula 010 | Cumple | 42,2 | Cumple | Cumple | Cumple | Cumple | Cumple | No cumple | No cumple |



6.2.1. Frecuencia

Observando la Tabla 6.1, la frecuencia no se ve afectada en los ocho sitios que se realizaron la medición, la frecuencia mínima registrada es 59,83 Hz y la máxima 60,06 Hz de modo que se encuentran dentro del rango como lo indica la regulación ARCONEL.

6.2.2. Variación de voltaje.

Con los resultados totales de cada sitio donde se realizó la medición y aplicando lo que establece la regulación ARCONEL 005/18 se registra menos del 95% de los valores dentro del límite, en el tablero general de distribución ubicado junto al transformador 120 kVA la fase A y B no cumple, en este sitio obtuvo 1008 datos y existieron 232 en la fase A y 126 en la fase B que superaron el límite. En el tablero principal de distribución localizado en el laboratorio de física se obtuvo valores fuera de rango en la fase A con 131 y la fase B con 72. En el tablero principal de distribución que se encuentra ubicado frente a la entrada del aula 107 (entre pasillo del laboratorio de suelos y alto voltaje) los datos de la fase B incumplieron el límite con 83 valores de un total de 978. En el tablero principal de distribución que se encuentra ubicado en el tercer piso, se registra 108 datos superior al límite de 981 registros.

Por lo tanto, en las instalaciones de la Facultad existe un leve sobre voltaje, esto se puede comprobar con las Figuras del anexo 5, la mayor parte de estos valores se registran en los horarios de la noche, madrugada y fines de semana con un promedio máximo de 136 V.

Para solucionar este problema se recomienda realizar el cambio del TAP del transformador de 120KVA y mejorar el sistema de puesta a tierra de las instalaciones internas de la Facultad.



6.2.3. Desequilibrio de voltaje.

Este parámetro se ve afectado en un punto de medición de las ocho mediciones realizadas como se indica en la Tabla 6.1, correspondiente al tablero que se encuentra ubicado en el pasillo de entre el laboratorio de suelos y alto voltaje, no cumple con el límite que se indica en la Tabla 5.13, del capítulo 5, en este sitio se registraron un total de 978 valores y 89 valores superan el límite del 2%, por lo tanto existe menos del 95% de los valores dentro del límite.

Dentro del laboratorio de suelos existen motores, hornos, batidoras de una potencia considerable se presume que estos equipos son los causantes del parámetro desequilibrio de voltaje, para solucionar este problema se sugiere la utilización de equipos de filtrado que permita equilibrar las corrientes en sistema trifásico, que se deberá ser ubicado en este punto de medición.

6.2.4. Factor de potencia.

La empresa distribuidora eléctrica (EERCS) exige que el factor de potencia mínima sea 0,92 p.u, por parte del cliente, al no cumplir con este parámetro la empresa procede a realizar las respectivas sanciones económicas. Por lo tanto, durante las ocho mediciones que se realizó, solo se cumple el parámetro, en el tablero general que se encuentra junto al transformador de 120KVA como se indica en la Tabla 6.1 de resumen, en los demás puntos de medición no se cumplen lo indicado por la regulación ARCONEL. El en tablero de distribución principal ubicado frente al aula 107 es donde se obtiene el mayor número de valores fuera del límite, en la fase A con 214, en la fase B con 130 y en la fase C 47 valores de 327 registros correspondiente al actividad académica (lunes a viernes), desde este tablero energiza las cargas del laboratorio de suelo, laboratorio de alto voltaje y las oficinas que se encuentran dentro de esta edificación.



Se recomienda realizar la corrección de factor de potencia en las instalaciones internas de la Facultad, al mejorar este factor se tendrá consecuencias positivas, lo que se reflejara en la reducción del costo del consumo eléctrico debido a que más energía será aprovechada.

Para mejorar este parámetro se recomienda la instalación de condensadores en las barras del tablero de distribución que energiza los laboratorios de suelos y alto voltaje), esta compensación reducirá la potencia reactiva y caídas de voltaje.

6.2.5. Armónicos.

Observando los resultados de la Tablas 6.1, no se registró valores fuera del límite para armónicos THDV y armónicos individual de voltaje en todos los sitios de medición, el parámetro cumple lo que dispone la regulación ARCONEL.

Sin embargo en el caso de los armónicos de corriente se registran en todos los tableros donde se realizó la medición, el armónico de orden 3, 5, 7, además en el tablero principal que se encuentra ubicado frente al aula 107 es donde se registró la mayor cantidad de armónicos fuera del límite.

Los armónicos pueden llegar a ser muy perjudiciales y en su proceso destructivo puede ocasionar el sobrecalentamiento del transformador, deterioro de aislamiento de los cables, disparos inadvertidos de los dispositivos de protección.

En la actualidad existe diversas cargas alimentadas por el transformador 120KVA, el contenido de armónicos resultante es el fasor suma de las corrientes armónicas individuales, Por lo tanto los niveles de distorsión armónica se reduzcan por la diversidad del ángulo de fase en el espectro de armónicos.

Para solucionar este problema se recomienda la instalación de filtros armónicos, ya que los filtros activos y pasivos minimizan la presencia de armónico que se generan. La función que realiza el filtro pasivo es bloquear los armónicos o desviarlos a tierra dependiendo de la configuración que se realice. Mientras que

los filtros activos monitorean y perciben electrónicamente corrientes y generan formas de onda contrarrestar las corrientes armónicas originales.

6.2.6. Flicker.

Este parámetro tampoco se cumple en el punto de medición del tablero que se encuentra en el pasillo entre el laboratorio de suelos y alto voltaje como se indica en la Tabla 6, de resumen, se registraron un total de 997 valores de los cuales para el evento Pst para la fase A con 99, la fase B con 130 y la fase C con 592 datos fuera del límite, para el evento Plt la fase A con 187, la fase B con 331 y la fase C con 607 valores fuera del rango. Por lo tanto existe menos de 95% de datos dentro del límite. Esto es debido a las fluctuaciones de voltaje que dependen de su amplitud influenciada por las características del sistema eléctrico que es determinada por el tipo de carga. Para contrarrestar el problema se sugiere la incorporar estabilizadores dinámicos de voltaje, con ello se reduce la amplitud de las fluctuaciones.

En la Tabla 6.2, se indica sugerencias para solucionar los parámetros que no cumplen lo indicado por la regulación ARCONEL.

Tabla 6.2: Sugerencias para mejorar la calidad e energía eléctrica.

Fuente: Elaboración propia

| Cuadro de sugerencias para mitigar los parámetros fuera del límite | | |
|--|--|---|
| UBICACION | CAUSAS DEBIDO A: | SOLUCIÓN |
| Voltaje Regulación ARCONEL ($\pm 8\%$) | | |
| Tablero principal transformador 120 kVA. | Tablero general junto al transformador 120 KVA, los niveles de voltaje fuera del límite se registran cuando no existes caga. | Realizar el cambio de TAP en el transformador 120KVA. |
| Tablero principal ubicado en el pasillo de Laboratorio de suelos y alta tensión. | Se encuentra a 6 metros de transformador de 120 KVA. | Mejorar el SPT. |
| Tablero principal ubicado en el tercer piso centro de computación. | Desbalance de carga y los niveles de voltaje fuera del límite se registran cuando no existes caga. | Mejorar el SPT. |

| | | |
|--|---|--|
| Tablero principal ubicado en el pasillo de Laboratorio de suelos y alta tensión. | Los niveles de voltaje fuera del límite se registran cuando no existen caga. | Mejorar el SPT. |
| Desequilibrio | | |
| Tablero principal ubicado en el pasillo de Laboratorio de suelos y alto voltaje. | Arranque y apagado de motores Encendido de hornos | Instalación de equipos de filtrado que permita estabilizar las corrientes en el sistema trifásico. |
| Armónico corriente | | |
| Tablero principal ubicado en el laboratorio de máquinas eléctricas. | Componente electrónico. Motores. Luminarias fluorescentes. | Filtro activo, debido que se registra más de 1 armónico (compensa, filtrar armónicos), conexión en paralelo. |
| Tablero principal Transformador 120 KVA. | Perturbación por las cargas no lineales conectadas en los diferentes espacios de la Facultad. | Filtro pasivo, debido que se registra el tercer armónico |
| Tablero principal ubicado en el laboratorio de física. | Armónicos presentes en la red interna. | Banco de capacitores y cambiar la iluminación a tecnología led. |
| Tablero principal ubicado en el pasillo de Laboratorio de suelos y alta tensión. | Motores Luminarias fluorescentes Resonancia en paralelo | Filtros de rechazo |
| Tablero principal ubicado en el tercer piso centro de computación. | Luminarias fluorescentes Componente electrónico | Banco de capacitores y cambiar la iluminación a tecnología led. |
| Tablero principal ubicado en el Auditorio de la Facultad. | Luminarias fluorescentes Componente electrónico | Filtro activo, debido que se registra más de 1 armónico (compensa, filtrar armónicos), conexión en paralelo. |
| Tablero principal ubicado en la secretaría de posgrados. | Luminarias fluorescentes Componente electrónico | Banco de capacitores |
| Tablero principal ubicado en la aula 010. | Luminarias fluorescentes Motores | Banco de capacitores y filtro de rechazo |
| Factor de potencia | | |
| Tablero principal ubicado en el laboratorio de máquinas eléctricas. | Debido a la presencia de armónicos Sensibilidad de la sonda al ruido. | Banco de capacitores y Filtro de armónicos |
| Tablero principal ubicado en el laboratorio de física. | Debido a la presencia de armónicos Sensibilidad de la sonda al ruido. | Banco de capacitores y Filtro de armónicos |
| Tablero principal ubicado en el pasillo de Laboratorio de suelos y alta tensión. | Debido a la presencia de armónicos Sensibilidad de la sonda al ruido. | Banco de capacitores y Filtro de armónicos |
| Tablero principal ubicado en el tercer piso centro de computación. | Debido a la presencia de armónicos Sensibilidad de la sonda al ruido. | Banco de capacitores y Filtro de armónicos |
| Tablero principal ubicado en el Auditorio de la Facultad. | Debido a la presencia de armónicos Sensibilidad de la sonda al ruido. | Banco de capacitores y Filtro de armónicos |
| Tablero principal ubicado en la secretaría de posgrados. | Debido a la presencia de armónicos Sensibilidad de la sonda al ruido. | Banco de capacitores y Filtro de armónicos |
| Tablero principal ubicado en el laboratorio de física. | Debido a la presencia de armónicos. Sensibilidad de la sonda al ruido. | Banco de capacitores y Filtro de armónicos |



| Flicker | | |
|---|--|---|
| Tablero principal ubicado en el pasillo de Laboratorio de suelos y alto voltaje | Debido a fluctuaciones de voltaje que depende de la amplitud de sistema eléctrico. | Se sugiere la instalación de estabilizadores dinámicos de voltaje. Este dispositivo reducirá la amplitud de fluctuaciones de voltaje. |

CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones.

Se aconseja realizar el cambio respectivo de los tableros de distribución en malas condiciones por tableros normalizados, debido que no presentan seguridad en caso de eventualidades, estos tableros principalmente se encuentran ubicados en los pasillos de la Facultad, también se sugiere que se realice el respectivo mantenimiento de los demás tableros de distribución realizando la limpieza y el respectivo etiquetamiento de los circuitos.

Se realizaron ocho mediciones de los diferentes parámetros que interfieren en el análisis de la calidad de energía eléctrica, abarcando la mayor carga posible. Sin embargo no se realizó la medición correspondiente las áreas de administración, aulas 004, 003, 002, 001, decanato debido que el tablero de distribución y la ubicación no presenta seguridad para la instalación del equipo. Así mismo no se realizó la medición correspondiente a la matriz del tercer transformador que se encuentra en la planta baja del aula 010 debió a que no existe conexiones adecuadas para la instalación del equipo y más que todo con esta matriz se energiza a veinte tomacorrientes y en este lugar no existe carga que perturben la señal eléctrica, en la se encuentra una refrigeradora, una computadora como cargas fijas.

El tablero principal que se encuentra ubicado en el pasillo de la primera planta baja, entre el laboratorio de suelos y el laboratorio de alto voltaje se encontró una baja calidad de energía provocado por los motores eléctricos (hornos, prensa) lo cual causa deterioro en los equipos eléctricos y calentamiento de conductores. La



solución de este problema es la colocación de un banco de condensadores automático en la barras del tablero, lo que representa alargamiento en la vida útil de los motores eléctricos y evita sanciones por parte de la autoridad competente debido al incumplimiento parámetro de factor de potencia.

El valor del tercer armónico corriente esta fuera del régimen establecido por la regulación ARCONEL en el tablero general del transformador 120kVA.

Los valores de factor de potencia están fuera del límite establecido por la empresa distribuidora de energía eléctrica siendo inferiores al 0,92, en las instalaciones internas, sin embargo en el tablero general junto al transformador de 120KVA es superior al 0,92.

Con los resultados obtenidos del nivel de voltaje, se concluye que existe sobrevoltaje durante las horas no académicas (lunes a viernes), se recomienda realizar el cambio del TAP del transformador de 120KVA, además mejorar el sistema de puesta a tierra de todas las instalaciones internas.

La capacidad del transformador que se encuentra detrás del aula magna Mario Vintimilla es de 120KVA y se presentó medidas hasta 101,04 KVA dando un factor de utilización del transformador de 84,2% y registrando una corriente promedio de 140,23 A.

7.2. Recomendaciones.

Se recomienda realizar mantenimiento de limpieza, etiquetado de los circuitos y el cambio de los tableros de distribución que se encuentran en los pasillos de la primera y segunda planta de la Facultad de Ingeniería, quienes se encuentran en malas condiciones.

También se sugiere realizar el mantenimiento de limpieza en los espacios donde se encuentran ubicados los transformadores, en coordinación y supervisión de una persona técnica especializado en la materia. Además se recomienda realizar la



instalación de un transformador pad mounted 300KVA (los cálculos véase en el anexo 4) que satisfaga toda la demanda de la Facultad de Ingeniería.



BIBIOGRAFÍA

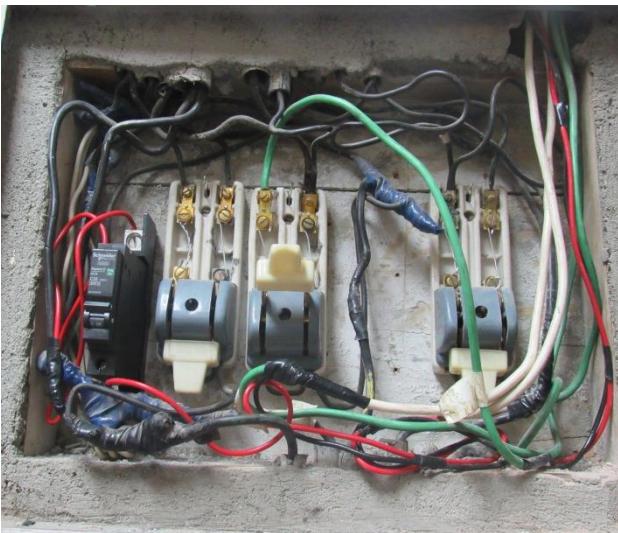
- [1] Portal de la Universidad de Cuenca, Reseña histórica de la Facultad de Ingeniería, Septiembre 2014.
- [2] Ing. Patricio Guerrero, Breve historia de la informática en la Universidad de Cuenca, Mayo 2007.
- [3] Oscar Stalin Castañeda, Análisis de calidad de energía eléctrica de la calidad de producción zona urbana de milagro, 2009.
- [4] Francesc Fornieles, Armónicos eléctricos, Junio del 2017.
- [5] Jean- Baptise Joseph Fourier, Calidad de energía, 1768-1830.
- [6] BLANCA HEIDI CASTANEDA MARTINEZ, CALIDAD DE ENERGIA, Universidad del salvador Evaluación de las normas de calidad del servicio en los sistemas de distribución, Enero 2008.
- [7]. Yaneth Zapata, Análisis electrónico de las soluciones que existen en la calidad de energía, Chile 2010.
- [8] CFF. (Comisión Federal de Electricidad), Calidad de la energía (Características y límites de las perturbaciones), Agosto 2009.
- [9] Fluke Corporation 434/435/437, Analizador trifásico de energía y calidad de energía eléctrica, 2012.
- [10] Fluke 430 serie II datos técnicos, Analizador de energía y calidad de potencia trifásica, 2011.
- [11] Metrel, Procedimiento de análisis de calidad de energía, 2015.
- [12] Katherine Camacho, Aseguramiento metrológico en calidad de potencia eléctrica, Bogotá Colombia.
- [13] IEC, INTERNATIONAL ELECTROTECHICAL COMMISSION. Mayo 2007



- [14] Cortez Ortega, Análisis de Interarmonicas en Sistemas Eléctricos, agosto 2008.
- [15] Enrique Pérez Fernández, Nuevo Método de Detección y Análisis en tiempo Real de Eventos en la Tensión de Suministro de Energía, Marzo de 2006.
- [16] Henryk Markiewicz &Antoni Klajn, Perturbaciones de Tensión Norma EN 50160, Julio 2014.
- [17] Regulación No. ARCONEL 005/18, Calidad del servicio eléctrico de distribución (Agencia de Regulación y Control de Electricidad), diciembre 2018.
- [18] UNE- EN 6100-33, Norma Espa;ola (Compatibilidad electromagnética (CEM)), Junio 2009.
- [19] Herbert Enrique Rojas, Edwin Rivas Trujillo, Aspectos técnicos y normativa para el monitoreo y medición de armónicos, Julio 2014.

ANEXOS

ANEXO 1. FOTOGRAFIAS DE LOS TABLEROS DE DISTRIBUCION DETERIORADOS.



El tablero se encuentra ubicado en el pasillo del primer piso, el cual no representa seguridad en caso de cortocircuitos, y existe una mala conexión de los empalmes.



Cables de red en desorden, donde se encuentran involucradas las conexiones de los tomacorrientes, ubicado en la sala de profesores.



Tablero ubicado en el pasillo de la primera planta alta, sin seguridad en caso de cortocircuitos y mala conexión de los empalmes.



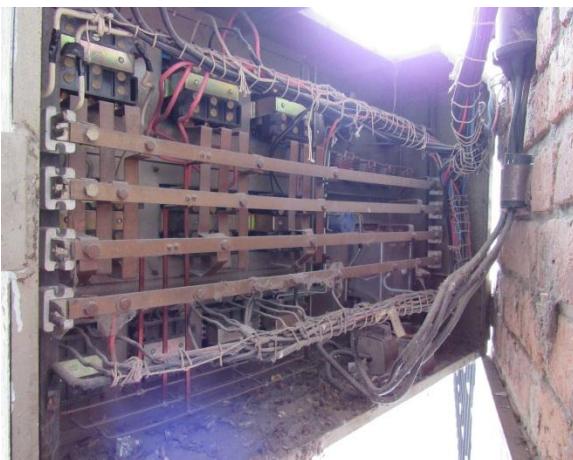
Tablero principal de distribución ubicado en el laboratorio de física, se encuentra sin mantenimiento, las protecciones que se encuentran instaladas son antiguas, difícil de conseguir en el mercado local actualidad.



Tablero deteriorado debido a las sustancias químicas que se encuentran almacenadas en la bodega de la Facultad de Química, está ubicado al lado de los servicios higiénicos hombres en la primera planta baja.



La protección del tablero son fusibles de diferentes amperajes, de existe un cortocircuito se quema el fusible y debe ser remplazado por otro, por tal motivo es ineficiente al momento que se desee manipular un solo circuito, se encuentra ubicado en el pasillo del laboratorio suelos y alta tensión,



Falta de mantenimiento en el tablero



Tablero de paso, protección principal trifásica, el cual es ineficiente ante cualquier eventualidad, existe conexiones antes de las protecciones por el motivo falta de bornes de conexión, ubicado frente al servicio higiénico de los hombres en la

ANEXO 2

CUADRO DE CARGAS DE LOS TABLEROS DE DISTRIBUCION EXISTENTES.

| Tableros de distribución ubicados en el laboratorio de máquinas eléctricas | | | | | | | | | | | |
|--|----------|------------|---------------|---|----|-----------------------|--------------------|--------|-------|------|------|
| Tablero | Circuito | Protección | Calibre AWG # | Tipo de servicio | N | Potencia Unitaria (W) | Potencia Total (W) | DMC | DMNC | V(V) | I(A) |
| TDP1-LM | C1 | 3X30 | 10 | Luminaria Fluorescente (3x17W) (60x60) | 20 | 51 | 1020 | 3216 | 804 | 120 | 8 |
| | C3 | | 10 | Tomacorriente (120 V) | 14 | 200 | 2800 | | | 120 | 23 |
| | C5 | | 10 | Servidor | 1 | 200 | 200 | | | 120 | 1 |
| | C2 | 1X20 | 10 | Secador de manos (120V) | 1 | 1600 | 1600 | 560 | 1040 | 120 | 13 |
| | C4 | 1X30 | 12 | Reflector | 1 | 150 | 150 | 52,5 | 97,5 | 120 | 1 |
| | C6 | 1X30 | 12 | | | | | | | 120 | 0 |
| | C7 | 2X20 | 12 | Tomacorriente (120 V) | 34 | 200 | 6800 | 3080 | 5720 | 120 | 56 |
| | C9 | | 10 | Tomacorriente (220 V) | 4 | 500 | 2000 | | | 220 | 9 |
| | C8 | 1X20 | 14 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 12 | 80 | 960 | 672 | 288 | 120 | 8 |
| | | 1X20 | 14 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 4 | 80 | 320 | 1104,8 | 276,2 | 120 | 2 |
| | | | 14 | Luminaria Fluorescente (3x17W)_(60x60) | 20 | 51 | 1020 | | | 120 | 8 |
| | C10 | | 14 | Luminaria LED (18W) | 2 | 18 | 36 | | | 120 | 0 |
| | | | 12 | Cerradura magnética | 1 | 5 | 5 | | | 120 | 0 |
| | C11 | 1X30 | 12 | Tomacorriente (120 V) | 8 | 200 | 1600 | 560 | 1040 | 120 | 13 |
| | C12 | 1X20 | 14 | Foco Ahorrador de 2x23W | 8 | 46 | 368 | 257,6 | 110,4 | 120 | 3 |
| | Cir1 | 3X40 | 8 | Motor piso DL2014 | 1 | 2400 | 2400 | 2400 | 0 | 220 | 10 |
| | Cir2 | 3X40 | 8 | DL2007 | 1 | 2400 | 2400 | 2400 | 0 | 220 | 10 |
| | Cir3 | 3X40 | 8 | Tomacorriente (220 V) trifásico | 1 | 2000 | 2000 | 2000 | 0 | 220 | 9 |
| | Cir4 | 3X40 | 8 | | 1 | 2400 | 2400 | 2400 | 0 | 220 | 10 |
| | Cir5 | 3X40 | 8 | | 2 | 2400 | 4800 | 4800 | 0 | 220 | 21 |
| | | 3X40 | 8 | Tomacorriente (120 V) | 6 | 200 | 1200 | 2695 | 5005 | 120 | 10 |
| | Cir8 | | 8 | Tomacorriente (220 V) | 1 | 500 | 500 | | | 220 | 2 |
| | | | 8 | Tomacorriente (220 V) trifásico | 3 | 2000 | 6000 | | | 220 | 27 |
| | Cir9 | | 8 | Tomacorriente (120 V) | 6 | 200 | 1200 | 7700 | 0 | 120 | 10 |
| | | 3X40 | 8 | Tomacorriente (220 V) | 1 | 500 | 500 | | | 220 | 2 |
| | | | 8 | Tomacorriente (220 V) trifásico | 3 | 2000 | 6000 | | | 220 | 27 |
| | Cir11 | 3X40 | 8 | Freno DL2006 | 1 | 1500 | 1500 | 1500 | 0 | 220 | 6 |
| | Cir12 | 3X40 | 8 | DL2012 | 1 | 2400 | 2400 | 2400 | 0 | 220 | 10 |
| TDS1-LM | A1 | 3x50 | 6 | Acometida laboratorio de electrónica (TDS2-LM) | | | | | | | |
| | A3 | | 6 | | | | | | | | |
| | A5 | | 6 | | | | | | | | |
| | A2 | 3x50 | 6 | Acometida laboratorio de máquinas (TDS2-LM) y (TDS3-LM) | | | | | | | |
| | A4 | | 6 | | | | | | | | |
| | A6 | | 6 | | | | | | | | |
| TDS2-LM | B1 | 1x32 | 10 | Tomacorriente (220 V) trifásico | | | | | | | |
| | B3 | 2x32 | 10 | | 1 | 2000 | 2000 | 2000 | 0 | 220 | 9 |
| | B5 | | 10 | | | | | | | | |
| | B2 | 1x32 | 10 | Tomacorriente (220 V) trifásico | | | | | | | |
| | B4 | 2x32 | 10 | | 2 | 2000 | 4000 | 4000 | 0 | 220 | 18 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------|----|---------------------------------|---|------|-------|-------|-------|-----|----|--|--|
| B6 | | 10 | | | | | | | | | | |
| D1 | 3x32 | 8 | Tomacorriente (220 V) trifásico | | | | | | | | | |
| D3 | | 8 | | 2 | 2000 | 4000 | 4000 | 0 | 220 | 18 | | |
| D5 | | 8 | | | | | | | | | | |
| D2 | | 10 | | | | | | | | | | |
| D4 | 2x32 | 10 | Tomacorriente (220 V) | 3 | 500 | 1500 | 1500 | 0 | 220 | 6 | | |
| D6 | | 12 | | 5 | 200 | 1000 | 350 | 650 | 120 | 8 | | |
| E1 | TDS4-LM | 8 | Tomacorriente (220 V) | | | | | | | | | |
| E3 | | 8 | | 2 | 2000 | 4000 | 4000 | 0 | 220 | 18 | | |
| E5 | | 8 | | | | | | | | | | |
| E2 | | 10 | Tomacorriente (220 V) | 2 | 500 | 1000 | 1000 | 0 | 220 | 4 | | |
| E4 | | 10 | | | | | | | | | | |
| E6 | | 12 | Tomacorriente (120 V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 | | |
| Cargas especiales. | | | Módulo de tomacorrientes (MT1) | 4 | 2900 | 11600 | 4060 | 7540 | 120 | 96 | | |
| | | | Servidor | 1 | 1000 | 1000 | 1000 | 0 | 120 | 8 | | |
| | | | Computadora | 5 | 400 | 2000 | 700 | 1300 | 120 | 16 | | |
| | | | Proyectores | 2 | 498 | 996 | 348,6 | 647,4 | 120 | 8 | | |
| | | | Cafetera eléctrica | 1 | 700 | 700 | 245 | 455 | 120 | 5 | | |
| | | | Total(W) | | | 86375 | 61142 | 25234 | | | | |

| Tableros de distribución ubicado en el laboratorio sanitaria | | | | | | | | | | | |
|--|----------|------------|---------------|-----------------------------------|---|-----------------------|--------------------|--------|-------|------|------|
| Tablero | Circuito | Protección | Calibre AWG # | Tipo de servicio | N | Potencia Unitaria (W) | Potencia Total (W) | DMC | DMN C | V(V) | I(A) |
| TDS-LdS1 | C1 | 1X32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 | 6 |
| | C2 | 1X32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 3 | 200 | 600 | 210 | 390 | 120 | 5 |
| | C3 | 1X32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 |
| | C4 | 3X40 | 6 | Matriz para el tablero (TDS-LdS2) | | | | | | | |
| | C5 | | 6 | | | | | | | | |
| | C6 | | 6 | | | | | | | | |
| | C7 | 3X40 | 8 | Tomacorriente (220 V) trifásico | | | | | | | |
| | C8 | | 8 | | 1 | 2000 | 2000 | 2000 | 0 | 220 | 9 |
| | C9 | | 8 | | | | | | | | |
| | C10 | 2X40 | 8 | Tomacorrientes (220V) | | | | | | | |
| | C11 | | 10 | | 1 | 500 | 500 | 500 | 0 | 220 | 2 |
| | C12 | 2X40 | 10 | Tomacorrientes (220V) | | | | | | | |
| | C13 | | 10 | | 2 | 500 | 1000 | 1000 | 0 | 220 | 4 |
| TDS-LdS2 | D1 | 1X32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 |
| | D2 | 1X32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 |
| | D3 | 1X32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 |
| | D4 | 1X32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 |
| Cargas especiales | | | | Refrigerador de laboratorio | 1 | 750 | 750 | 262,5 | 487,5 | 120 | 6 |
| | | | | Computadora | 4 | 400 | 1600 | 560 | 1040 | 120 | 13 |
| | | | | Total(W) | | | 9250 | 5512,5 | 3738 | | |

| Tableros de distribución ubicados en el Pasillo entre el laboratorio suelos y alto voltaje | | | | | | | | | | | |
|--|----------|---|---------------|--|----|-----------------------|--------------------|-------|------|------|------|
| Tablero | Círcuito | Protección | Calibre AWG # | Tipo de servicio | N | Potencia Unitaria (W) | Potencia Total (W) | DMC | DMNC | V(V) | I(A) |
| TDP2-S&A | 1-a1 | No existe ninguna conexión desde estas posiciones de fusibles | | | | | | | | | |
| | 1-a2 | | | | | | | | | | |
| | 1-a3 | | | | | | | | | | |
| | 2-b1 | | | Desconocido | | | | | | | |
| | 2-b2 | 1X20 | 14 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 19 | 80 | 1520 | 1064 | 456 | 120 | 12 |
| | 2-b3 | 1X20 | 14 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 19 | 80 | 1520 | 1064 | 456 | 120 | 12 |
| | 3-c1 | 1X50 | 6 | Acometida laboratorio de alta y suelos (TDS1-LA) y (TDS2-LS) | | | | | | | |
| | 3-c2 | 1X50 | 12 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 1 | 80 | 80 | 338,4 | 84,6 | 120 | 0 |
| | | | 12 | Luminaria Fluorescente (1x40 W) | 3 | 40 | 120 | | | 120 | 1 |
| | | | 12 | Foco Ahorrador (23W) | 1 | 23 | 23 | | | 120 | 0 |
| | | | 12 | Tomacorriente (120 V) | 1 | 200 | 200 | | | 120 | 1 |
| | 3-c3 | 1X50 | 12 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 3 | 80 | 240 | 352 | 88 | 120 | 2 |
| | | | 12 | Tomacorriente (120 V) | 1 | 200 | 200 | | | 120 | 1 |
| | 4-d1 | 1X20 | 12 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 8 | 80 | 640 | 448 | 192 | 120 | 5 |
| | 4-d2 | 1X40 | 10 | Tomacorriente (120 V) | 5 | 200 | 1000 | 1225 | 2275 | 120 | 8 |
| | 4-d3 | 1X40 | | Tomacorriente (220 V) | 5 | 500 | 2500 | | | 220 | 11 |
| | 5-e1 | 1X40 | 12 | Tomacorriente (120 V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 |
| | 5-e2 | 1X40 | 12 | Tomacorriente (120 V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 |
| | 5-e3 | 1X40 | 12 | Función desconocida | | | | | | | |
| | 6-f1 | 1X40 | 12 | Tomacorriente (120 V) | 3 | 200 | 600 | 210 | 390 | 120 | 5 |
| | 6-f2 | 1X40 | 8 | Tomacorriente (220 V) | | | | | | | |
| | 6-f3 | 1X40 | 8 | trifásico | 6 | 2000 | 12000 | 12000 | 0 | 220 | 54 |
| | 7-g1 | 1X40 | 12 | Desconocido | | | | | | | |
| | 7-g2 | 1X40 | 12 | Desconocido | | | | | | | |
| | 7-g3 | 1X40 | 12 | Desconocido | | | | | | | |
| | 8-h1 | 1X40 | 10 | Tomacorriente (120 V) | 6 | 200 | 1200 | | | 120 | 10 |
| | | | 10 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 2 | 80 | 160 | 1152 | 288 | 120 | 1 |
| | | | 12 | Luminaria Fluorescente (1x40 W) | 1 | 40 | 40 | | | 120 | 0 |
| | | | 12 | Foco Ahorrador (20W) | 2 | 20 | 40 | | | 120 | 0 |
| | 8-h2 | 1X40 | 10 | Tomacorriente (120 V) | 1 | 200 | 200 | 224 | 56 | 120 | 1 |
| | | | 10 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 1 | 80 | 80 | | | 120 | 0 |
| | 8-h3 | 1X40 | 10 | Tomacorriente (120 V) | 4 | 200 | 800 | 1088 | 272 | 120 | 6 |
| | | | 10 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 6 | 80 | 480 | | | 120 | 4 |
| | | | 10 | Luminaria Fluorescente (1x40 W) | 2 | 40 | 80 | | | 120 | 0 |
| | 9-i1 | 1X40 | 10 | Tomacorriente (120 V) | 5 | 200 | 1000 | 896 | 224 | 120 | 8 |
| | | | 10 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 3 | 40 | 120 | | | 120 | 1 |
| | 9-i2 | 1X40 | 8 | Acometida al (TDS5-LS) laboratorio de suelos segundo piso | | | | | | | |
| | 9-i3 | 1X40 | 8 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|----|---|---|------|-------|-------|-------|-----|----|
| | | | 12 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 4 | 80 | 320 | 274,4 | 117,6 | 120 | 2 |
| | | | 12 | Luminaria Fluorescente (1x18 W) | 4 | 18 | 72 | | | 120 | 0 |
| 10-j2 | 1X40 | | | Desconocido | | | | | | | |
| 10-j3 | 1X40 | | | Desconocido | | | | | | | |
| TDS1-LA | A1 | 3x20 | 6 | Acometida laboratorio de suelos (TDS3-LS y TDS4-LS) | | | | | | | |
| | A3 | | 6 | | | | | | | | |
| | A5 | | 6 | | | | | | | | |
| | A2 | 3x20 | 6 | Matriz al laboratorio de máquinas (TDS2-LM) y (TDS3-LM) | | | | | | | |
| | A4 | | 6 | | | | | | | | |
| | A6 | | 6 | | | | | | | | |
| | A7 | 3x20 | 6 | | | | | | | | |
| | A8 | | 6 | Tomacorriente (220 V) trifásico | 1 | 2000 | 2000 | 2000 | 0 | 220 | 9 |
| | A9 | | 6 | | | | | | | | |
| | A10 | 3x20 | 8 | Tomacorriente (120 V) | 1 | 200 | 200 | 70 | 130 | 120 | 1 |
| | A11 | 3x20 | 8 | Tomacorriente (220 V) | 1 | 500 | 500 | 500 | 0 | 220 | 2 |
| | A12 | 3x20 | 8 | Tomacorriente (220 V) trifásico | 1 | 2000 | 2000 | 2000 | 0 | 220 | 9 |
| TDS2-LS | B1 | 1x15 | 14 | Luminaria Fluorescente (1x40 W) | 2 | 40 | 80 | 56 | 24 | 120 | 0 |
| | B2 | 1x32 | 12 | Tomacorriente (120 V) | 1 | 200 | 200 | 70 | 130 | 120 | 1 |
| | B3 | 1x16 | 10 | Tomacorriente (120 V) | 1 | 200 | 200 | 70 | 130 | 120 | 1 |
| | B4 | 1x32 | 10 | Tomacorriente (120 V) | 1 | 200 | 200 | 70 | 130 | 120 | 1 |
| | B5 | 1x16 | 10 | Tomacorriente (120 V) | 1 | 200 | 200 | 70 | 130 | 120 | 1 |
| | B6 | 1x20 | 10 | Tomacorriente (120 V) | 1 | 200 | 200 | 70 | 130 | 120 | 1 |
| TDS3-LS | D1 | 3x32 | 8 | Tomacorriente (220 V) trifásico | | | | | | | |
| | D3 | | 8 | | 2 | 2000 | 4000 | 4000 | 0 | 220 | 18 |
| | D5 | | 8 | | | | | | | | |
| | D2 | 2x32 | 10 | Tomacorriente (220 V) | | | | | | | |
| | D4 | | 10 | | 2 | 500 | 1000 | 1000 | 0 | 220 | 4 |
| | D6 | 2X32 | 12 | Tomacorriente (120 V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 | 6 |
| TDS4-LS | E1 | 3x40 | 8 | Tomacorriente (220 V) | | | | | | | |
| | E3 | | 8 | | 2 | 2000 | 4000 | 4000 | 0 | 220 | 18 |
| | E5 | | 8 | | | | | | | | |
| | E2 | 2x32 | 10 | Tomacorriente (220 V) | | | | | | | |
| | E4 | | 10 | | 1 | 500 | 500 | 500 | 0 | 120 | 4 |
| | E6 | 2X32 | 12 | Tomacorriente (120 V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 |
| TDS5-LS | F1 | 1x20 | 14 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 7 | 80 | 560 | 392 | 168 | 120 | 4 |
| | F2 | 1x20 | 12 | Tomacorriente (120 V) | 3 | 200 | 600 | 210 | 390 | 120 | 5 |
| | F3 | 1x20 | 12 | Tomacorriente (120 V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 |
| Cargas especiales | | | | Módulo de tomacorrientes | 2 | 3400 | 6800 | 2380 | 4420 | 120 | 56 |
| | | | | computadoras | 3 | 400 | 1200 | 420 | 780 | 120 | 10 |
| | | | | Hornos eléctricos | 3 | 1800 | 5400 | 1890 | 3510 | 120 | 45 |
| | | | | Batidoras | 2 | 1400 | 2800 | 980 | 1820 | 120 | 23 |
| | | | | Esmeril | 1 | 7,7 | 7,7 | 2,695 | 5,005 | 120 | 0 |
| | | | | Secador de mano | 1 | 1600 | 1600 | 560 | 1040 | 120 | 13 |
| | | | | Proyectores | 3 | 498 | 1494 | 522,9 | 971,1 | 120 | 12 |
| | | | | Calefactor eléctrico(Radiador eléctrico de aceite) | 1 | 2000 | 2000 | 700 | 1300 | 120 | 16 |
| | | | | Cafetera eléctrica | 2 | 700 | 1400 | 490 | 910 | 120 | 11 |
| | | | | Impresora | 1 | 750 | 750 | 262,5 | 487,5 | 120 | 6 |
| | | | | Total(W) | | | 67527 | 44462 | 23065 | | |

| Tableros de distribución ubicados en el auditorio | | | | | | | | | | | |
|---|----------|------------|---------------|--|----|-----------------------|--------------------|--------|-------|------|-------|
| Tablero | Círcuito | Protección | Calibre AWG # | Tipo de servicio | N | Potencia Unitaria (W) | Potencia Total (W) | DMC | DMNC | V(V) | I(A) |
| TP2-PB | A1 | 3x100 | 8 | Matriz al tablero principal auditorio (TDP3-Aud) | | | | | | | |
| | A2 | | 8 | | | | | | | | |
| | A3 | | 8 | | | | | | | | |
| | A1 | 3x75 | 10 | Matriz al tablero (TDS1-A110 y DS2-A110) segundo piso aula 110. | | | | | | | |
| | A2 | | 10 | | | | | | | | |
| | A3 | | 12 | | | | | | | | |
| TDP3-Adu | B2 | 1x30 | 14 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 13 | 80 | 1040 | 770 | 330 | 120 | 8 |
| | | | 14 | Foco Ahorrador (15W) | 4 | 15 | 60 | | | 120 | 0,5 |
| | B4 | 1x30 | 14 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 6 | 80 | 480 | 364 | 156 | 120 | 4 |
| | | | 14 | Foco Ahorrador (20W) | 2 | 20 | 40 | | | 120 | 0,333 |
| | B6 | 1x30 | 14 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 15 | 80 | 1200 | 840 | 360 | 120 | 10 |
| | B11 | 1X30 | 12 | Tomacorriente (120 V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 |
| | B13 | 1X30 | 12 | Tomacorriente (120 V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 |
| | B15 | 1X30 | 12 | Tomacorriente (120 V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 |
| | B21 | 1X30 | 12 | Tomacorriente (120 V) directo | 1 | 200 | 200 | 70 | 130 | 120 | 1 |
| | B22 | 1X30 | 12 | Tomacorriente (120 V) directo | 1 | 200 | 200 | 70 | 130 | 120 | 1 |
| | B23 | 1X30 | 12 | Tomacorriente (120 V) | 5 | 200 | 1000 | 350 | 650 | 120 | 8 |
| | B25 | 1X30 | 12 | Tomacorriente (120 V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 | 6 |
| | B26 | 1X16 | 14 | Iluminación led 23W | 16 | 23 | 368 | 300,58 | 128,8 | 120 | 3 |
| | | | | Iluminación led 6W | 9 | 6 | 54 | | | 120 | 0,45 |
| | | | 14 | Cinta led | 1 | 2,4 | 2,4 | | | 120 | 0,02 |
| | | | | Cerradura electromagnética | 1 | 5 | 5 | | | 120 | 0,047 |
| | B28 | 1X20 | 12 | Tomacorriente (120 V) | 8 | 200 | 1600 | 560 | 1040 | 120 | 13 |
| | B30 | 1x16 | 14 | Ventilador | 2 | 20 | 40 | 14 | 26 | 120 | 0,33 |
| TDS2-A110 | C3 | 1X10 | 14 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 9 | 80 | 720 | 504 | 216 | 120 | 6 |
| | C4 | 1X30 | 12 | Tomacorriente (120 V) | 18 | 200 | 3600 | 1260 | 2340 | 120 | 30 |
| | C7 | 1x10 | 14 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 9 | 40 | 360 | 252 | 108 | 120 | 3 |
| | C9 | 1X10 | 14 | Foco ahorrador 23W | 13 | 23 | 299 | 209,3 | 89,7 | 120 | 2 |
| | C10 | 1X30 | 12 | Tomacorriente (110 V) | 9 | 200 | 1800 | 630 | 1170 | 120 | 15 |
| | C12 | 1x10 | 14 | Foco ahorrador 23W | 5 | 23 | 115 | 80,5 | 34,5 | 120 | 0,95 |
| | C15 | 1x20 | 12 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 16 | 80 | 1280 | 896 | 384 | 120 | 10 |
| TDS2-A110 | D1 | 1x20 | 14 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 12 | 80 | 960 | 736,4 | 315,6 | 120 | 8 |
| | | | 14 | Foco ahorrador 23W | 4 | 23 | 92 | | | 120 | 0,77 |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|----|--|----|------|-------|-------|-------|-----|----|
| D2 | 1x232 | 12 | Tomacorriente (120 V) | 14 | 200 | 2800 | 980 | 1820 | 120 | 23 |
| Cargas especiales | | | Secador de mano | 2 | 1600 | 3200 | 1120 | 2080 | 120 | 26 |
| | | | Proyectores | 5 | 498 | 2490 | 871,5 | 1619 | 120 | 20 |
| | | | Calefactor eléctrico(Radiador eléctrico de aceite) | 1 | 2000 | 2000 | 700 | 1300 | 120 | 16 |
| | | | Cafetera eléctrica | 1 | 700 | 700 | 245 | 455 | 120 | 5 |
| | | | Servidor | 1 | 1000 | 1000 | 1000 | 0 | 120 | 8 |
| | | | Computadora | 6 | 400 | 2400 | 840 | 1560 | 120 | 20 |
| | | | Total(W) | | | 32105 | 14363 | 17742 | | |

| Tableros de distribución ubicados en la planta baja (Entrada en la Facultad y segunda planta). | | | | | | | | | | | |
|--|---------|------------|---------------|---------------------------------|----|-----------------------|--------------------|--------|-------|------|------|
| Tablero | Círculo | Protección | Calibre AWG # | Tipo de servicio | N | Potencia Unitaria (W) | Potencia Total (W) | DMC | DMNC | V(V) | I(A) |
| TDP4-PBP | P1 | A1 | 1X32 | 12 Tomacorrientes (120V) | 6 | 200 | 1200 | 420 | 780 | 120 | 10 |
| | | | | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 12 | 80 | 960 | 1029 | 441 | 120 | 8 |
| | | | | Luminaria Fluorescente (1x40 W) | 6 | 40 | 240 | | | 120 | 2 |
| | | | | Luminaria Fluorescente (3x18 W) | 5 | 54 | 270 | | | 120 | 2 |
| | P2 | | | Tomacorrientes (120V) | 35 | 200 | 7000 | 5730,4 | 1433 | 120 | 58 |
| | | | | Luminaria Fluorescente (3x17 W) | 3 | 51 | 153 | | | 120 | 1 |
| | | | | Foco ahorrador de 10W | 1 | 10 | 10 | | | 120 | 0 |
| | P3 | | 12 | Tomacorrientes (120V) | 14 | 200 | 2800 | 980 | 1820 | 120 | 23 |
| TDS2-PSP | P1 | B1 | 1X32 | 12 Tomacorrientes (120V) | 5 | 200 | 1000 | 350 | 650 | 120 | 8 |
| | | | | Tomacorrientes (120V) | 5 | 200 | 1000 | 1632 | 408 | 120 | 8 |
| | | | | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 13 | 80 | 1040 | | | 120 | 8 |
| | P2 | | | Tomacorrientes (120V) | 49 | 200 | 9800 | 8710,4 | 2178 | 120 | 81 |
| | | | | Luminaria Fluorescente (3x32 W) | 8 | 96 | 768 | | | 120 | 6 |
| | | | | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 4 | 80 | 320 | | | 120 | 2 |
| | P3 | | | Tomacorrientes (120V) | 8 | 200 | 1600 | 2243,2 | 560,8 | 120 | 13 |
| | | | | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 3 | 80 | 240 | | | 120 | 2 |
| | | | | Luminaria led (2x32 W) | 8 | 64 | 512 | | | 120 | 4 |
| | | | | Luminaria led (3x32 W) | 2 | 64 | 128 | | | 120 | 1 |
| | | | | Luminaria Fluorescente (3x18 W) | 6 | 54 | 324 | | | 120 | 2 |
| TDS5-CP | C1 | 1X10 | 14 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 3 | 80 | 240 | 168 | 72 | 120 | 2 |
| | C3 | 1X10 | 14 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 2 | 80 | 160 | 112 | 48 | 120 | 1 |
| | C5 | 1X10 | 14 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 3 | 80 | 240 | 168 | 72 | 120 | 2 |
| | C2 | 1X30 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 10 | 200 | 2000 | 700 | 1300 | 120 | 16 |
| | C4 | 1X30 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 | 6 |
| | C6 | 1X30 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 5 | 200 | 1000 | 350 | 650 | 120 | 8 |
| TDS4-A101 | D1 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 | 6 |
| | D2 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 | 6 |
| TDS1- | E1 | 2X16 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 6 | 200 | 1200 | 420 | 780 | 120 | 10 |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|------|------|------------------|--------|-------|-------|-------|------|-----|-----|
| SR | E2 | 2X32 | 14 | Luminaria led 6W | 6 | 6 | 36 | 25,2 | 10,8 | 120 | 0,3 |
| Cargas especiales | Módulo de tomacorrientes (MT3) | 2 | 800 | 1600 | 1120 | 480 | 120 | 13,3 | | | |
| | Secador de mano | 1 | 1600 | 1600 | 560 | 1040 | 120 | 13 | | | |
| | Proyectores | 14 | 498 | 6972 | 2440,2 | 4532 | 120 | 58 | | | |
| | Calefactor eléctrico(Radiador eléctrico de aceite) | 1 | 2000 | 2000 | 700 | 1300 | 120 | 16 | | | |
| | Cafetera eléctrica | 2 | 700 | 1400 | 490 | 910 | 120 | 11 | | | |
| | Servidor | 1 | 1000 | 1000 | 1000 | 0 | 120 | 8 | | | |
| | Computadora | 16 | 400 | 6400 | 2240 | 4160 | 120 | 53 | | | |
| | Cerradura electro magnética | 1 | 5 | 5 | 1,75 | 3,25 | 120 | 0,041 | | | |
| | Impresora | 2 | 750 | 1500 | 525 | 975 | 120 | 12 | | | |
| | Televisor 32 | 1 | 160 | 160 | 56 | 104 | 120 | 1 | | | |
| | | | | Total(W) | | 59278 | 33011 | 26267 | | | |

| Tablero de distribución ubicado en la secretaría de posgrados | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|------------|---------------|---------------------------------|----|-----------------------|--------------------|--------|-------|------|------|--|--|
| Tablero | Círcuito | Protección | Calibre AWG # | Tipo de servicio | N | Potencia Unitaria (W) | Potencia Total (W) | DMC | DMNC | V(V) | I(A) | | |
| TDS6-SPG | F1 | 1X32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 12 | 200 | 2400 | 840 | 1560 | 120 | 20 | | |
| | F2 | 1X20 | 14 | Luminaria Fluorescente (3x17 W) | 12 | 51 | 612 | 428,4 | 183,6 | 120 | 5 | | |
| | F3 | 1X15 | 12 | Luminaria Fluorescente(1x40 W) | 3 | 40 | 120 | 84 | 36 | 120 | 1 | | |
| | F4 | 1X20 | 14 | Luminaria Fluorescente (3x17 W) | 3 | 51 | 153 | 1946,4 | 486,6 | 120 | 1 | | |
| | | | 12 | Tomacorrientes (120V) | 9 | 200 | 1800 | | | 120 | 15 | | |
| | | | 14 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 6 | 80 | 480 | | | 120 | 4 | | |
| | F5 | 1X20 | 14 | Tomacorrientes (120V) | 7 | 200 | 1400 | 490 | 910 | 120 | 11 | | |
| | F6 | 1X30 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 1024 | 256 | 120 | 6 | | |
| | | | 14 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 3 | 80 | 240 | | | 120 | 2 | | |
| | | | 14 | Luminaria Fluorescente (1x40 W) | 6 | 40 | 240 | | | 120 | 2 | | |
| Cargas especiales | | | | Impresora | 1 | 750 | 750 | 262,5 | 487,5 | 120 | 6 | | |
| | | | | Proyectores | 3 | 498 | 1494 | 522,9 | 971,1 | 120 | 12 | | |
| | | | | Cafetera eléctrica | 1 | 700 | 700 | 245 | 455 | 120 | 5 | | |
| | | | | Servidor | 1 | 1000 | 1000 | 1000 | 0 | 120 | 8 | | |
| | | | | Computadora | 15 | 400 | 6000 | 2100 | 3900 | 120 | 50 | | |
| | | | | Total(W) | | | 18189 | 8943,2 | 9246 | | | | |

| Tableros de distribución ubicados en el aula 010 y el pasillo | | | | | | | | | | | |
|---|----------|------------|---------------|------------------------------------|----|-----------------------|--------------------|--------|-------|-------|--------|
| Tablero | Círcuito | Protección | Calibre AWG # | Tipo de servicio | N | Potencia Unitaria (W) | Potencia Total (W) | DMC | DMNC | V(V) | I(A) |
| TDP5-A010 | A1 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 | 6 |
| | A3 | 2X32 | 14 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 10 | 80 | 800 | 4000 | 1000 | 120 | 6 |
| | A5 | | 12 | Tomacorrientes (120V) | 21 | 200 | 4200 | | | 120 | 35 |
| | A2 | 3X70 | 6 | | | | | | | | |
| | A4 | | 6 | Matriz para el tablero (TDP5-A010) | | | | | | | |
| | A6 | | 6 | | | | | | | | |
| TDS5-LH | B1 | 1X20 | 10 | Tomacorrientes (220V) | 3 | 500 | 1500 | 4725 | 8775 | 220 | 6 |
| | | | 10 | Tomacorrientes (220V) | 6 | 2000 | 12000 | | | 220 | 54 |
| | B3 | 1X20 | 10 | Tomacorrientes (120V) | 9 | 200 | 1800 | 2784 | 696 | 120 | 15 |
| | | | 10 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 21 | 80 | 1680 | | | 120 | 14 |
| | B5 | 1X20 | 10 | Luminaria Fluorescente (1x40 W) | 2 | 40 | 80 | 196 | 84 | 120 | 0,6667 |
| | | | 10 | Luminaria dicroico 120V | 4 | 50 | 200 | | | 120 | 1 |
| | B2 | 3X50 | 8 | Tomacorriente (220 V) trifásico | | | | | | | |
| | B4 | | 8 | | 1 | 2000 | 2000 | 2000 | 0 | 220 | 9 |
| | B6 | | 8 | | | | | | | | |
| | P1 | | | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 8 | 80 | 640 | 476 | 204 | 120 | 5 |
| | | | | Luminaria Fluorescente (1x40 W) | 1 | 40 | 40 | | | 120 | 0,3333 |
| TDS-P1 | P3 | | 10 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 9 | 80 | 720 | 532 | 228 | 120 | 6 |
| | | | 10 | Luminaria Fluorescente (1x40 W) | 1 | 40 | 40 | | | 120 | 0,3333 |
| | P4 | | 10 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 18 | 80 | 1440 | 1020,6 | 437,4 | 120 | 12 |
| | | | 10 | Luminaria led redondo 12W | 3 | 6 | 18 | | | 120 | 0,15 |
| TDS-P2 | P1 | | 10 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 4 | 80 | 320 | 308 | 132 | 120 | 2 |
| | | | 10 | Luminaria Fluorescente (1x40 W) | 3 | 40 | 120 | | | 120 | 1 |
| | P2 | | 10 | Luminaria Fluorescente (1x40 W) | 4 | 40 | 160 | 112 | 48 | 120 | 1 |
| | P3 | | 10 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 12 | 80 | 960 | 756 | 324 | 120 | 8 |
| | | | 10 | Luminaria led redondo 12W | 10 | 12 | 120 | | | 120 | 1 |
| Cargas especiales | | | | Impresora | 1 | 750 | 750 | 262,5 | 487,5 | 120 | 6 |
| | | | | Proyectores | 2 | 498 | 996 | 348,6 | 647,4 | 120 | 8 |
| | | | | Cafetera eléctrica | 1 | 700 | 700 | 245 | 455 | 120 | 5 |
| | | | | Computadora | 3 | 400 | 1200 | 420 | 780 | 120 | 10 |
| | | | | Total(W) | | | | 33284 | 18466 | 14818 | |

| Tableros de distribución ubicados en el laboratorio de física | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|------------|-----------------------|---------------------------------|-----|-----------------------|--------------------|-------|-------|------|------|--|
| Tablero | Circuito | Protección | Calibre AWG # | Tipo de servicio | N | Potencia Unitaria (W) | Potencia Total (W) | DMC | DMNC | V(V) | I(A) | |
| TDP6-LF | A3 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 | 6 | |
| | A4 | 1X20 | 12 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 9 | 80 | 720 | 532 | 988 | 120 | 6 | |
| | | | | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | | | 120 | 6 | |
| | A5 | 1X30 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 15 | 200 | 3000 | 1050 | 1950 | 120 | 25 | |
| | A7 | 1X30 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 3 | 200 | 600 | 385 | 715 | 120 | 5 | |
| | | | | Tomacorrientes (220V) | 1 | 500 | 500 | | | 220 | 2 | |
| | A8 | 1X30 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 6 | 200 | 1200 | 420 | 780 | 120 | 10 | |
| TDS1-LF | A10 | 1X20 | 14 | Electro cerradura magnética | 1 | 5 | 5 | 1,75 | 3,25 | 120 | 0 | |
| | A12 | 1X30 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 6 | 200 | 1200 | 420 | 780 | 120 | 10 | |
| | B1 | 3X60 | 6 | Tomacorrientes (120V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 | |
| | B3 | | 6 | Tomacorrientes (220V) | 4 | 500 | 2000 | 700 | 1300 | 220 | 9 | |
| | B5 | | 6 | | 3 | 2000 | 6000 | 2100 | 3900 | 220 | 27 | |
| | B2 | 3X60 | 6 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 | 6 | |
| | B4 | | 6 | Tomacorrientes (220V) | 6 | 500 | 3000 | 1050 | 1950 | 220 | 13 | |
| | B6 | | 6 | Tomacorriente (220 V) trifásico | 4 | 2000 | 8000 | 8000 | 0 | 220 | 36 | |
| TDS2-LF | B7 | 3X60 | 6 | Tomacorriente (220 V) trifásico | | | | | | | | |
| | B9 | | 6 | | 1 | 2000 | 2000 | 2000 | 0 | 220 | 9 | |
| | B11 | | 6 | | | | | | | | | |
| | B8 | 3X60 | 6 | Tomacorriente (220 V) trifásico | | | | | | | | |
| | B10 | | 6 | | 1 | 2000 | 2000 | 2000 | 0 | 220 | 9 | |
| | B12 | | 6 | | | | | | | | | |
| | C1 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 5 | 200 | 1000 | 350 | 650 | 120 | 8 | |
| C3 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 5 | 200 | 1000 | 350 | 650 | 120 | 8 | | |
| | C2 | 2X20 | 12 | Tomacorrientes (220V) | 4 | 500 | 2000 | 2000 | 0 | 220 | 9 | |
| Cargas especiales | | | | Módulo de tomacorrientes | 6 | 2900 | 17400 | 6090 | 0 | 220 | 79 | |
| | | | | Impresora | 1 | 750 | 750 | 262,5 | 487,5 | 120 | 6 | |
| | | | | Proyectores | 3 | 498 | 1494 | 522,9 | 971,1 | 120 | 12 | |
| | | | | Cafetera eléctrica | 1 | 700 | 700 | 245 | 455 | 120 | 5 | |
| | | | | Computadora | 4 | 400 | 1600 | 560 | 1040 | 120 | 13 | |
| | | | | Total(W) | | | 58969 | 29739 | 17920 | | | |

| Tablero de distribución ubicado en el laboratorio 2 de geología | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|------------|---------------|-----------------------|---|-----------------------|--------------------|-----|------|------|------|--|
| Tablero | Circuito | Protección | Calibre AWG # | Tipo de servicio | N | Potencia Unitaria (W) | Potencia Total (W) | DMC | DMNC | V(V) | I(A) | |
| TDS-LG | A1 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 | |
| | A1 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 | |
| Total(W) | | | | | | | 800 | 280 | 520 | | | |

| Tablero de distribución ubicado en el laboratorio 1 de geología | | | | | | | | | | | |
|---|---------|------------|---------------|-----------------------|---|-----------------------|--------------------|------|------|------|------|
| Tablero | Círcito | Protección | Calibre AWG # | Tipo de servicio | N | Potencia Unitaria (W) | Potencia Total (W) | DMC | DMNC | V(V) | I(A) |
| TDS-G | B1 | 2X32 | 12 | Tomacorrientes (220V) | 2 | 500 | 1000 | 1000 | 0 | 220 | 4 |
| | B3 | | 12 | | | | | | | | |
| | B2 | 2X32 | 12 | Tomacorrientes (220V) | 3 | 500 | 1500 | 1500 | 0 | 220 | 6 |
| | B4 | | 12 | | | | | | | | |
| | B5 | 1X32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 | 6 |
| | B6 | 1X32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 3 | 200 | 600 | 210 | 390 | 120 | 5 |
| | | | | | | Total(W) | | 3900 | 2990 | 910 | |

| Tableros de distribución ubicados en el laboratorio de análisis ambiental | | | | | | | | | | | |
|---|---------|------------|---------------|-----------------------|---|-----------------------|--------------------|------|------|------|------|
| Tablero | Círcito | Protección | Calibre AWG # | Característica | N | Potencia Unitaria (W) | Potencia Total (W) | DMC | DMNC | V(V) | I(A) |
| TDS1-LAA | C1 | 2X32 | 12 | Tomacorrientes (220V) | 1 | 500 | 500 | 500 | 0 | 220 | 2 |
| | C3 | | | | | | | | | | |
| | C2 | 2X32 | 12 | Tomacorrientes (220V) | 1 | 500 | 500 | 500 | 0 | 220 | 2 |
| | C4 | | | | | | | | | | |
| | C5 | 1X32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 5 | 200 | 1000 | 350 | 650 | 120 | 8 |
| | C6 | 1X32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 | 6 |
| | | | | | | Total(W) | | 2800 | 1630 | 1170 | |

| Tablero de distribución ubicado en el aula IEEE | | | | | | | | | | | |
|---|---------|------------|---------------|---------------------------------|---|-----------------------|--------------------|------|------|------|------|
| Tablero | Círcito | Protección | Calibre AWG # | Tipo de servicio | N | Potencia Unitaria (W) | Potencia Total (W) | DMC | DMNC | V(V) | I(A) |
| TDS-IEEE | D1 | 1X32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 | 6 |
| | D2 | 1X32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 7 | 200 | 1400 | 490 | 910 | 120 | 11 |
| | D3 | 1X20 | 14 | Luminaria Fluorescente (2x40 W) | 6 | 80 | 480 | 336 | 144 | 120 | 4 |
| | | | | | | Total(W) | | 2680 | 1106 | 1574 | |

| Tableros de distribución ubicado en el laboratorio sanitaria | | | | | | | | | | | |
|--|----------|------------|---------------|-----------------------------------|---|-----------------------|--------------------|--------|-------|------|------|
| Tablero | Circuito | Protección | Calibre AWG # | Tipo de servicio | N | Potencia Unitaria (W) | Potencia Total (W) | DMC | DMNC | V(V) | I(A) |
| TDS-LdS1 | C1 | 1X32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 | 6 |
| | C2 | 1X32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 3 | 200 | 600 | 210 | 390 | 120 | 5 |
| | C3 | 1X32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 |
| | C4 | 3X40 | 6 | Matriz para el tablero (TDS-LdS2) | | | | | | | |
| | C5 | | 6 | | | | | | | | |
| | C6 | | 6 | | | | | | | | |
| | C7 | 3X40 | 8 | Tomacorriente (220 V) trifásico | | | | | | | |
| | C8 | | 8 | | 1 | 2000 | 2000 | 2000 | 0 | 220 | 9 |
| | C9 | | 8 | | | | | | | | |
| | C10 | 2X40 | 8 | Tomacorrientes (220V) | | | | | | | |
| | C11 | | 10 | | 1 | 500 | 500 | 500 | 0 | 220 | 2 |
| | C12 | 2X40 | 10 | Tomacorrientes (220V) | | | | | | | |
| | C13 | | 10 | | 2 | 500 | 1000 | 1000 | 0 | 220 | 4 |
| TDS-LdS2 | D1 | 1X32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 |
| | D2 | 1X32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 |
| | D3 | 1X32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 |
| | D4 | 1X32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 |
| Cargas especiales | | | | Refrigerador de laboratorio | 1 | 750 | 750 | 262,5 | 487,5 | 120 | 6 |
| | | | | Computadora | 4 | 400 | 1600 | 560 | 1040 | 120 | 13 |
| | | | | Total(W) | | | 9250 | 5512,5 | 3738 | | |

| Tableros de distribución ubicados en la tercera planta dela Facultad | | | | | | | | | | | |
|--|----------|------------|---------------|---|----|-----------------------|--------------------|-------|-------|------|------|
| Tablero | Circuito | Protección | Calibre AWG # | Tipo de servicio | N | Potencia Unitaria (W) | Potencia Total (W) | DMC | DMNC | V(V) | I(A) |
| TDP7-TP | A1 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 1 | 200 | 200 | 70 | 130 | 120 | 1 |
| | A2 | 2X20 | 10 | Tomacorrientes (220V) | | | | | | | |
| | A4 | | 10 | | 1 | 500 | 500 | 500 | 0 | 220 | 2 |
| | A3 | 2X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 13 | 200 | 2600 | 910 | 1690 | 120 | 21 |
| | A5 | 1X50 | 6 | Matriz para el tablero(TDS5-TP) y (TDS4-TP) | | | | | | | |
| | A7 | 1X32 | 6 | | | | | | | | |
| | A6 | 3X63 | 6 | | | | | | | | |
| | A8 | | 6 | Matriz para el tablero (TDS1-TP) | | | | | | | |
| | A10 | | 6 | | | | | | | | |
| | A14 | 1x15 | 14 | Luminaria Fluorescente (3x17 W) | 14 | 51 | 714 | 499,8 | 214,2 | 120 | 5 |
| | A16 | 1x15 | 14 | Luminaria Fluorescente (3x17 W) | 14 | 51 | 714 | 499,8 | 214,2 | 120 | 5 |
| | A22 | 1X20 | 12 | Luminaria Fluorescente (3x17 W) | 21 | 51 | 1071 | 749,7 | 321,3 | 120 | 8 |
| | A30 | 1X20 | 12 | Foco ahorrador de 23 W | 12 | 23 | 276 | 707,7 | 303,3 | 120 | 2 |
| | | | 14 | Luminaria Fluorescente (3x17 W) | 9 | 51 | 459 | | | 120 | 3 |

| | | | | | | | | | | |
|---------|------|------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----|------|------|--------|-------|--------|
| | | 14 | Foco ahorrador de 23 W | 12 | 23 | 276 | | | 120 | 2 |
| A31 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 5 | 200 | 1000 | 350 | 650 | 120 | 8 |
| | A33 | 6 | Matriz para el tablero (TDS9-TP) | | | | | | | |
| | | 6 | | | | | | | | |
| | 3X50 | 6 | | | | | | | | |
| TDS5-TP | B1 | 1x32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 7 | 200 | 1400 | 490 | 910 | 120 11 |
| | B2 | 1x32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 6 | 200 | 1200 | 420 | 780 | 120 10 |
| TDS4-TP | C1 | 1x32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 6 | 200 | 1200 | 420 | 780 | 120 10 |
| | C2 | 1x32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 6 | 200 | 1200 | 420 | 780 | 120 10 |
| TDS3-TP | D1 | 1x32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 10 | 200 | 2000 | 700 | 1300 | 120 16 |
| | D2 | 1x32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 9 | 200 | 1800 | 630 | 1170 | 120 15 |
| TDS9-TP | E1 | 1x32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 5 | 200 | 1000 | 350 | 650 | 120 8 |
| | E3 | 1x32 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 6 | 200 | 1200 | 420 | 780 | 120 10 |
| | E2 | 1x20 | 14 | Luminaria Fluorescente (3x17 W) | 15 | 51 | 765 | 535,5 | 229,5 | 120 6 |
| TDS1-TP | F1 | 2X40 | 6 | Matriz para el tablero (TDS2-TP) | | | | | | |
| | F3 | | 6 | | | | | | | |
| | F2 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 10 | 200 | 2000 | 700 | 1300 | 120 16 |
| | F4 | 1X20 | 14 | Luminaria Fluorescente (3x17 W) | 28 | 51 | 1428 | 999,6 | 428,4 | 120 11 |
| | F6 | 1X15 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 6 | 200 | 1200 | 420 | 780 | 120 10 |
| | F7 | 1X15 | 14 | Luminaria Fluorescente (3x17 W) | 33 | 51 | 1683 | 1178,1 | 504,9 | 120 14 |
| | F8 | 1X15 | 14 | Luminaria Fluorescente (3x17 W) | 6 | 51 | 306 | 214,2 | 91,8 | 120 2 |
| | F9 | 2X63 | 6 | Matriz para el tablero (TDS8-TP) | | | | | | |
| | F11 | | 6 | | | | | | | |
| | F10 | 1X15 | 14 | Luminaria Fluorescente (3x17 W) | 18 | 51 | 918 | 690,9 | 296,1 | 120 7 |
| | | | | Foco ahorrador de 23 W | 3 | 23 | 69 | | | 120 0 |
| | F12 | 1X15 | 14 | Luminaria Fluorescente (3x17 W) | 15 | 51 | 765 | 567,7 | 243,3 | 120 6 |
| | | | | Foco ahorrador de 23 W | 2 | 23 | 46 | | | 120 0 |
| TDS2-TP | G1 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 7 | 200 | 1400 | 490 | 910 | 120 11 |
| | G2 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 8 | 200 | 1600 | 560 | 1040 | 120 13 |
| | G3 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 6 | 200 | 1200 | 420 | 780 | 120 10 |
| | G4 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 6 | 200 | 1200 | 420 | 780 | 120 10 |
| | G5 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 6 | 200 | 1200 | 420 | 780 | 120 10 |
| | G6 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 6 | 200 | 1200 | 420 | 780 | 120 10 |
| | G7 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 6 |
| | G8 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 6 |
| | G9 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 6 |
| | G10 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 5 | 200 | 1000 | 350 | 650 | 120 8 |
| | G11 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 6 |
| | G12 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 10 | 200 | 2000 | 700 | 1300 | 120 16 |
| | G13 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 6 |
| | G14 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 6 |
| | G15 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 6 |
| | G16 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 7 | 200 | 1400 | 490 | 910 | 120 11 |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----|------|----|-----------------------|----|------|-------|--------|-------|-------|-----|
| TDS8-TP | H1 | 1X16 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 | 6 |
| | H2 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 5 | 200 | 1000 | 350 | 650 | 120 | 8 |
| | H3 | 1X16 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 3 | 200 | 600 | 210 | 390 | 120 | 5 |
| | H4 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 | 6 |
| | H5 | 1X16 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 | 6 |
| | H6 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 3 | 200 | 600 | 210 | 390 | 120 | 5 |
| | H7 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 5 | 200 | 1000 | 350 | 650 | 120 | 8 |
| | H8 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 5 | 200 | 1000 | 350 | 650 | 120 | 8 |
| | H9 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 2 | 200 | 400 | 140 | 260 | 120 | 3 |
| | H10 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 3 | 200 | 600 | 210 | 390 | 120 | 5 |
| | H11 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 | 6 |
| | H12 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 5 | 200 | 960 | 336 | 624 | 120 | 8 |
| | H13 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 6 | 200 | 1200 | 420 | 780 | 120 | 10 |
| | H14 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 5 | 200 | 1000 | 350 | 650 | 120 | 8 |
| | H15 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 4 | 200 | 800 | 280 | 520 | 120 | 6 |
| | H16 | 1X20 | 12 | Tomacorrientes (120V) | 1 | 200 | 200 | 70 | 130 | 120 | 1 |
| Cargas especiales | | | | Impresora | 1 | 750 | 750 | 262,5 | 487,5 | 120 | 6 |
| | | | | Proyectores | 13 | 498 | 6474 | 2265,9 | 4208 | 120 | 53 |
| | | | | Servidor | 4 | 1000 | 4000 | 4000 | 0 | 120 | 33 |
| | | | | Computadora | ## | 400 | 50000 | 17500 | 32500 | 120 | 416 |
| | | | | Total(W) | | | | 119574 | 48097 | 71477 | |



ANEXO 3



ANEXO 4



ANEXO 4

PLANOS SOBRE LA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICA INTERNAS DE LA FACULTAD DE INGENIERIA Y CAULO DE LA DEMANDA DIVERSIFICADA.

Cálculo de dimensionamiento de protecciones y caída de voltaje en los tableros.

$$e\% = 4 * \frac{(L * I)}{(S * V)}$$

Dónde:

e = Caída de voltaje en (%).

I = Corriente (A).

V = Voltaje (V).

S = sección del conductor (mm²).

L = longitud del conductor (m).

INTENCIDAD DE CORRIENTE PARA CONDUCTORES DE COBRE AWG

| Sección mm ² | Calibre # AWG | 75°C |
|----------------------------|------------------|------|
| 2.08 | 14 | 20 |
| 3.31 | 12 | 25 |
| 5.26 | 10 | 35 |
| 8.36 | 8 | 50 |
| 13.30 | 6 | 65 |
| 21.15 | 4 | 85 |
| 33.62 | 2 | 115 |
| 53.49 | 1/0 | 150 |
| 67.42 | 2/0 | 175 |
| 85.01 | 3/0 | 200 |
| 107.2 | 4/0 | 230 |
| 127 | 250MCM | 255 |

| Cálculo de las protecciones y caída de voltaje en los tableros de distribución. | | | | | | | | | | |
|---|-----------|--------|----------|----------|-----------|---------|------------|---------|--------------------|--------------|
| Tramo | | cos(ϕ) | Potencia | Longitud | Corriente | Voltaje | Protección | Calibre | Sección | e Parcial |
| Desde | hasta | | (W) | m | (A) | (V) | (A) | AWG | (mm ²) | (%) |
| TGD-1 | TGD-2 | 0,95 | 237012 | 12 | 655 | 220 | 3X700 | 3x(4/0) | 107,2 | 1,33 |
| TGD-1 | TDP6-LF | 0,95 | 29739 | 6 | 135 | 220 | 3x100 | 1/0 | 53,49 | 0,28 |
| TDP6-LF | TDS1_LF | 0,95 | 16270 | 8 | 73 | 220 | 3x50 | 4 | 21,15 | 0,50 |
| TDP6-LF | TDS2_LF | 0,95 | 2700 | 4 | 12 | 220 | 3x20 | 8 | 8,36 | 0,10 |
| TGD-1 | TDS1-LdS | 0,95 | 5512 | 22 | 25 | 220 | 3x40 | 4 | 21,15 | 0,47 |
| TDS1-LdS | TDS2-LdS | 0,95 | 560 | 5 | 2 | 220 | 3x20 | 8 | 8,36 | 0,02 |
| TGD-2 | TP1-PB | 0,95 | 16179 | 15 | 44 | 220 | 3X60 | 1/0 | 53,49 | 0,22 |
| TP1-PB | TDS-LH | 0,95 | 10181 | 9 | 46 | 220 | 3X50 | 4 | 21,15 | 0,36 |
| TP1-PB | TDP5-ASOS | 0,95 | 1176 | 12 | 5 | 220 | 2X20 | 6 | 13,3 | 0,08 |
| TP1-PB | TDS-P1 | 0,95 | 1552 | 3 | 7 | 220 | 2X20 | 8 | 8,36 | 0,05 |
| TP1-PB | TDS1-G | 0,95 | 2990 | 4 | 13 | 220 | 3X40 | 6 | 13,3 | 0,07 |
| TP1-PB | TDS-LG | 0,95 | 280 | 6 | 1 | 220 | 2X20 | 8 | 8,36 | 0,01 |
| TGD-2 | TDS1-LAA | 0,95 | 1630 | 12 | 7 | 220 | 3X40 | 8 | 8,36 | 0,18 |
| TGD-2 | TDS-IEEE | 0,95 | 1106 | 11 | 5 | 220 | 2X40 | 8 | 8,36 | 0,12 |
| TGD-2 | TDP2-S&A | 0,95 | 44461 | 35 | 122 | 220 | 3X125 | 2/0 | 67,42 | 1,15 |
| TDP2-S&A | TDS1-LA | 0,95 | 4570 | 9 | 20 | 220 | 3X60 | 1/0 | 53,49 | 0,06 |
| TDP2-S&A | TDS2-LS | 0,95 | 5686 | 12 | 25 | 220 | 3X40 | 6 | 13,3 | 0,41 |
| TDS2-LS | TDS3-LS | 0,95 | 5280 | 5 | 24 | 220 | 3X40 | 4 | 21,15 | 0,10 |
| TDP2-S&A | TDS2-LS | 0,95 | 406 | 5 | 1 | 220 | 3X20 | 4 | 21,15 | 0,00 |
| TDP2-S&A | TDS5-LS | 0,95 | 742 | 5 | 3 | 220 | 3X20 | 8 | 8,36 | 0,03 |
| TGD-2 | TPD1-LM | 0,95 | 61141 | 45 | 169 | 220 | 3X200 | 2/0 | 67,42 | 2,05 |
| TPD1-LM | TDS2-LM | 0,95 | 406 | 6 | 1 | 220 | 3X20 | 6 | 13,3 | 0,01 |
| TPD1-LM | TDS3-LM | 0,95 | 11850 | 13 | 53 | 220 | 3X60 | 4 | 21,15 | 0,59 |
| TDS3-LM | TDS4-LM | 0,95 | 5140 | 6 | 23 | 220 | 3X40 | 6 | 13,3 | 0,19 |

| | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|------|-------|----|-----|-----|-------|-----|---------|-------|
| TGD-2 | TDP4-PBP | 0,95 | 32565 | 17 | 90 | 220 | 3X100 | 2 | 33,62 | 0,83 |
| TDP4-PBP | TDS2-PSP | 0,95 | 15273 | 5 | 42 | 220 | 3X60 | 4 | 21,15 | 0,18 |
| TDS2-PSP | TDS4-A101 | 0,95 | 560 | 13 | 2 | 220 | 2X20 | 6 | 13,3 | 0,04 |
| TDS2-PSP | TDS5-CP | 0,95 | 1778 | 14 | 8 | 220 | 2X40 | 6 | 13,3 | 0,15 |
| TGD-2 | TP2-PB | 0,95 | 14363 | 21 | 39 | 220 | 3X60 | 2 | 33,62 | 0,44 |
| TP2-PB | TDP3-Aud | 0,95 | 4038 | 1 | 18 | 220 | 3X40 | 8 | 8,36 | 0,04 |
| TP2-PB | TDS1-A110 | 0,95 | 5548 | 6 | 25 | 220 | 3X40 | 8 | 8,36 | 0,33 |
| TGD-2 | TDP7-TP | 0,95 | 48097 | 10 | 133 | 220 | 3x150 | 1/0 | 53,49 | 0,45 |
| TDP7-TP | TDS1-TP | 0,95 | 15396 | 4 | 69 | 220 | 3X100 | 4 | 21,15 | 0,24 |
| TDS1-TP | TDS2-TP | 0,95 | 6230 | 1 | 28 | 220 | 3X40 | 6 | 13,3 | 0,04 |
| TDS1-TP | TDS8-TP | 0,95 | 4396 | 19 | 19 | 220 | 2X40 | 6 | 13,3 | 0,49 |
| TDP7-TP | TDS3-TP | 0,95 | 1330 | 5 | 6 | 220 | 2X20 | 8 | 8,36 | 0,07 |
| TDP7-TP | TDS4-TP | 0,95 | 840 | 8 | 3 | 220 | 2X20 | 8 | 8,36 | 0,05 |
| TDP7-TP | TDS5-TP | 0,95 | 910 | 15 | 4 | 220 | 2X20 | 8 | 8,36 | 0,13 |
| TDP7-TP | TDS7-TP | 0,95 | 840 | 19 | 3 | 220 | 2X20 | 8 | 8,36 | 0,12 |
| TDS7-TP | TDS9-TP | 0,95 | 1305 | 21 | 5 | 220 | 2X20 | 6 | 13,3 | 0,14 |
| TGD-2 | TDS6-SPG | 0,95 | 8943 | 12 | 40 | 220 | 3x50 | 6 | 13,3 | 0,66 |
| | | | | | | | | | e% máx. | 12,80 |

ANEXO 5

TABLAS Y FIGURAS DE LOS PARAMETROS DE CALIDAD DE ENERGIA ELECTRICA.

Registros correspondientes al tablero principal que se encuentra ubicado junto al transformador 120KVA.

- **Nivel de voltaje.**

Tabla 1.1: Registro de valores de voltaje mínimo, medio y máximo de las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

| | Voltajes mínimos [V] | | | | Voltaje medio [V] | | | | Voltajes máximos [V] | | | |
|--------------|----------------------|--------|--------|------|-------------------|--------|--------|------|----------------------|--------|--------|-------|
| | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [C] | L3 [C] | LN |
| MIN. | 125,24 | 124,94 | 123,73 | 0,19 | 126,34 | 126,29 | 125,52 | 0,28 | 126,87 | 126,93 | 126,14 | 0,37 |
| MÁX. | 138,34 | 137,09 | 136,88 | 2,33 | 138,7 | 137,71 | 137,66 | 2,77 | 139,16 | 138,21 | 137,66 | 20,17 |
| PROM. | 133,83 | 133,59 | 133,11 | 0,66 | 134,50 | 134,17 | 134,19 | 0,95 | 135,00 | 134,65 | 134,19 | 1,32 |

Tabla 1.2: Análisis de cambios bruscos de voltaje.

Fuente: Elaboración propia.

| Fase-neutro | Análisis de Voltaje del total de los valores registrados | | | | | |
|-------------|--|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|
| | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores menores al 5% | Valores mayores al 5% | Cumple la normativa 95% | Promedio medio |
| AN | 127 | 1008 | 0 | 0 | SI | 131,857 |
| BN | 127 | 1008 | 0 | 0 | SI | 132,92 |
| CN | 127 | 1008 | 0 | 0 | SI | 131,258 |

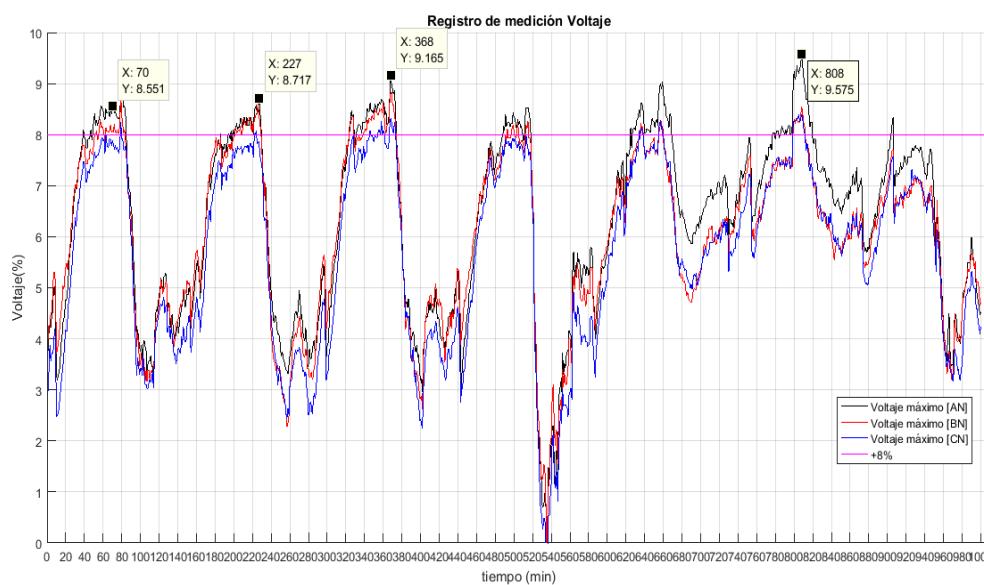
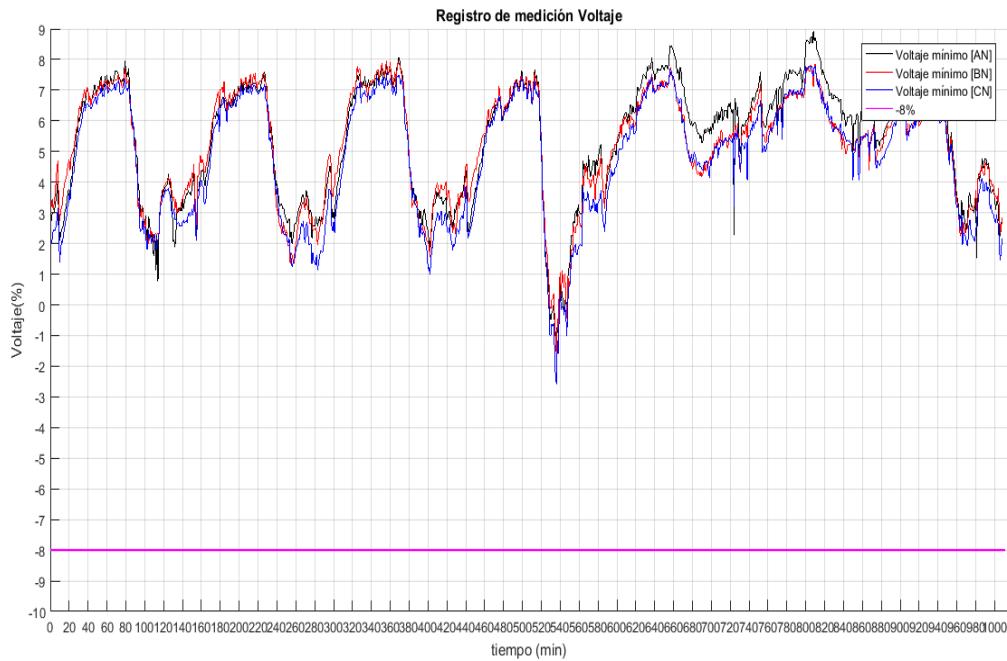
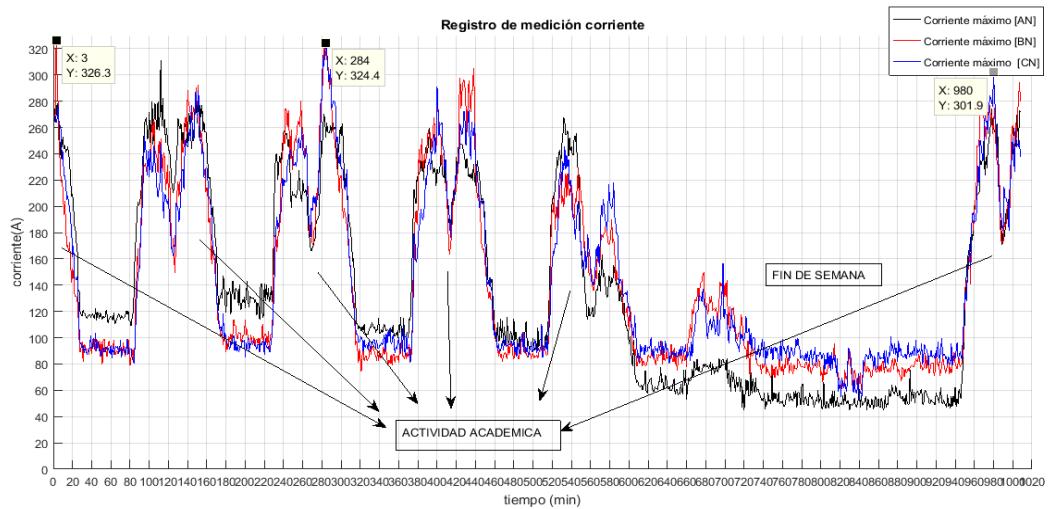


Figura 1.1: Nivel máximo de voltaje en las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.**Figura 1.2:** Nivel mínimo de voltaje de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.

■ Corriente.

**Figura 1.3:** Registro de la corriente máxima de fase (AN, BN, CN).**Fuente:** Elaboración propia.

▪ **Frecuencia.**

Tabla 1.3: Registro total de los valores de la frecuencia.

Fuente: Elaboración propia.

| Frecuencia | | | |
|--------------------|--------|--------|--------|
| Total (L1, L2, L3) | | | |
| | Mínima | Media | Máxima |
| MIN. | 59,809 | 59,943 | 60,032 |
| MÁX. | 59,98 | 60,069 | 60,13 |
| PROM | 59,93 | 60,00 | 60,06 |

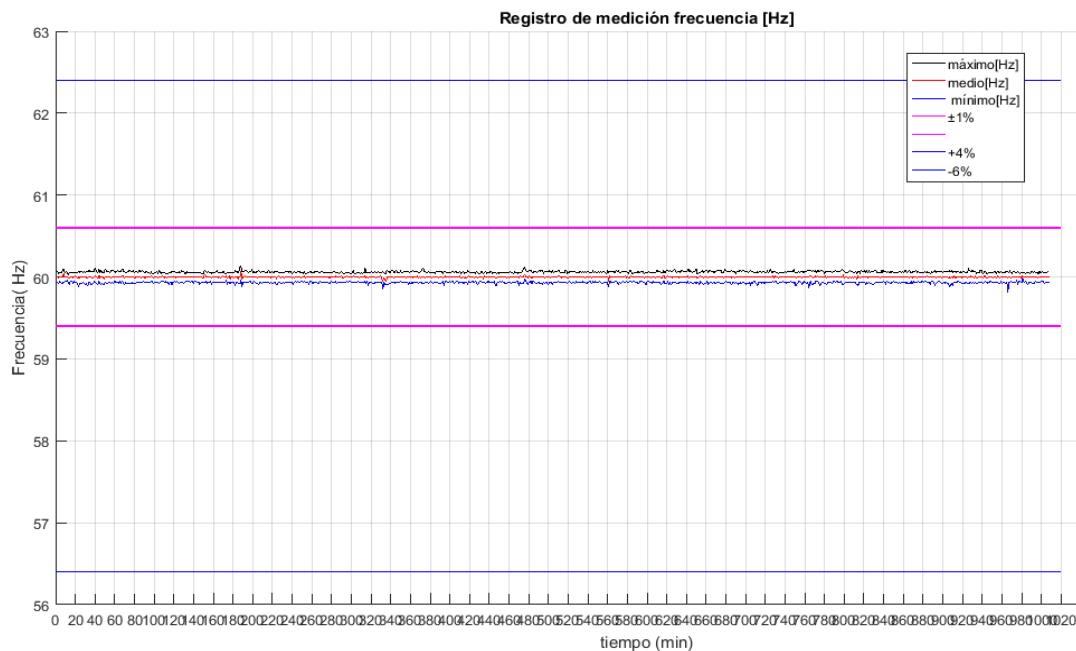


Figura 1.4: Registro de la frecuencia (Hz) máxima, media y mínima.

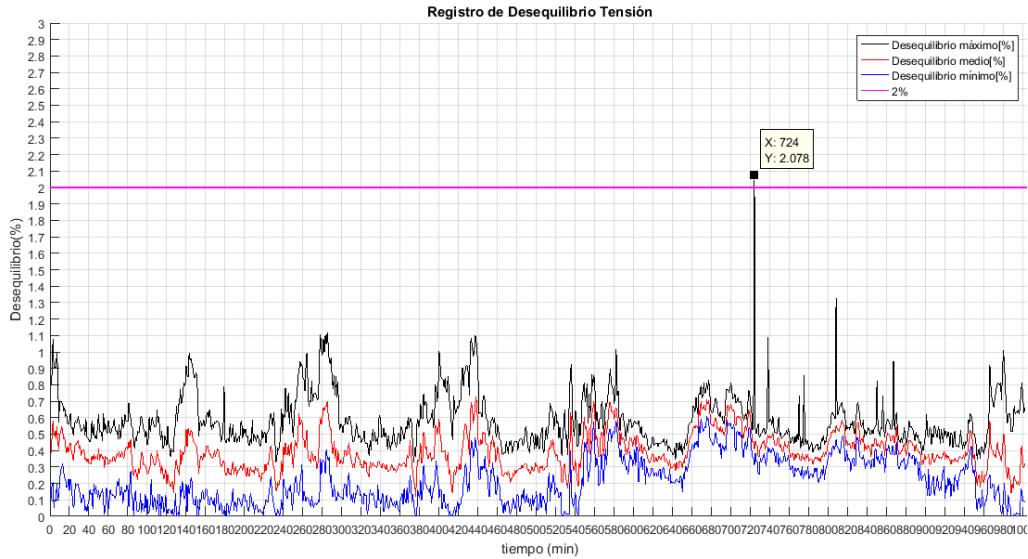
Fuente: Elaboración propia.

▪ **Desequilibrio de voltaje.**

Tabla 1.4: Valores límites de desequilibrio de voltaje [%].

Fuente: Elaboración propia.

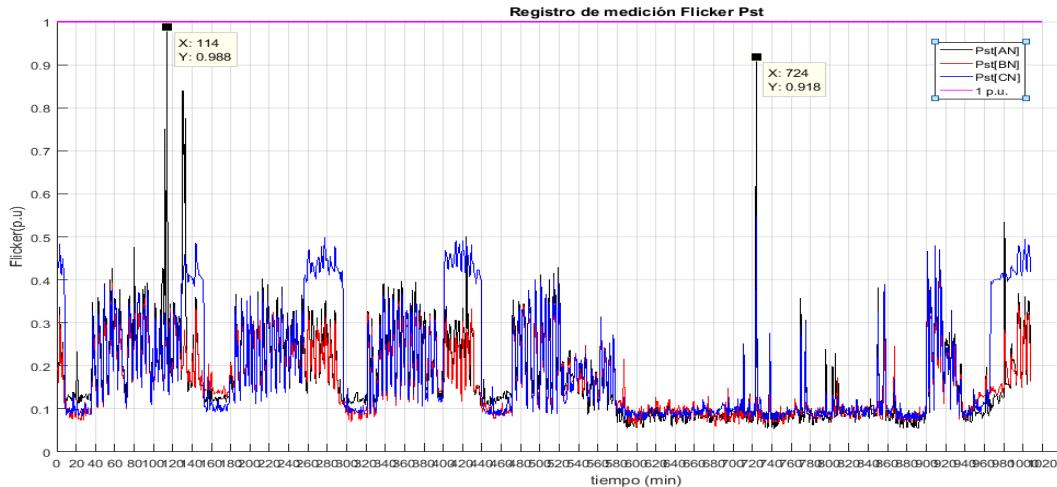
| Registro | Desequilibrio Voltaje | | | 2 | | |
|--------------|-----------------------|-------|--------|---------------------|-------|--------|
| | Voltaje [%] | | | Cumple ARCONEL [2%] | | |
| | Mínimo | Medio | Máximo | Mínimo | Medio | Máximo |
| MIN. | 0,00 | 0,12 | 0,33 | SI | SI | SI |
| MÁX. | 0,61 | 0,73 | 2,08 | SI | SI | NO |
| PROM. | 0,210 | 0,392 | 0,586 | SI | SI | SI |

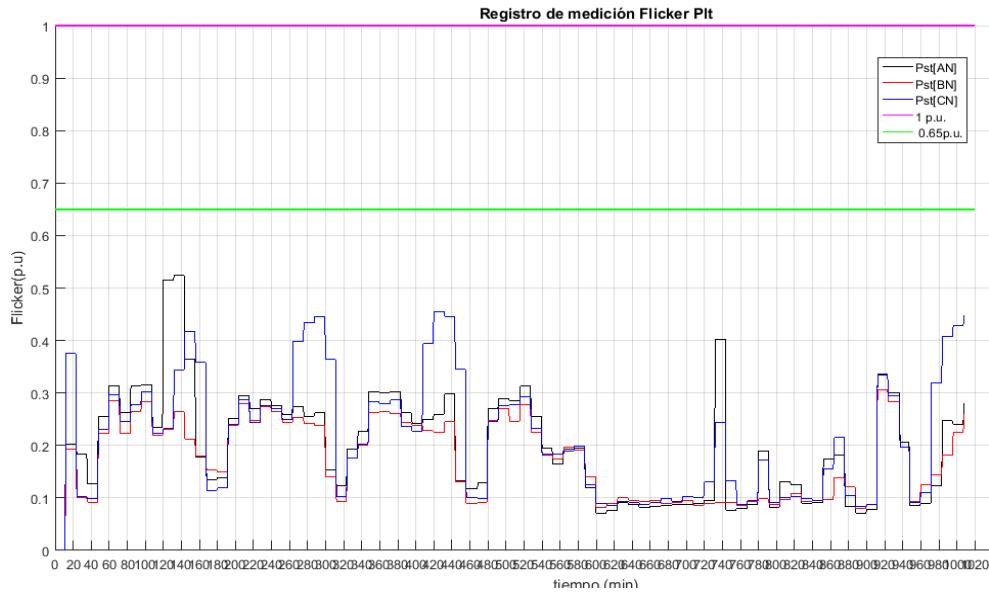
**Figura 1.5:** Valores registrados desequilibrio.**Fuente:** Elaboración propia.

- **Flicker.**

Tabla 1.5: Registro de valores Pst y Plt para cada fase.**Fuente:** Elaboración propia.

| | ítem | Valores flickers [Pst] | | | Valores flickers [Plt] | | |
|--------------|------|------------------------|---------|---------|------------------------|---------|---------|
| | | L1 [AN] | L2 [BN] | L3 [CN] | L1 [AN] | L2 [BN] | L3 [CN] |
| MIN. | 1 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| MÁX. | 1 | 0,99 | 0,44 | 0,55 | 0,52 | 0,31 | 0,46 |
| | 2 | 0,92 | 0,43 | 0,50 | 0,52 | 0,31 | 0,46 |
| PROM. | 1 | 0,18 | 0,16 | 0,20 | 0,20 | 0,17 | 0,21 |

**Figura 1.6:** Registro de medición del flicker Pst de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 1.7:** Registro de medición del flicker Pt de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.

■ Armónicos de voltaje.

Tabla 1.6: Registro de voltaje armónica THDV de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.

| | Valores TDHV mínimo [%] | | | Valores TDHV medio [%] | | | Valores TDHV máximo [%] | | |
|--------------|-------------------------|------|------|------------------------|------|------|-------------------------|------|------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 |
| MIN. | 1,17 | 1,89 | 1,9 | 1,23 | 1,98 | 1,99 | 1,29 | 2,05 | 2,05 |
| MÁX. | 3,43 | 4,09 | 3,76 | 3,63 | 4,42 | 3,92 | 3,83 | 4,57 | 4,11 |
| PROM. | 2,09 | 2,80 | 2,63 | 2,22 | 2,98 | 2,76 | 2,35 | 3,11 | 2,88 |

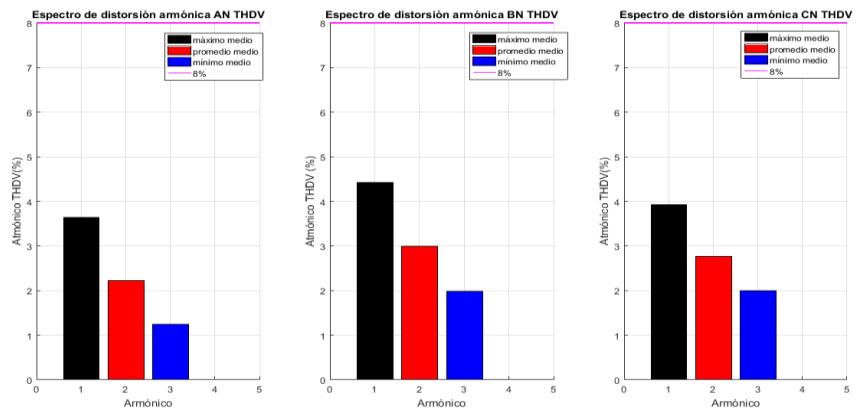
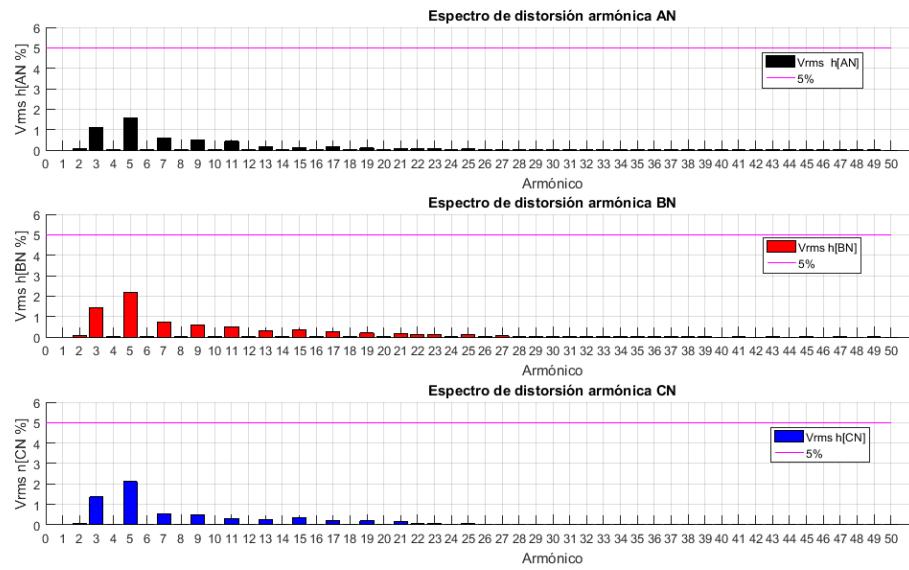
**Figura 1.8.** Espectro de distorsión armónica THDV de cada una de las fases.**Fuente:** Elaboración propia.

Tabla 1.7: Registro de corriente amónico TDHA.**Fuente:** Elaboración propia.

| TDHA | Valores TDHA mínimo [%] | | | Valores TDHA medio [%] | | | Valores TDHA máximo [%] | | |
|-------|-------------------------|-------|-------|------------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 |
| MIN. | 8,15 | 11,58 | 9,29 | 12,7 | 16,29 | 11,38 | 14,49 | 17,96 | 12,28 |
| MÁX. | 25,19 | 22,23 | 23,27 | 27,42 | 29 | 28,98 | 33,46 | 39,53 | 44,74 |
| PROM. | 13,69 | 17,21 | 14,28 | 18,41 | 21,62 | 18,34 | 21,83 | 23,72 | 20,78 |

**Figura 1.7:** Espectro de distorsión armónica de voltaje individual fase (A, B, C).**Fuente:** Elaboración propia.**Tabla 3.8:** Armónica individual de corriente.**Fuente:** Elaboración propia

| [%] | armónico A medio | armónico B medio | armónico C medio |
|------------------|------------------|------------------|------------------|
| TDHA Fundamental | 100 | 100 | 100 |
| TDH A Orden 2 | 0,46 | 0,46 | 0,65 |
| TDH A Orden 3 | 16,84 | 16,84 | 15,51 |
| TDH A Orden 4 | 0,15 | 0,15 | 0,42 |
| TDH A Orden 5 | 5,23 | 5,23 | 6,68 |
| TDH A Orden 6 | 0,17 | 0,15 | 0,26 |
| TDH A Orden 7 | 2,28 | 4,58 | 4,38 |
| TDH A Orden 8 | 0,18 | 0,09 | 0,15 |
| TDH A Orden 9 | 2,83 | 3,14 | 1,55 |
| TDH A Orden 10 | 0,10 | 0,08 | 0,14 |

▪ Factor de potencia.

Tabla 1.9: Registro de datos del factor de potencia.

Fuente: Elaboración propia.

| Valores de factor de potencia valores medio | | | | |
|---|------|------|------|------|
| Mín. | 0,93 | 0,88 | 0,95 | 0,92 |
| Máx. | 0,99 | 0,98 | 0,99 | 0,98 |
| Promedio | 0,98 | 0,97 | 0,98 | 0,97 |

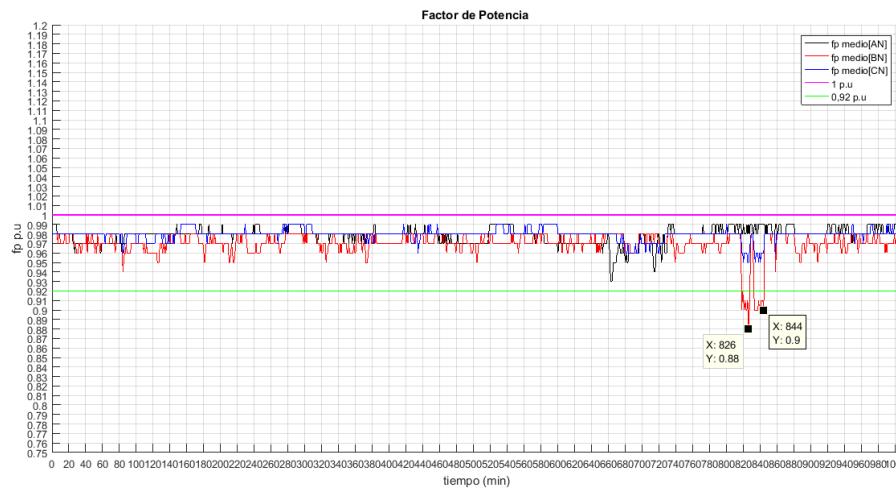


Figura 1.10: Registro en el tiempo de los valores del factor de potencia medio

Fuente: Elaboración propia.

▪ Energía.

Tabla 1.10 y Figura 1.11: Registro de energía activa diario.

Fuente: Elaboración propia.

| Días | Energía Activa (MW) | | | |
|-----------|---------------------|---------|---------|--------------|
| | Fase AN | Fase BN | Fase CN | Total diario |
| Lunes | 0,123 | 0,121 | 0,129 | 0,373 |
| Martes | 0,438 | 0,433 | 0,426 | 1,297 |
| Miércoles | 0,433 | 0,443 | 0,447 | 1,323 |
| Jueves | 0,425 | 0,434 | 0,418 | 1,277 |
| Viernes | 0,349 | 0,36 | 0,368 | 1,077 |
| Sábado | 0,165 | 0,261 | 0,247 | 0,673 |
| Domingo | 0,131 | 0,19 | 0,204 | 0,525 |
| Lunes | 0,279 | 0,29 | 0,296 | 0,865 |
| | | Total | | 7,41 |

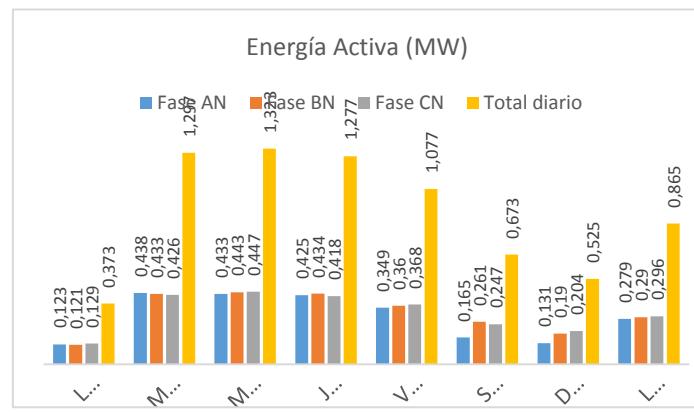
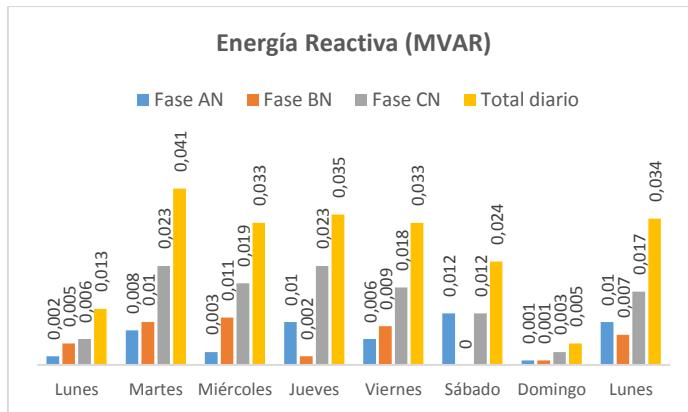
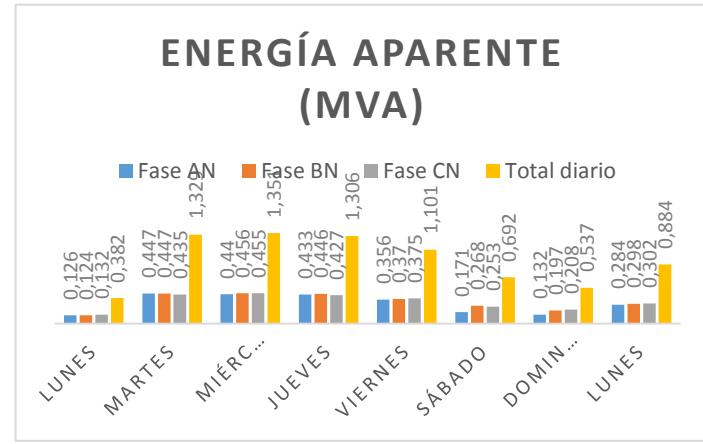


Tabla 1.11 y Figura 1.12: Registro de energía reactiva diario.**Fuente:** Elaboración propia

| Días | Energía Reactiva (MVAR) | | | |
|-----------|-------------------------|---------|---------|--------------|
| | Fase AN | Fase BN | Fase CN | Total diario |
| Lunes | 0,002 | 0,005 | 0,006 | 0,013 |
| Martes | 0,008 | 0,01 | 0,023 | 0,041 |
| Miércoles | 0,003 | 0,011 | 0,019 | 0,033 |
| Jueves | 0,01 | 0,002 | 0,023 | 0,035 |
| Viernes | 0,006 | 0,009 | 0,018 | 0,033 |
| Sábado | 0,012 | 0 | 0,012 | 0,024 |
| Domingo | 0,001 | 0,001 | 0,003 | 0,005 |
| Lunes | 0,01 | 0,007 | 0,017 | 0,034 |
| Total | | | | 0,218 |

**Tabla 1.11 y Figura 1.12:** Registro de energía aparente diario.**Fuente:** Elaboración propia

| Días | Energía Aparente (MVA) | | | |
|-----------|------------------------|---------|---------|--------------|
| | Fase AN | Fase BN | Fase CN | Total diario |
| Lunes | 0,126 | 0,124 | 0,132 | 0,382 |
| Martes | 0,447 | 0,447 | 0,435 | 1,329 |
| Miércoles | 0,44 | 0,456 | 0,455 | 1,351 |
| Jueves | 0,433 | 0,446 | 0,427 | 1,306 |
| Viernes | 0,356 | 0,37 | 0,375 | 1,101 |
| Sábado | 0,171 | 0,268 | 0,253 | 0,692 |
| Domingo | 0,132 | 0,197 | 0,208 | 0,537 |
| Lunes | 0,284 | 0,298 | 0,302 | 0,884 |
| Total | | | | 7,582 |



Registro de mediciones correspondiente al tablero principal que se encuentra ubicado en el laboratorio de física.

- Voltaje:**

Tabla 2.1: Registro de valores de voltaje mínimo, medio y máximo de las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

| | Voltajes mínimos [V] | | | Voltaje medio [V] | | | Voltajes máximos [V] | | | | | |
|-------|----------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|----------------------|-------|--------|--------|--------|-------|
| | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [C] | L3 [C] | LN |
| MIN. | 118,54 | 125,87 | 120,66 | 0,39 | 129,64 | 128,54 | 128,07 | 0,56 | 130,14 | 129,00 | 128,57 | 0,63 |
| MÁX. | 138,72 | 137,46 | 137,29 | 15,09 | 139,01 | 137,89 | 137,60 | 15,29 | 139,41 | 138,18 | 137,90 | 15,58 |
| PROM. | 133,56 | 133,25 | 132,87 | 1,94 | 134,18 | 133,82 | 133,43 | 2,26 | 134,66 | 134,25 | 133,87 | 2,53 |

Tabla 2.2: Análisis de cambios bruscos de voltaje.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis de Voltaje del total de los valores registrados | | | | | | |
|--|---------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|
| Fase-neutro | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores menores al 5% | Valores mayores al 5% | Cumple la normativa 95% | Promedio medio |
| AN | 127 | 1000 | 0 | 0 | SI | 134,18 |
| BN | 127 | 1000 | 0 | 0 | SI | 133,82 |
| CN | 127 | 1000 | 0 | 0 | SI | 133,43 |

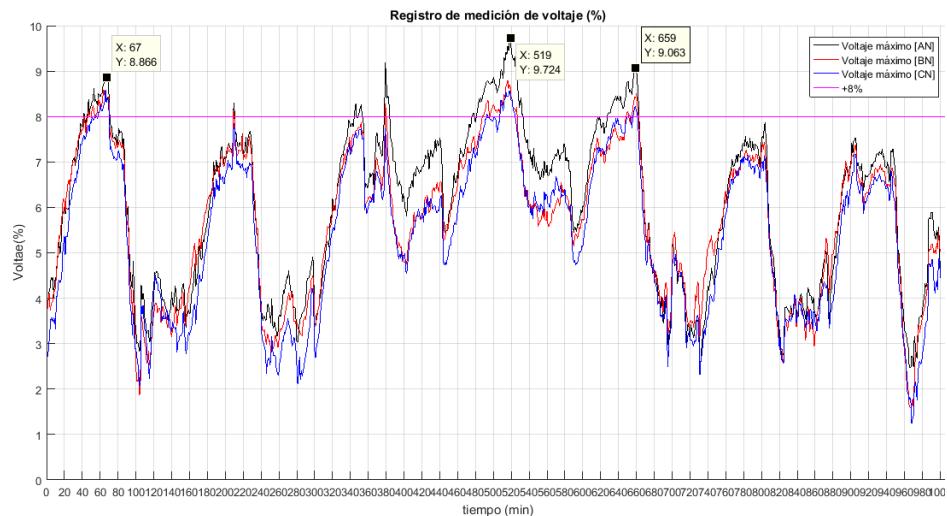
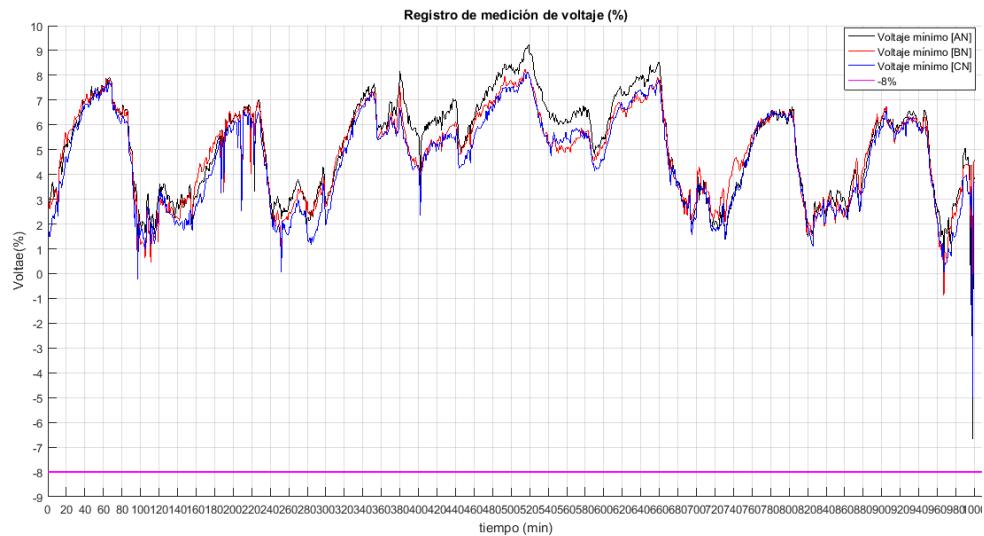
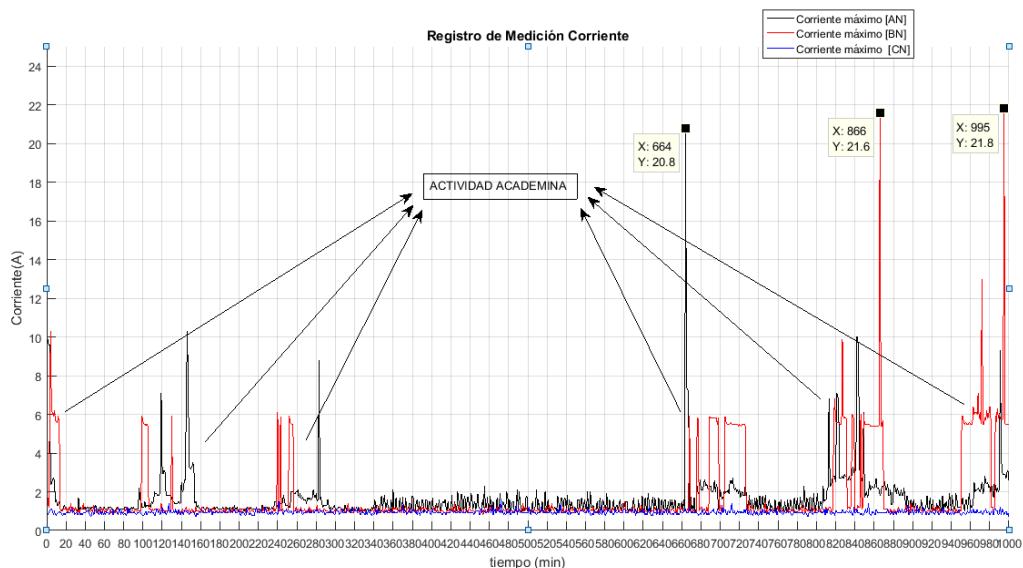


Figura 2.1: Nivel máximo de voltaje en las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2:2:** Nivel mínimo de voltaje de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.

■ Corriente.

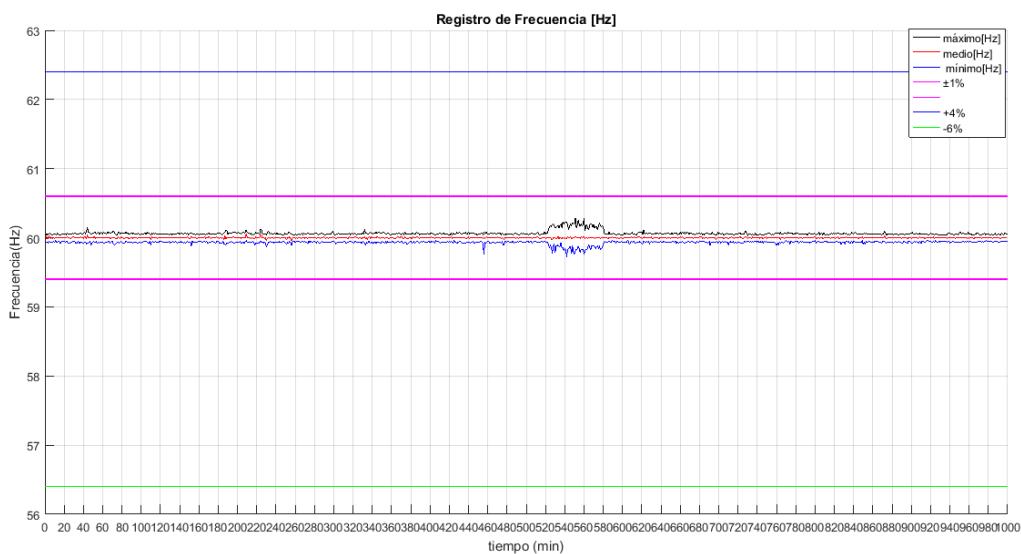
**Figura 2.3:** Registro de la corriente máxima de fase (AN, BN, CN).**Fuente:** Elaboración propia.

- **Frecuencia.**

Tabla 2.3: Evaluación de los valores de la frecuencia.

Fuente: Elaboración propia.

| Análisis de Frecuencia, del total de los valores registrados [Hz] | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|
| | Frecuencia nominal (Hz) | Total de valores registrados | Valores menores al -1% | Valores mayores al 1% | Cumple la normativa 95% | Valores menores al -6% | Valores mayores al 4% | Cumple la normativa 95% | Promedio medio |
| Mínimo | 60 | 1000 | 0 | 0 | SI | 0 | 0 | SI | 59,93 |
| Máximo | 60 | 1000 | 0 | 0 | SI | 0 | 0 | SI | 60,06 |

**Figura 2.4:** Registro de la frecuencia (Hz) máxima, media y mínima.

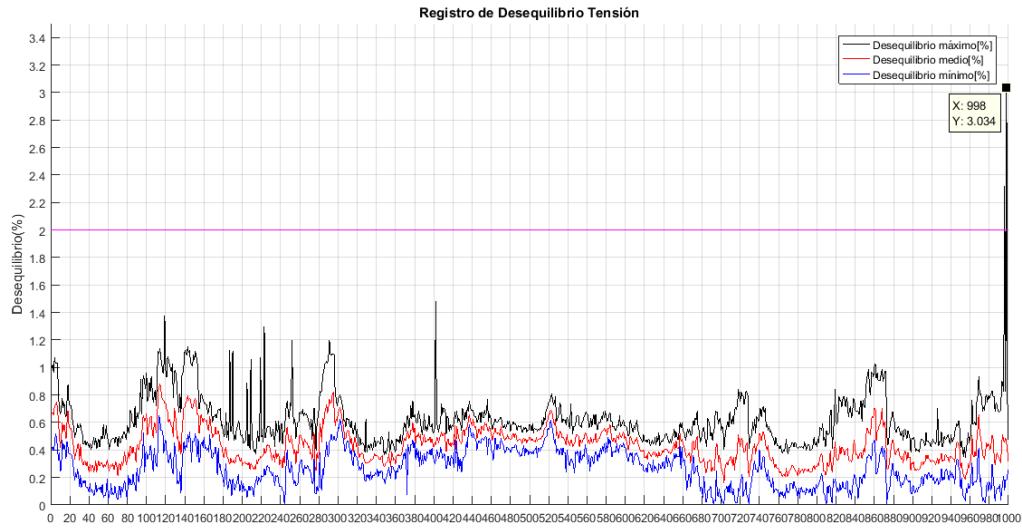
Fuente: Elaboración propia.

- **Desequilibrio de voltaje.**

Tabla 2.4: Valores límites de desequilibrio de voltaje [%].

Fuente: Elaboración propia.

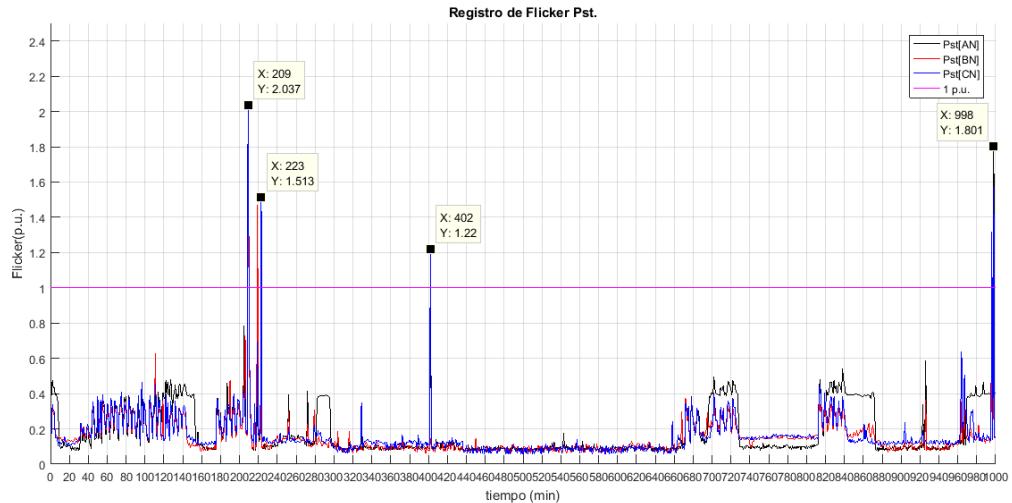
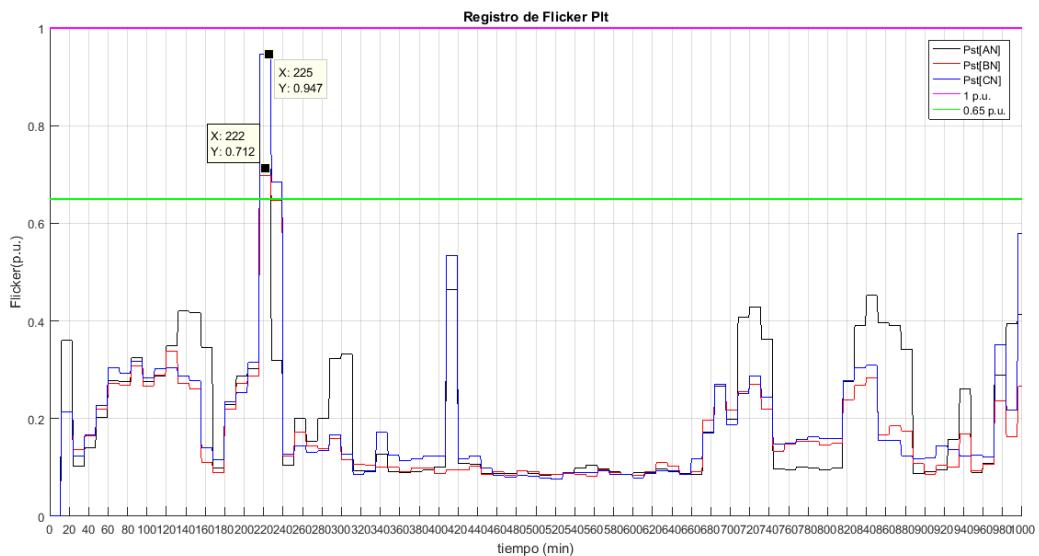
| Registro | Desequilibrio Voltaje | | | | | |
|--------------|-----------------------|-------|--------|---------------------|-------|--------|
| | Voltaje [%] | | | Cumple ARCONEL [2%] | | |
| | Mínimo | Medio | Máximo | Mínimo | Medio | Máximo |
| MIN. | 0,01 | 0,16 | 0,35 | SI | SI | SI |
| MÁX. | 0,65 | 0,88 | 3,03 | SI | SI | NO |
| PROM. | 0,264 | 0,430 | 0,623 | SI | SI | SI |

**Figura 2.5:** Valores registrados desequilibrio.**Fuente:** Elaboración propia.

- **Flicker.**

Tabla 2.5. Registro de valores Pst y Plt para cada fase.**Fuente:** Elaboración propia.

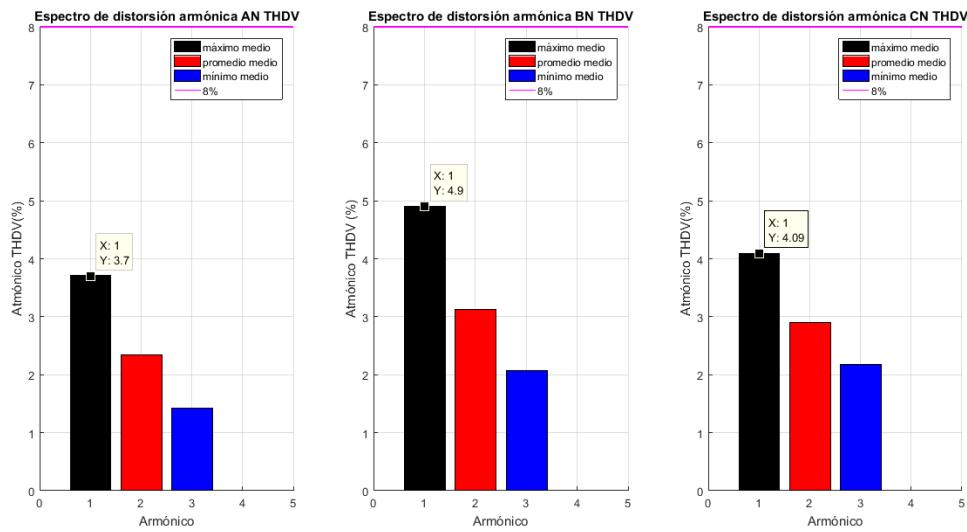
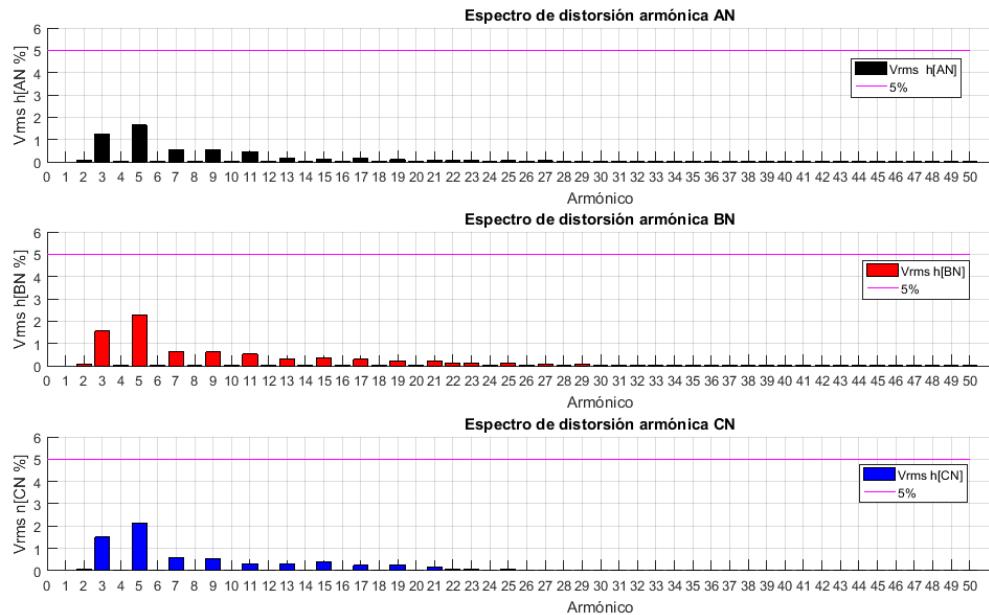
| | Ítem | Valores flickers [Pst] | | | Valores flickers [Pst] | | |
|------|------|------------------------|---------|---------|------------------------|---------|---------|
| | | L1 [AN] | L2 [BN] | L3 [CN] | L1 [AN] | L2 [BN] | L3 [CN] |
| MIN | 1 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| MÁX | 1 | 2,04 | 1,47 | 1,80 | 0,95 | 0,70 | 0,71 |
| | 2 | 1,57 | 1,32 | 1,36 | 0,95 | 0,70 | 0,71 |
| | 3 | 1,51 | 1,08 | 1,07 | 0,95 | 0,70 | 0,71 |
| | 4 | 1,32 | 0,79 | 1,06 | 0,95 | 0,70 | 0,71 |
| PROM | 1 | 0,16 | 0,15 | 0,18 | 0,18 | 0,17 | 0,20 |

**Figura 2.6:** Registro de medición del flicker Pst de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.**Figura 2.7:** Registro de medición del flicker Pt de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.

- **Armónicos de voltaje.**

Tabla 2.6: Registro de voltaje armónico THDV de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.

| | Valores TDHV mínimo [%] | | | Valores TDHV medio [%] | | | Valores TDHV máximo [%] | | |
|--------------|-------------------------|------|------|------------------------|------|------|-------------------------|------|------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 |
| MIN. | 1,33 | 1,93 | 2,08 | 1,33 | 2,06 | 2,17 | 1,49 | 2,12 | 2,22 |
| MÁX. | 3,57 | 4,55 | 3,94 | 3,57 | 4,9 | 4,09 | 4,39 | 5,32 | 4,22 |
| PROM. | 2,21 | 2,95 | 2,77 | 2,21 | 3,11 | 2,89 | 2,46 | 3,24 | 3,00 |

**Figura 2.8.** Espectro de distorsión armónica THDV de cada una de las fases.**Fuente:** Elaboración propia.**Figura 2.9.** Espectro de distorsión armónica THDV de cada una de las fases.**Fuente:** Elaboración propia.



■ Armónicos de corriente.

Tabla 2.7: Registro de corriente amónico TDHA.

Fuente: Elaboración propia.

| | Valores TDHA mínimo [%] | | | Valores TDHA medio [%] | | | Valores TDHA máximo [%] | | |
|--------------|-------------------------|-------|-------|------------------------|--------|-------|-------------------------|--------|--------|
| | TDHA | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 |
| MIN. | 3,62 | 4,57 | 9,41 | 5,71 | 14,63 | 17,51 | 44,02 | 20,53 | 32,35 |
| MÁX. | 77,87 | 66,98 | 18,74 | 327,67 | 327,67 | 26,29 | 327,67 | 327,67 | 153,56 |
| PROM. | 50,49 | 32,21 | 12,16 | 70,83 | 48,09 | 19,36 | 103,93 | 94,37 | 42,80 |

Tabla 2.8: Armónica individual de corriente.

Fuente: Elaboración propia

| [%] | Armónico A medio | Armónico B medio | Armónico C medio |
|--------------------------|------------------|------------------|------------------|
| TDH A Fundamental | 100,46 | 101,37 | 100,00 |
| TDH A Orden 2 | 7,48 | 7,48 | 14,22 |
| TDH A Orden 3 | 51,30 | 51,30 | 8,31 |
| TDH A Orden 4 | 3,50 | 3,50 | 6,56 |
| TDH A Orden 5 | 35,73 | 35,73 | 3,31 |
| TDH A Orden 6 | 2,69 | 5,09 | 3,69 |
| TDH A Orden 7 | 21,63 | 10,33 | 2,65 |
| TDH A Orden 8 | 2,04 | 4,28 | 2,17 |
| TDH A Orden 9 | 14,97 | 9,61 | 1,07 |
| TDH A Orden 10 | 1,80 | 3,84 | 1,74 |

■ Factor de potencia.

Tabla 2.9: Registro de datos del factor de potencia.

Fuente: Elaboración propia.

| Valores de factor de potencia valores medio | | | | |
|---|------|------|------|-----------------|
| | L1 | L2 | L3 | fdp total medio |
| Mín. | 0,66 | 0,12 | 0,03 | 0,42 |
| Máx. | 0,92 | 0,98 | 0,2 | 0,71 |
| Promedio | 0,77 | 0,53 | 0,09 | 0,54 |

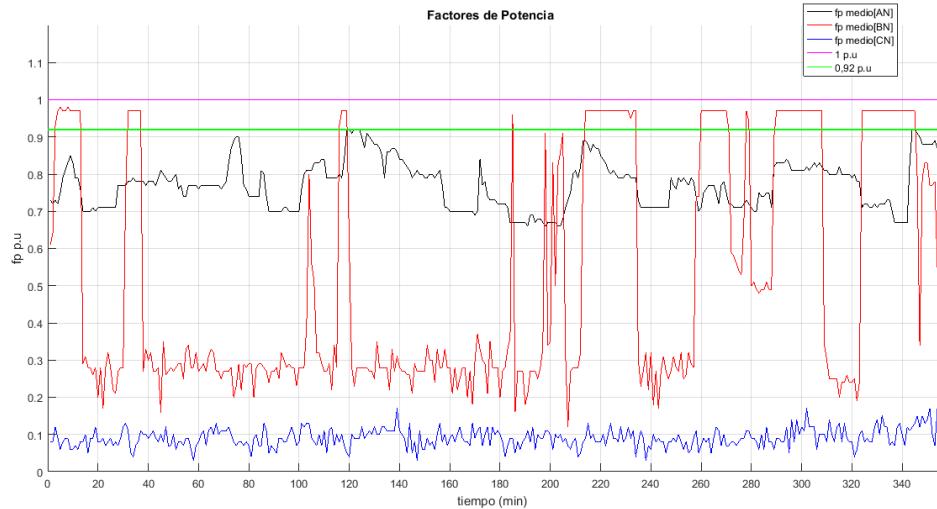


Figura 2.10: Representa los registro de la actividad académica del factor de potencia medio.

Fuente: Elaboración propia.

■ Registro de Energía.

Tabla 2.10, Figura 2.11: Registro de energía activa

Fuente: Elaboración propia.

| Días | Energía Activa (KW) | | | |
|-----------|---------------------|---------|---------|--------------|
| | Fase AN | Fase BN | Fase CN | Total diario |
| Jueves | 0,73 | 1,36 | 0,025 | 2,115 |
| Viernes | 2,64 | 1,04 | 0,085 | 3,765 |
| Sábado | 2,27 | 0,87 | 0,09 | 3,23 |
| Domingo | 1,6 | 0,34 | 0,09 | 2,03 |
| Lunes | 1,55 | 0,56 | 0,09 | 2,2 |
| Martes | 2,52 | 4,2 | 0,09 | 6,81 |
| Miércoles | 3,26 | 4,4 | 0,09 | 7,75 |
| Jueves | 1,78 | 4,79 | 0,06 | 6,63 |
| | | Total | | 34,53 |

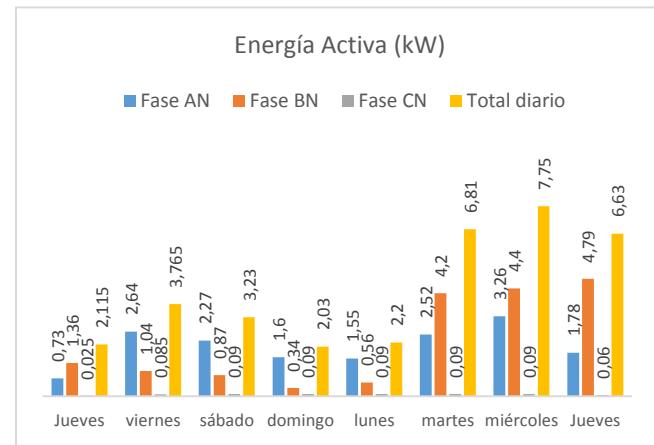
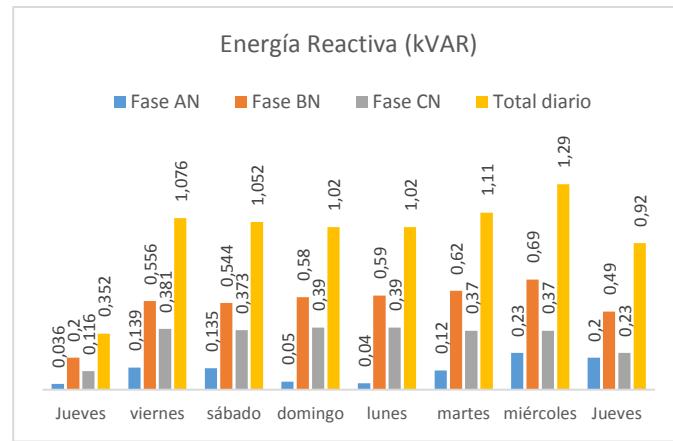
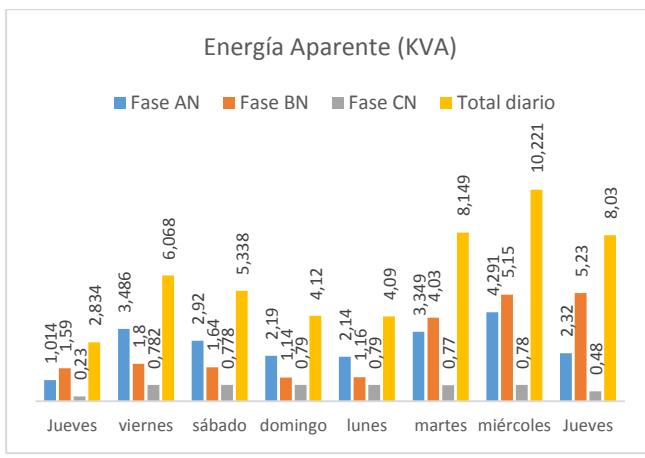


Tabla 2.11, Figura 2.12: Registro de energía reactiva.**Fuente:** Elaboración propia

| Días | Energía Reactiva (kVAR) | | | |
|-----------|-------------------------|---------|---------|--------------|
| | Fase AN | Fase BN | Fase CN | Total diario |
| Jueves | 0,036 | 0,2 | 0,116 | 0,352 |
| Viernes | 0,139 | 0,556 | 0,381 | 1,076 |
| Sábado | 0,135 | 0,544 | 0,373 | 1,052 |
| Domingo | 0,05 | 0,58 | 0,39 | 1,02 |
| Lunes | 0,04 | 0,59 | 0,39 | 1,02 |
| Martes | 0,12 | 0,62 | 0,37 | 1,11 |
| Miércoles | 0,23 | 0,69 | 0,37 | 1,29 |
| Jueves | 0,2 | 0,49 | 0,23 | 0,92 |
| | | Total | | 7,84 |

**Tabla 2.12, Figura 2.13:** Registro de energía Aparente.**Fuente:** Elaboración propia.

| Días | Energía Aparente (KVA) | | | |
|-----------|------------------------|---------|---------|--------------|
| | Fase AN | Fase BN | Fase CN | Total diario |
| Jueves | 1,014 | 1,59 | 0,23 | 2,834 |
| Viernes | 3,486 | 1,8 | 0,782 | 6,068 |
| Sábado | 2,92 | 1,64 | 0,778 | 5,338 |
| Domingo | 2,19 | 1,14 | 0,79 | 4,12 |
| Lunes | 2,14 | 1,16 | 0,79 | 4,09 |
| Martes | 3,349 | 4,03 | 0,77 | 8,149 |
| Miércoles | 4,291 | 5,15 | 0,78 | 10,221 |
| Jueves | 2,32 | 5,23 | 0,48 | 8,03 |
| | | Total | | 48,85 |



Registro de mediciones correspondiente al tablero principal que se encuentra ubicado en el pasillo, entre el laboratorio de suelos civil y laboratorio de alto voltaje.

- **Voltaje.**

Tabla 3.1: Registro de valores de voltaje mínimo, medio y máximo de las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

| | Voltajes mínimos [V] | | | | Voltaje medio [V] | | | | Voltajes máximos [V] | | | |
|--------------|----------------------|--------|--------|------|-------------------|--------|--------|------|----------------------|--------|--------|------|
| | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [C] | L3 [C] | LN |
| MIN. | 75,75 | 97,16 | 106,58 | 2,20 | 123,92 | 125,99 | 122,93 | 2,85 | 125,30 | 127,99 | 126,42 | 3,22 |
| MÁX. | 135,57 | 135,80 | 136,47 | 5,08 | 135,89 | 136,64 | 136,78 | 5,11 | 136,62 | 139,01 | 137,09 | 6,29 |
| PROM. | 130,43 | 131,25 | 127,72 | 3,40 | 131,86 | 132,92 | 131,26 | 3,80 | 132,67 | 134,48 | 133,33 | 4,05 |

Tabla 3.2: Análisis de cambios bruscos de voltaje.

Fuente: Elaboración propia.

| Fase-neutro | Análisis de Voltaje del total de los valores registrados | | | | | |
|-------------|--|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|
| | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores menores al 5% | Valores mayores al 5% | Cumple la normativa 95% | Promedio medio |
| AN | 127 | 978 | 3 | 0 | SI | 131,86 |
| BN | 127 | 978 | 0 | 0 | SI | 132,92 |
| CN | 127 | 978 | 2 | 0 | SI | 131,26 |

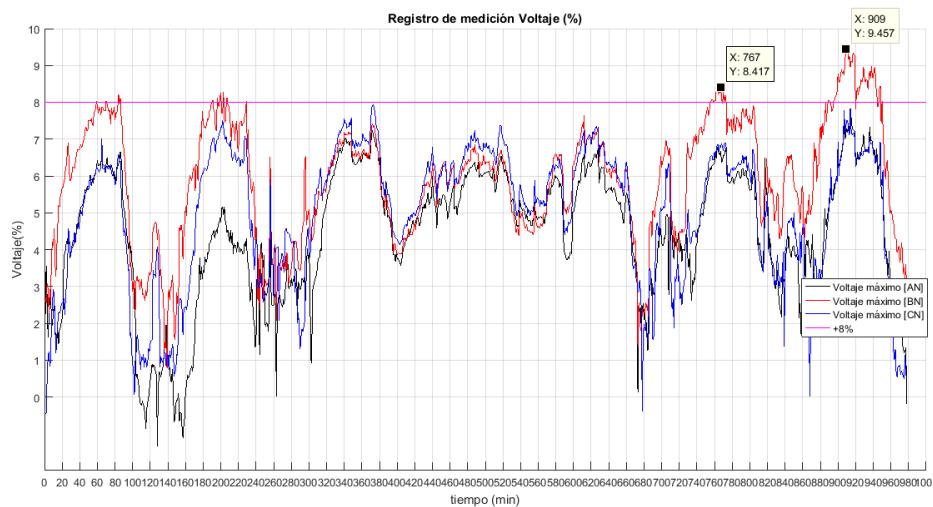
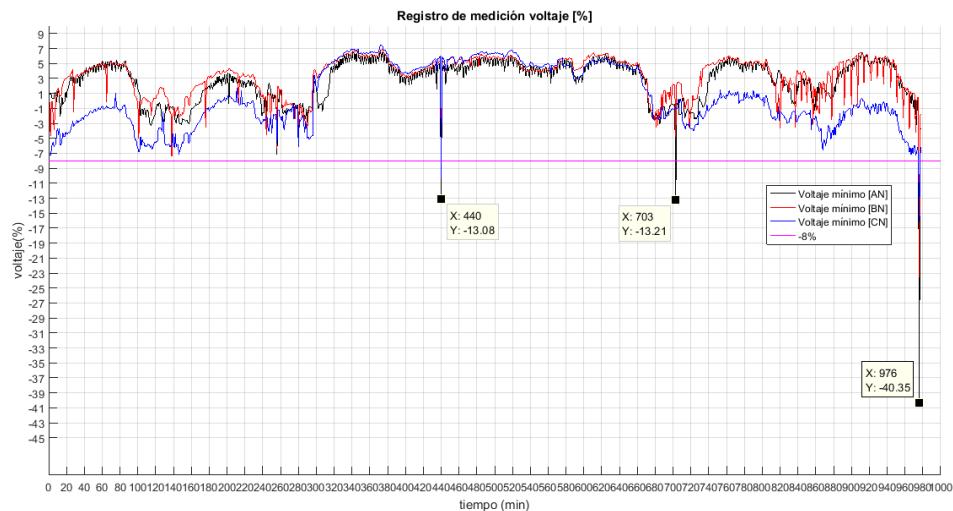
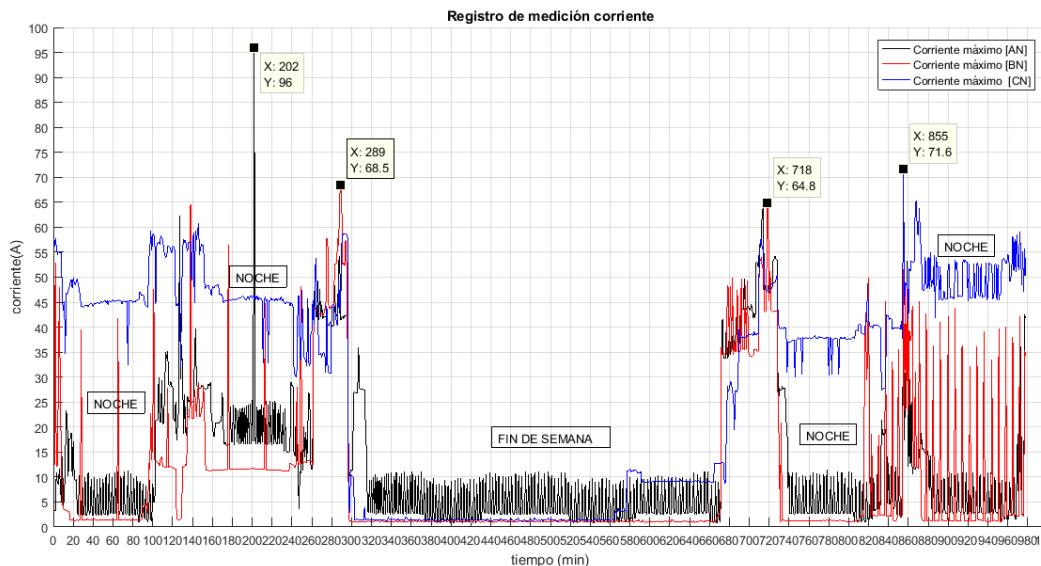


Figura 3.1: Nivel máximo de voltaje en las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 3.2:** Nivel mínimo de voltaje de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.

- **Corriente.**

**Figura 3.3:** Registro de la corriente máxima de fase (AN, BN, CN).**Fuente:** Elaboración propia.

▪ **Frecuencia.**

Tabla 3.3 Registro total de los valores de la frecuencia.

Fuente: Elaboración propia.

| | Frecuencia | | |
|--------------|--------------------|-------|--------|
| | Total (L1, L2, L3) | | |
| | Mínima | Media | Máxima |
| MIN. | 59,83 | 59,92 | 59,97 |
| MÁX. | 59,98 | 60,07 | 61,46 |
| PROM. | 59,94 | 60,00 | 60,06 |

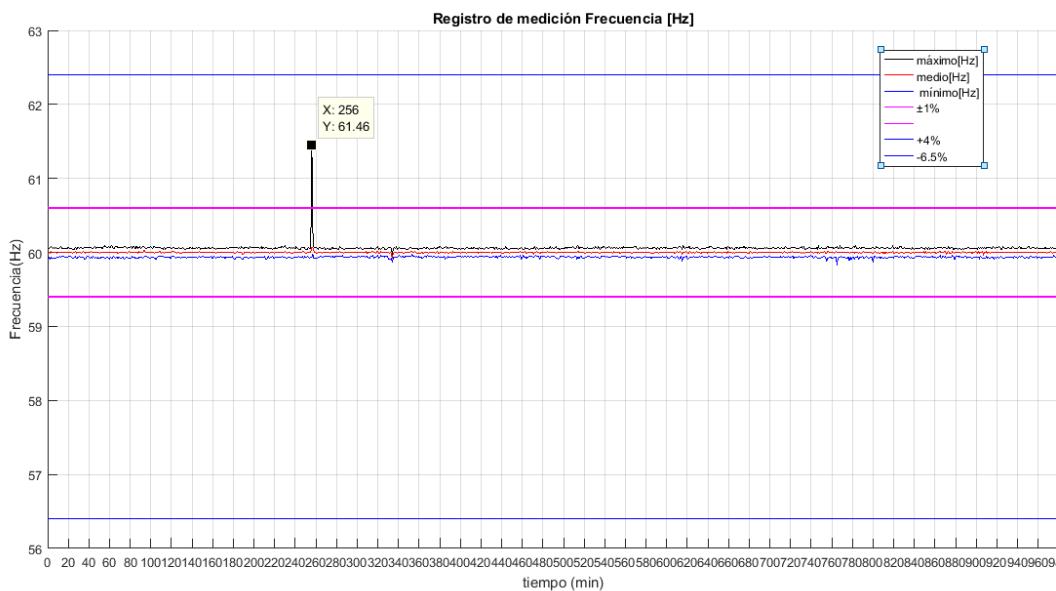


Figura 3.4: Registro de la frecuencia (Hz) máxima, media y mínima.

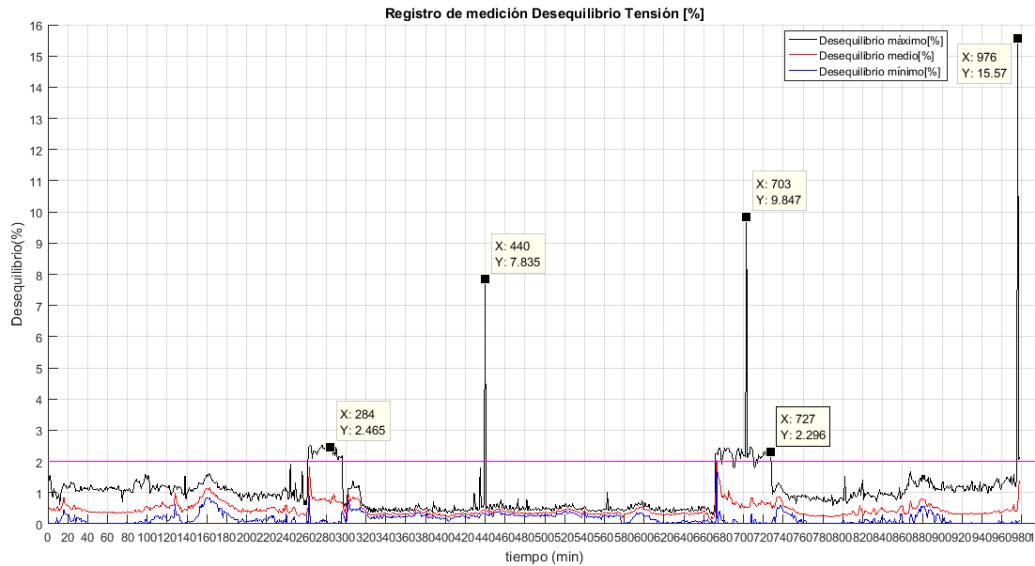
Fuente: Elaboración propia.

▪ **Desequilibrio de voltaje.**

Tabla 3.4: Valores límites de desequilibrio de voltaje [%].

Fuente: Elaboración propia.

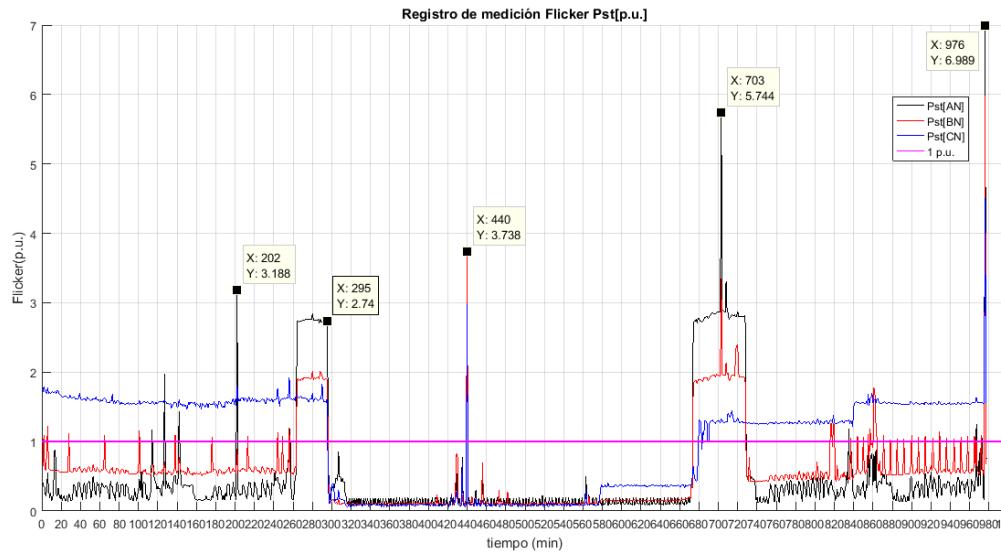
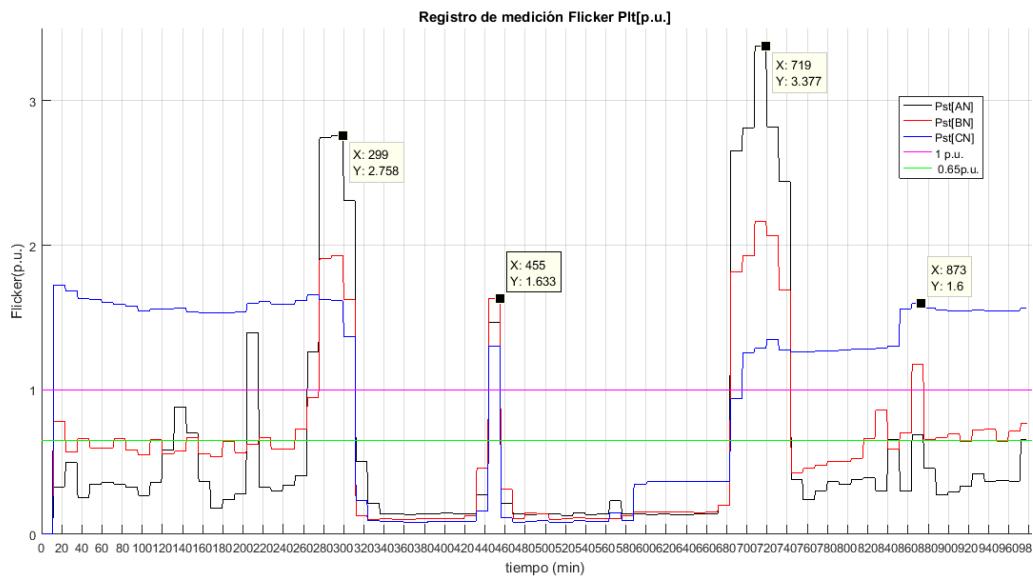
| Registro | Desequilibrio Voltaje | | | | | |
|--------------|-----------------------|-------|--------|---------------------|-------|--------|
| | Voltaje [%] | | | Cumple ARCONEL [2%] | | |
| | Mínimo | Medio | Máximo | Mínimo | Medio | Máximo |
| MIN. | 0,00 | 0,12 | 0,29 | SI | SI | SI |
| MÁX. | 1,69 | 2,04 | 15,57 | SI | NO | NO |
| PROM. | 0,162 | 0,455 | 1,005 | SI | SI | SI |

**Figura 3.5:** Valores registrados desequilibrio.**Fuente:** Elaboración propia.

- **Flicker.**

Tabla 3.5: Registro de valores Pst y Plt para cada fase.**Fuente:** Elaboración propia.

| | Ítem | Valores flickers [Pst] | | | Valores flickers [Pst] | | |
|-------|------|------------------------|---------|---------|------------------------|---------|---------|
| | | L1 [AN] | L2 [BN] | L3 [CN] | L1 [AN] | L2 [BN] | L3 [CN] |
| MIN. | 1 | 0,08 | 0,09 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| MÁX. | 1 | 6,99 | 5,98 | 4,50 | 3,38 | 2,17 | 1,72 |
| | 2 | 5,74 | 3,74 | 2,98 | 3,38 | 2,17 | 1,72 |
| | 3 | 3,34 | 3,34 | 1,93 | 3,38 | 2,17 | 1,72 |
| | 4 | 3,31 | 2,40 | 1,83 | 3,38 | 2,17 | 1,72 |
| PROM. | 1 | 0,50 | 0,55 | 0,98 | 0,57 | 0,59 | 0,98 |

**Figura 3.6:** Registro de medición del flicker Pst de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.**Figura 3.7:** Registro de medición del flicker Pt de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.

■ Armónicos de voltaje.

Tabla 3.6: Registro de voltaje armónico THDV de las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

| | Valores TDHV mínimo [%] | | | Valores TDHV medio [%] | | | Valores TDHV máximo [%] | | |
|-------|-------------------------|------|------|------------------------|------|------|-------------------------|------|------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 |
| MIN. | 1,84 | 1,91 | 1,14 | 2,03 | 2,18 | 1,44 | 2,09 | 2,25 | 1,58 |
| MÁX. | 4,27 | 4,77 | 4,19 | 4,44 | 5 | 4,37 | 5,94 | 6,17 | 6,05 |
| PROM. | 2,69 | 2,94 | 2,34 | 2,84 | 3,16 | 2,51 | 2,98 | 3,33 | 2,67 |

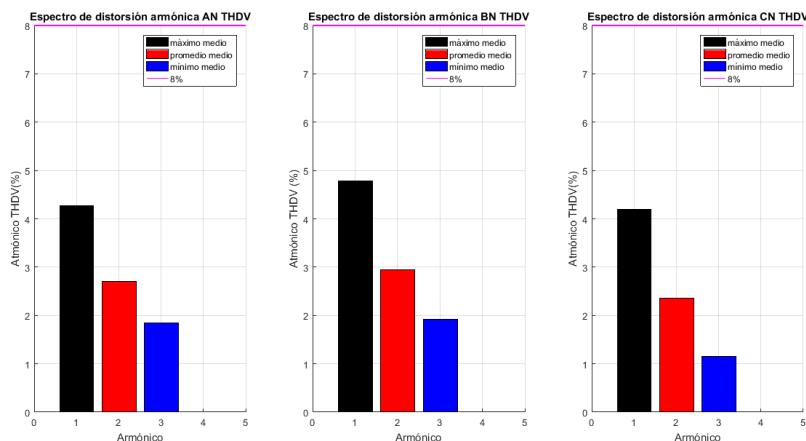


Figura 3.8. Espectro de distorsión armónica THDV de cada fase.

Fuente: Elaboración propia.

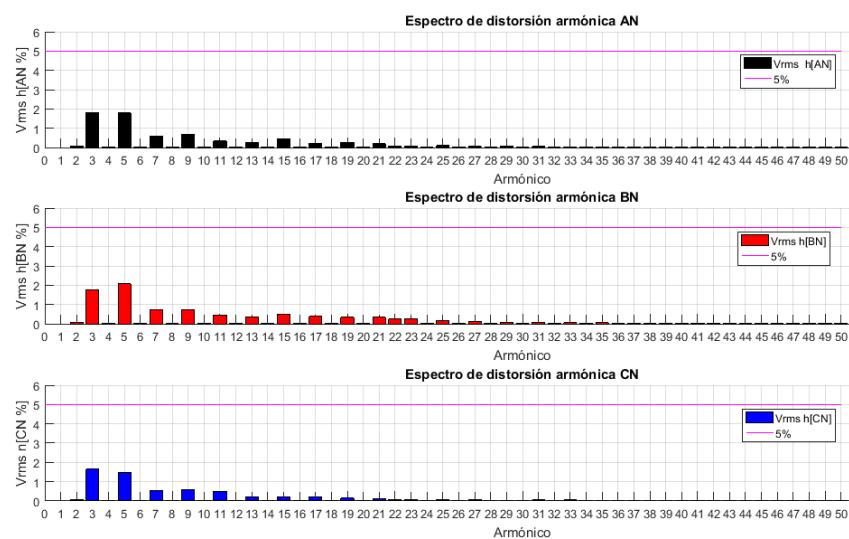


Figura 3.9: Espectro de distorsión armónica de voltaje individual fase (A, B, C).

Fuente: Elaboración propia.

- **Armónico de corriente.**

Tabla 3.7: Registro de amónicos TDHA.

Fuente: Elaboración propia.

| TDHA. | Valores TDHA mínimo [%] | | | Valores TDHA medio [%] | | | Valores TDHA máximo [%] | | |
|--------------|-------------------------|-------|--------|------------------------|-------|--------|-------------------------|-------|---------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 |
| MIN. | 1,57 | 2,15 | 1,04 | 2,04 | 2,92 | 1,62 | 2,57 | 3,05 | 7,62 |
| MÁX. | 106,53 | 58,65 | 104,75 | 327,67 | 67,08 | 115,33 | 271,31 | 91,51 | 143,940 |
| PROM. | 32,69 | 30,80 | 29,99 | 51,36 | 36,74 | 36,26 | 67,02 | 49,62 | 69,34 |

Tabla 3.8: Armónica individual de corriente.

Fuente: Elaboración propia.

| [%] | Armónico A medio | Armónico B medio | Armónico C medio |
|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| TDH A Fundamental | 100,47 | 100,00 | 100,00 |
| TDH A Orden 2 | 2,81 | 7,41 | 1,74 |
| TDH A Orden 3 | 38,56 | 27,73 | 25,70 |
| TDH A Orden 4 | 1,38 | 2,29 | 0,50 |
| TDH A Orden 5 | 19,75 | 18,06 | 19,41 |
| TDH A Orden 6 | 1,34 | 0,75 | 0,42 |
| TDH A Orden 7 | 15,72 | 8,53 | 13,14 |
| TDH A Orden 8 | 1,14 | 0,61 | 0,25 |
| TDH A Orden 9 | 15,17 | 5,49 | 2,87 |
| TDH A Orden 10 | 1,24 | 0,48 | 0,22 |

- **Factor de potencia.**

Tabla 3.9 Registro de datos del factor de potencia.

Fuente: Elaboración propia.

| Valores de factor de potencia valores medio | | | | |
|---|------|------|------|-----------------|
| | L1 | L2 | L3 | fdp total medio |
| Mín. | 0,38 | 0,43 | 0,63 | 0,58 |
| Máx. | 1 | 1 | 1 | 0,95 |
| Promedio | 0,84 | 0,91 | 0,95 | 0,79 |

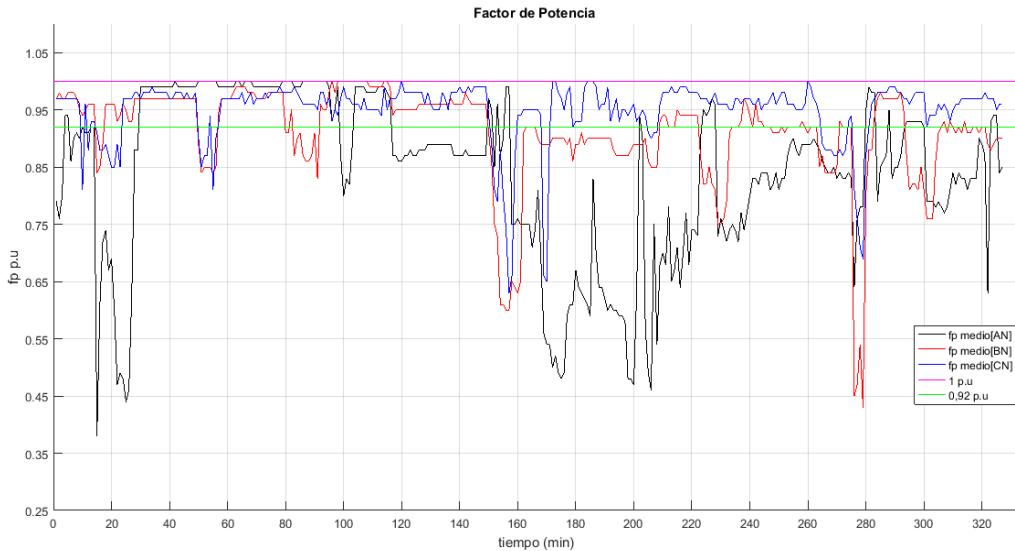


Figura 3.10: Representa los registro de la actividad académica del factor de potencia medio.

Fuente: Elaboración propia.

- **Energía.**

Tabla 3.10, Figura 3.11: Registro de energía activa.

Fuente: Elaboración propia.

| Días | Energía Activa (KW) | | | |
|-----------|---------------------|---------|---------|--------------|
| | Fase AN | Fase BN | Fase CN | Total diario |
| Miércoles | 3,84 | 3,38 | 16,34 | 23,56 |
| Jueves | 36,67 | 19,99 | 61,77 | 118,43 |
| Viernes | 43,77 | 31,29 | 48,75 | 123,81 |
| Sábado | 3,81 | 0,93 | 1,87 | 6,61 |
| Domingo | 3,5 | 0,92 | 3,44 | 7,86 |
| Lunes | 21,32 | 20,82 | 35,44 | 77,58 |
| Martes | 9,71 | 7,73 | 48,6 | 66,04 |
| Miércoles | 3,3 | 2,75 | 24,61 | 30,66 |
| | | | Total | 454,55 |

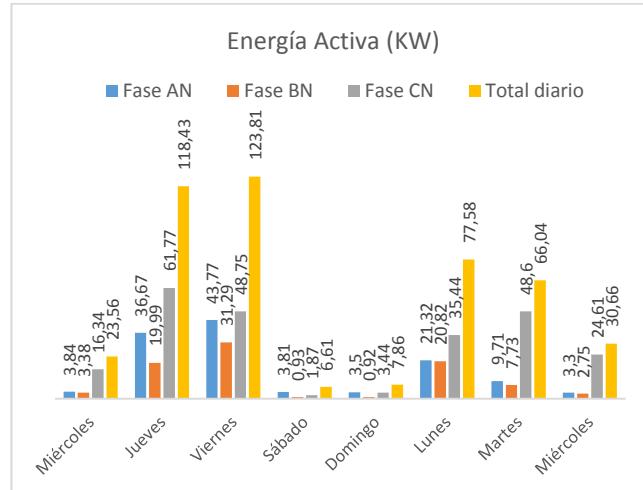
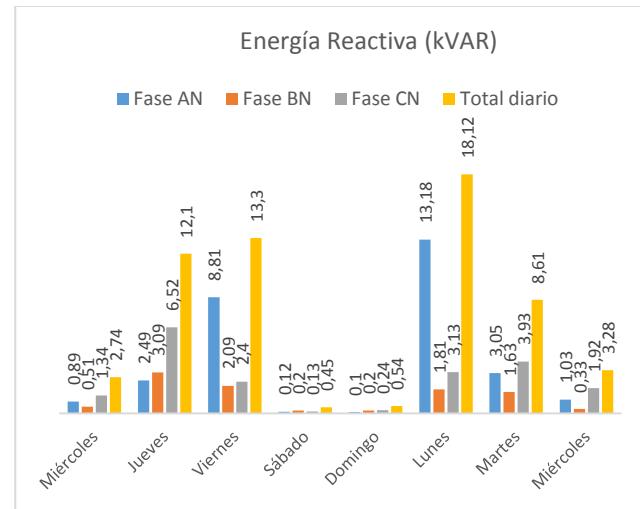
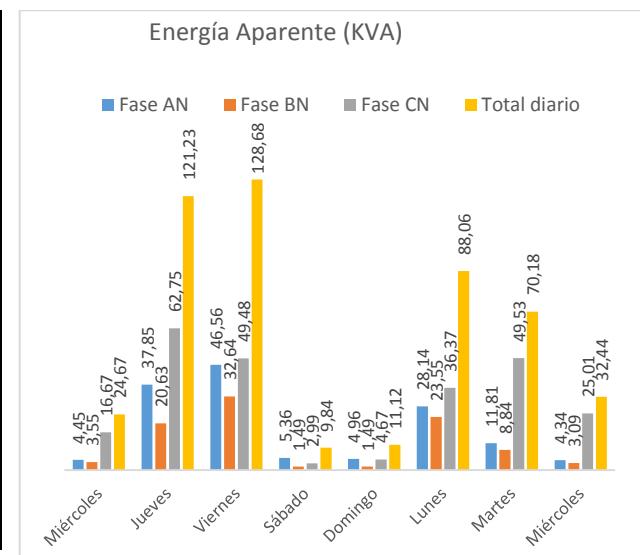


Tabla 3.11, Figura 3.12: Registro de energía reactiva.**Fuente:** Elaboración propia.

| Días | Energía Reactiva (kVAR) | | | |
|-----------|-------------------------|---------|---------|--------------|
| | Fase AN | Fase BN | Fase CN | Total diario |
| Miércoles | 0,89 | 0,51 | 1,34 | 2,74 |
| Jueves | 2,49 | 3,09 | 6,52 | 12,1 |
| Viernes | 8,81 | 2,09 | 2,4 | 13,3 |
| Sábado | 0,12 | 0,2 | 0,13 | 0,45 |
| Domingo | 0,1 | 0,2 | 0,24 | 0,54 |
| Lunes | 13,18 | 1,81 | 3,13 | 18,12 |
| Martes | 3,05 | 1,63 | 3,93 | 8,61 |
| Miércoles | 1,03 | 0,33 | 1,92 | 3,28 |
| | | | Total | 59,14 |

**Tabla 3.13, Figura 3.13:** Registro de energía Aparente.**Fuente:** Elaboración propia.

| Días | Energía Aparente (KVA) | | | |
|-----------|------------------------|---------|---------|--------------|
| | Fase AN | Fase BN | Fase CN | Total diario |
| Miércoles | 4,45 | 3,55 | 16,67 | 24,67 |
| Jueves | 37,85 | 20,63 | 62,75 | 121,23 |
| Viernes | 46,56 | 32,64 | 49,48 | 128,68 |
| Sábado | 5,36 | 1,49 | 2,99 | 9,84 |
| Domingo | 4,96 | 1,49 | 4,67 | 11,12 |
| Lunes | 28,14 | 23,55 | 36,37 | 88,06 |
| Martes | 11,81 | 8,84 | 49,53 | 70,18 |
| Miércoles | 4,34 | 3,09 | 25,01 | 32,44 |
| | | | Total | 486,22 |



Registro de mediciones correspondiente al tablero principal que se encuentra ubicado en el tercer piso frente a la sala 06.

- **Voltaje.**

Tabla 4.1: Registro de valores de voltaje mínimo, medio y máximo de las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

| | Voltajes mínimos [V] | | | | Voltaje medio [V] | | | | Voltajes máximos [V] | | | |
|--------------|----------------------|--------|--------|-------|-------------------|--------|--------|------|----------------------|--------|--------|------|
| | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [C] | L3 [C] | LN |
| MIN. | 122,35 | 120,79 | 124,69 | -1,82 | 126,10 | 127,60 | 127,76 | 0,60 | 127,93 | 128,26 | 128,56 | 1,23 |
| MÁX. | 135,50 | 137,47 | 135,63 | 6,80 | 135,71 | 137,86 | 135,99 | 0,00 | 136,06 | 138,23 | 136,47 | 7,46 |
| PROM. | 131,78 | 133,07 | 132,37 | 4,23 | 132,38 | 133,77 | 132,94 | 7,08 | 132,82 | 134,30 | 133,39 | 5,03 |

Tabla 4.2: Análisis de cambios bruscos de voltaje.

Fuente: Elaboración propia.

| Fase-neutro | Análisis de Voltaje del total de los valores registrados | | | | | |
|-------------|--|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|
| | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores menores al 5% | Valores mayores al 5% | Cumple la normativa 95% | Promedio medio |
| AN | 127 | 981 | 0 | 0 | SI | 132,38 |
| BN | 127 | 981 | 1 | 0 | SI | 133,77 |
| CN | 127 | 981 | 0 | 0 | SI | 132,94 |

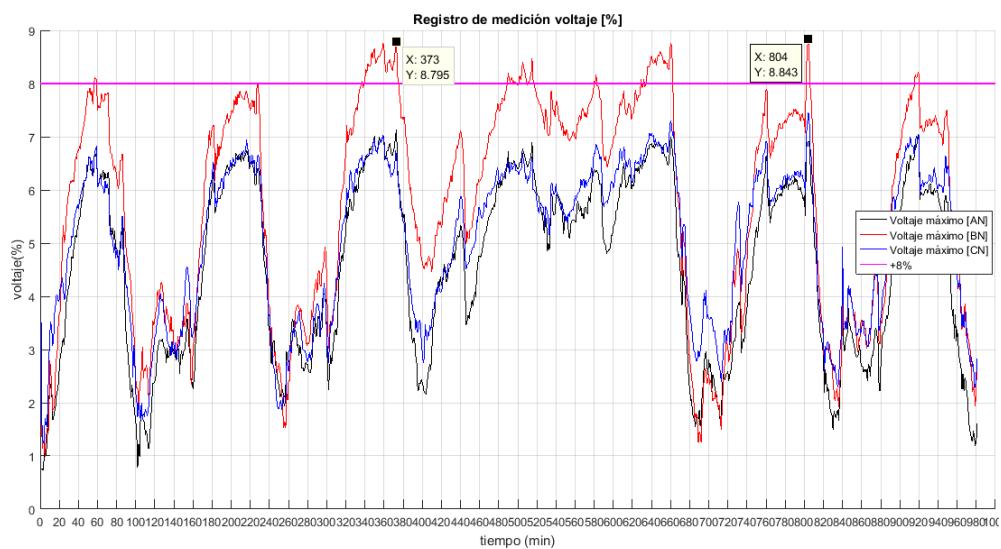


Figura 4.1: Nivel máximo de voltaje en las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

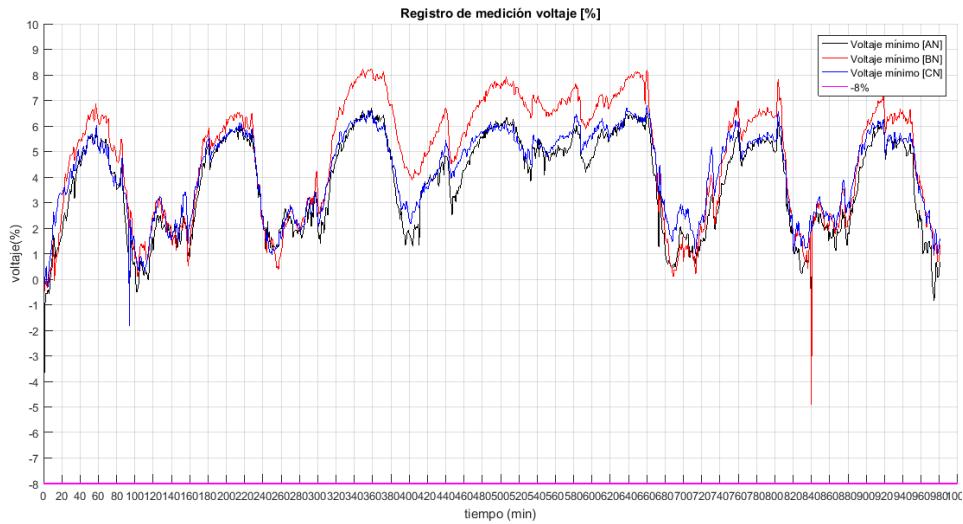


Figura 4:2: Nivel mínimo de voltaje de las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

▪ Corriente.

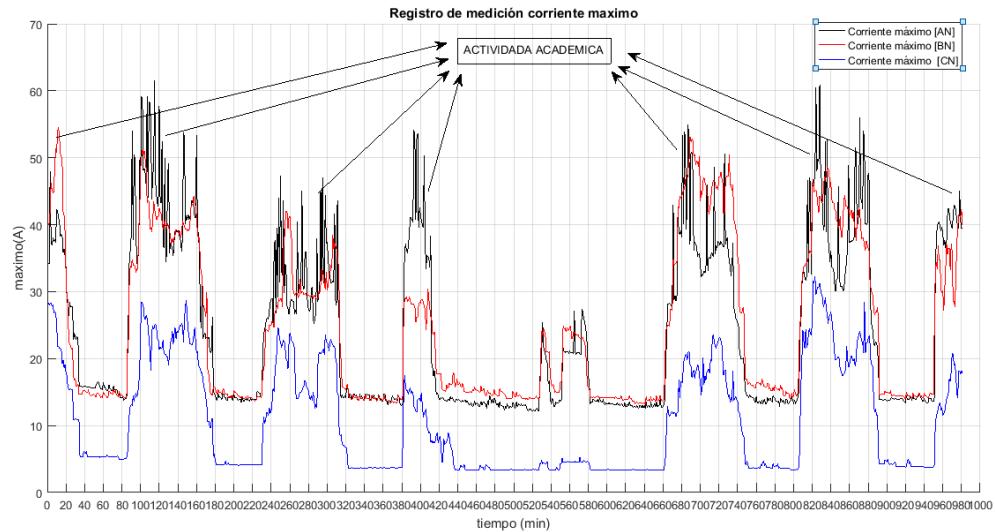


Figura 4.3: Registro de la corriente máxima de fase (AN, BN, CN).

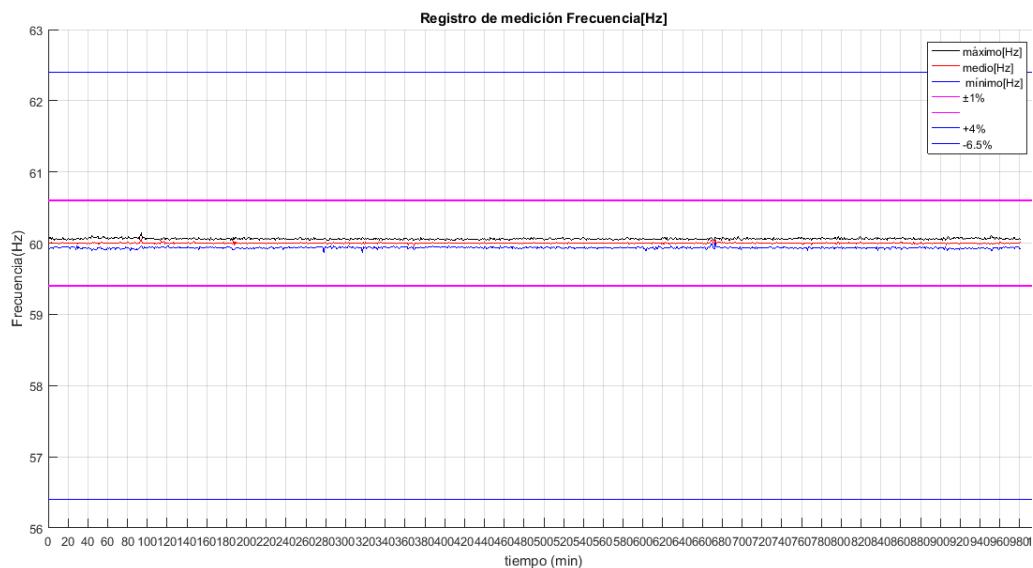
Fuente: Elaboración propia.

- **Frecuencia.**

Tabla 4.3: Registro total de los valores de la frecuencia.

Fuente: Elaboración propia.

| | Frecuencia [Hz] | | |
|--------------|--------------------|-------|--------|
| | Total (L1, L2, L3) | | |
| | Mínima | Media | Máxima |
| MIN. | 59,86 | 59,97 | 60,03 |
| MÁX. | 60,01 | 60,05 | 60,14 |
| PROM. | 59,94 | 60,00 | 60,06 |

**Figura 4.4:** Registro de la frecuencia (Hz) máxima, media y mínima.

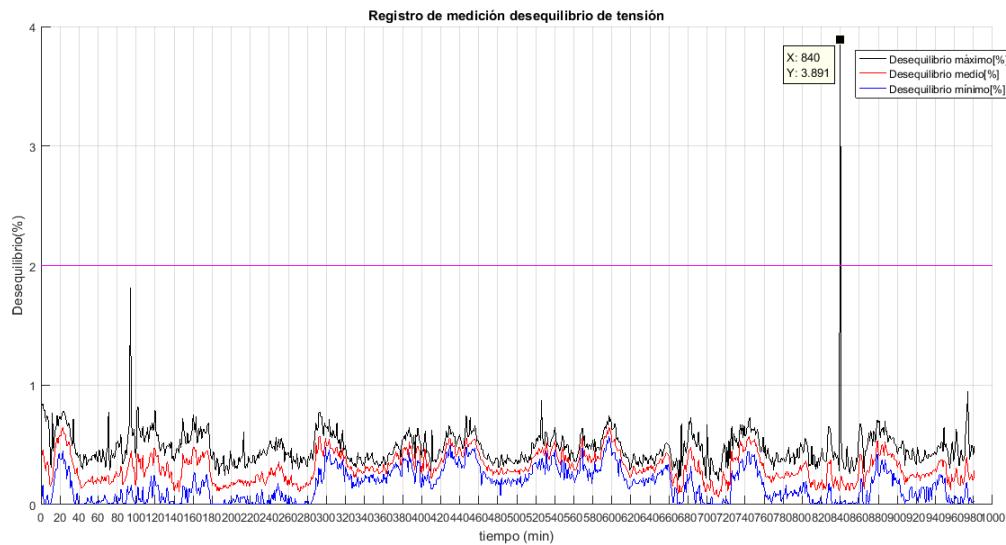
Fuente: Elaboración propia.

- **Desequilibrio de voltaje.**

Tabla 4.4. Valores límites de desequilibrio de voltaje [%].

Fuente: Elaboración propia.

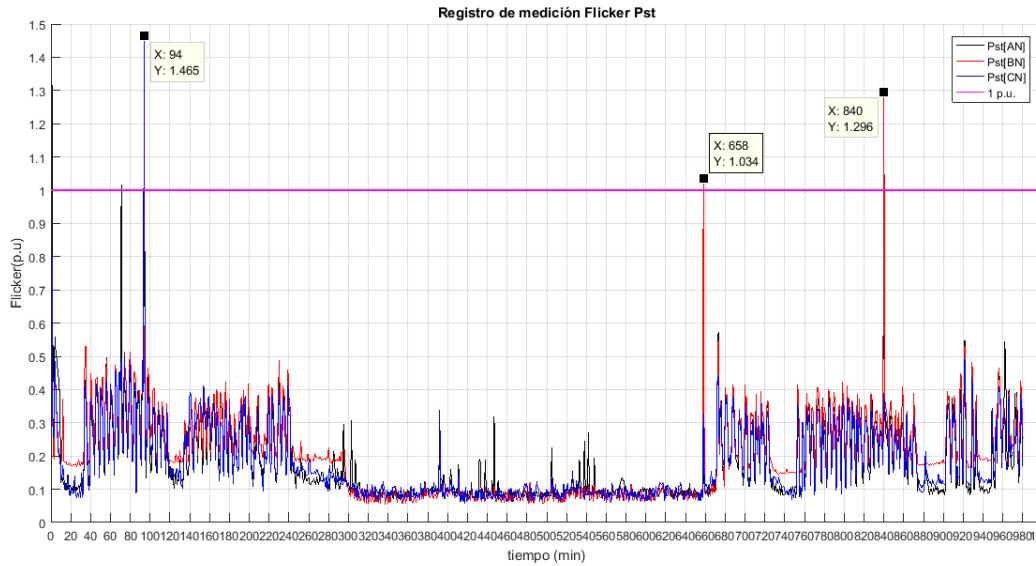
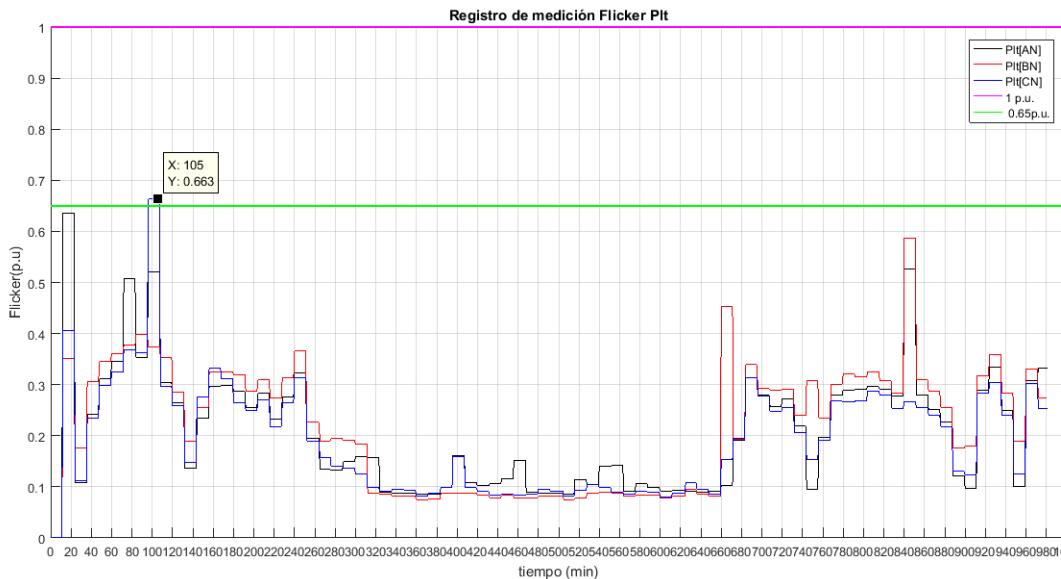
| Registro | Desequilibrio Voltaje | | | | Cumple ARCONEL [2%] | |
|--------------|-----------------------|-------|--------|--------|---------------------|--------|
| | Voltaje [%] | | | Máximo | | |
| | Mínimo | Medio | Máximo | Mínimo | Medio | Máximo |
| MIN. | 0,00 | 0,06 | 0,20 | SI | SI | SI |
| MÁX. | 0,57 | 0,65 | 3,89 | SI | SI | NO |
| PROM. | 0,163 | 0,312 | 0,477 | SI | SI | SI |

**Figura 4.5:** Valores registrados desequilibrio.**Fuente:** Elaboración propia.

- **Flicker.**

Tabla 4.5: Registro de valores Pst y Plt para cada fase.**Fuente:** Elaboración propia.

| | Ítem | Valores flickers [Pst] | | | Valores flickers [Pst] | | |
|--------------|------|------------------------|---------|---------|------------------------|---------|---------|
| | | L1 [AN] | L2 [BN] | L3 [CN] | L1 [AN] | L2 [BN] | L3 [CN] |
| MIN. | 1 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| MÁX. | 1 | 1,32 | 1,30 | 1,47 | 0,64 | 0,59 | 0,66 |
| | 2 | 1,16 | 1,03 | 0,81 | 0,64 | 0,59 | 0,66 |
| | 3 | 1,10 | 0,61 | 0,50 | 0,64 | 0,59 | 0,66 |
| PROM. | 1 | 0,18 | 0,20 | 0,17 | 0,21 | 0,22 | 0,19 |

**Figura 4.6:** Registro de medición del flicker Pst de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.**Figura 4.7:** Registro de medición del flicker Pt de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.

■ Armónicos de voltaje.

Tabla 4.6: Registro de voltaje armónico THDV de las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

| | Valores TDHV mínimo [%] | | | Valores TDHV medio [%] | | | Valores TDHV máximo [%] | | |
|--------------|-------------------------|------|------|------------------------|------|------|-------------------------|------|------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 |
| MIN. | 2,26 | 1,27 | 2,1 | 2,43 | 1,49 | 2,22 | 2,48 | 1,54 | 2,29 |
| MÁX. | 5,24 | 4,41 | 5,31 | 5,44 | 4,61 | 5,54 | 5,64 | 4,95 | 5,72 |
| PROM. | 3,29 | 2,43 | 3,09 | 3,44 | 2,56 | 3,26 | 3,58 | 2,70 | 3,39 |

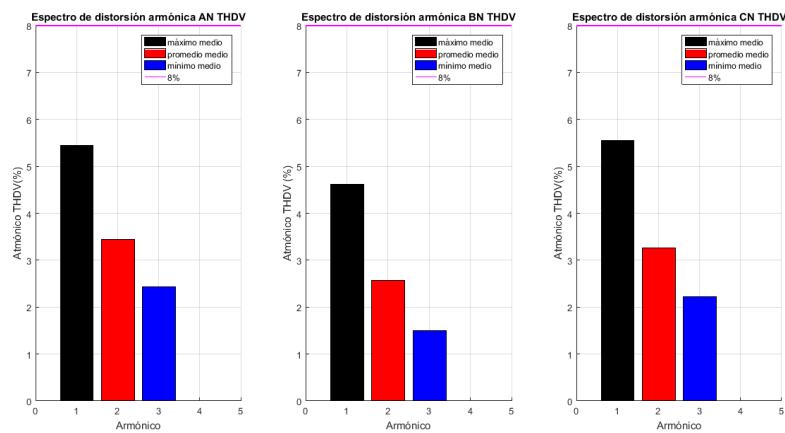


Figura 4.8. Espectro de distorsión armónica THDV de cada fase.

Fuente: Elaboración propia.

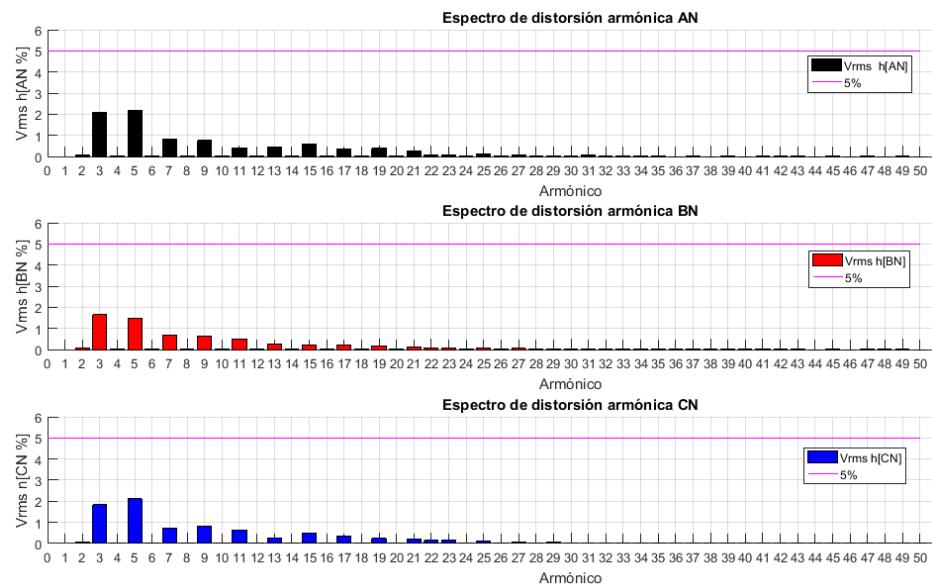


Figura 4.9: Espectro de distorsión armónica de voltaje individual fase (A, B, C).

Fuente: Elaboración propia.



▪ **Armónicos de corriente.**

Tabla 4.7: Registro de amónicos TDHA.

Fuente: Elaboración propia.

| TDHA | Valores TDHA mínimo [%] | | | Valores TDHA medio [%] | | | Valores TDHA máximo [%] | | |
|-------|-------------------------|-------|--------|------------------------|-------|--------|-------------------------|-------|--------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 |
| MIN. | 4,78 | 20,12 | 48,89 | 5,66 | 23,57 | 74,18 | 7,2 | 28,88 | 88,27 |
| MÁX. | 39,74 | 78,71 | 327,67 | 46,64 | 82,54 | 327,67 | 53,14 | 86,88 | 327,67 |
| PROM. | 16,87 | 40,59 | 195,17 | 18,48 | 44,28 | 236,25 | 20,47 | 48,07 | 268,61 |

Tabla 4.8: Armónica individual de corriente.

Fuente: Elaboración propia.

| [%] | Armónico A medio | Armónico B medio | Armónico C medio |
|--------------------------|------------------|------------------|------------------|
| TDH A Fundamental | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| TDH A Orden 2 | 0,87 | 0,87 | 1,16 |
| TDH A Orden 3 | 26,71 | 26,71 | 28,68 |
| TDH A Orden 4 | 0,51 | 0,51 | 0,60 |
| TDH A Orden 5 | 17,84 | 17,84 | 23,57 |
| TDH A Orden 6 | 0,44 | 0,23 | 0,40 |
| TDH A Orden 7 | 12,84 | 5,66 | 11,96 |
| TDH A Orden 8 | 0,35 | 0,17 | 0,31 |
| TDH A Orden 9 | 7,28 | 2,93 | 5,70 |
| TDH A Orden 10 | 0,23 | 0,25 | 0,28 |

Factor de potencia.

Tabla 4.9: Registro de datos del factor de potencia.

Fuente: Elaboración propia.

| Valores de factor de potencia valores medio | | | | |
|---|------|------|------|-----------------|
| | L1 | L2 | L3 | fdp total medio |
| Mín. | 0,48 | 0,89 | 0,48 | 0,64 |
| Máx. | 0,93 | 1 | 0,94 | 0,93 |
| Promedio | 0,80 | 0,97 | 0,79 | 0,83 |

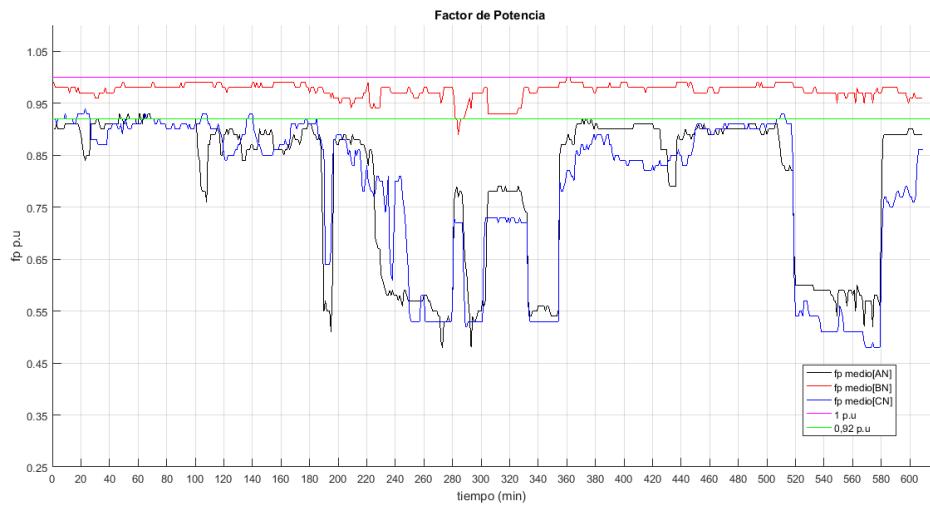


Figura 4.10: Representa los registro de la actividad académica del factor de potencia medio.

Fuente: Elaboración propia.

■ Energía.

Tabla 4.10, Figura 4.11: Registro de energía activa

Fuente: Elaboración propia.

| Días | Energía Activa (KW) | | | |
|-----------|---------------------|---------|---------|--------------|
| | Fase AN | Fase BN | Fase CN | Total diario |
| Miércoles | 22,26 | 27,69 | 13,48 | 63,43 |
| Jueves | 74,93 | 86,23 | 38,22 | 199,38 |
| Viernes | 54,81 | 70,87 | 30,11 | 155,79 |
| Sábado | 39,77 | 53,27 | 13,33 | 106,37 |
| Domingo | 28,95 | 50,02 | 6,81 | 85,78 |
| Lunes | 60,95 | 91,208 | 25,16 | 177,318 |
| Martes | 65,61 | 86,872 | 36,06 | 188,542 |
| Miércoles | 28,63 | 33,42 | 8,71 | 70,76 |
| | | | Total | 1047,37 |

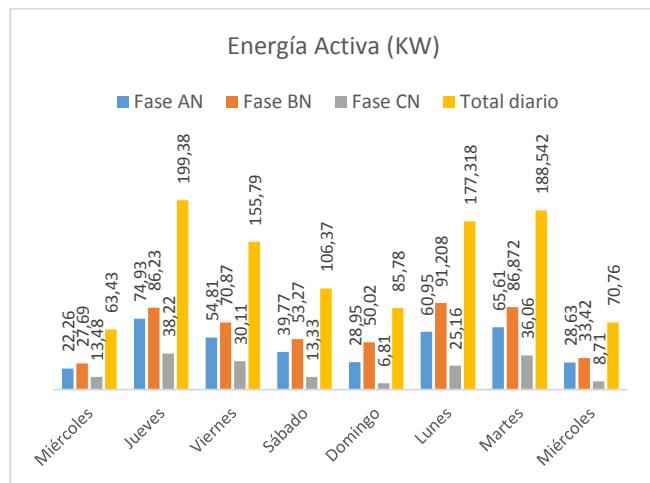
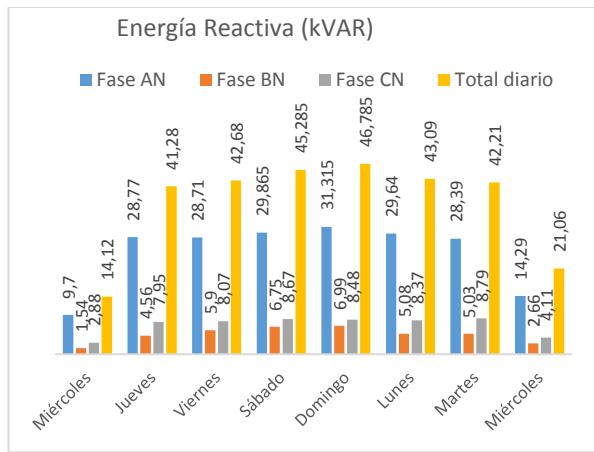
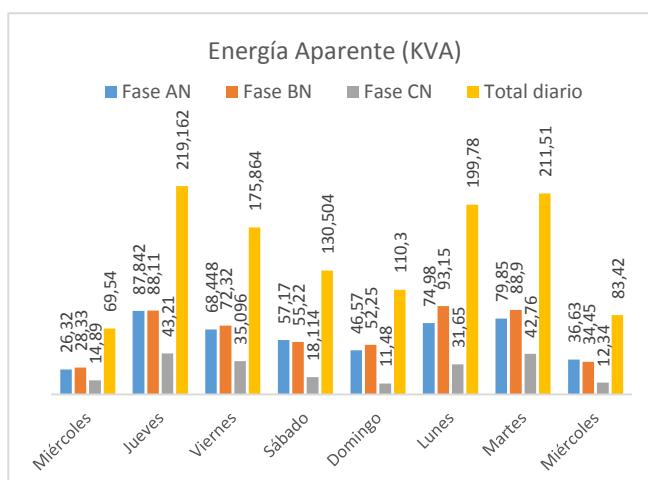


Tabla 4.11, Figura 4.12: Registro de energía reactiva.**Fuente:** Elaboración propia.

| Días | Energía Reactiva (kVAR) | | | |
|-----------|-------------------------|---------|---------|--------------|
| | Fase AN | Fase BN | Fase CN | Total diario |
| Miércoles | 9,7 | 1,54 | 2,88 | 14,12 |
| Jueves | 28,77 | 4,56 | 7,95 | 41,28 |
| Viernes | 28,71 | 5,9 | 8,07 | 42,68 |
| Sábado | 29,865 | 6,75 | 8,67 | 45,285 |
| Domingo | 31,315 | 6,99 | 8,48 | 46,785 |
| Lunes | 29,64 | 5,08 | 8,37 | 43,09 |
| Martes | 28,39 | 5,03 | 8,79 | 42,21 |
| Miércoles | 14,29 | 2,66 | 4,11 | 21,06 |
| | | Total | | 296,51 |

**Tabla 4.12, Figura 4.13:** Registro de energía Aparente.**Fuente:** Elaboración propia.

| Días | Energía Aparente (KVA) | | | |
|-----------|------------------------|---------|---------|--------------|
| | Fase AN | Fase BN | Fase CN | Total diario |
| Miércoles | 26,32 | 28,33 | 14,89 | 69,54 |
| Jueves | 87,84 | 88,11 | 43,21 | 219,16 |
| Viernes | 68,44 | 72,32 | 35,09 | 175,86 |
| Sábado | 57,17 | 55,22 | 18,114 | 130,50 |
| Domingo | 46,57 | 52,25 | 11,48 | 110,3 |
| Lunes | 74,98 | 93,15 | 31,65 | 199,78 |
| Martes | 79,85 | 88,9 | 42,76 | 211,51 |
| Miércoles | 36,63 | 34,45 | 12,34 | 83,42 |
| | | Total | | 1200,08 |



Registro de mediciones correspondiente al tablero principal que se encuentra ubicado en el auditorio de la Facultad.

- **Voltaje.**

Tabla 5.1: Registro de valores de voltaje mínimo, medio y máximo de las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

| | Voltajes mínimos [V] | | | | Voltaje medio [V] | | | | Voltajes máximos [V] | | | |
|--------------|----------------------|--------|--------|------|-------------------|--------|--------|------|----------------------|--------|--------|------|
| | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [C] | L3 [C] | LN |
| MIN. | 105,82 | 115,15 | 118,08 | 0,05 | 128,33 | 126,59 | 128,33 | 0,07 | 128,88 | 127,23 | 128,41 | 0,08 |
| MÁX. | 135,88 | 136,63 | 135,66 | 0,27 | 136,28 | 137,01 | 136,84 | 0,35 | 136,77 | 137,33 | 136,84 | 2,19 |
| PROM. | 132,20 | 131,86 | 131,70 | 0,12 | 132,81 | 132,48 | 132,70 | 0,16 | 133,24 | 132,94 | 132,70 | 0,22 |

Tabla 5.2: Análisis de cambios bruscos de voltaje.

Fuente: Elaboración propia.

| Fase-neutro | Análisis de Voltaje del total de los valores registrados | | | | | |
|-------------|--|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------|
| | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores menores al 5% | Valores mayores al 5% | Cumple la normativa 95% | Promedio |
| AN | 127 | 997 | 1 | 0 | SI | 132,81 |
| BN | 127 | 997 | 1 | 0 | SI | 132,48 |
| CN | 127 | 997 | 1 | 0 | SI | 132,30 |

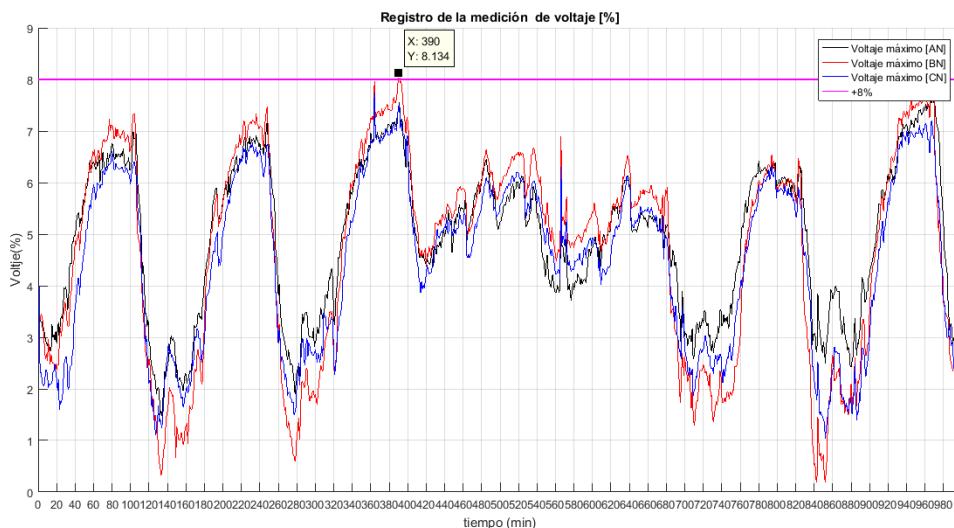
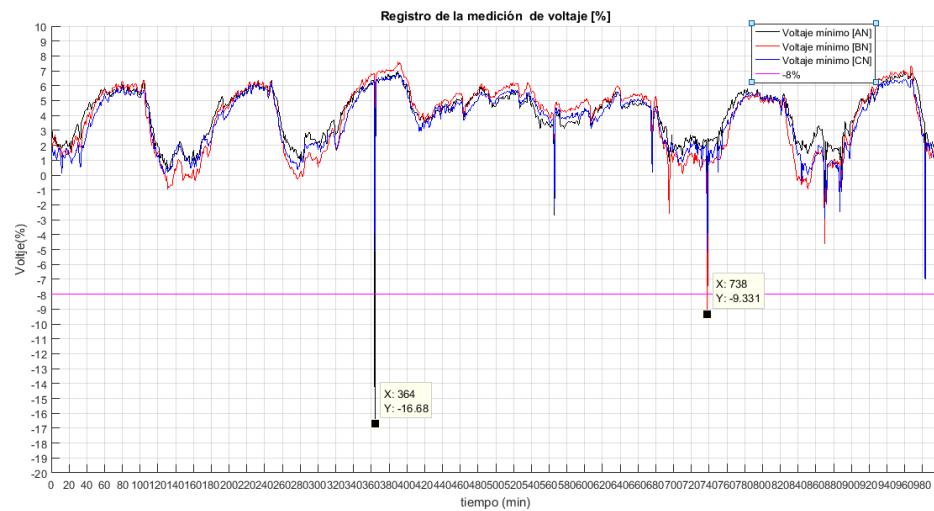
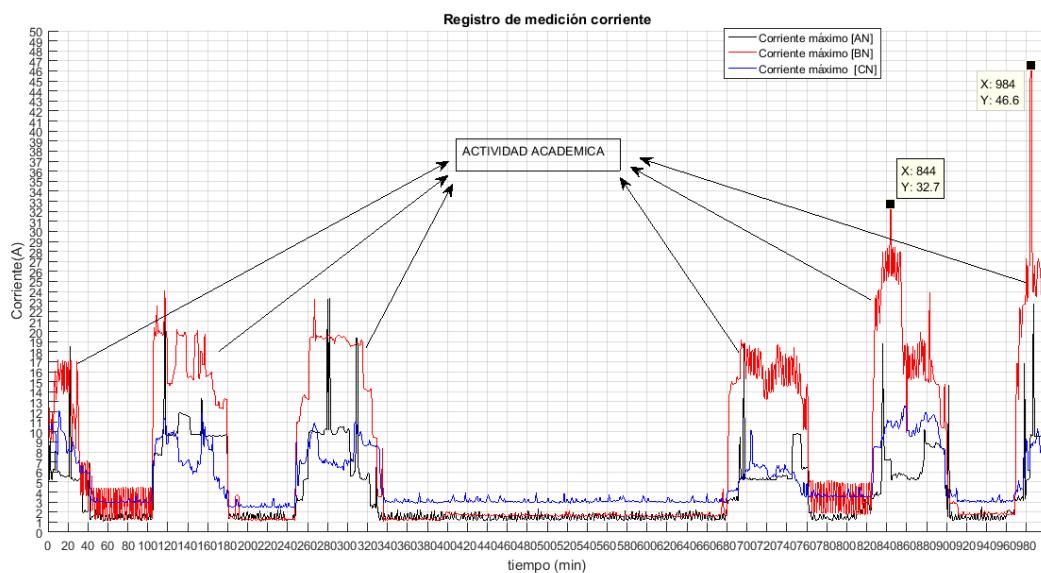


Figura 5.1: Nivel máximo de voltaje en las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5:28:** Nivel mínimo de voltaje de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.

■ Corriente.

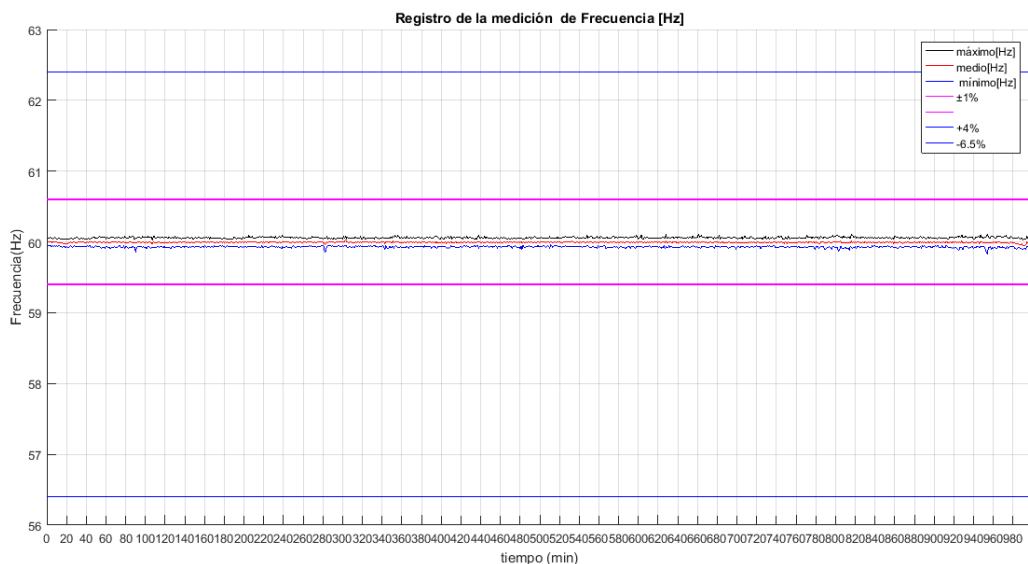
**Figura 5.30:** Registro de la corriente máxima de fase (AN, BN, CN).**Fuente:** Elaboración propia.

- **Frecuencia.**

Tabla 5.3: Registro total de los valores de la frecuencia.

Fuente: Elaboración propia.

| Frecuencia | | | |
|--------------|--------------------|-------|--------|
| | Total (L1, L2, L3) | | |
| | Mínima | Media | Máxima |
| MIN. | 59,83 | 59,95 | 60,02 |
| MÁX. | 59,96 | 60,03 | 60,11 |
| PROM. | 59,93 | 59,99 | 60,06 |

**Figura 5.34:** Registro de la frecuencia (Hz) máxima, media y mínima.

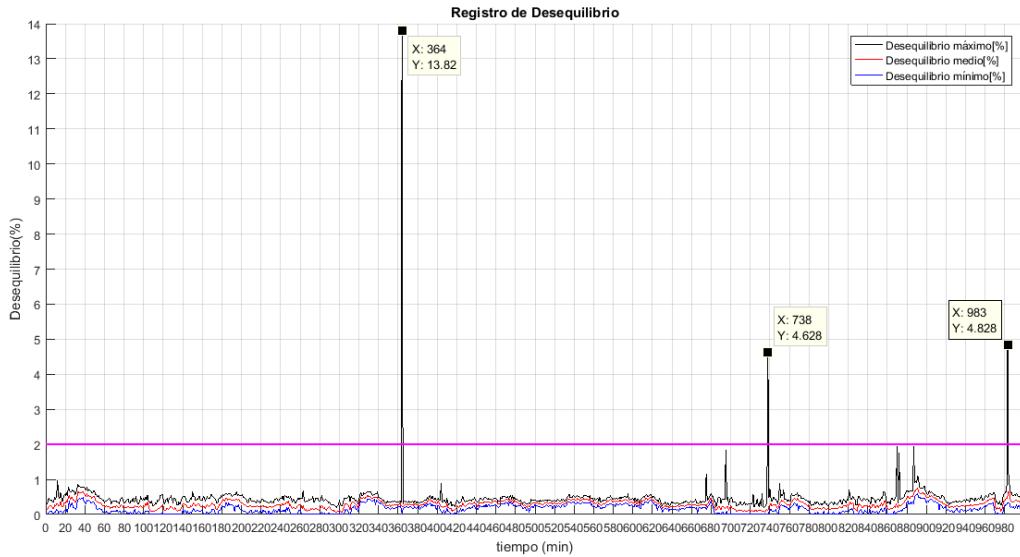
Fuente: Elaboración propia.

- **Desequilibrio de voltaje.**

Tabla 5.4: Valores límites de desequilibrio de voltaje [%].

Fuente: Elaboración propia.

| Registro | Desequilibrio Voltaje | | | Cumple ARCONEL [2%] | | |
|--------------|-----------------------|-------|--------|---------------------|-------|--------|
| | Mínimo | Medio | Máximo | Mínimo | Medio | Máximo |
| MIN. | 0,00 | 0,06 | 0,19 | SI | SI | SI |
| MÁX. | 0,60 | 0,76 | 13,82 | SI | SI | NO |
| PROM. | 0,158 | 0,290 | 0,469 | SI | SI | SI |

**Figura 5.35:** Valores registrados desequilibrio.**Fuente:** Elaboración propia.

- **Flicker.**

Tabla 5.5: Registro de valores Pst y Plt para cada fase.**Fuente:** Elaboración propia.

| | Ítem | Valores flickers [Pst] | | | Valores flickers [Pst] | | |
|-------|------|------------------------|------------|------------|------------------------|------------|------------|
| | | L1 [AN] | L2 [BN] | L3 [CN] | L1 [AN] | L2 [BN] | L3 [CN] |
| MIN. | 1 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| MÁX. | 1 | 5,82 | 2,44 | 3,09 | 2,54 | 1,07 | 1,35 |
| | 2 | 2,05 | 2,13 | 2,13 | 2,54 | 1,07 | 1,35 |
| | 3 | 1,66 | 2,11 | 2,07 | 2,54 | 1,07 | 1,35 |
| | 4 | 1,03 | 1,57 | 2,04 | 2,54 | 1,07 | 1,35 |
| | 5 | 0,87 | 1,54 | 1,91 | 2,54 | 1,07 | 1,35 |
| | 6 | 0,77 | 1,15 | 1,54 | 2,54 | 1,07 | 1,35 |
| PROM. | 1 | 0,18 | 0,18 | 0,19 | 0,23 | 0,23 | 0,25 |

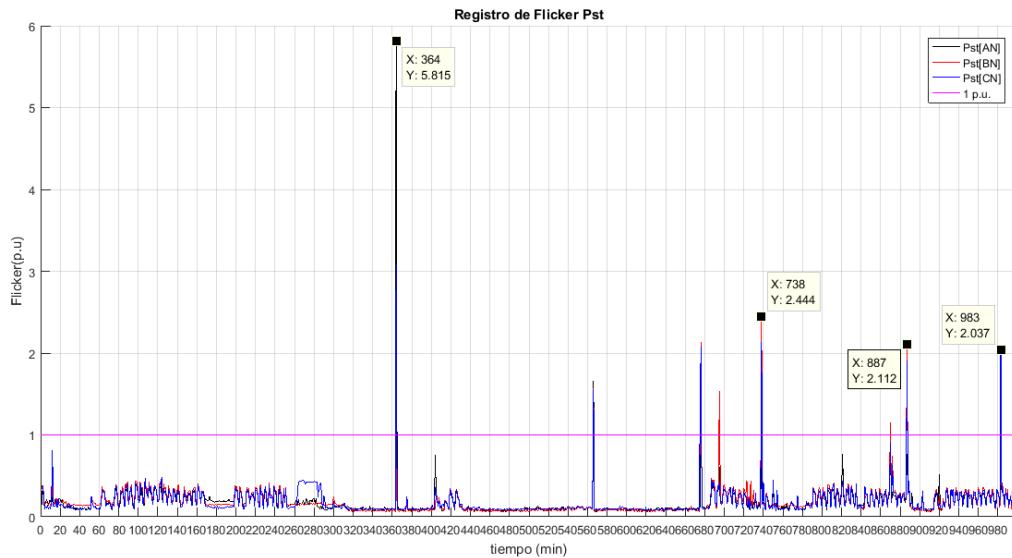


Figura 5.36: Registro de medición del flicker Pst de las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

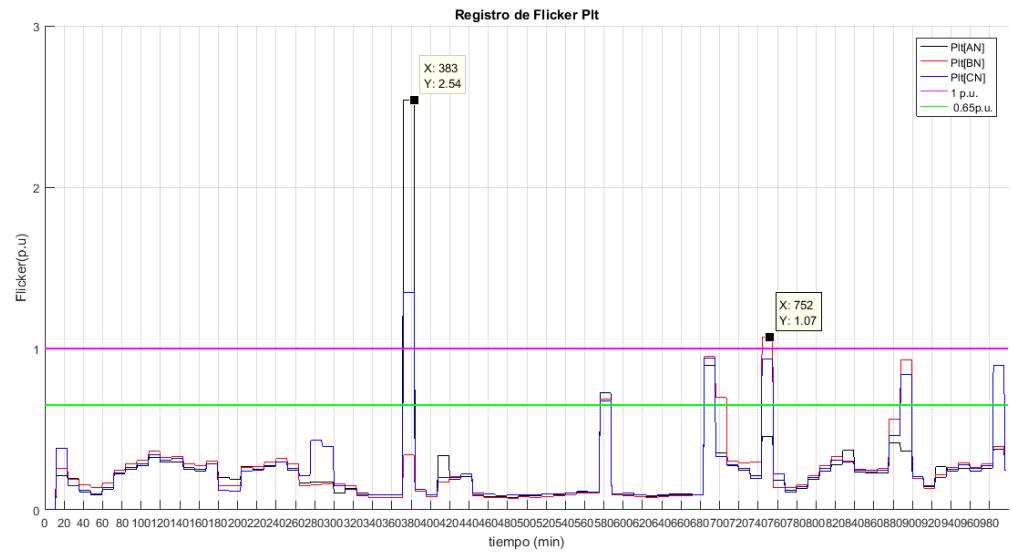


Figura 5.37: Registro de medición del flicker Pt de las tres fases.

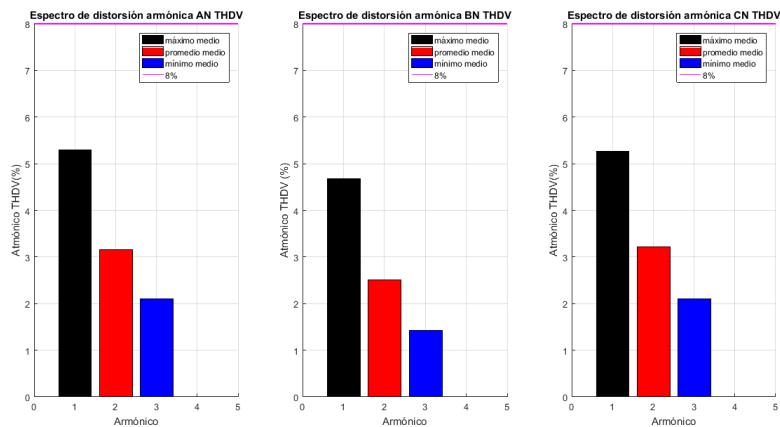
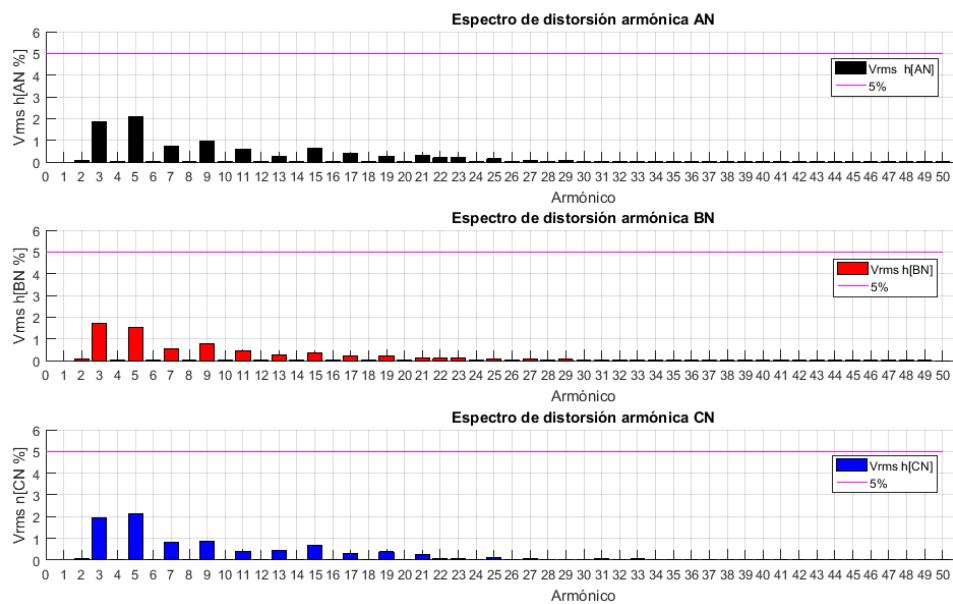
Fuente: Elaboración propia.

▪ Armónicos de voltaje.

Tabla 5.6: Registro de voltaje armónico THDV de las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

| | Valores TDHV mínimo [%] | | | Valores TDHV medio [%] | | | Valores TDHV máximo [%] | | |
|-------|-------------------------|------|------|------------------------|------|------|-------------------------|------|------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 |
| MIN. | 2,10 | 1,42 | 2,10 | 2,30 | 1,57 | 2,42 | 2,38 | 1,63 | 2,49 |
| MÁX. | 5,29 | 4,67 | 5,26 | 5,56 | 4,80 | 5,39 | 6,09 | 5,02 | 5,57 |
| PROM. | 3,15 | 2,51 | 3,21 | 3,31 | 2,63 | 3,35 | 3,45 | 2,77 | 3,48 |

**Figura 5.38.** Espectro de distorsión armónica THDV de cada fase.**Fuente:** Elaboración propia.**Figura 5.39:** Espectro de distorsión armónica de voltaje individual fase (A, B, C).**Fuente:** Elaboración propia.

- **Armónicos de corriente.**

Tabla 5.7: Registro de corriente amónico TDHA.

Fuente: Elaboración propia.

| TDHA | Valores TDHA mínimo [%] | | | Valores TDHA medio [%] | | | Valores TDHA máximo [%] | | |
|-------|-------------------------|-------|-------|------------------------|-------|--------|-------------------------|--------|--------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 |
| MIN. | 22,54 | 7,1 | 15,84 | 33,16 | 13,32 | 23,86 | 34,06 | 17,57 | 26 |
| MÁX. | 52,69 | 79,35 | 74,41 | 327,67 | 88,39 | 327,67 | 61,98 | 112,25 | 92,830 |
| PROM. | 38,10 | 44,62 | 55,76 | 43,13 | 52,91 | 62,55 | 49,56 | 66,42 | 69,39 |

Tabla 5.8: Armónica individual de corriente.

Fuente: Elaboración propia.

| [%] | Armónico A medio | Armónico B medio | Armónico C medio |
|--------------------------|------------------|------------------|------------------|
| TDH A Fundamental | 100,23 | 100,00 | 100,69 |
| TDH A Orden 2 | 3,74 | 3,74 | 4,02 |
| TDH A Orden 3 | 36,25 | 36,25 | 50,97 |
| TDH A Orden 4 | 1,76 | 1,76 | 2,57 |
| TDH A Orden 5 | 13,92 | 13,92 | 31,88 |
| TDH A Orden 6 | 1,32 | 0,94 | 2,28 |
| TDH A Orden 7 | 11,16 | 18,14 | 14,27 |
| TDH A Orden 8 | 1,01 | 0,86 | 1,95 |
| TDH A Orden 9 | 7,10 | 13,41 | 4,31 |
| TDH A Orden 10 | 0,91 | 0,61 | 1,69 |

Figura 5.41: Espectro de distorsión armónica de corriente individual fase (A, B, C).

Fuente: Elaboración propia.

- **Factor de potencia.**

Tabla 5.9: Registro de datos del factor de potencia.

Fuente: Elaboración propia.

| Valores de factor de potencia valores medio | | | | |
|---|------|------|------|-----------------|
| | L1 | L2 | L3 | fdp total medio |
| Mín. | 0,83 | 0,67 | 0,75 | 0,69 |
| Máx. | 0,93 | 0,98 | 0,97 | 0,91 |
| Promedio | 0,88 | 0,92 | 0,88 | 0,82 |

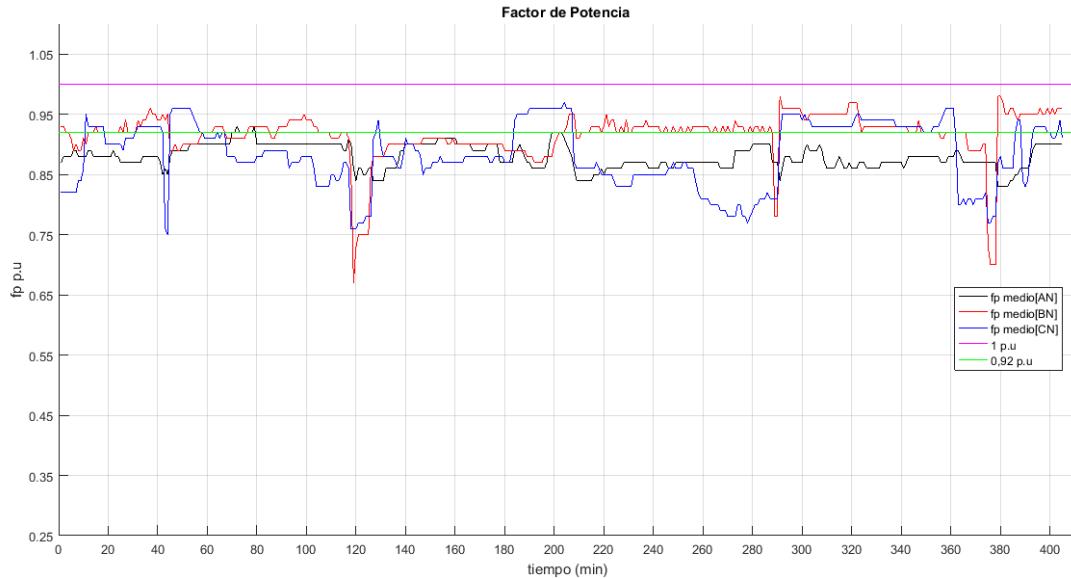


Figura 5.42: Representa los registro de la actividad académica del factor de potencia medio.

Fuente: Elaboración propia.

■ Energía.

Tabla 5.10, Figura 5.11: Registro de energía activa y reactiva.

Fuente: Elaboración propia.

| Días | Energía Activa (KW) | | | |
|-----------|---------------------|---------|---------|--------------|
| | Fase AN | Fase BN | Fase CN | Total diario |
| Miércoles | 4,1 | 8,23 | 6,92 | 19,25 |
| Jueves | 15,1 | 24,6 | 12,55 | 52,25 |
| Viernes | 12,47 | 27,07 | 14,43 | 53,97 |
| Sábado | 2,64 | 2,63 | 6,51 | 11,78 |
| Domingo | 2,64 | 2,95 | 6,5 | 12,09 |
| Lunes | 9,52 | 24,15 | 10,2 | 43,87 |
| Martes | 9,9 | 28,26 | 17,71 | 55,87 |
| Miércoles | 4,17 | 12,71 | 5,34 | 22,22 |
| | | Total | | 271,3 |

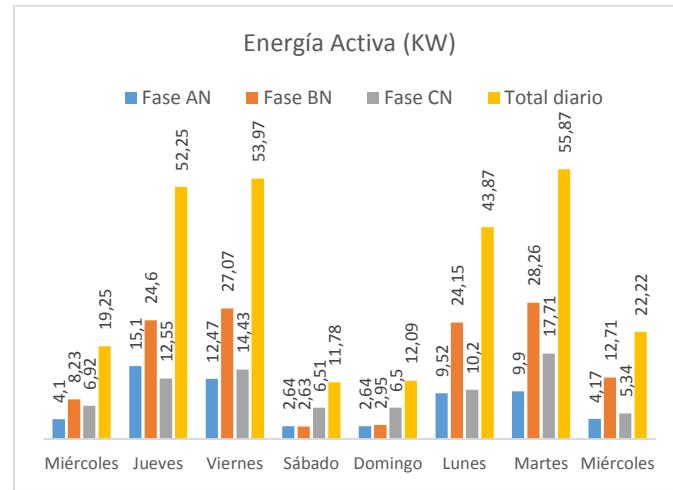
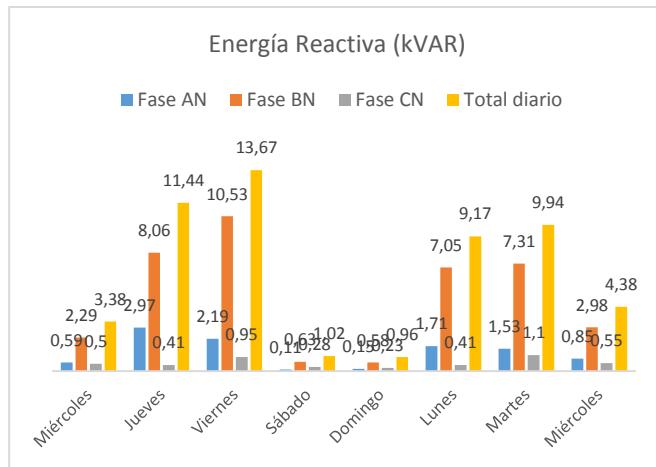
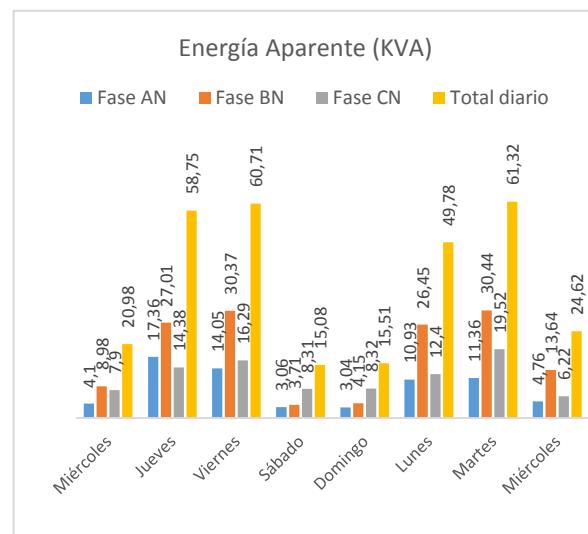


Tabla 5.12, Figura 5.13: Registro de energía reactiva.**Fuente:** Elaboración propia.

| Días | Energía Reactiva (kVAR) | | | |
|-----------|-------------------------|---------|---------|--------------|
| | Fase AN | Fase BN | Fase CN | Total diario |
| Miércoles | 0,59 | 2,29 | 0,5 | 3,38 |
| Jueves | 2,97 | 8,06 | 0,41 | 11,44 |
| Viernes | 2,19 | 10,53 | 0,95 | 13,67 |
| Sábado | 0,11 | 0,63 | 0,28 | 1,02 |
| Domingo | 0,15 | 0,58 | 0,23 | 0,96 |
| Lunes | 1,71 | 7,05 | 0,41 | 9,17 |
| Martes | 1,53 | 7,31 | 1,1 | 9,94 |
| Miércoles | 0,85 | 2,98 | 0,55 | 4,38 |
| | | Total | | 53,96 |

**Tabla 5.12, Figura 5.13:** Registro de energía Aparente.**Fuente:** Elaboración propia

| Días | Energía Aparente (KVA) | | | |
|-----------|------------------------|---------|---------|--------------|
| | Fase AN | Fase BN | Fase CN | Total diario |
| Miércoles | 4,1 | 8,98 | 7,9 | 20,98 |
| Jueves | 17,36 | 27,01 | 14,38 | 58,75 |
| Viernes | 14,05 | 30,37 | 16,29 | 60,71 |
| Sábado | 3,06 | 3,71 | 8,31 | 15,08 |
| Domingo | 3,04 | 4,15 | 8,32 | 15,51 |
| Lunes | 10,93 | 26,45 | 12,4 | 49,78 |
| Martes | 11,36 | 30,44 | 19,52 | 61,32 |
| Miércoles | 4,76 | 13,64 | 6,22 | 24,62 |
| | | Total | | 306,75 |



Registro de mediciones correspondiente al tablero principal que se encuentra ubicado en la secretaría de posgrados.

- **Voltaje.**

Tabla 6.1: Registro de valores de voltaje mínimo, medio y máximo de las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

| | Voltajes mínimos [V] | | | | Voltaje medio [V] | | | | Voltajes máximos [V] | | | |
|-------|----------------------|--------|--------|------|-------------------|--------|--------|------|----------------------|--------|--------|------|
| | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [C] | L3 [C] | LN |
| MIN. | 104,88 | 87,6 | 119,11 | 0,05 | 125,02 | 126,27 | 128,34 | 0,05 | 125,83 | 126,98 | 129,55 | 0,06 |
| MÁX. | 134,94 | 134,91 | 135,82 | 0,72 | 135,27 | 135,34 | 136,43 | 0,86 | 135,89 | 135,83 | 136,85 | 1,37 |
| PROM. | 130,76 | 130,79 | 132,21 | 0,14 | 131,69 | 131,84 | 133,16 | 0,18 | 132,26 | 132,37 | 133,67 | 0,27 |

Tabla 6.2: Análisis de cambios bruscos de voltaje.

Fuente: Elaboración propia.

| Fase-neutro | Análisis de Voltaje del total de los valores registrados | | | | | |
|-------------|--|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------|
| | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores menores al 5% | Valores mayores al 5% | Cumple la normativa 95% | Promedio |
| AN | 127 | 1005 | 0 | 0 | SI | 131,69 |
| BN | 127 | 1005 | 3 | 0 | SI | 131,84 |
| CN | 127 | 1005 | 1 | 0 | SI | 133,16 |

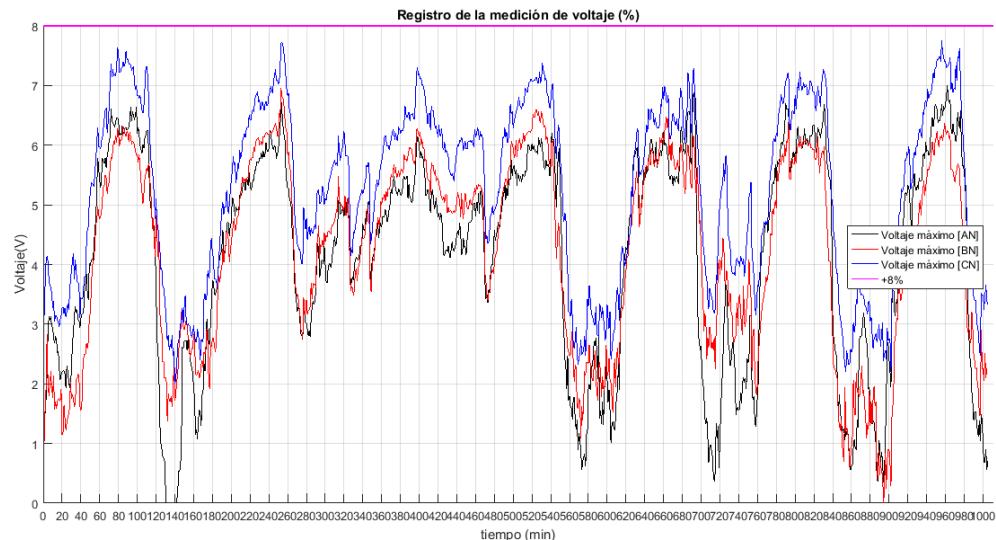


Figura 6.1: Nivel máximo de voltaje en las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

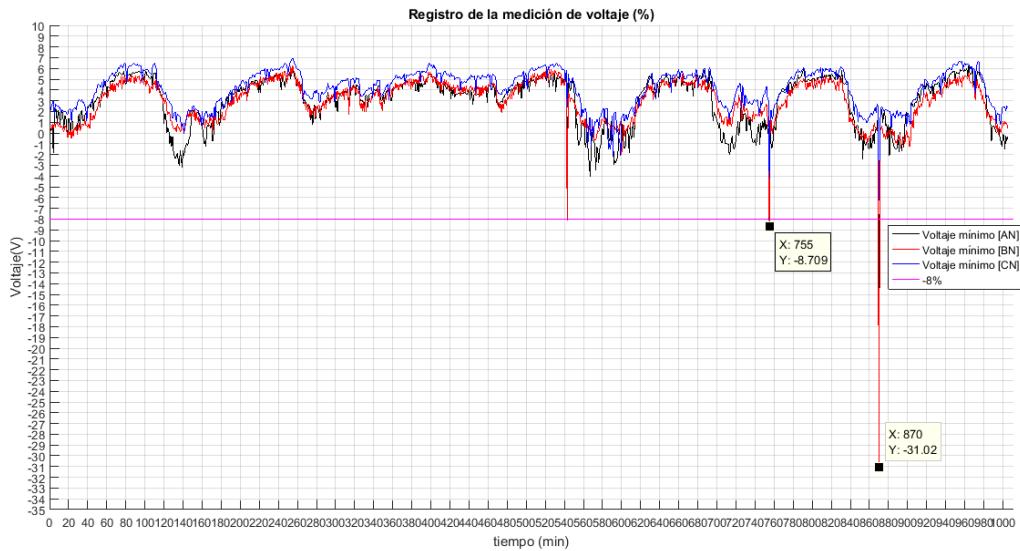


Figura 6.2: Registro de valores de corriente mínima, medio y máximo de las tres fases.

Fuente: Elaboración propia.

■ Corriente.

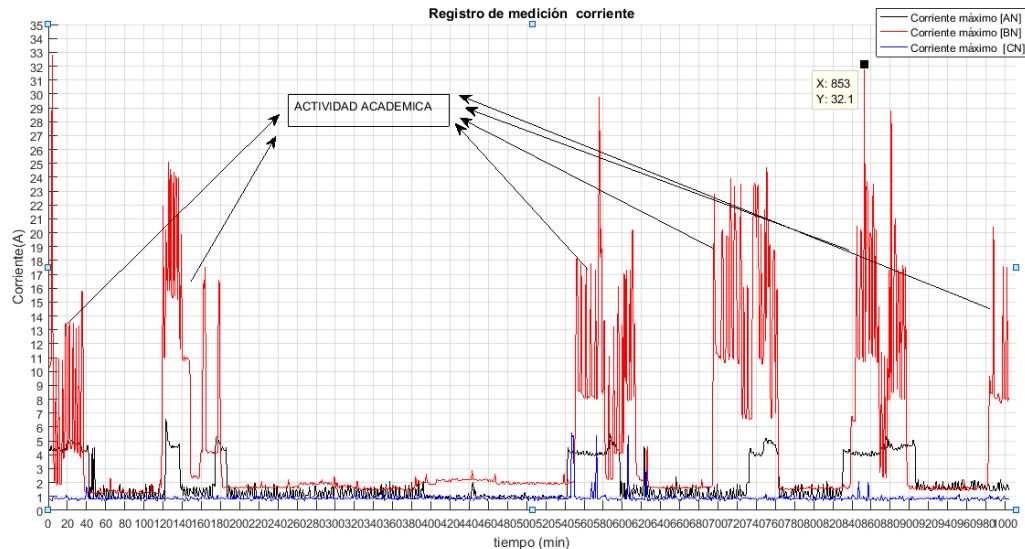


Figura 6.3: Registro de la corriente máxima de fase (AN, BN, CN).

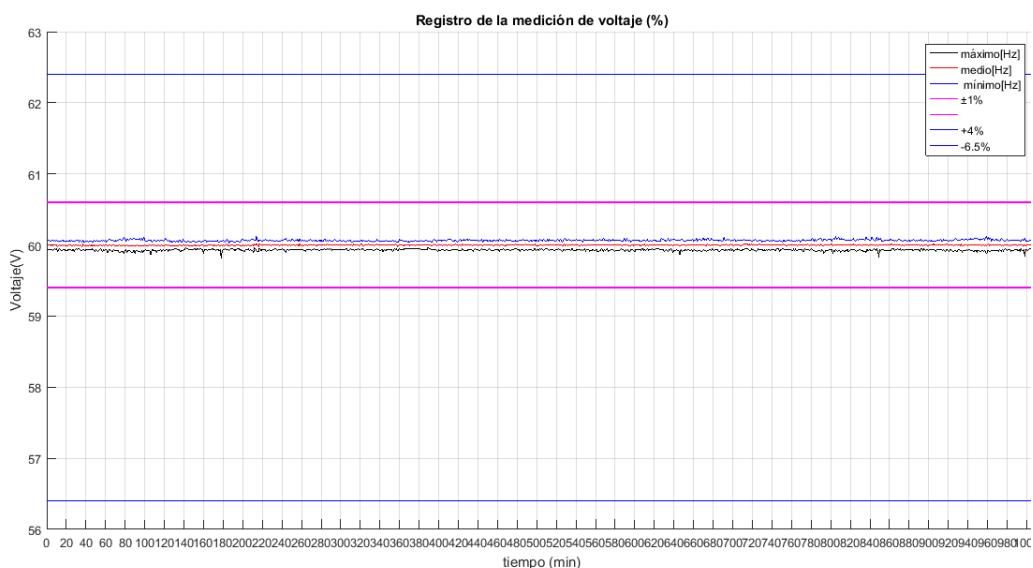
Fuente: Elaboración propia.

- **Frecuencia.**

Tabla 6.3: Registro total de los valores de la frecuencia.

Fuente: Elaboración propia.

| Frecuencia | | |
|--------------------|--------|-------|
| Total (L1, L2, L3) | | |
| | Mínima | Media |
| MIN. | 59,82 | 59,97 |
| MÁX. | 59,97 | 60,02 |
| PROM | 59,93 | 60,00 |
| | | 60,06 |

**Figura 6.4:** Registro de la frecuencia (Hz) máxima, media y mínima.

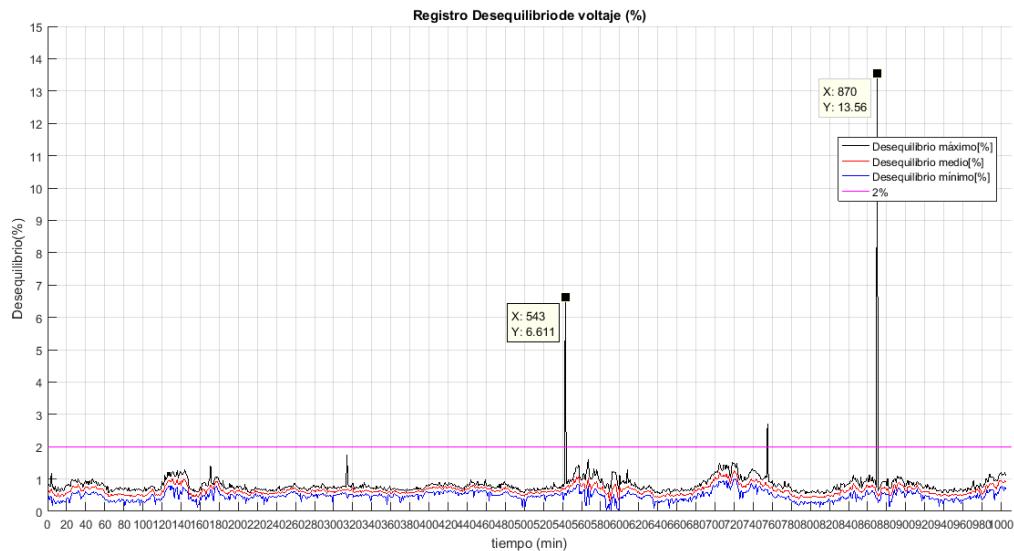
Fuente: Elaboración propia.

- **Desequilibrio de voltaje.**

Tabla 6.4: Valores límites de desequilibrio de voltaje [%].

Fuente: Elaboración propia.

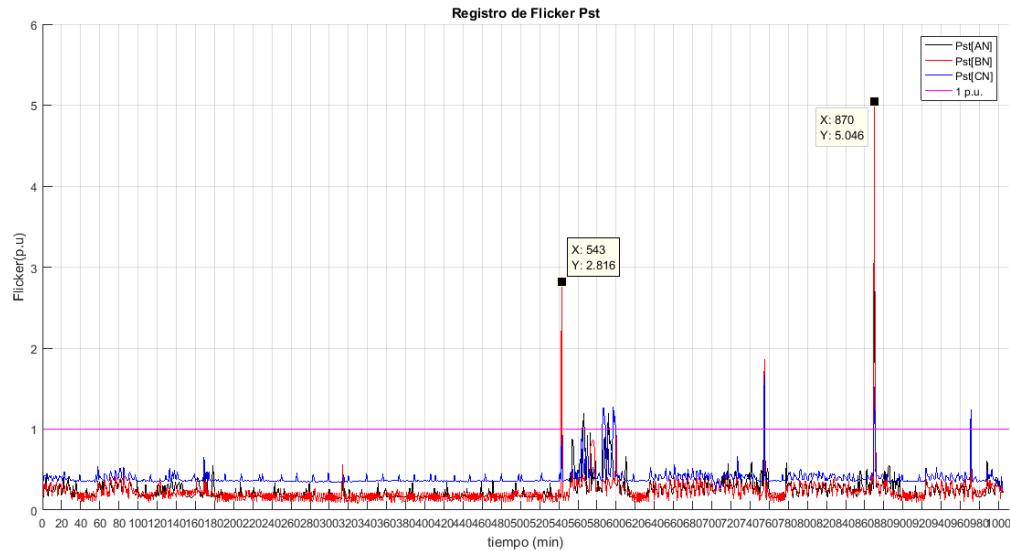
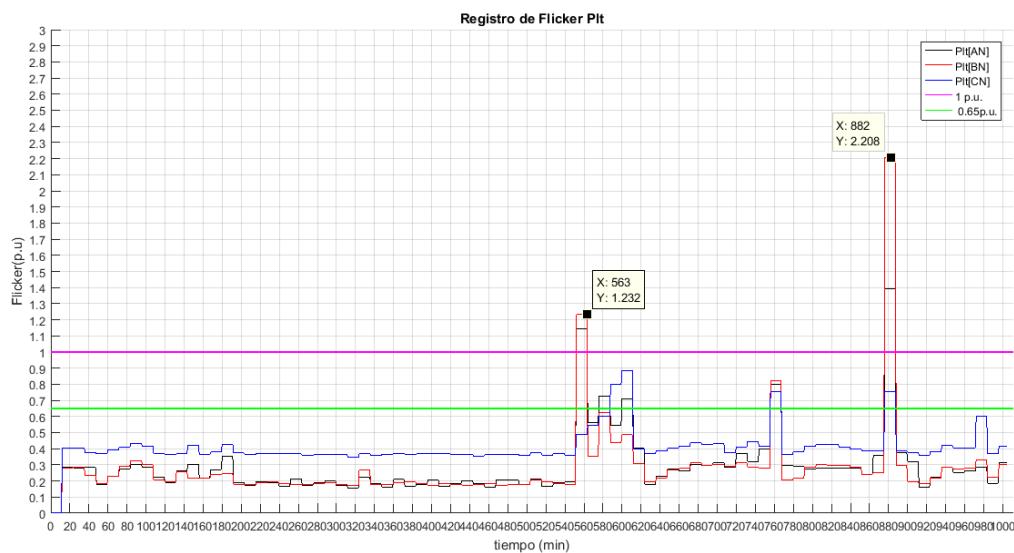
| Registro | Desequilibrio Voltaje | | | | | |
|--------------|-----------------------|-------|--------|---------------------|-------|--------|
| | Voltaje [%] | | | Cumple ARCONEL [2%] | | |
| | Mínimo | Medio | Máximo | Mínimo | Medio | Máximo |
| MIN. | 0,02 | 0,33 | 0,54 | SI | SI | SI |
| MÁX. | 1,00 | 1,25 | 13,56 | SI | SI | NO |
| PROM. | 0,477 | 0,650 | 0,833 | SI | SI | SI |

**Figura 6.5:** Valores registrados desequilibrio de voltaje.**Fuente:** Elaboración propia.

- **Flicker.**

Tabla 6.5: Registro de valores Pst y Plt para cada fase.**Fuente:** Elaboración propia.

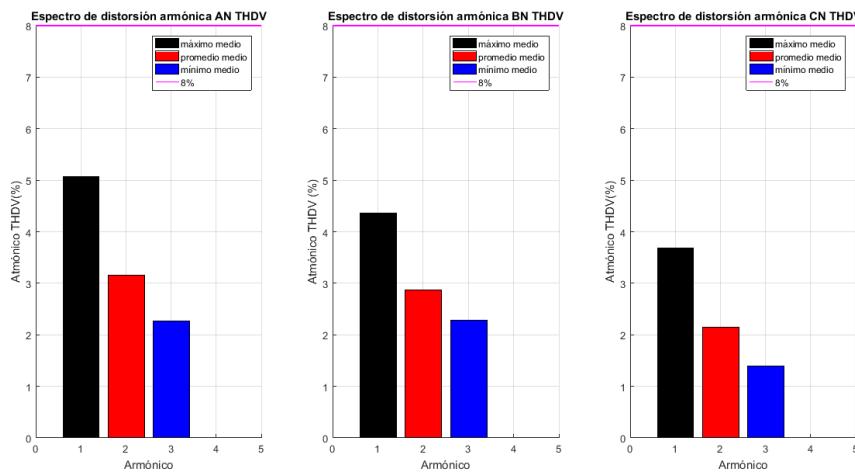
| | Ítem | Valores flickers [Pst] | | | Valores flickers [Pst] | | |
|--------------|------|------------------------|---------|---------|------------------------|---------|---------|
| | | L1 [AN] | L2 [BN] | L3 [CN] | L1 [AN] | L2 [BN] | L3 [CN] |
| MIN. | 1 | 0,14 | 0,09 | 0,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| MÁX. | 1 | 3,17 | 5,05 | 1,67 | 1,39 | 2,21 | 0,88 |
| | 2 | 2,61 | 2,82 | 1,52 | 1,39 | 2,21 | 0,88 |
| | 3 | 1,77 | 1,87 | 1,27 | 1,39 | 2,21 | 0,88 |
| PROM. | 1 | 0,25 | 0,23 | 0,40 | 0,29 | 0,28 | 0,41 |

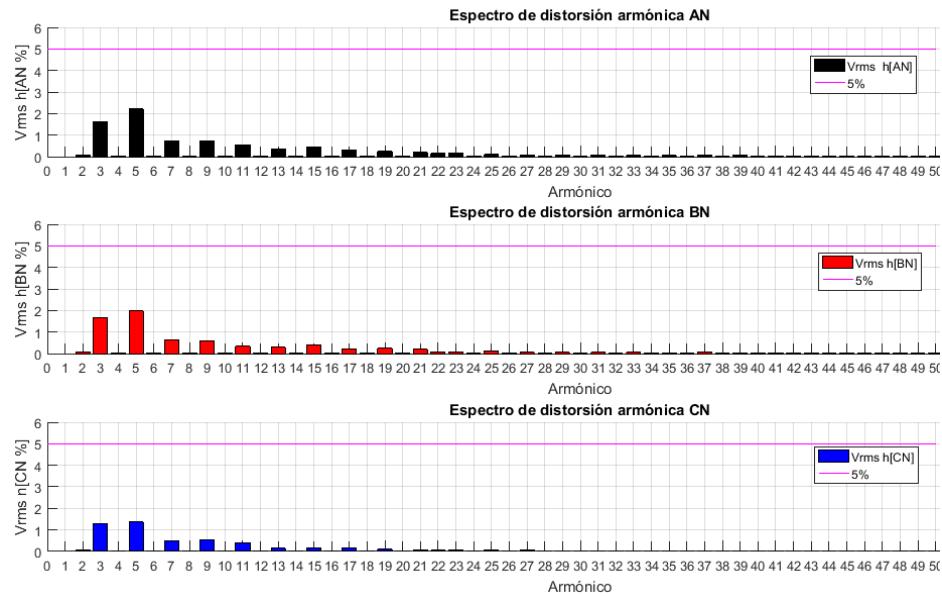
**Figura 6. 6:** Registro de medición del flicker Pst de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.**Figura 6.7:** Registro de medición del flicker Pt de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.

- **Armónicos de voltaje.**

Tabla 6.6: Registro de voltaje armónico THDV de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.

| | Valores TDHV mínimo [%] | | | Valores TDHV medio [%] | | | Valores TDHV máximo [%] | | |
|--------------|-------------------------|------|------|------------------------|------|------|-------------------------|------|------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 |
| MIN. | 2,14 | 2,09 | 1,25 | 2,14 | 2,27 | 1,38 | 2,32 | 2,32 | 1,44 |
| MÁX. | 4,77 | 4,25 | 3,59 | 4,77 | 4,36 | 3,68 | 5,24 | 4,65 | 4,06 |
| PROM. | 2,99 | 2,75 | 2,03 | 2,99 | 2,87 | 2,15 | 3,27 | 2,99 | 2,27 |

**Tabla 6.8:** Evaluación de los armónicos individuales.**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 6.9:** Espectro de distorsión armónica de voltaje individual fase (A, B, C).**Fuente:** Elaboración propia.

- **Armónicos de corriente.**

Tabla 6.7: Registro de amónicos TDHA.**Fuente:** Elaboración propia.

| TDHA | Valores TDHA mínimo [%] | | | Valores TDHA medio [%] | | | Valores TDHA máximo [%] | | |
|-------|-------------------------|-------|--------|------------------------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 |
| MIN. | 20,43 | 4,12 | 7,08 | 26,66 | 10,47 | 29,74 | 27,82 | 17,93 | 81,39 |
| MÁX. | 266,96 | 97,06 | 105,12 | 327,67 | 101,33 | 327,67 | 327,67 | 327,67 | 327,67 |
| PROM. | 67,66 | 32,32 | 45,52 | 98,84 | 56,08 | 104,52 | 132,02 | 137,51 | 254,68 |

Tabla 6.8: Armónica individual de corriente.**Fuente:** Elaboración propia.

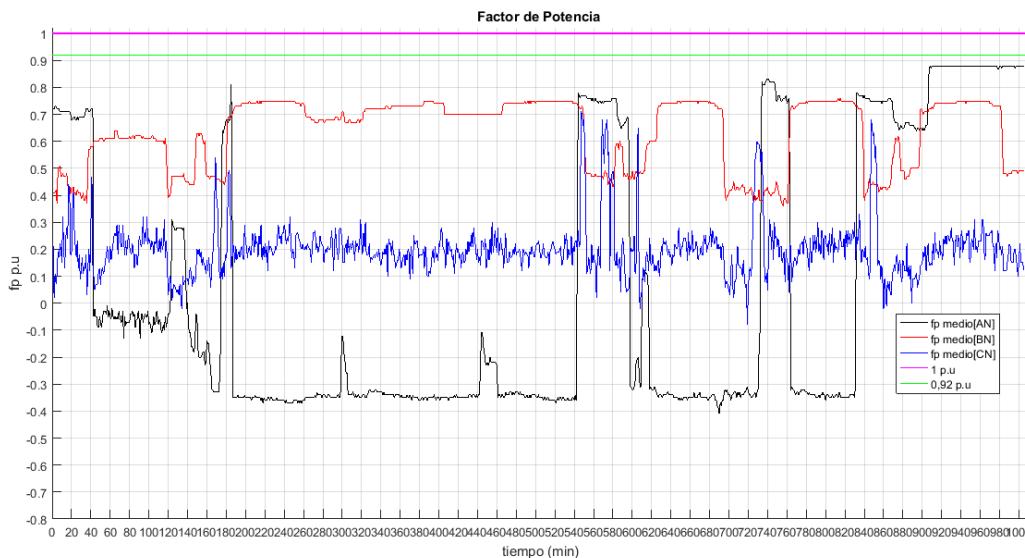
| [%] | Armónico A medio | Armónico B medio | Armónico C medio |
|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| TDH A Fundamental | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| TDH A Orden 2 | 13,03 | 13,03 | 34,41 |
| TDH A Orden 3 | 56,92 | 56,92 | 50,03 |
| TDH A Orden 4 | 5,48 | 5,48 | 16,82 |
| TDH A Orden 5 | 55,88 | 55,88 | 51,07 |
| TDH A Orden 6 | 3,55 | 3,74 | 10,87 |
| TDH A Orden 7 | 36,19 | 17,90 | 38,80 |
| TDH A Orden 8 | 2,76 | 2,62 | 7,65 |

| | | | |
|----------------|-------|-------|------|
| TDH A Orden 9 | 30,14 | 12,74 | 8,85 |
| TDH A Orden 10 | 2,14 | 1,91 | 5,80 |

- **Factor de potencia.**

Tabla 5.9: Registro de datos del factor de potencia.**Fuente:** Elaboración propia.

| Valores de factor de potencia valores medio | | | | |
|---|-------|------|-------|-----------------|
| | L1 | L2 | L3 | fdp total medio |
| Mín. | -0,41 | 0,36 | -0,08 | 0,21 |
| Máx. | 0,88 | 0,73 | 0,71 | 0,67 |
| Promedio | 0,42 | 0,49 | 0,20 | 0,38 |

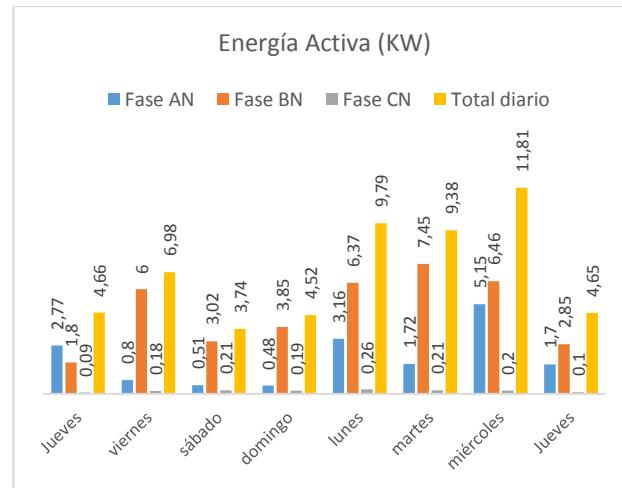
**Figura 6.10:** Representa los registro de la actividad académica del factor de potencia medio.**Fuente:** Elaboración propia

- **Energía.**

Tabla 6.10, Tabla 5.11: Registro de energía activa.

Fuente: Elaboración propia

| Días | Energía Activa (KW) | | | |
|-----------|---------------------|---------|---------|--------------|
| | Fase AN | Fase BN | Fase CN | Total diario |
| Jueves | 2,77 | 1,8 | 0,09 | 4,66 |
| Viernes | 0,8 | 6 | 0,18 | 6,98 |
| Sábado | 0,51 | 3,02 | 0,21 | 3,74 |
| Domingo | 0,48 | 3,85 | 0,19 | 4,52 |
| Lunes | 3,16 | 6,37 | 0,26 | 9,79 |
| Martes | 1,72 | 7,45 | 0,21 | 9,38 |
| Miércoles | 5,15 | 6,46 | 0,2 | 11,81 |
| Jueves | 1,7 | 2,85 | 0,1 | 4,65 |
| | | | Total | 55,53 |

**Tabla 6.10, Tabla 5.12:** Registro de energía reactiva.

Fuente: Elaboración propia

| Días | Energía Reactiva (kVAR) | | | |
|-----------|-------------------------|---------|---------|--------------|
| | Fase AN | Fase BN | Fase CN | Total diario |
| Jueves | 2,6 | 3,04 | 0 | 5,64 |
| viernes | 2,24 | 9,33 | 1,05 | 12,62 |
| sábado | 0,72 | 1,28 | 0,93 | 2,93 |
| domingo | 0,77 | 2,45 | 0,11 | 3,33 |
| lunes | 3,39 | 8,95 | 0,07 | 12,41 |
| martes | 2,01 | 13,32 | 0,05 | 15,38 |
| miércoles | 4,51 | 9,43 | 0,03 | 13,97 |
| Jueves | 0,54 | 3,533 | 0,04 | 4,113 |
| | | | Total | 70,39 |

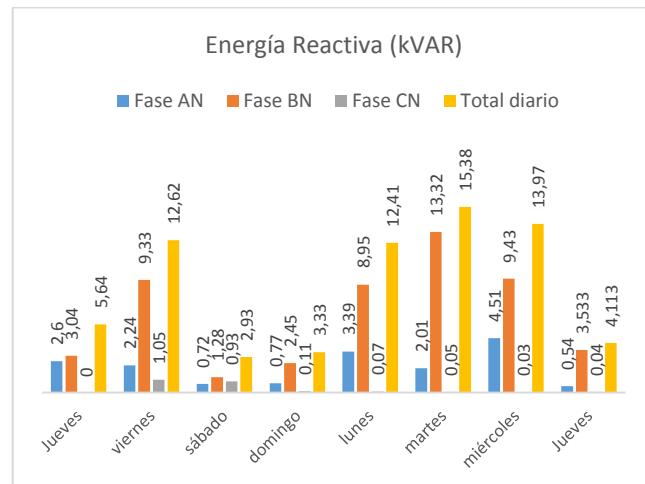
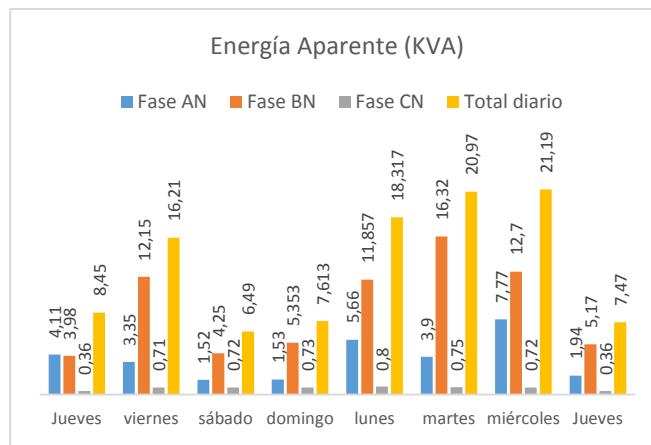


Tabla 6.10, Tabla 5.13: Registro de energía Aparente.**Fuente:** Elaboración propia

| Días | Energía Aparente (KVA) | | | |
|-----------|------------------------|---------|---------|--------------|
| | Fase AN | Fase BN | Fase CN | Total diario |
| Jueves | 4,11 | 3,98 | 0,36 | 8,45 |
| Viernes | 3,35 | 12,15 | 0,71 | 16,21 |
| Sábado | 1,52 | 4,25 | 0,72 | 6,49 |
| Domingo | 1,53 | 5,353 | 0,73 | 7,613 |
| Lunes | 5,66 | 11,857 | 0,8 | 18,317 |
| Martes | 3,9 | 16,32 | 0,75 | 20,97 |
| Miércoles | 7,77 | 12,7 | 0,72 | 21,19 |
| Jueves | 1,94 | 5,17 | 0,36 | 7,47 |
| | | Total | | 106,71 |



Registro de mediciones correspondiente al tablero principal que se encuentra ubicado en la aula 010.

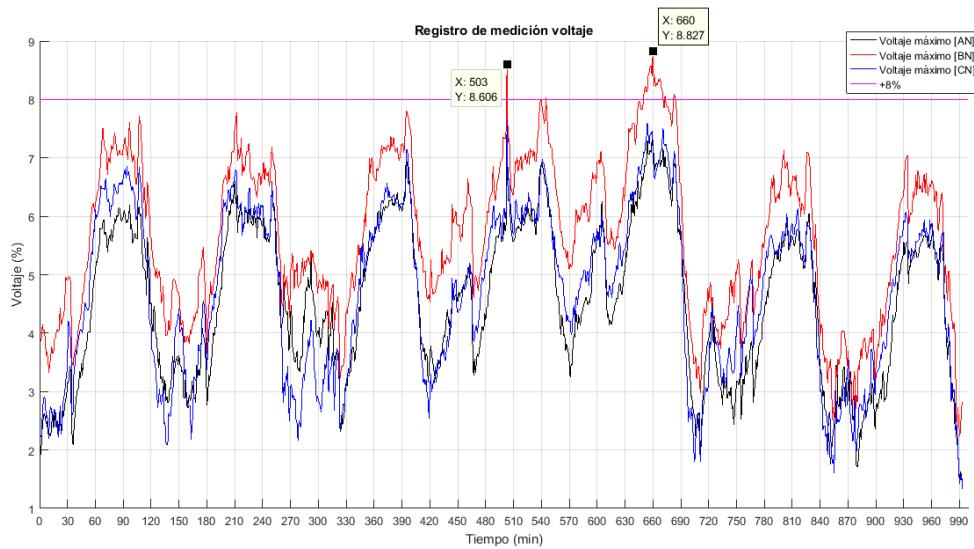
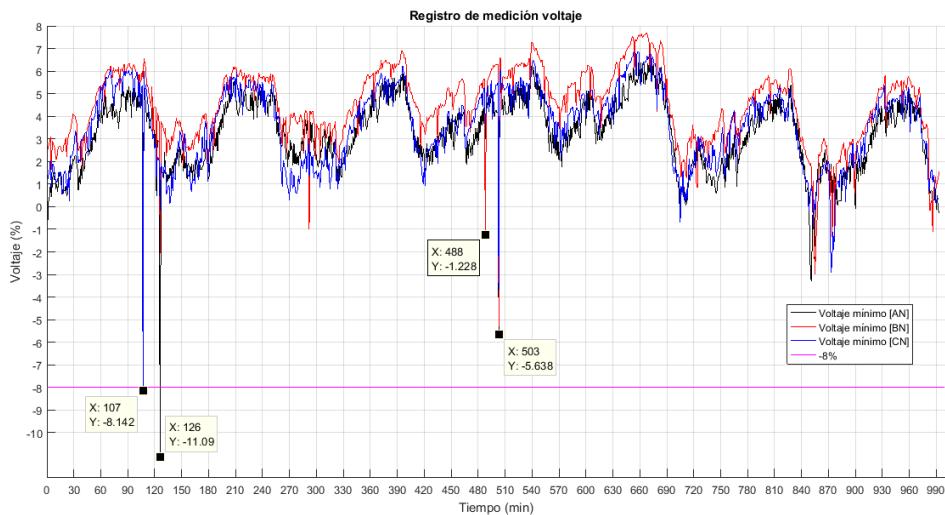
- **Voltaje.**

Tabla 7.1: Registro de valores de voltaje mínimo, medio y máximo de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.

| | Voltajes mínimos [V] | | | Voltaje medio [V] | | | Voltajes máximos [V] | | | LN | | |
|-------|----------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|----------------------|------|--------|--------|--------|------|
| | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [B] | L3 [C] | LN | L1 [A] | L2 [C] | L3 [C] | |
| MIN. | 112,92 | 120,29 | 116,66 | 0,21 | 127,01 | 127,69 | 127,26 | 0,23 | 128,03 | 129,01 | 127,93 | 0,33 |
| MÁX. | 135,35 | 136,74 | 135,70 | 0,65 | 135,93 | 137,39 | 136,05 | 1,17 | 136,53 | 138,21 | 136,73 | 3,17 |
| PROM. | 131,06 | 132,64 | 131,52 | 0,32 | 132,23 | 133,59 | 132,38 | 0,43 | 132,74 | 134,16 | 132,94 | 0,83 |

Tabla 7.2: Análisis de cambios bruscos de voltaje.**Fuente:** Elaboración propia.

| Fase-neutro | Análisis de Voltaje del total de los valores registrados | | | | | |
|-------------|--|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|----------|
| | Voltaje nominal (V) | Total de valores registrados | Valores menores al 5% | Valores mayores al 5% | Cumple la normativa 95% | Promedio |
| AN | 127 | 999 | 1 | 0 | SI | 132,23 |
| BN | 127 | 999 | 2 | 0 | SI | 133,59 |
| CN | 127 | 999 | 1 | 0 | SI | 132,38 |

**Figura 7.1:** Nivel máximo de voltaje en las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.**Figura 7.2:** Nivel mínimo de voltaje de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.

- **Corriente.**

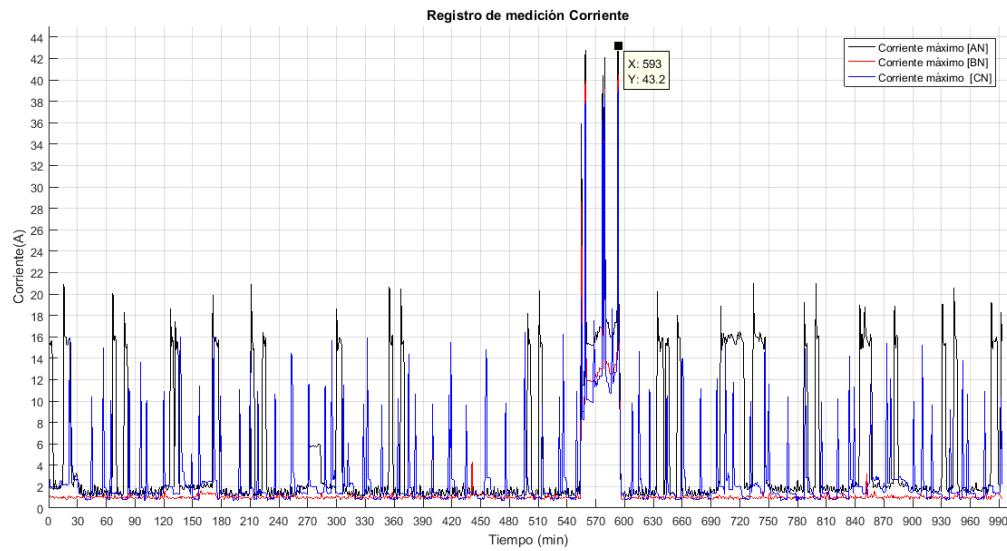


Figura 7.3: Registro de la corriente máxima de fase (AN, BN, CN).

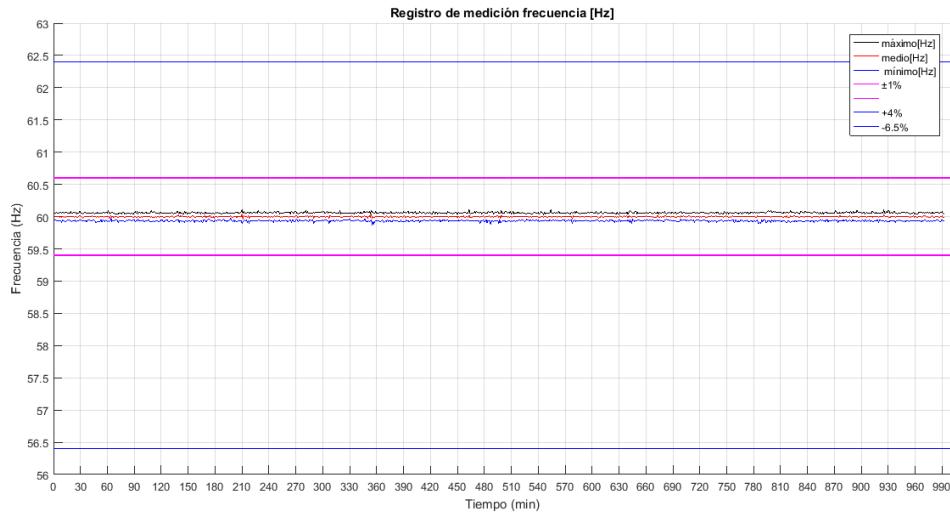
Fuente: Elaboración propia

- **Frecuencia.**

Tabla 7.3: Registro total de los valores de la frecuencia.

Fuente: Elaboración propia.

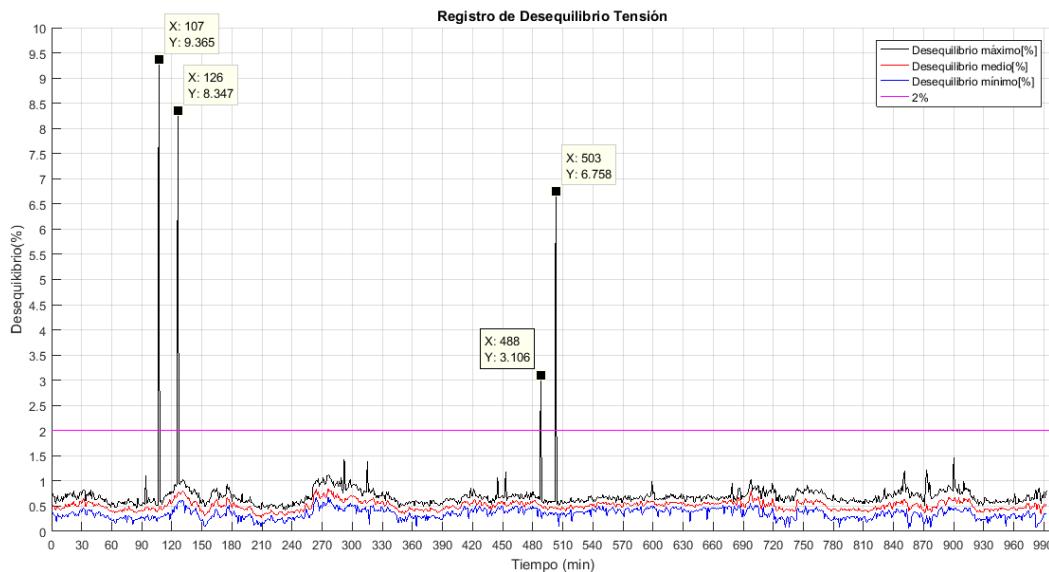
| | Frecuencia | | |
|--------------|--------------------|-------|--------|
| | Total (L1, L2, L3) | | |
| | Mínima | Media | Máxima |
| MIN. | 59,87 | 59,96 | 60,03 |
| MÁX. | 59,98 | 60,04 | 60,12 |
| PROM. | 59,94 | 60,00 | 60,06 |

**Figura 7.4:** Registro de la frecuencia (Hz) máxima, media y mínima.**Fuente:** Elaboración propia.

- **Desequilibrio de voltaje.**

Tabla 7.4: Valores límites de desequilibrio de voltaje [%].**Fuente:** Elaboración propia.

| Registro | Desequilibrio Voltaje [%] | | | Cumple ARCONEL [2%] | | |
|-------------|---------------------------|-------|--------|---------------------|-------|--------|
| | Mínimo | Medio | Máximo | Mínimo | Medio | Máximo |
| MIN. | 0,06 | 0,27 | 0,43 | SI | SI | SI |
| MÁX. | 0,68 | 0,85 | 9,37 | SI | SI | NO |
| PROM | 0,351 | 0,510 | 0,710 | SI | SI | SI |

**Figura 7.5:** Valores registrados desequilibrio.**Fuente:** Elaboración propia.

- **Flicker.**

Tabla 7.5: Registro de valores Pst y Plt para cada fase.

Fuente: Elaboración propia.

| | Ítem | Valores flickers [Pst] | | | Valores flickers [Pst] | | |
|-------------|------|------------------------|------------|--------|------------------------|------------|--------|
| | | L1 [AN] | L2 [BN] | L3[CN] | L1 [AN] | L2 [BN] | L3[CN] |
| MIN. | 1 | 0,10 | 0,23 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| MÁX. | 1 | 6,18 | 2,96 | 4,95 | 2,71 | 1,30 | 2,16 |
| | 2 | 2,67 | 2,59 | 2,21 | 2,71 | 1,30 | 2,16 |
| PROM | 1 | 0,31 | 0,32 | 0,23 | 0,38 | 0,36 | 0,28 |

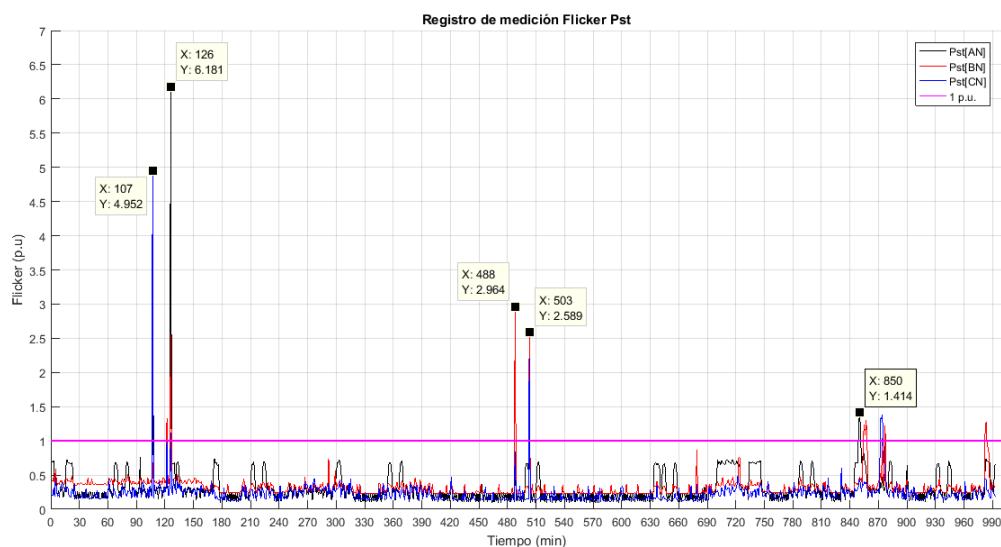
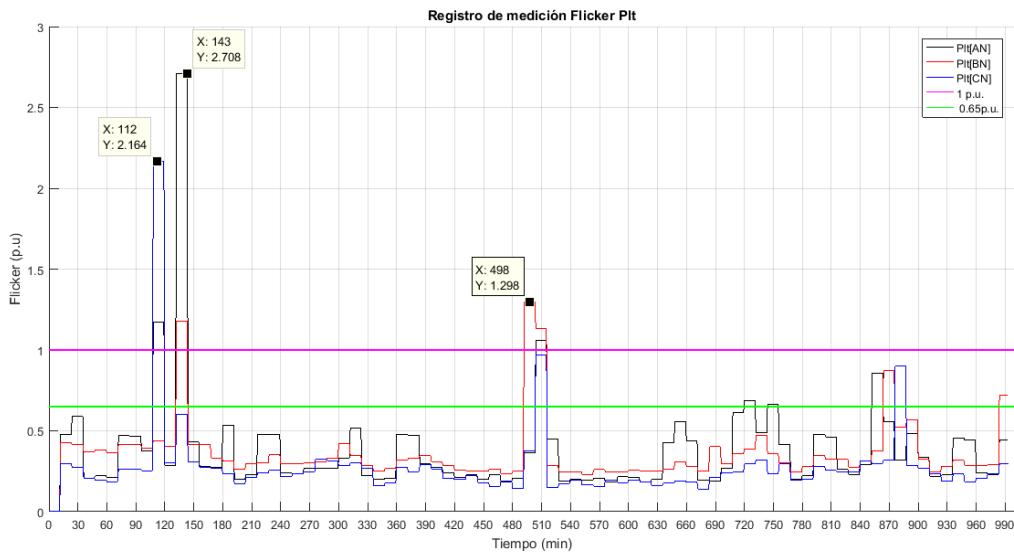


Figura 7.6: Registro de medición del flicker Pst de las tres fases.

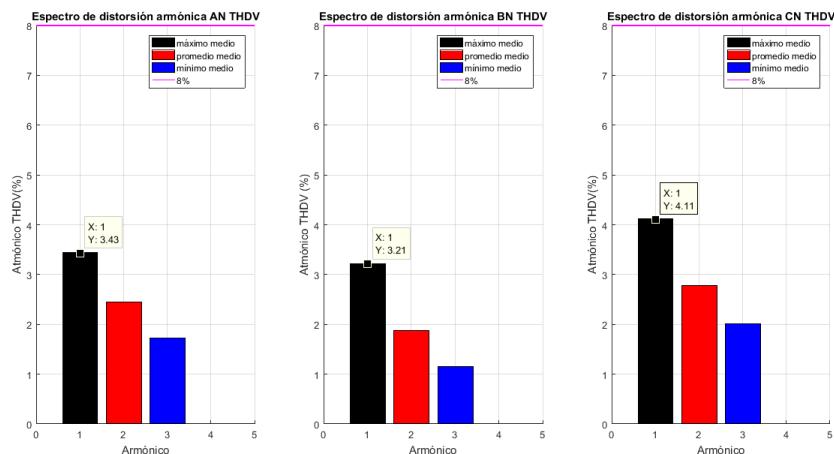
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 7.7:** Registro de medición del flicker Plt de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.

- **Armónicos de voltaje.**

Tabla 7.7: Registro de voltaje armónico THDV de las tres fases.**Fuente:** Elaboración propia.

| | Valores TDHV mínimo [%] | | | Valores TDHV medio [%] | | | Valores TDHV máximo [%] | | |
|-------------|-------------------------|------|------|------------------------|------|------|-------------------------|------|------|
| | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 | L1 | L2 | L3 |
| MIN | 1,62 | 0,82 | 1,93 | 1,62 | 1,14 | 2,01 | 1,77 | 1,19 | 2,08 |
| MÁX | 3,26 | 3,11 | 3,70 | 3,26 | 3,21 | 4,11 | 4,40 | 3,56 | 4,71 |
| PROM | 2,31 | 1,74 | 2,60 | 2,31 | 1,86 | 2,77 | 2,55 | 1,99 | 2,89 |

**Figura 7.8:** Espectro de distorsión armónica de voltaje individual fase (A, B, C).**Fuente:** Elaboración propia.

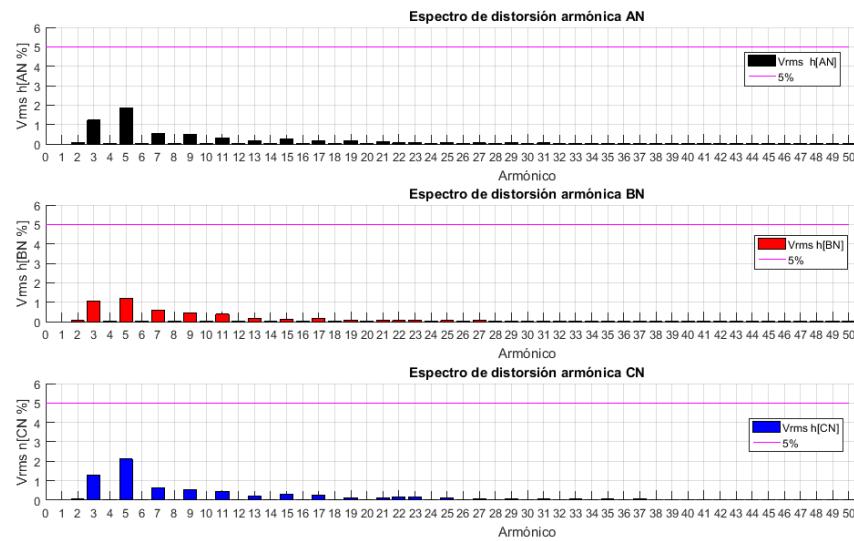


Figura 7.9: Espectro de distorsión armónica de voltaje individual fase (A, B, C).

Fuente: Elaboración propia.

▪ Armónicos de corriente.

Tabla 7.9: Armónica individual de corriente.

Fuente: Elaboración propia.

| [%] | Armónico A medio | Armónico B medio | Armónico C medio |
|-------------------|------------------|------------------|------------------|
| TDH A Fundamental | 100,91 | 100,46 | 100,00 |
| TDH A Orden 2 | 4,72 | 4,72 | 14,33 |
| TDH A Orden 3 | 42,11 | 42,11 | 23,06 |
| TDH A Orden 4 | 3,88 | 3,88 | 6,02 |
| TDH A Orden 5 | 38,44 | 38,44 | 13,47 |
| TDH A Orden 6 | 3,46 | 5,53 | 3,57 |
| TDH A Orden 7 | 21,74 | 7,10 | 7,85 |
| TDH A Orden 8 | 3,36 | 4,28 | 2,45 |
| TDH A Orden 9 | 12,01 | 5,09 | 4,65 |
| TDH A Orden 10 | 3,27 | 3,92 | 1,77 |

▪ Factor de potencia.

Tabla 7.: Registro de datos del factor de potencia.

Fuente: Elaboración propia.

| Valores de factor de potencia valores medio | | | | |
|---|------|------|------|----------------|
| | L1 | L2 | L3 | fp total medio |
| Mín. | 0,6 | 0,02 | 0,17 | 0,4 |
| Máx. | 0,95 | 0,96 | 0,92 | 327,67 |
| Promedio | 0,69 | 0,18 | 0,70 | 1,45 |

