



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LOS TRANSFORMADORES  
DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
Y DELIMITACIÓN DE SUS CENTROS DE CARGA”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTORES:**

ALEXIS JOEL CAIZAGUANO COLCHA

JOHANA LISBETH CISNEROS CAICEDO

Riobamba – Ecuador

2021



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LOS TRANSFORMADORES  
DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
Y DELIMITACIÓN DE SUS CENTROS DE CARGA”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTORES: ALEXIS JOEL CAIZAGUANO COLCHA**

**JOHANA LISBETH CISNEROS CAICEDO**

**DIRECTOR: ING. CÉSAR EDUARDO ASTUDILLO MACHUCA**

Riobamba – Ecuador

2021

**© 2022, Alexis Joel Caizaguano Colcha, Johana Lisbeth Cisneros Caicedo**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Alexis Joel Caizaguano Colcha y Johana Lisbeth Cisneros Caicedo, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 27 de agosto de 2021



**Alexis Joel Caizaguano Colcha**

**060405748-9**



**Johana Lisbeth Cisneros Caicedo**

**175031128-2**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto Técnico, “**OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LOS TRANSFORMADORES DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Y DELIMITACIÓN DE SUS CENTROS DE CARGA**”, realizado por **ALEXIS JOEL CAIZAGUANO COLCHA** y **JOHANA LISBETH CISNEROS CAICEDO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. José Antonio Granizo Ph.D. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2021-08-27
Ing. César Eduardo Astudillo Machuca M.Sc. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2021-08-27
Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos M.Sc. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2021-08-27

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de integración curricular lo dedico a Dios por darme la vida y cuidarme en todo momento, de manera especial a toda mi familia y mis padres Salomón Caizaguano y María Elena Colcha que con su cariño y amor me apoyaron de todo corazón y a mis hermanas por su apoyo.

Y a la persona que está presente en mi corazón y que no ha dudado en ningún momento en apoyarme siendo un pilar fundamental de motivación perseverancia y quiero que sepa que todos los sueños se cumplen junto con amor y constancia.

Joel

El trabajo de integración curricular le dedico a la señora de mis ojos Nelly Cisneros y a mis hermanas Dayana Cisneros y Angélica Cisneros quienes con sus palabras de aliento y cariño siempre me han apoyado para poder culminar esta travesía que es un peldaño más para poder a llegar cumplir el objetivo.

Johana

## **AGRADECIMIENTO**

A todas las personas que estuvieron apoyándome en este trabajo, a los docentes de la carrera de Mantenimiento Industrial, al personal administrativo y de manera especial al Ingeniero César Astudillo y al Ingeniero Marco Santillán quienes han compartido sus conocimientos, siendo hombres ejemplares de mentes brillantes los cual nos encaminaron en la senda del éxito en el presente trabajo.

Joel

Un eterno agradecimiento a todas las personas quienes siempre me estuvieron alentando, quienes fueron mis instructores del conocimiento adquirido durante mi instancia en la carrera de Mantenimiento Industrial.

Johana

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Justificación y actualidad.....	3
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 <i>Objetivo general</i> .....	3
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	4
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>5</b>
2.1 Eficiencia energética.....	5
2.1.1 <i>Importancia de la calidad de energía eléctrica</i> .....	5
2.2 Distribución y suministro de energía eléctrica.....	6
2.2.1 <i>Distribución de energía eléctrica</i> .....	6
2.2.2 <i>Suministro de energía eléctrica</i> .....	6
2.2.3 <i>Sistema de medición</i> .....	7
2.3 Líneas subterráneas.....	7
2.4 Líneas aéreas.....	7
2.5 Tipos de transformadores.....	8

<b>2.6</b>	<b>Centros de transformación.....</b>	<b>8</b>
<b>2.6.1</b>	<b><i>Equipamiento.....</i></b>	<b>8</b>
<b>2.6.2</b>	<b><i>Centro de transformación.....</i></b>	<b>8</b>
<b>2.6.3</b>	<b><i>Distribuidora eléctrica.....</i></b>	<b>9</b>
<b>2.6.4</b>	<b><i>Unifilar.....</i></b>	<b>9</b>
<b>2.7</b>	<b>Cuadros eléctricos.....</b>	<b>9</b>
<b>2.7.1</b>	<b><i>Clasificación de los cuadros eléctricos.....</i></b>	<b>10</b>
<b>2.7.1.1</b>	<b><i>Cuadros principales de distribución.....</i></b>	<b>10</b>
<b>2.7.1.2</b>	<b><i>Cuadros secundarios de distribución.....</i></b>	<b>10</b>
<b>2.7.1.3</b>	<b><i>Cuadros de maniobra para motores.....</i></b>	<b>10</b>
<b>2.7.1.4</b>	<b><i>Cuadros de mando.....</i></b>	<b>10</b>
<b>2.8</b>	<b>Facturación de la energía eléctrica.....</b>	<b>10</b>
<b>2.9</b>	<b>Clases de transformadores.....</b>	<b>11</b>
<b>2.9.1</b>	<b><i>Transformadores monofásicos.....</i></b>	<b>11</b>
<b>2.9.2</b>	<b><i>Transformador monofásico ideal.....</i></b>	<b>12</b>
<b>2.9.3</b>	<b><i>Transformador con núcleo real.....</i></b>	<b>13</b>
<b>2.10</b>	<b>Transformadores especiales.....</b>	<b>13</b>
<b>2.11</b>	<b>Transformadores tipo pedestal.....</b>	<b>15</b>
<b>2.12</b>	<b>Diferencia de los transformadores Padmounted y Convencional.....</b>	<b>15</b>
<b>2.13</b>	<b>Centros de transformación tipo pedestal.....</b>	<b>15</b>
<b>2.13.1</b>	<b><i>Obra eléctrica.....</i></b>	<b>16</b>
<b>2.13.1.1</b>	<b><i>Malla a tierra.....</i></b>	<b>16</b>
<b>2.13.1.2</b>	<b><i>Conexiones a tierra.....</i></b>	<b>17</b>
<b>2.13.1.3</b>	<b><i>Ubicación.....</i></b>	<b>18</b>
<b>2.13.2</b>	<b><i>Cámara de transformación convencional.....</i></b>	<b>19</b>
<b>2.13.3</b>	<b><i>Obra civil.....</i></b>	<b>19</b>
<b>2.13.3.1</b>	<b><i>Hormigón.....</i></b>	<b>19</b>
<b>2.13.3.2</b>	<b><i>Puerta y cerraje.....</i></b>	<b>20</b>
<b>2.14</b>	<b>Pérdidas de un transformador.....</b>	<b>20</b>

2.14.1	<i>Pérdidas sin carga (Po)</i> .....	20
2.14.2	<i>Pérdidas de carga (Pc)</i> .....	20
2.14.2.1	<i>Transformadores con dos devanados</i> .....	20
2.14.2.2	<i>Transformadores con más de dos devanados</i> .....	20
2.14.3	<i>Pérdidas totales (Pt)</i> .....	21
2.15	<b>Diagnóstico de las pérdidas de energía</b> .....	21
2.16	<b>Propiedades de las cargas</b> .....	22
2.16.1	<i>Carga instalada o capacidad nominal</i> .....	22
2.17	<b>Cálculo de la potencia</b> .....	22
2.18	<b>Método de ensayo para eficiencia energética</b> .....	23
2.18.1	<i>Cálculo de la eficiencia</i> .....	23
2.18.2	<i>Especificaciones de eficiencia energética</i> .....	24
2.19	<b>Punto de entrega o de conexión en medio voltaje</b> .....	25
2.20	<b>Analizador de calidad de energía</b> .....	27
2.20.1	<i>Partes del equipo analizador de energía</i> .....	28
2.21	<b>Información técnica del equipo</b> .....	29
2.21.1	<i>Supervisión para la calidad de la energía</i> .....	30
2.22	<b>Software</b> .....	31
2.23	<b>Diagrama de conexión</b> .....	31
<b>CAPÍTULO III</b>		
3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	34
3.1	<b>Análisis técnico de la situación actual de dos centros de transformación</b> .....	34
3.2	<b>Descripción y localización de los edificios</b> .....	34
3.2.1	<i>Suministro de alimentación de energía del edificio de decanato</i> .....	34
3.2.2	<i>Suministro de alimentación de energía de edificio de mantenimiento</i> .....	35
3.3	<b>Características de los transformadores</b> .....	35
3.3.1	<i>Características del transformador instalado en el edificio del decanato</i> .....	36
3.3.2	<i>Características del transformador instalado en el edificio de mantenimiento</i> .....	36
3.3.3	<i>Placa del transformador</i> .....	37

<b>3.4</b>	<b>Diagnóstico de la situación real de funcionamiento .....</b>	<b>38</b>
<i>3.4.1</i>	<i>Datos de consumo de la EERSA .....</i>	<i>38</i>
<b>3.5</b>	<b>Datos técnicos de los edificios.....</b>	<b>38</b>
<i>3.5.1</i>	<i>Datos de tomacorrientes y lámparas del decanato.....</i>	<i>39</i>
<i>3.5.2</i>	<i>Datos de la planta dos del edificio de decanato .....</i>	<i>39</i>
<i>3.5.3</i>	<i>Datos de la planta tres del edificio de decanato.....</i>	<i>39</i>
<i>3.5.4</i>	<i>Datos de tomacorrientes y lámparas del edificio de mantenimiento.....</i>	<i>39</i>
<i>3.5.5</i>	<i>Datos de la planta dos del edificio de mantenimiento .....</i>	<i>40</i>
<i>3.5.6</i>	<i>Datos de la planta tres del edificio de mantenimiento.....</i>	<i>40</i>
<b>3.6</b>	<b>Datos de los sistemas de bombeo de los edificios .....</b>	<b>40</b>
<i>3.6.1</i>	<i>Edificio de decanato .....</i>	<i>41</i>
<i>3.6.2</i>	<i>Edificio de mantenimiento.....</i>	<i>41</i>
<b>3.7</b>	<b>Datos del consumo de potencia y energía del edificio de Mantenimiento Industrial.....</b>	<b>43</b>
<i>3.7.1</i>	<i>Configuración inicial del equipo.....</i>	<i>43</i>
<i>3.7.2</i>	<i>Eventos de onda de las líneas de voltaje .....</i>	<i>45</i>
<i>3.7.3</i>	<i>Eventos de onda de las tres líneas de corriente .....</i>	<i>46</i>
<i>3.7.4</i>	<i>Potencia total activa.....</i>	<i>47</i>
<i>3.7.5</i>	<i>Energía activa total.....</i>	<i>48</i>
<i>3.7.6</i>	<i>Potencia reactiva total .....</i>	<i>49</i>
<i>3.7.7</i>	<i>Potencia aparente total.....</i>	<i>50</i>
<i>3.7.8</i>	<i>Factor de potencia .....</i>	<i>51</i>
<i>3.7.9</i>	<i>Potencia de las tres líneas.....</i>	<i>52</i>
<i>3.7.10</i>	<i>Potencia real total.....</i>	<i>54</i>
<b>3.8</b>	<b>Datos del consumo de potencia y energía del edificio del Decanato .....</b>	<b>55</b>
<i>3.8.1</i>	<i>Configuración inicial.....</i>	<i>55</i>
<i>3.8.2</i>	<i>Eventos de onda de las líneas de voltaje .....</i>	<i>56</i>
<i>3.8.3</i>	<i>Eventos de onda de las tres líneas de amperaje .....</i>	<i>57</i>

## **CAPÍTULO IV**

<b>4.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>58</b>
<b>4.1</b>	<b>Análisis, alternativa y propuesta de mejora .....</b>	<b>58</b>
<i>4.1.1</i>	<i>Análisis.....</i>	<i>59</i>
<i>4.1.2</i>	<i>Alternativa.....</i>	<i>60</i>
<i>4.1.3</i>	<i>Pasos para la división del devanado.....</i>	<i>60</i>
<i>4.1.4</i>	<i>Cálculo para la reducción del voltaje.....</i>	<i>61</i>
<b>4.2</b>	<b>Información del transformador .....</b>	<b>61</b>
<b>4.3</b>	<b>Cálculo de consumo con los datos tomados en los edificios.....</b>	<b>62</b>
<i>4.3.1</i>	<i>Para las lámparas del edificio de Decanato.....</i>	<i>62</i>
<i>4.3.2</i>	<i>Para los tomacorrientes.....</i>	<i>63</i>
<i>4.3.3</i>	<i>Se suman cargas adicionales tales como bombas de agua y ascensor.....</i>	<i>64</i>
<i>4.3.4</i>	<i>Potencia nominal.....</i>	<i>64</i>
<b>4.4</b>	<b>Para las lámparas del edificio de la carrera de Mantenimiento .....</b>	<b>64</b>
<i>4.4.1</i>	<i>Para los tomacorrientes.....</i>	<i>65</i>
<i>4.4.2</i>	<i>Se suman cargas adicionales tales como bombas de agua y ascensor.....</i>	<i>66</i>
<i>4.4.3</i>	<i>Potencia nominal total del edificio de Mantenimiento.....</i>	<i>66</i>
<b>4.5</b>	<b>Pasos que seguir para después de utilizar el analizador de energía .....</b>	<b>66</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>68</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>69</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Niveles de voltaje .....	6
<b>Tabla 2-2:</b>	Tipos de transformadores .....	8
<b>Tabla 3-2:</b>	Transformador Padmounted y convencional .....	16
<b>Tabla 4-2:</b>	Tensiones y dimensiones nominales.....	19
<b>Tabla 5-2:</b>	Temperatura de referencia .....	21
<b>Tabla 6-2:</b>	Pérdidas de energía en el transformador en vacío y carga.....	22
<b>Tabla 7-2:</b>	Porcentaje de eficiencia mínima de pérdidas en el transformador .....	25
<b>Tabla 8-2:</b>	Elementos del analizador Fluke.....	29
<b>Tabla 9-2:</b>	Designación de las conexiones .....	33
<b>Tabla 10-2:</b>	Niveles de voltaje .....	33
<b>Tabla 1-3:</b>	Características del transformador Padmounted .....	36
<b>Tabla 2-3:</b>	Planilla de consumo.....	38
<b>Tabla 3-3:</b>	Datos por parte de la EERSA .....	38
<b>Tabla 4-3:</b>	Número de tomacorrientes de la planta baja .....	39
<b>Tabla 5-3:</b>	Número de tomacorrientes y lámparas de la planta dos .....	39
<b>Tabla 6-3:</b>	Número de tomacorrientes y lámparas de la planta tres .....	39
<b>Tabla 7-3:</b>	Número de tomacorrientes y lámparas de la planta baja .....	40
<b>Tabla 8-3:</b>	Número de tomacorrientes y lámparas de la planta dos .....	40
<b>Tabla 9-3:</b>	Número de tomacorrientes y lámparas de la planta tres .....	40
<b>Tabla 10-3:</b>	Datos técnicos de bombas y ascensor.....	41
<b>Tabla 11-3:</b>	Datos técnicos de bombas y ascensor de mantenimiento .....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b>	Configuración de centros de transformación .....	9
<b>Figura 2-2:</b>	Esquema de un transformador monofásico de tipo de núcleo.....	12
<b>Figura 3-2:</b>	Esquema de un transformador monofásico acorazado.....	12
<b>Figura 4-2:</b>	Fuerzas magnetomotrices con circulación de corriente en el secundario .....	13
<b>Figura 5-2:</b>	Conexión en V o triangulo abierto.....	14
<b>Figura 6-2:</b>	Conexión para tipología Scott para conversión trifásica a bifásica .....	14
<b>Figura 7-2:</b>	Malla a tierra de pedestal de concreto.....	17
<b>Figura 8-2:</b>	Montaje pedestal en concreto en vista frontal.....	17
<b>Figura 9-2:</b>	Sistema de puesta a tierra en vista lateral .....	18
<b>Figura 10-2:</b>	Red de distribución de medio voltaje.....	26
<b>Figura 11-2:</b>	Montaje del transformador.....	26
<b>Figura 12-2:</b>	Distancia mínima a la cual el transformador debe estar instalado .....	27
<b>Figura 13-2:</b>	Diagrama unifilar del transformador trifásico tipo pedestal Padmounted .....	27
<b>Figura 14-2:</b>	Diagrama unifilar transformador trifásico tipo radial con seccionador secuencial .....	27
<b>Figura 15-2:</b>	Partes del equipo analizador de energía.....	29
<b>Figura 16-2:</b>	Información de las partes del equipo analizador de energía .....	30
<b>Figura 17-2:</b>	Software Power-Log 435 II versión 5.2.....	31
<b>Figura 18-2:</b>	Pines de conexión por colores.....	32
<b>Figura 19-2:</b>	Configuración de la conexión por código de colores.....	32
<b>Figura 1-3:</b>	Edificio de decanato.....	35
<b>Figura 2-3:</b>	Edificio nuevo de la carrera de mantenimiento industrial .....	35
<b>Figura 3-3:</b>	Transformador convencional .....	36
<b>Figura 4-3:</b>	Transformador Padmounted de 50 kVA .....	37
<b>Figura 5-3:</b>	Placa del transformador tipo Padmounted .....	37
<b>Figura 6-3:</b>	Sistema de bombeo del edificio .....	42
<b>Figura 7-3:</b>	Control de sistemas de bombeo .....	42
<b>Figura 8-3:</b>	Configuración inicial del analizador de energía.....	44
<b>Figura 1-4:</b>	Conexión en el edificio de Mantenimiento .....	58
<b>Figura 2-4:</b>	Conexión en el edificio de Decanato .....	59
<b>Figura 3-4:</b>	Colocación correcta del equipo.....	67

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b>	Eventos de las tres líneas de voltaje más tierra con 17 eventos realizados .....	45
<b>Gráfico 2-3:</b>	Eventos de onda de las líneas de corriente .....	46
<b>Gráfico 3-3:</b>	Potencia total activa.....	47
<b>Gráfico 4-3:</b>	Total de energía activa de las tres líneas .....	48
<b>Gráfico 5-3:</b>	Número de eventos vs la potencia reactiva total .....	49
<b>Gráfico 6-3:</b>	Número de eventos totales vs potencia aparente total (VA) .....	50
<b>Gráfico 7-3:</b>	Factor de potencia .....	51
<b>Gráfico 8-3:</b>	Potencia de las tres líneas .....	52
<b>Gráfico 9-3:</b>	Potencia de las tres líneas .....	53
<b>Gráfico 10-3:</b>	Potencia total .....	54
<b>Gráfico 11-3:</b>	Máximo y mínimo de la potencia.....	54
<b>Gráfico 12-3:</b>	Configuración inicial del analizador .....	55
<b>Gráfico 13-3:</b>	Ondas de voltaje de las tres líneas y neutro.....	56
<b>Gráfico 14-3:</b>	Ondas de voltaje de las tres líneas y neutro.....	57

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LÍNEAS DEL EDIFICIO DE  
DECANATO Y EDIFICIO DE MANTENIMIENTO
- ANEXO B:** CONFIGURACIÓN
- ANEXO C:** DIAGRAMA UNIFILAR DEL EDIFICIO DE MANTENIMIENTO  
INDUSTRIAL
- ANEXO D:** MEDICIONES OBTENIDAS

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>AT:</b>	Alta Tensión
<b>ARCOTEL:</b>	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones
<b>ARCONEL:</b>	Agencia de Regulación y Control de Electricidad
<b>BT:</b>	Baja Tensión
<b>EERSA:</b>	Empresa Eléctrica Riobamba S.A
<b>MINTEL:</b>	Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información
<b>Pt:</b>	Pérdidas totales

## RESUMEN

El análisis energético de dos transformadores de la Facultad de Mecánica pertenecientes a los edificios del Laboratorio-Decanato y el edificio de aulas de la Carrera de Mantenimiento Industrial se ejecutó con el propósito de determinar cuál debería ser la capacidad real de dichos transformadores en función del consumo eléctrico, y analizar la calidad de energía que es suministrada por la red eléctrica, examinando las posibles anomalías eléctricas estando los edificios en su carga máxima de consumo eléctrico. Se realizó la conexión del analizador Fluke, por un tiempo estimado de siete días laborables, la información se almacenaba cada quince minutos. Por medio de la asistencia del software Power-log se descargó la información histórica del equipo para su posterior análisis a través de normas y resoluciones del Ministerio de Energías y Recursos Naturales No Renovables, para determinar la eficiencia de los transformadores de distribución además ayudan a determinar la capacidad óptima de consumo de cada edificio. Una vez recopilados los datos de los dos edificios se realizaron cálculos y por medio de la interpretación de las gráficas del analizador Fluke se conoció la potencia real de consumo de cada edificio. Se determinó que las lecturas llegan a un voltaje de 130,09 V, sin embargo, los cálculos arrojan que el voltaje recomendable que se debe suministrar al edificio de la Carrera de Mantenimiento Industrial es de 127V. La potencia del transformador instalada en el edificio de Mantenimiento es de 50kVA, por medio de cálculos se determinó que la potencia real de consumo es de 21.55 kVA encontrándose sobredimensionado en un 28,45kVA, mientras que la potencia del transformador del edificio de Laboratorio-decanato se encuentra en un rango tolerable. Por lo tanto, se recomienda que, para la próxima toma de datos se utilice el equipo de protección personal adecuado para realizar la conexión del analizador.

**Palabras clave:** <ANÁLISIS ENERGÉTICO>, <TRANSFORMADOR>, <CONSUMO ELÉCTRICO>, <CALIDAD DE ENERGÍA>, <RED ELÉCTRICA>, <POTENCIA INSTALADA>, <POTENCIA REAL>.

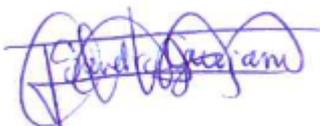
0442-DBRA-UPT-2023



## SUMMARY

The energy analysis of two transformers of Mechanics Faculty belonging to the buildings of the Laboratory-Dean's Office and the classroom building of the Industrial Maintenance Career was carried out to determine the actual capacity of the transformers based on electricity consumption and analyze the quality of energy that is supplied by the electrical network, examining possible electrical anomalies while the buildings are at their maximum electrical consumption load. The Fluke analyzer was connected for an estimated seven working days, and the information was stored every fifteen minutes. Through the Power-log software's assistance, the equipment's historical data was downloaded for its subsequent analysis through regulations and resolutions of the Ministry of Energy and Non-Renewable Natural Resources to determine the efficiency of the distribution transformers. They also helped to determine the optimal consumption capacity of each building. Once the data from the two buildings were collected, the calculations were made, and through the interpretation of the Fluke analyzer graphs, the real power consumption of each building was known. It was determined that the readings reached a voltage of 130.09 V; however, the recommended calculations voltage that must be supplied to the Industrial Maintenance Career building is 127V. The power of the transformer installed in the Maintenance building is 50kVA, through calculations it was determined that the actual consumption power is 21.55 kVA, being oversized by 28.45kVA, while the power of the transformer in the Laboratory-deanery building is in a tolerable range. Therefore, it is recommended the appropriate personal protective equipment be used for the next data collection to connect the analyzer.

**Keywords:** <ENERGY ANALYSIS>, <TRANSFORMER>, <ELECTRICITY CONSUMPTION>, <POWER QUALITY>, <ELECTRICAL NETWORK>, <INSTALLED POWER>, <REAL POWER>.



Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113

## **INTRODUCCIÓN**

El análisis energético de los transformadores de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ayuda a verificar cual es el un consumo eléctrico de estos dos edificios, del decanato de la Facultad de Mecánica y el nuevo edificio de la Carrera de Mantenimiento Industrial, tanto al trabajar en su máxima capacidad, estos edificios cuentan con laboratorios prácticos, oficinas, aulas y bodegas. El análisis busca determinar cuál debería ser la capacidad real de dichos transformadores en función del consumo eléctrico y analizar la calidad de la energía que es suministrada por la red eléctrica.

El aprovechamiento óptimo de la energía se lo realizó con ayuda del analizador energía marca Fluke, asumiendo que los edificios llegaran a trabajar en condiciones extremas o en los estándares establecidos de funcionamiento, otro de los factores que afecta al consumo de energía pueden ser los componentes mal dimensionados o en mal estado ocasionando el desaprovechamiento de energía y el consumo elevado de energía lo que incurre en un costo elevado. Es fundamental la calidad de energía ya que de esto depende mucho el buen funcionamiento de los distintos sistemas que conforman un edificio inteligente.

Finalmente, lo que se busca con este análisis de la calidad de energía es reducir gastos innecesarios al momento de realizar nuevas infraestructuras dentro de la prestigiosa ESPOCH, los cuales pueden ser aprovechados para nuevas herramientas de equipamiento tanto para laboratorios o aulas. Así como también contar con profesionales capacitados en dichas áreas del mantenimiento.

## **CAPÍTULO I**

### **1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA**

En este capítulo se presenta el origen del problema planteado, la importancia y los alcances.

#### **1.1 Antecedentes**

Con el transcurso del tiempo la infraestructura civil de la carrera de Mantenimiento Industrial de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), ha ido incrementándose paulatinamente con la creación de nuevos edificios, talleres y laboratorios; motivo por el cual el número de edificaciones es de gran extensión. Para poder desempeñar las labores educativas y administrativas en este centro de formación es imprescindible la utilización de la red eléctrica de distribución interna, la cual proporciona y distribuye la energía necesaria para el funcionamiento de los diferentes equipos; mediante puntos de transformación ubicados en las distintas facultades según los requerimientos de consumo.

Debido al incremento de edificaciones no se ha podido realizar un diagnóstico actualizado acerca del estado de las instalaciones referente a la distribución de energía eléctrica de los edificios que parten de los transformadores, por lo que se hará un nuevo estudio de la situación y posicionamiento actual de estas unidades con la finalidad que el sistema eléctrico institucional este en las mejores condiciones de funcionamiento y con ello reducir los gastos en los que incurre la carrera de Mantenimiento Industrial de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por pagos de servicio eléctrico. En el presente trabajo se desarrollará un correcto dimensionamiento y delimitación de los centros de carga de los transformadores instalados en las diferentes edificaciones con lo que se garantiza que el funcionamiento de estos equipos se realice de una manera confiable y segura, evitando pérdidas que se puedan generar por sobredimensionamiento de la capacidad instalada de transformación.

En la ciudad de Riobamba, es una de las primeras universidades, con dos extensiones y dos sedes a nivel nacional, brinda a toda la comunidad estudiantil las mejores s para el desarrollo del país, con profesores altamente capacitados, así como laboratorios de primera generación para comprensión y aprendizaje de los estudiantes. Se encuentra ubicada en la Av. Panamericana Sur kilómetro 1 ½ en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador.

## **1.2 Planteamiento del problema**

Dentro del sistema eléctrico de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo específicamente en el edificio nuevo de la Carrera de Mantenimiento Industrial se estima una capacidad instalada excesiva, de un transformador lo cual genera un gasto importante al no aprovechar adecuadamente la energía eléctrica, ya que para el cálculo del consumo de la energía la empresa eléctrica pública, toma en cuenta la capacidad utilizada. Por lo cual se ve la necesidad del diagnóstico de consumo real en la unidad de transformación instalada, para determinar en qué grado afecta este gasto y proponer posibles soluciones a este problema que se presenta, como es el caso de la instalación de bancos de capacitores para la compensación de componentes reactivos y la redistribución de la energía según el requerimiento del edificio.

## **1.3 Justificación y actualidad**

Se presume que existe un sobredimensionamiento de la red de distribución de energía eléctrica específicamente del transformador del edificio nuevo de la Carrera de Mantenimiento Industrial, ya que no se ha realizado un cálculo de la capacidad instalada debido al número de edificaciones existentes, el estudio nos indicará si el transformador es el adecuado para el edificio en cuanto a su capacidad de abastecimiento de energía eléctrica, además el saber si existe o no un gasto excesivo. Indicará definir si afectará la eficiencia energética de las líneas de distribución interna, lo cual representa otro inconveniente ya que estos recursos mal aprovechados podrán ser utilizados en otras áreas de mayor y vital importancia dentro de la institución lo cual proporcionará un beneficio económico.

El enfocarse en delimitar el centro de carga es mejoramiento de la eficiencia energética, lo cual deberá estar correctamente dimensionado tanto si es para un edificio o como para los diferentes talleres de las facultades del centro educativo, el correcto dimensionamiento del transformador ayudará a evitar pérdidas excesivas. Se enfocará este proyecto dentro de la tercera línea de investigación que corresponde al diagnóstico técnico que contribuye de manera directa y participativa al desarrollo del objetivo número cinco del plan nacional de desarrollo vigente

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo general***

Analizar la capacidad energética del transformador de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y delimitar su centro de carga.

#### ***1.4.2 Objetivos específicos***

- Analizar la capacidad energética instalada de los transformadores del edificio de la Carrera de Mantenimiento Industrial y Decanato de la Facultad de Mecánica.
- Determinar el correcto posicionamiento e instalación del centro de carga con el fin de evitar pérdidas.
- Determinar el gasto excesivo que ocasiona el sobredimensionamiento del equipo de transformación para llevar a cabo las actividades académicas y administrativas diarias.
- Plantear un grupo estructurado de mejoras y soluciones para evitar que la institución incurra en un gasto excesivo por recargos en el pago del servicio eléctrico.

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En el presente capítulo se investiga definiciones de temas de interés que aportan al desarrollo y comprensión del proyecto.

#### 2.1 Eficiencia energética

Es el aprovechamiento óptimo o reducción del consumo excesivo de energía conservando los estándares de funcionamiento sin restricción del confort y la calidad del servicio, manteniendo un bajo grado de contaminación. La forma eficaz de poder tener una buena eficiencia energética dentro de las instalaciones eléctricas de un edificio, o planta industrial se debe realizar un análisis del estado de consumo energético asumiendo que el edificio llegará a trabajar tanto en condiciones extremas o dentro de los estándares de funcionamiento.

Otro de los factores que afectan al consumo de energía pueden ser los componentes mal dimensionados o en mal estado lo que ocasiona un desaprovechamiento de energía, y un consumo elevado de energía. Las buenas prácticas del mantenimiento ayudan a maximizar la eficiencia del equipo, reduciendo el desaprovechamiento de energía y los costos de energía (CALDERÓN YAUTIBUG, y otros, 2014 pág. 3).

##### *2.1.1 Importancia de la calidad de energía eléctrica*

El exceso del consumo de energía conlleva a una mayor contaminación del planeta junto con el agotamiento de los recursos no renovables, motivo por el cual es preocupante a la humanidad debido a la falta de conocimiento lo dificulta la comprensión de la crisis ecológica en la que se vive hoy en día, ahí la importancia de la calidad de la energía eléctrica. Es fundamental la calidad de energía ya que depende mucho la operación de los distintos sistemas que funcionan dentro de un edificio aun si este es un edificio inteligente, la vida de los equipos, la programación de mantenimiento y en conjunto el cuidado de la inversión realizada (CRESPO CASTRO, y otros, 2018 pág. 21).

En la mayor parte de las industrias si se produce un corte o falla en el suministro de energía las consecuencias podrían tener un impacto grave en lo que es líneas de producción y los sistemas eléctricos produciendo perdidas de suma importancia debido a que la materia prima no se podría recuperar, en otros casos las consecuencias no son tan importantes porque su materia prima se puede recuperar, pero dentro de un edificio si el suministro de energía falla el confort de visualización se vería afectado, los equipos y aparatos eléctricos de laboratorios sufrirían cierto

daño pero en si no tendría un daño exagerado debido a las protecciones eléctricas que se tiene en el edificio (BARRIENTOS MÓNICO, y otros, 2019 pág. 3).

## 2.2 Distribución y suministro de energía eléctrica

Esto se describe en los siguientes apartados.

### 2.2.1 Distribución de energía eléctrica

Comprende las líneas de subtransmisión, las subestaciones de distribución, los alimentadores primarios, los transformadores de distribución, las redes secundarias, las acometidas, el equipamiento de compensación, protección, maniobra, medición, control y comunicaciones, utilizados para la prestación del servicio de distribución de energía eléctrica (ARCOTEL, 2017 pág. 6).

A continuación, se registra en la siguiente tabla 1-2, los niveles de voltaje suministrados en el Ecuador desde las líneas de subtransmisión hasta el sector residencial están dadas por el CONECEL en su Regulación N.º 004/01 de la Calidad del servicio Eléctrico.

**Tabla 1-2:** Niveles de voltaje

Niveles de voltaje		
Subtransmisión	En lo que es subtransmisión en el Ecuador se encuentra en valores de voltaje como:	69 kV y 46 kV
Distribución	Estos son generados por las subestaciones de distribución que toman el voltaje de las subestaciones de subtransmisión y los transforman los voltajes operables. El sector eléctrico ecuatoriano de distribución se dispone de los siguientes voltajes	34,50 kV, 22,86 kV 22,00 kV; 13,80 kV 13,20 kV y 6,30 kV
Industria	Los voltajes que manejan el sector industrial son:	400V-138kV
Residencial	En lo que es sector residencial se maneja los voltajes de:	127V- 220V

Fuente: (CONECEL, 2001 pág. 3)

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

Las líneas primarias a 13,8 kV están conformadas con uno, dos o tres conductores de fase y un conductor de neutro continuo sólidamente puesto a tierra a partir del punto neutro de la subestación de distribución y común con los circuitos secundarios. Los circuitos secundarios asociados con la red primaria a esta tensión son predominantemente monofásicos a tres conductores. La distribución de energía eléctrica en el mercado ecuatoriano es dominada por un voltaje monofásico de 120V, un voltaje bifásico de 220V y un voltaje trifásico de 220V, siendo el voltaje más común en las unidades de vivienda el monofásico a 120 V (DÁVILA CANTOS, 2010 pág. 12).

### 2.2.2 Suministro de energía eléctrica

El sistema de suministro de energía es un conjunto organizado de aparatos de control, mecanismos de seguridad y protección, de los diferentes elementos útiles para la generación, el transporte y la

distribución de la energía eléctrica. Este es un sistema integrado que además de disponer de sistemas de control distribuido, sistema que realiza las acciones de control en forma automática, está regulado por un sistema de control centralizado que garantiza una explotación racional de los recursos de generación y una calidad de servicio acorde con la demanda de los usuarios, compensando las posibles incidencias y fallas producidas (CRESPO CASTRO, y otros, 2018 pág. 17).

### **2.2.3 Sistema de medición**

Son los componentes necesarios para la medición o registro de energía activa, energía reactiva, demandas máximas y otros parámetros relacionados. Incluyen los equipos de medición (medidores), los transformadores de medición, los cables de conexión, los accesorios de sujeción y protección física de los medidores y de los transformadores (ARCOTEL, 2017 pág. 5).

### **2.3 Líneas subterráneas**

Estas líneas son utilizadas en los centros urbanos y zonas industriales densas que se encuentran a distancias cortas, su vida útil es de 50 años ya que estas no son propensas a daños por vientos, nieves, accidentes entre otros. Las líneas subterráneas tienen un costo muy elevado y sus fallas son más difíciles de detectar debido a que su acceso es más limitado, en cuanto a los cables subterráneos si aumenta la tensión aumenta también la absorción de potencia reactiva del cable.

La disipación del calor en cables subterráneos resulta más difícil ya que se realiza a través del aislamiento y la capa exterior del cable lo que puede producir daños en el aislamiento a largo plazo. El espesor del aislamiento es directamente proporcional a la tensión del cable, es debido a que la intensidad máxima admisible en un conductor depende de la temperatura que pueda alcanzar lo que produce que para una misma corriente la sección del cable subterráneo sea menor que el aéreo y por lo tanto las pérdidas se reducen (LOZANO TRONCOSO, y otros, 2019 pág. 5).

### **2.4 Líneas aéreas**

La interconexión entre redes regionales o nacionales, así como el transporte entre centrales de generación son dominio exclusivo de las líneas aéreas cuando las distancias superan algunos kilómetros estas tienen menor costo, su reparación, de averías es más sencilla. la disipación no es problema ya que el aislamiento es el aire que constituye un medio ideal de refrigeración del conductor para disipar el calor producido por la circulación de la corriente (LOZANO TRONCOSO, y otros, 2019 pág. 6).

## 2.5 Tipos de transformadores

Van de acuerdo con los niveles de tensión que entrega, el tipo de núcleo, la refrigeración a la cual está sometido el transformador y el número de fases al cual el transformador va a funcionar se clasifican de acuerdo con criterios establecidos los más importantes se muestran en la tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Tipos de transformadores

Tipos de transformadores	
Según el nivel de tensión entregada respecto a la recibida	Transformadores elevadores
	Transformadores reductores
Según el número de fases	Monofásicos
	Trifásicos
Según el tipo de núcleo	De hierro
	De aire
Según la forma del núcleo	Acorazado
	De columnas
Según el tipo de refrigeración	Natural
	Forzada
Según el tipo de refrigerante	Seco
	Aire
Otros transformadores	Transformadores de medida
	Autotransformadores

**Fuente:** (RYMEL, 2017 pág. 66)

**Realizado por:** Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

## 2.6 Centros de transformación

Es la instalación provista de uno a varios transformadores reductores de media a baja tensión, con sus aparatos precisos conocidos también como CT. Estos constituyen un interfaz entre la red de distribución y la red de baja tensión. Los elementos fundamentales de un centro de transformación son el transformador, los aparatos de maniobra y corte como interruptores seccionadores, los aparatos de protección y los aparatos de media (CONEJO NAVARRO, 2007 pág. 116).

### 2.6.1 Equipamiento

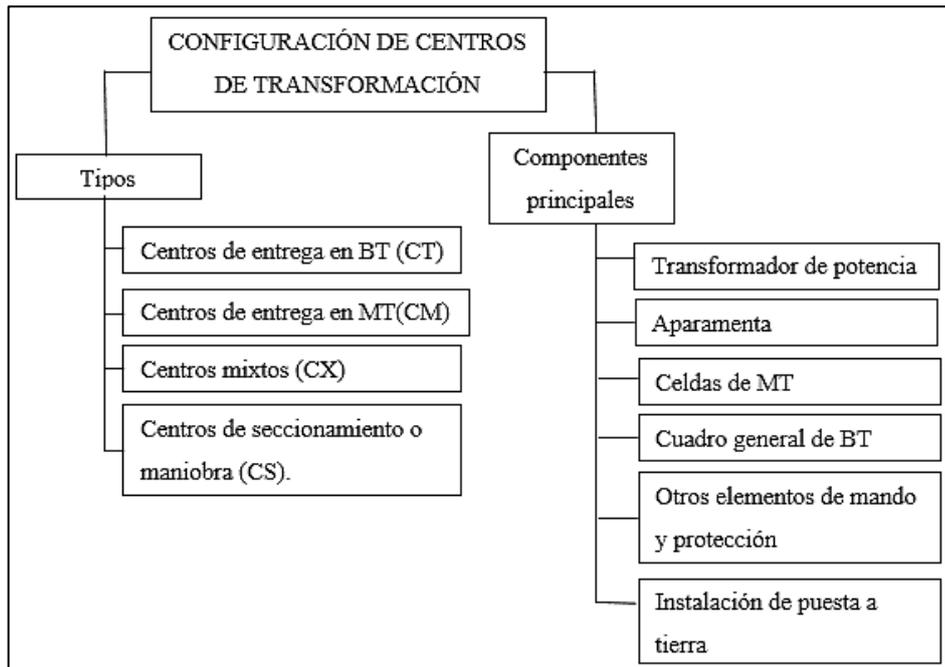
Todo equipo, aparato o material previsto para ser conectado a un circuito eléctrico con el fin de asegurar una o varias de las siguientes funciones (RODRÍGUEZ, 2020 pág. 44):

- Protección
- Control
- Seccionamiento
- Conexión

### 2.6.2 Centro de transformación

Instalación que comprende “ *uno o varios transformadores, equipamiento de alta tensión y de baja tensión, conexiones y elementos auxiliares para suministrar energía en BT a partir de una*

red de AT, o viceversa” (BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO (BOE), 2014 pág. 44). La configuración de este se muestra en la figura 1-2.



**Figura 1-2:** Configuración de centros de transformación

Fuente: (CONEJO NAVARRO, 2007 pág. 43)

### 2.6.3 Distribuidora eléctrica

Empresa que se dedica a transportar energía a los hogares y otros negocios, siendo propietaria de las redes por las que circula la energía (RODRÍGUEZ, 2020 pág. 44).

### 2.6.4 Unifilar

Esquema eléctrico o representación gráfica de una instalación eléctrica o de parte de ella, simbolizado mediante una única línea, independientemente de la cantidad de dichos conductores (RODRÍGUEZ, 2020 pág. 45).

## 2.7 Cuadros eléctricos

Es el conjunto de uno o más aparatos de protección y maniobra agrupados en una o más envolventes adyacentes. El cuadro debe considerarse un componente de la instalación eléctrica de igual forma que un interruptor o un relé, por lo tanto, debe diseñarse de manera adecuada para que cumpla los requisitos de fiabilidad y seguridad que se exigen en todas las instalaciones eléctricas. Es uno de los componentes principales de toda instalación eléctrica, el cual protege cada parte de los distintos circuitos (CONEJO NAVARRO, 2007 pág. 132).

### 2.7.1 Clasificación de los cuadros eléctricos

Entre estos se tienen los descritos a continuación (CONEJO NAVARRO, 2007 pág. 132):

#### 2.7.1.1 Cuadros principales de distribución

Consta de una instalación tras un centro de transformación y contiene una o más unidades de entrada y una o más unidades de salida.

#### 2.7.1.2 Cuadros secundarios de distribución

Estos son los más utilizados en la distribución de la energía el cual contiene una unidad de entrada y varias unidades de salida.

#### 2.7.1.3 Cuadros de maniobra para motores

Son aquellos destinados al mando y a la protección centralizada de los motores con un conjunto de aparatos de maniobra y protección de estas máquinas.

#### 2.7.1.4 Cuadros de mando

Son destinados al mando, la medida y la protección de las instalaciones industriales.

De acuerdo con la norma UNE-EN 60439 los cuadros se pueden dividir (UNE, 2015 pág. 14):

- **Cuadros con dispositivos constructivos en serie:** Estan cosntituidos por dispositivos de proteccion y de maniobra con de tipo constructivo estandar y sin modificaciones que puedan afectar a las prestaciones de los propios dispositivos.
- **Cuadros con dispositivos no constructivos en serie:** Los dispositivos de proteccion y de maniobra no han sido verificados a través de ensayos, pero si a través de los claculos adecuados previstos por la reglamentación.

## 2.8 Facturación de la energía eléctrica

Dentro del servicio público de energía eléctrica los rubros por los cuales se factura el consumo de energía es la sumatoria de componentes: por perdidas de transformadores, comercialización, energía, potencia, y la penalización por el bajo factor de potencia, de acuerdo con lo regulado a las características del consumidor (ARCONEL, 2020 pág. 19). Para esto se emplea la ecuación 1-1.

$$FSPEE=E+P+PIT+C+P_{BFP}$$

**Ecuación 1-1**

Donde:

*FSPEE* → *Factura por servicio público de energía eléctrica*

*E* → *Facturación de energía (USD)*

*P* → *Facturación de demanda (USD)*

*PIT* → *Pérdidas en transformadores (USD)*

*C* → *Comercialización (USD)*

*PBFP* → *Penalización por bajo factor de potencia (USD)*

Para la facturación, la distribuidora tiene la obligación de tomar lecturas al consumidor regulado conforme la tarifa establecida en el presente Pliego Tarifario, sobre la base de mediciones directas y mensuales, que corresponden a periodos de lecturas mayor o igual a 28 días y menor o igual a 33 días; de modo que se emitan como máximo doce facturas al año (ARCONEL, 2020 pág. 18).

La distribuidora debe enmarcar los cronogramas de las fechas de toma de lectura conforme el concepto “mes de consumo”. La distribuidora tiene la facultad de utilizar un consumo estimado, únicamente para las excepciones definidas en el Artículo 40 de la Ley Orgánica de Defensa al Consumidor. En la planilla debe constar exclusivamente el valor de la factura por servicio público de energía eléctrica; así como de aquellos subsidios, rebajas y/o compensaciones otorgadas por el estado ecuatoriano (ARCONEL, 2020 pág. 19).

Para poder realizar el valor a pagar por el consumo de energía eléctrica la empresa eléctrica determina según el sector en el que está el medidor puede ser: residencial, comercial, industrial u otros. Además, se hace de acuerdo con las distribuidoras de energía eléctrica proveedoras del servicio. En ese pago se incluye el valor por alumbrado público ornamental, que es la iluminación en plazas, parques, iglesias o monumentos (ARCONEL, 2020 pág. 19).

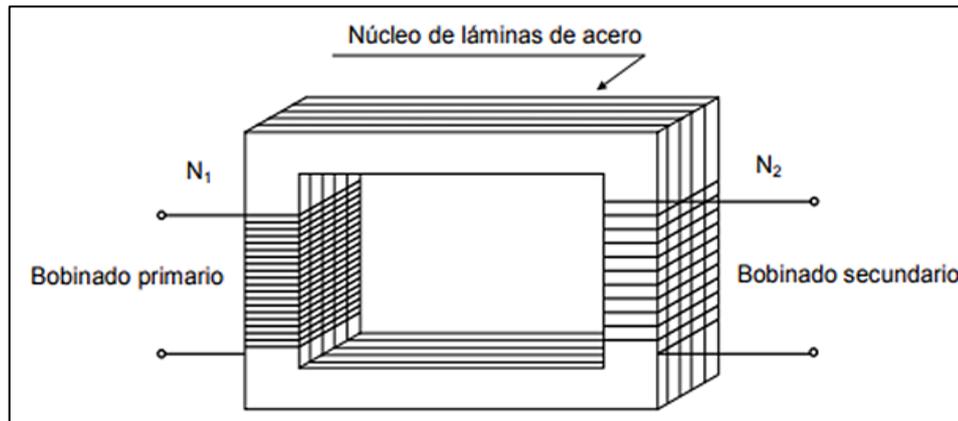
## **2.9 Clases de transformadores**

Estos se describen en la siguiente sección:

### **2.9.1 Transformadores monofásicos**

Básicamente está formado por un núcleo compuesto de láminas de hierro y dos bobinados, a los cuales denominaremos primario y secundario. El bobinado primario con “N1” espiras es aquel

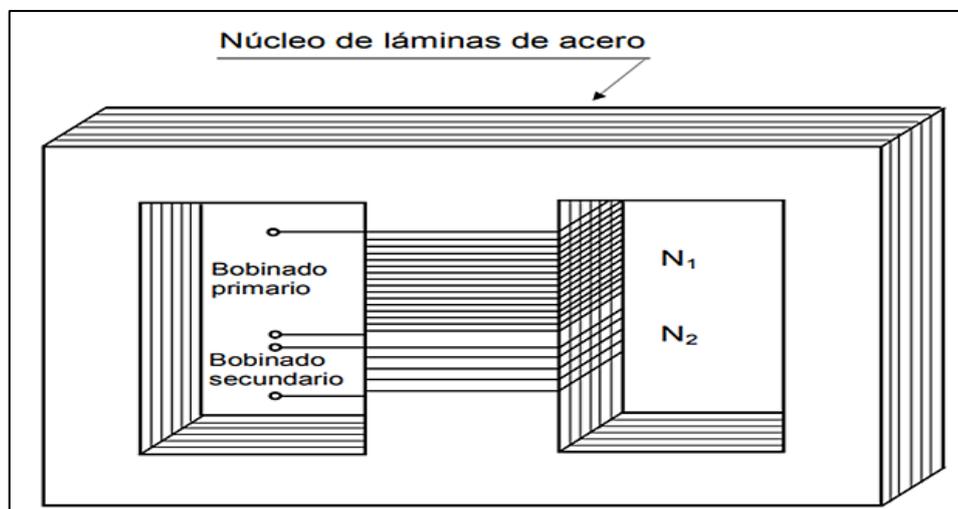
por el cual ingresa la energía y el secundario con “N2” espiras es aquel por el cual se suministra dicha energía (ÁLVAREZ, 2016 pág. 2).



**Figura 2-2:** Esquema de un transformador monofásico de tipo de núcleo

Fuente: (ÁLVAREZ, 2016)

En la figura 2-2, podemos observar el esquema de un transformador del tipo de núcleo y en la figura 3-2, un transformador del tipo acorazado, en el cual los dos bobinados se ubican en la rama central, logrando con este sistema reducir el flujo magnético disperso de ambos bobinados, colocando generalmente el bobinado de baja tensión en la parte interna y el de mayor tensión rodeando a este en la parte externa (ÁLVAREZ, 2016 pág. 3).



**Figura 3-2:** Esquema de un transformador monofásico acorazado

Fuente: (ÁLVAREZ, 2016 pág. 2)

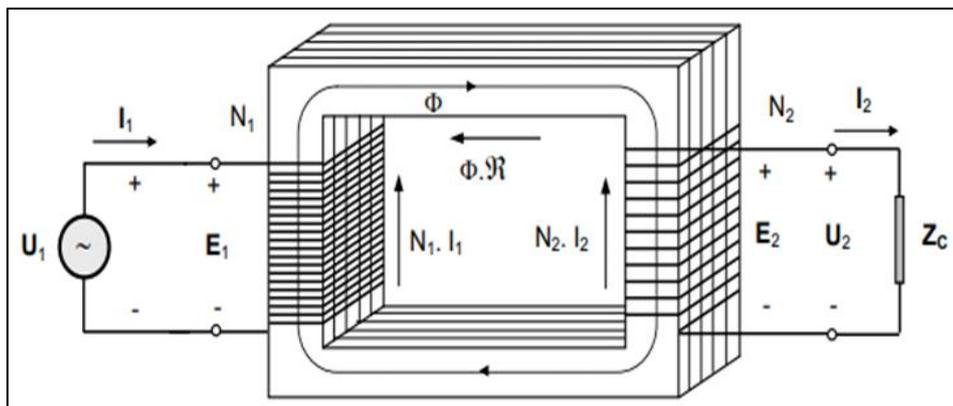
### 2.9.2 Transformador monofásico ideal

Para analizar un transformador, vamos a iniciar su estudio suponiendo que el mismo es ideal, por lo que debe presentar las siguientes características (ÁLVAREZ, 2016 pág. 123):

- Las bobinas primaria y secundaria no tienen resistencia óhmica.
- Todo el flujo magnético se encuentra en el núcleo de láminas de acero.
- El núcleo no tiene reluctancia.
- El núcleo no tiene pérdidas por corrientes parásitas ni por histéresis.

### 2.9.3 Transformador con núcleo real

Cuando el circuito secundario está abierto, se requiere una corriente en el primario para producir el flujo magnético en el núcleo. Esta corriente la podemos analizar mediante dos componentes el primero si la corriente de magnetización, necesaria para producir el flujo en el núcleo. Este valor del flujo magnético depende de la tensión aplicada despreciando las caídas de tensión en la resistencia del bobinado primario y de los efectos del flujo disperso, luego la relación entre el flujo magnético y la corriente de magnetización está dada a través de la curva de imanación del material (ÁLVAREZ, 2016 pág. 128).



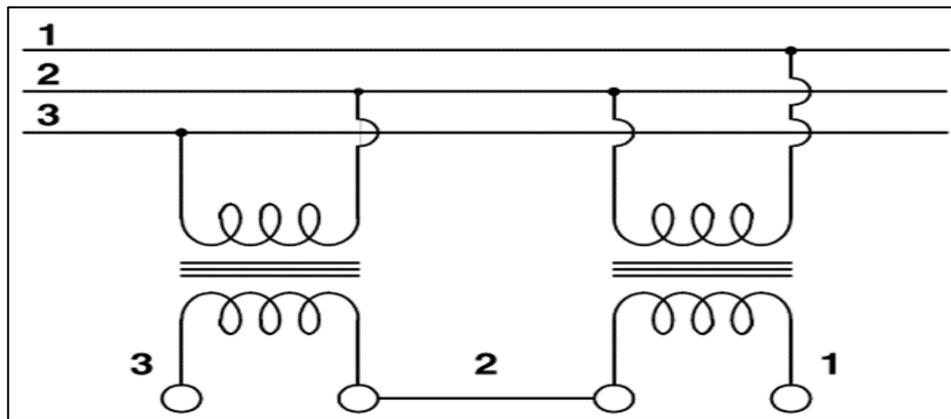
**Figura 4-2:** Fuerzas magnetomotrices con circulación de corriente en el secundario

Fuente: (ÁLVAREZ, 2016 pág. 129)

### 2.10 Transformadores especiales

A diferencia de los transformadores comúnmente conocidos por núcleo de hierro, los transformadores especiales emplean material ferromagnético que se compone de materiales como el hierro, bromo, y bario, estroncio o molibdeno, el cual posee mejor aleación junto con un tratamiento térmico aumentando las propiedades magnéticas, una resistividad mayor y lo más importante que en su núcleo sufre menores pérdidas. Los núcleos de ferrita ayudan a la construcción de transformadores de alta eficiencia, y son empleados en fuentes conmutadas operando en frecuencias muy mucho más elevadas que las de la red de corriente alterna. Para la tensión de alimentación en el primario se emplea instalaciones polifásicas lo que quiere decir que los arrollamientos de las distintas fases se entrelazan entre sí de forma compleja con estructuras propias dando como resultado conexiones de mayor complejidad sus aplicaciones se requieren en altas potencias y lo que es el en campo de las redes industriales (AMALFA, 2007 pág. 159).

Para los transformadores de redes trifásicas se puede emplear tres transformadores monofásicos en lugar de un monofásico, nos facilita dar un mantenimiento preciso a cada uno de los transformadores por separado, sin afectar al total funcionamiento de la red. Por ende, la instalación de estos es en disposición triángulo, si llegara a faltar alguna de las ramas la conexión resultante se conoce como triángulo abierto o conexión tipo V como se muestra a continuación (AMALFA, 2007 pág. 159).

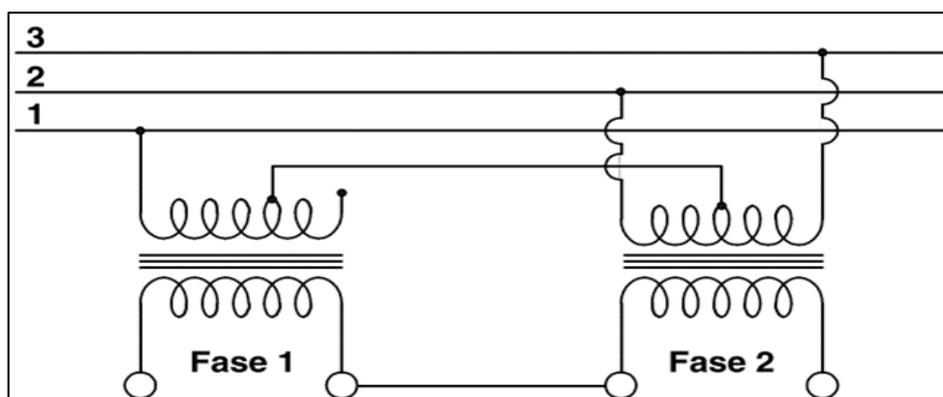


**Figura 5-2:** Conexión en V o triángulo abierto

Fuente: (AMALFA, 2007 pág. 160)

En la figura 5-2, podemos observar que entre la fase 1y3 falta el transformador que normalmente se intercala, si bien el sistema sigue funcionando ya que cada uno de los transformadores restantes se reparte la carga correspondiente al faltante de tal manera que se restringe el consumo del secundario (AMALFA, 2007 pág. 160).

Además, es posible convertir de una red trifásica a una bifásica con el uso de los transformadores conectados en topología Scott, en comparación a otras redes que permiten el paso de una red monofásica a trifásica a Hexa fásica con el empleo de un conexionado llamado de doble triángulo o su variante de doble estrella (AMALFA, 2007 pág. 160). A continuación, se muestra la siguiente figura 6-2.



**Figura 6-2:** Conexión para topología Scott para conversión trifásica a bifásica

Fuente: (AMALFA, 2007 pág. 161)

## **2.11 Transformadores tipo pedestal**

Es el conjunto formado por un transformador de distribución con un gabinete integrado en el cual se incluyen accesorios para conectarse en sistemas de distribución subterránea, este conjunto está destinado para instalarse en un pedestal y para servicio en intemperie (MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD, 2017 pág. 4).

El diseño y la fabricación de los transformadores deben ser tal que estos operen con seguridad y no generen peligro o riesgo para las personas, siempre que se utilicen en condiciones normales de funcionamiento, tal y como se define en el reglamento técnico (MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD, 2017 pág. 4).

## **2.12 Diferencia de los transformadores Padmounted y Convencional**

En la tabla 4-2, se demuestra una comparación entre los transformadores de tipo Padmounted y un transformador tipo convencional el cual indica las características de cada uno de ellos así también sus diferencias las cuales caracteriza al transformador.

Se debe conocer claramente cuáles son sus aplicaciones en el campo industrial para poder asegurar su funcionamiento adecuado junto con la calidad de energía que éstos necesitan. Los transformadores en su composición y dependiendo del nivel de calidad de kVA a suministrar su costo varía de acuerdo con las necesidades a las cuales este va a transformar la energía. En cuanto a su forma de instalación entre en transformador tipo Padmounted y el transformador de tipo convencional son muy diferentes el uno sus líneas de alimentación son subterráneas mientras que en el convencional sus líneas de alimentación son aéreas.

## **2.13 Centros de transformación tipo pedestal**

En los transformadores de tipo pedestal específicamente en los transformadores Padmounted están constituidos por cabinas metálicas fabricadas con láminas de acero al carbono bajo proceso de soldadura tipo MIG. En el interior de la cabina estará incluido el transformador, los terminales de cable de medio y bajo voltaje, terminales para conexión de pararrayos y las protecciones que a continuación se menciona (NEC, 2013 pág. 15):

- Pararrayos.
- Breaker sumergido en aceite.
- Fusible de distribución.
- Fusible de respaldo.
- Fusible bay-o-net.
- Fusible limitador de corriente.

- Los cables de entrada y salida de medio y bajo voltaje ingresarán a la cabina por su parte inferior, a través del pozo que se construirá en la base del transformador.

**Tabla 3-2:** Transformador Padmounted y convencional

<b>Transformador Padmounted</b>	<b>Transformador Convencional</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son diseñados para servicio subterráneo y exteriores montados sobre una base de concreto.</li> <li>• El transformador es armado con los compartimientos de alta y baja tensión separados, y equipados con puertas frontales.</li> <li>• Están diseñados para ser resistentes al agua y su alimentación debe ser mediante redes subterráneas</li> <li>• El compartimiento de alto voltaje no es accesible mientras la puerta del compartimiento de baja tensión este abierta. El compartimiento de baja tensión tiene una provisión para que el usuario instale un candado para seguridad.</li> <li>• Factores principales para elegir el transformador: por su estética y grado de seguridad</li> <li>• Se requiere de un espacio reducido para su instalación.</li> <li>• Todas las partes vivas se encuentran en compartimientos totalmente bloqueados adecuadamente por seguridad.</li> <li>• Una cubierta sobre la toma del tanque es accesible a través del gabinete y proporciona la protección contra daños por vandalismo y el medio ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poseen elementos de conexión, protección y maniobra incorporados.</li> <li>• Poseen elementos propios de una subestación que protegen el equipo.</li> <li>• Se emplean en aquellos casos en que por seguridad, espacio o estética es necesario alimentarlos con cable seco apantallado subterráneo por medio de cárcamos y van instalados sobre una base o loza de concreto llamada pedestal.</li> <li>• Transformadores tipo poste ubicados en las redes de distribución o tipo subestación para montaje en piso.</li> <li>• Sumergidos en aceite aislante para ser utilizados en redes con conexiones en delta o en estrella, con tensión en el lado de alimentación hasta 46 kVA, BIL máximo de 250 kVA y potencias disponibles desde 15 kVA hasta 5000 kVA.</li> </ul>
<b>Aplicaciones</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se utiliza en industrias, comercios, instituciones gubernamentales.</li> <li>• Pequeños y medianos comercios de comida rápida y mall.</li> <li>• Ideales para turbinas de viento para granjas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se aplican en subestaciones transformadoras</li> <li>• Centrales de generación</li> </ul>
<b>Costo</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para un transformador tipo Padmounted de 50 Kva; 2,250 dólares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para un transformador convencional de 45 kVA; 1,400 dólares. El porcentaje de diferencia de los costos entre el transformador tipo padmounted y transformador tipo convencional es en un 62,22%</li> </ul>

**Fuente:** (EQUISET S.A, 2010 pág. 1), (RYMEL, 2017), (LLUMIGUÍN SARZOSA, 2014 pág. 19)

**Realizado por:** Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

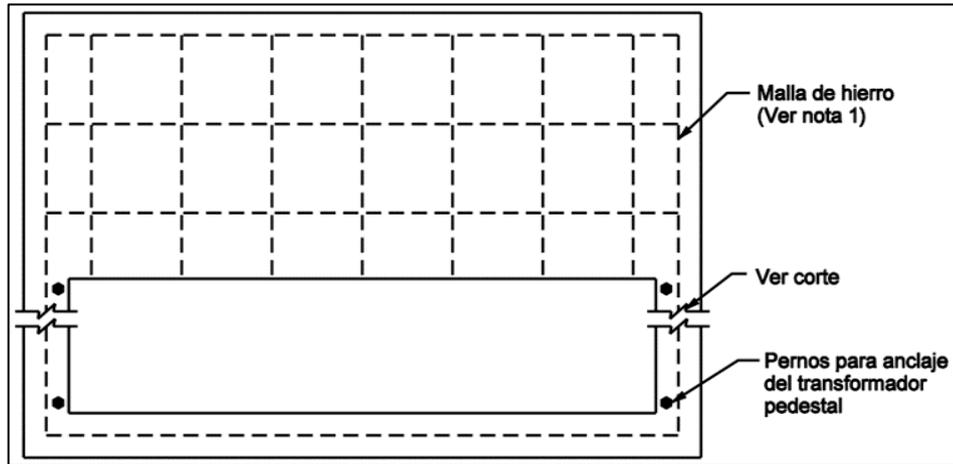
### **2.13.1 Obra eléctrica**

Comprende en un conjunto de elementos a considerar para la elaboración de una instalación eléctrica y estos se describen en los siguientes apartados.

#### **2.13.1.1 Malla a tierra**

Para su puesta a tierra debe cumplir las exigencias y requerimientos de una cámara de transformación, depende mucho del tipo de edificación para el montaje de un centro de transformación, puede ser de tipo convencional o tipo pedestal Padmounted. Consiste en la colocación de la malla y varillas de puesta a tierra de acuerdo con los diseños indicados en las

normas de la empresa distribuidora, previéndose las derivaciones necesarias para las conexiones a tierra del neutro del transformador (NEC, 2013 pág. 16).



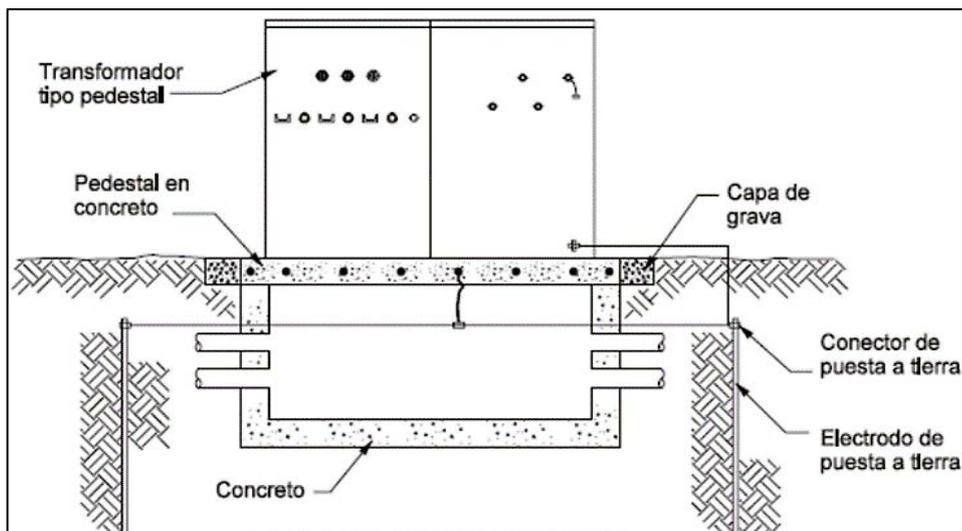
**Figura 7-2:** Malla a tierra de pedestal de concreto

Fuente: (QUIROGA, 2014 pág. 11)

### 2.13.1.2 Conexiones a tierra

Esta comprendido la instalación de todas las conexiones del neutro del transformador, la carcasa de este y de todos los elementos metálicos requeridos a la malla de tierra instalada previamente (NEC, 2013 pág. 16).

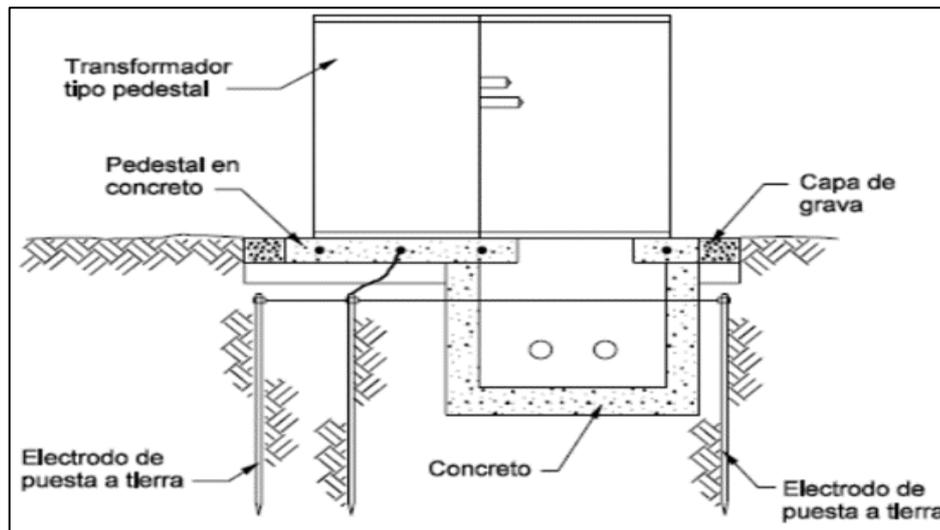
El número de varillas dependerá de la resistividad del terreno y de la resistencia del sistema de puesta a tierra. El tipo de configuración del sistema de puesta a tierra será definido por el área, resistividad del terreno y el valor de resistencia mínimo a cumplir. Las conexiones de puesta a tierra se harán con soldadura exotérmica o con los conectores aprobados por norma (MAGNETRON S.A.S, 2018 pág. 7).



**Figura 8-2:** Montaje pedestal en concreto en vista frontal

Fuente: (MAGNETRON S.A.S, 2018 pág. 7)

El tanque o chasis del transformador se conectará también al sistema de puesta a tierra. A esta tierra se deben conectar sólidamente todas las partes metálicas que no transporten corriente y estén descubiertas. El número de varillas dependerá de la resistividad del terreno y de la resistencia del sistema de puesta a tierra. El tipo de configuración del sistema de puesta a tierra será definido por el área, resistividad del terreno y el valor de resistencia mínimo a cumplir. Las conexiones de puesta a tierra se harán con soldadura exotérmica o con los conectores aprobados por norma (MAGNETRON S.A.S, 2018 pág. 7).



**Figura 9-2:** Sistema de puesta a tierra en vista lateral

Fuente: (MAGNETRON S.A.S, 2018 pág. 7)

### 2.13.1.3 Ubicación

La cámara de transformación dentro de edificaciones, deben estar ubicadas en un sitio de fácil acceso desde el exterior con el fin de facilitar las labores de mantenimiento como revisión e inspección al personal técnico calificado (NEC, 2013 pág. 15).

La Norma Ecuatoriana de Construcción recomienda ubicar la cámara de transformación en un lugar con facilidades de ventilación natural, evitando el riesgo de inundación. Si los centros de transformación son ubicados en semisótanos y sótanos que contengan muros de contención deben ser debidamente impermeabilizados para evitar humedad y oxidación (NEC, 2013 pág. 15).

En las zonas adyacentes a los Centros de Transformación está prohibido el almacenamiento de combustibles y productos químicos peligrosos. Por dentro del cuarto de las Cámaras de Transformación está prohibido que crucen canalizaciones de agua, gas natural, aire comprimido, gases industriales o combustibles, excepto las tuberías de extinción de incendios y de refrigeración de los equipos de la subestación (NEC, 2013 pág. 15).

Las puertas de la cámara de transformación deben abrir hacia afuera de la cámara. Frente a la puerta de la cámara de transformación debe existir un espacio de maniobra y/o seguridad de mínimo 1,20m, que permita fácil acceso a la cámara para mantenimiento futuro. La cámara de transformación puede estar montada sobre suelo firme o sobre una losa intermedia. En edificios con más de un subsuelo, se recomienda ubicar la cámara en el primer subsuelo. Una vez concluidos los trabajos de obra civil y eléctricos de la cámara de transformación, estos serán recibidos por la Empresa Suministradora Local para dar inicio al trámite de energización (NEC, 2013 pág. 15).

### 2.13.2 Cámara de transformación convencional

Deben estar conformadas por un cuarto cuyas dimensiones dependen del voltaje de la acometida en la tabla 4-2, se nos indica:

**Tabla 4-2:** Tensiones y dimensiones nominales

Dimensiones		
Voltaje	Largo, ancho, alto	Puerta
6300V	240x220x270 cm	140x230 cm
23000V	400x300x360 cm	160x230 cm

Fuente: (CONEJO NAVARRO, 2007 pág. 136)

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

Antes de iniciar los trabajos tanto de obra civil como de obra eléctrica, relativos a la construcción de la cámara de transformación se debe tener el proyecto eléctrico debidamente aprobado por la empresa suministradora local quien nombrará al fiscalizador respectivo que deberá hacer una inspección previa al inicio de las obras a realizarse (NEC, 2013 pág. 16).

### 2.13.3 Obra civil

Desarrollo de infraestructuras para las poblaciones, algunos de sus elementos se mencionan en el siguiente apartado.

#### 2.13.3.1 Hormigón

Para la obra civil se tomará en cuenta todas las normativas las cuales garanticen la seguridad de los equipos encerrados en la cámara. En el caso que no esté integrada al edificio se deberá calcular y construir todos los elementos de hormigón armado tales como: columnas, cadenas, vigas y losas. Además, se considera los elementos de hormigón simple tales como: fundamentos de equipo, canales de cables, rampas de acceso, gradas, pisos interiores. El transformador se montará sobre una base rodeada por un canal de acuerdo con los planos particulares de cada caso este canal deberá rellenarse de ripio lavado # 2 (NEC, 2013 pág. 15).

### *2.13.3.2 Puerta y cerraje*

Todo en cuanto se refiere a la colocación de la puerta de acceso a la cámara que será de hierro perfilado recubierto con lámina de tol, según el diseño de las normas de la empresa suministradora local; la puerta llevará una seguridad con pasador para candado y picaportes de fijación en una de las hojas, incluyendo la colocación de ventiladores consistentes en bastidores de hierro perfilado y varillas de protección de 12mm Ø, anclado en las paredes con elementos del mismo hierro, recubierto de malla metálica formada por alambre galvanizado N°16. Constará de una ventana de malla será de las dimensiones que constan en los planos para cada caso. Se colocará las estructuras metálicas para fijación de los elementos eléctricos serán perfiles de hierro ángulo de al menos 60mm de ancho por 5mm de espesor (NEC, 2013 pág. 15).

## **2.14 Pérdidas de un transformador**

Compuesto por los mencionados en el siguiente apartado.

### ***2.14.1 Pérdidas sin carga (Po)***

La potencia activa absorbida cuando el voltaje nominal a la frecuencia nominal se aplica a los terminales de uno de los devanados estando el otro a los otros devanados en circuito abierto (INEN, 2013 pág. 5).

### ***2.14.2 Pérdidas de carga (Pc)***

Estos pueden ser de dos tipos como los que se menciona en el siguiente apartado.

#### ***2.14.2.1 Transformadores con dos devanados***

La potencia activa absorbida a la frecuencia nominal, cuando la corriente nominal fluye a través de los terminales de línea de uno de los devanados estando el otro en cortocircuito. Lo cual el valor debe ser referido a la temperatura dada en la siguiente tabla 4-2 (INEN, 2013 pág. 5).

#### ***2.14.2.2 Transformadores con más de dos devanados***

La potencia activa absorbida a la frecuencia nominal, cuando la corriente nominal del devanado par considerado con potencia nominal más baja fluye a través del o los terminales de línea de una de los devanados, estando los terminales del otro devanado del mismo par en corto circuito y los devanados restantes en circuito abierto. Los valores obtenidos para los diferentes pares de devanados deben ser referenciados a la temperatura dada en la tabla siguiente (INEN, 2013 pág. 5).

**Tabla 5-2:** Temperatura de referencia

Clase térmica del aislamiento	Calentamiento (°C)	Temperatura de referencia (°C)
A	60	85
A	65	
E	75	
B	80	
F	100	115
H	125	
	150	

Fuente: (INEN, 2013 pág. 5)

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

### 2.14.3 Pérdidas totales (Pt)

Es la suma de las pérdidas sin carga y las pérdidas con carga, para los transformadores con más de dos devanados, las pérdidas totales se refieren a una combinación de cargas específicas. Las pérdidas del equipo auxiliar no están incluidas no están incluidas en las pérdidas totales, se establecen por separado (INEN, 2013 pág. 5).

### 2.15 Diagnóstico de las pérdidas de energía

En cuanto a los transformadores de alta potencia su aspecto físico puede ser muy diferente de lo tradicional corresponde a pequeños transformadores tanto domésticos como industrias de baja potencia mucho dependerá a los requerimientos y condiciones de instalación (MDP, 2019 pág. 24).

A continuación, se puede observar la tabla 6-2, en la que caracterizan las pérdidas de energía de un transformador dependerá mucho el estado en el cual se encuentra puede ser en vacío o en carga, junto con la magnitud a la cual está considerada las pérdidas las mismas que afectan al estado de la calidad de la energía eléctrica. Por lo que para su mejor determinación de estas pérdidas se indican el lugar específico donde la podemos localizar dentro del transformador (MDP, 2019 pág. 24).

En vacío la corriente secundaria de un transformador es nula y principalmente se considera que solo existen las pérdidas en el cobre del devanado primario producida por la pequeña corriente primaria y las pérdidas en el hierro debidas a la histéresis y corrientes de Foucault. Al conectarse una carga en bornes del secundario, se establece una corriente en el devanado secundario, la cual se refleja en el devanado primario incrementando la corriente primaria a efectos de mantener el flujo exigido por la ley de Faraday en el primario, la cual contendrá ahora además de la corriente de vacío, la componente de carga (MDP, 2019 pág. 24).

**Tabla 6-2:** Pérdidas de energía en el transformador en vacío y carga

Estado del transformador	Magnitud considerada	Pérdidas por	Localización
En vacío	Flujo mutuo	Histéresis magnética	Chapas Bulonería de accesorios
		Corrientes De Foucault	Chapas Bulonería de accesorios
	Flujo total primario	Efecto superficial	Conductores
	Corriente primaria	Efecto Joule	
	Corriente de fugas	Conducción dieléctrica	Aislantes
	Flujo electrostático	Histéresis dieléctrica	
En carga	Flujo mutuo	Histéresis magnética	Chapas Bulonería de accesorios
		Corrientes de Foucault	Chapas
	Corriente secundaria	Efecto de Joule primario	Conductores
	Incremento de la corriente primaria	Aumento del efecto Joule primario	
	Flujo total primario Flujo total secundario	Efecto superficial	Conductores

Fuente: (MDP, 2019 pág. 24)

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

Por ello en carga las pérdidas en el cobre primario aumentan, y además tendremos las pérdidas en el cobre secundario, ambas son función de la corriente al cuadrado y se denominan pérdidas variables pues dependen del estado de carga del transformador, en contraposición con las pérdidas en el hierro que son fijas a tensión y frecuencia constantes (MDP, 2019 pág. 24).

Debido a las pérdidas, el transformador entrega en el secundario una potencia activa  $P_2$  que resulta menor que la potencia activa de entrada en bornes del primario  $P_1$  en el valor de la variación de las pérdidas (MDP, 2019 pág. 24).

## 2.16 Propiedades de las cargas

Las cargas se definen por las condiciones de funcionamiento de las redes de distribución, por ende, necesitan de un control ya que estas constituyen directamente en el sistema de potencia, evitando una caída del sistema (ORELLANA MALAVÉ, y otros, 2017 pág. 35).

### 2.16.1 Carga instalada o capacidad nominal

Se entiende como la sumatoria de las potencias nominales de los equipos instalados a las líneas que suministran las cargas conectadas a un sistema o a un subsistema.

## 2.17 Cálculo de la potencia

Dentro del estudio de análisis de la energía en el transformador instalado se realizará la toma de datos técnicos de todo el edificio para lo cual necesitamos saber el número exacto de lámparas y tomacorrientes existentes. Con las siguientes fórmulas dadas a continuación se puede calcular la potencia nominal de las instalaciones. Para las lámparas se tiene la ecuación 2-1.

$$\frac{\# \text{ de lámparas} * \text{potencia unitaria}}{0,9}$$

**Ecuación 2-1**

Ecuación 3-1, para los tomacorrientes.

$$= \# \text{ de Tomacorrientes} * 180\text{W} * 0,25$$

**Ecuación 3-1**

A continuación, se suman el total de potencia de las lámparas más el total de tomacorrientes y se divide para 0,8. Se tiene la ecuación 4-1.

$$= \frac{\text{Total de consumo de lámparas} + \text{Total consumo de tomacorrientes}}{0,8}$$

**Ecuación 4-1**

Se suman cargas adicionales tales como bomba de agua, ascensor y se multiplica por 0,7 que es el factor de coincidencia. De esta manera se calcula la potencia nominal dentro de una instalación eléctrica. Lo cual ayuda mucho en el cálculo y desarrollo para la calidad de energía.

## **2.18 Método de ensayo para eficiencia energética**

Para verificar el cumplimiento de la eficiencia energética establecida en el numeral 4.3, los transformadores monofásicos y trifásicos de distribución tipo poste, subestación, pedestal (padmounted) y sumergibles auto enfriados en líquido aislante, objeto de este reglamento técnico, deberán cumplir con lo siguiente (MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD, 2017 pág. 6):

Para las pruebas de pérdidas en vacío, los transformadores de distribución monofásicos y trifásicos tipo poste, subestación, pedestal (padmounted) y sumergibles auto enfriados en líquido aislante deben cumplir con lo establecido en las Normas NTE INEN 2113 y NTE INEN 2111 (MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD, 2017 pág. 6).

### **2.18.1 Cálculo de la eficiencia**

Para la determinación de la eficiencia se deben considerar las pérdidas en vacío y debidas a la carga, referidas a un factor de carga (FC) del 80 %, derivadas de la medición de las pérdidas al 100 % de la carga y corregidas (a 85 °C) y un factor de potencia unitario de acuerdo con la ecuación siguiente:

$$\%E = \frac{S100 \times (P_o \times FC \times P_n \times 1000)}{(FC \times P_n \times 1000) + P_o + (P_c \times FC^2 \times T)}$$

**Ecuación 5-1**

Donde:

$\%E$  = Eficiencia en porcentaje

FC = Factor de carga

$P_n$  = kVA (capacidad nominal)

$P_o$  = Perdidas en vacío a temperatura ambiente, W

$P_c$  = Perdidas debidas a la carga a temperatura de referencia (a 85° C), W

T = Factor de corrección para las pérdidas de carga a 70 ° C (0,952332).

La capacidad nominal debe estar en función de los valores de voltaje, frecuencia y corriente eléctricos nominales que se utilizaron para el cálculo de las pérdidas y considerando un factor de potencia unitario.

### ***2.18.2 Especificaciones de eficiencia energética***

Los transformadores monofásicos y trifásicos de distribución tipo poste, subestación, pedestales (Padmounted) y sumergibles auto enfriados en líquido aislante, deben cumplir con los valores de eficiencia especificados en la tabla 7-2.

**Tabla 7-2:** Porcentaje de eficiencia mínima de pérdidas en el transformador

Alimentación	Potencia nominal kVA	Clase de aislamiento	
		MV ≤ 25 kV	25kV < MV ≤ 34,5kV
Monofásicos	3	97,42	—
	5	97,88	—
	10	98,30	—
	15	98,48	97,63
	25	98,65	98,02
	37,5	98,76	98,28
	50	98,83	98,43
	75	98,93	98,63
	100	99,00	98,76
167	99,10	98,95	
Trifásicos	15	97,79	—
	30	98,17	—
	45	98,32	—
	50	98,35	—
	60	98,41	—
	75	98,47	98,01
	100	98,55	—
	112,5	98,58	98,19
	125	98,60	—
	150	98,65	98,31
	160	98,59	—
	200	98,66	—
	225	98,69	98,46
	250	98,72	—
	300	98,77	98,56
	350	98,80	—
	400	98,82	98,65
	500	98,86	98,71
	630	98,89	98,78
	750	98,92	98,83
800	98,93	98,84	
1000	98,94	98,85	
1250	98,98	98,90	
1500	99,01	—	
1600	99,02	98,96	
2000	99,04	99,00	

Fuente: (MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD, 2017 pág. 5)

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

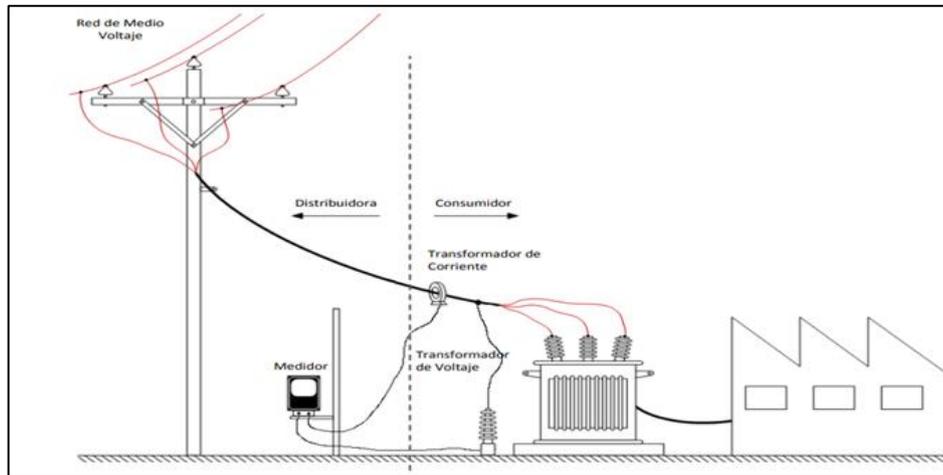
## 2.19 Punto de entrega o de conexión en medio voltaje

Los transformadores monofásicos de distribución tipo pedestal (Padmounted) auto enfriados en líquido aislante, deben cumplir con los requisitos establecidos en las normas NTE INEN 2120 y NTE INEN 2683.

En el montaje del transformador de tipo Padmounted se debe considerar las distancias mínimas requeridas a las cuales se debe someter, para su correcta instalación.

Los transformadores de distribución con capacidades no contempladas en la tabla 8-2, deben ser calculadas con la ecuación 5-1.

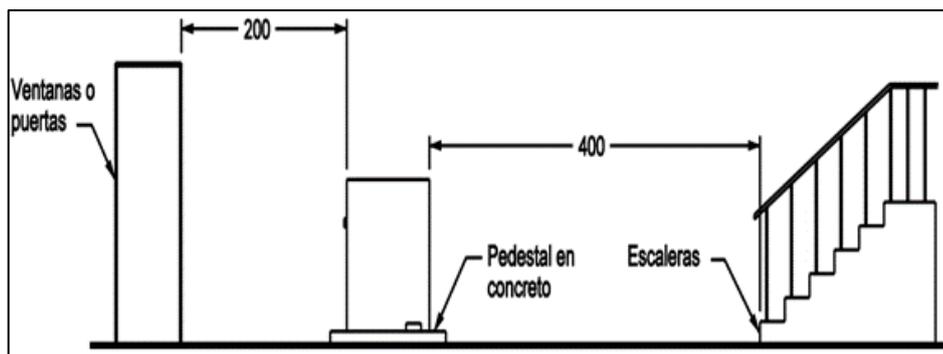
Para los transformadores monofásicos y trifásicos de distribución tipo poste, subestación, pedestales (padmounted) y, sumergibles autoenfriados en líquido aislante, las pérdidas en vacío y debidas a la carga expresadas en vatios, al voltaje, frecuencia y corriente eléctricas nominales no deben exceder los valores máximos establecidos en las Normas NTE INEN 2114 o NTE INEN 2115, según corresponda al producto (MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD, 2017 pág. 6).



**Figura 10-2:** Red de distribución de medio voltaje

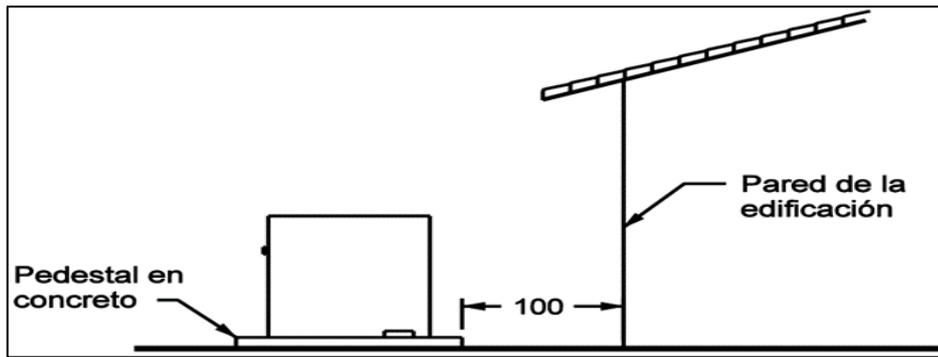
Fuente: (QUIROGA, 2014 pág. 18)

En la figura 11-2, demuestra que el transformador debe estar a una distancia en milímetros de 2m (200 mm) libre que debe existir entre el transformador de pedestal y puertas o ventanas. A una distancia de 4m (400mm) mínima entre el transformador y las escaleras de acceso. El transformador tipo pedestal no deben estar localizados, directamente en frente o debajo de puertas o escaleras (QUIROGA, 2014 pág. 18).



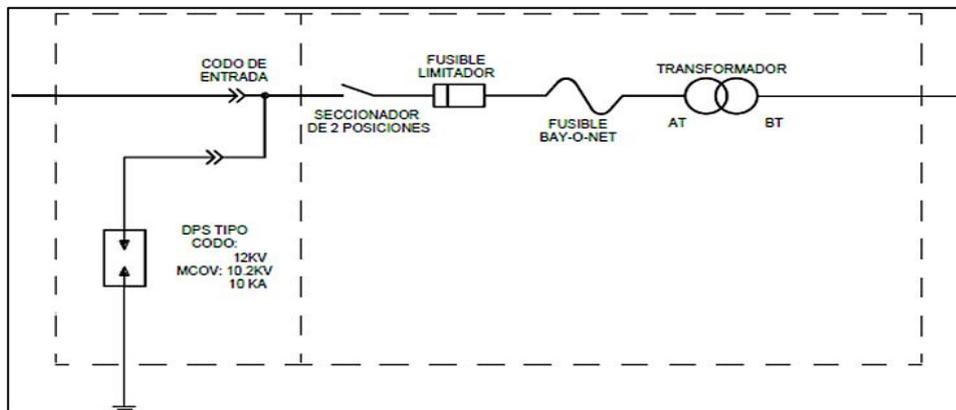
**Figura 11-2:** Montaje del transformador

Fuente: (QUIROGA, 2014 pág. 18)



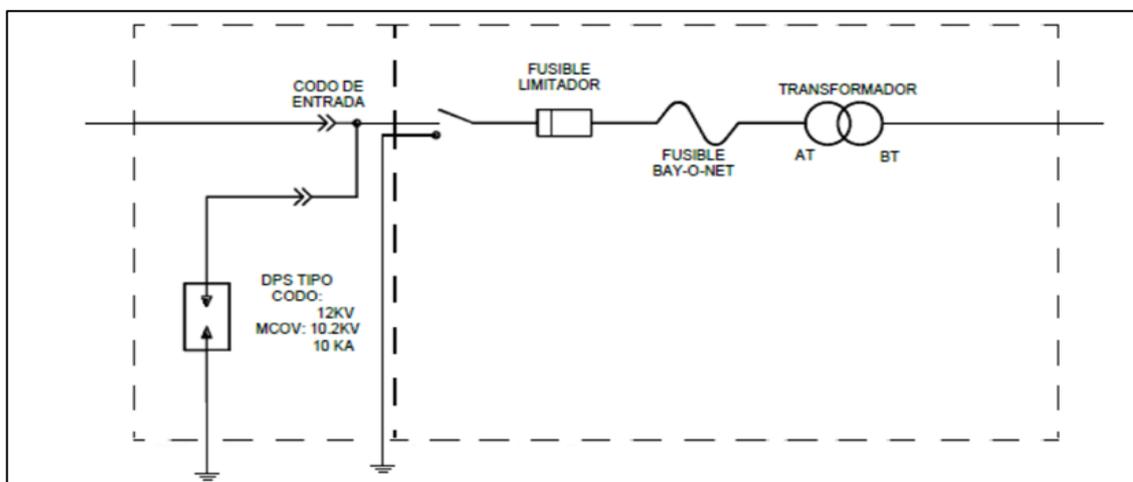
**Figura 12-2:** Distancia mínima a la cual el transformador debe estar instalado

Fuente: (QUIROGA, 2014 pág. 18)



**Figura 13-2:** Diagrama unifilar del transformador trifásico tipo pedestal Padmounted

Fuente: (QUIROGA, 2014 pág. 18)



**Figura 14-2:** Diagrama unifilar transformador trifásico tipo radial con seccionador secuencial

Fuente: (QUIROGA, 2014 pág. 18)

## 2.20 Analizador de calidad de energía

Estos equipos son de alta calidad que nos ofrecen un análisis preciso de datos de la energía eléctrica, ayuda a la detección de perturbaciones armónicas y variaciones de tensión, además del

análisis de la potencia y energía en cargas de línea monofásicas y trifásicas, así como su magnitud al instante.

Los analizadores de redes eléctricas son instrumentos de medida que directamente calculan los diferentes parámetros eléctricos de una red, normalmente en baja tensión como es potencia, energía activa, reactiva, tensión, factor de potencia, además de toma de medidas en motores eléctricos. Dependiendo mucho del modelo de analizador de la calidad de energía disponen de la posibilidad de memorizar y registrar dichos parámetros como es el analizador FLUKE 435 tipo II (CALDERÓN YAUTIBUG, y otros, 2014 pág. 26).

La toma de mediciones se realiza con los equipos de calidad de la energía marca FLUKE, y con ayuda de una pinza amperimétrica marca FLUKE, además de aplicación de normas técnicas como es la resolución N.º ARCONEL 005/18 REGULACION Y CONTROL DE ELECTRICIDAD, que determina que se realizarán las mediciones durante 7 días con intervalos de 10 minutos para poder determinar las diferentes mediciones de datos y gráficos del centro de control en el tablero principal del edificio nuevo de mantenimiento o conocido como aulas 1 (CALDERÓN YAUTIBUG, y otros, 2014 pág. 26).

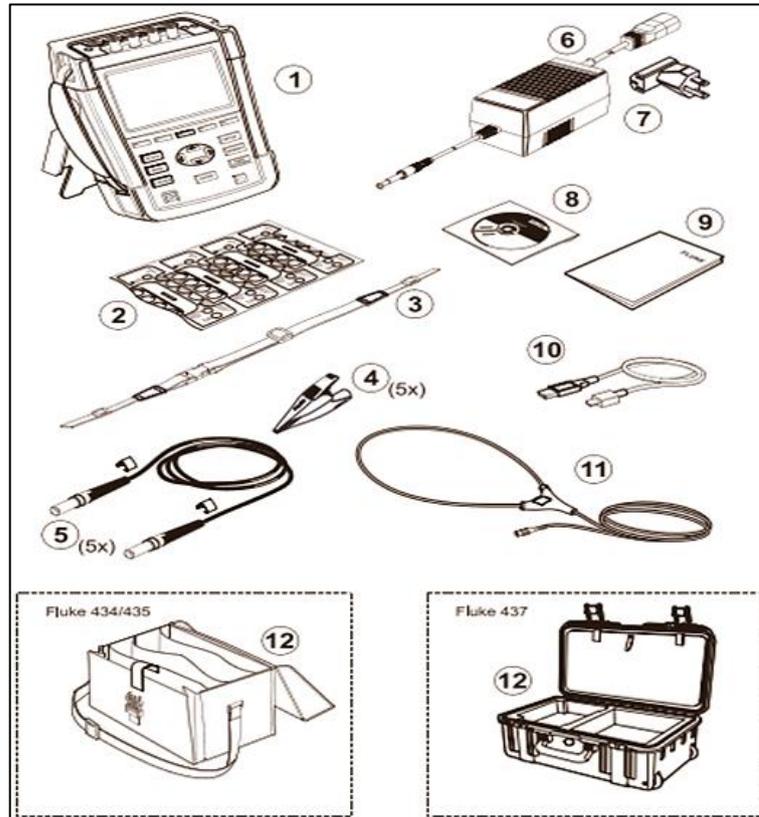
El analizador de energía eléctrica 434-II y el analizador de calidad eléctrica y energía 435-II de Fluke están diseñados para ayudarle a minimizar el tiempo de inactividad, resolver rápidamente problemas de calidad eléctrica y averiguar fácilmente los costes de la pérdida de energía. Los tiempos de inactividad salen caros y por ello es importante obtener los datos necesarios para resolver rápidamente los problemas críticos de calidad eléctrica. El proceso de medida y la salida de datos de los analizadores 434-II y 435-II se han optimizado para ayudarle a obtener fácilmente la información más importante (FLUKE CORPORATION, 2021 pág. 2).

### ***2.20.1 Partes del equipo analizador de energía***

El equipo analizador de energía de redes mide todos los indicadores de calidad de energía como son fluctuaciones, armónicos, corrientes, tensiones y consumo eléctrico, tanto trifásicos como monofásicos en base a un tiempo programado dentro del equipo junto con la programación de una norma establecida, para esto se deberá leer el manual del usuario para el manejo adecuado del mismo (CALDERÓN YAUTIBUG, y otros, 2014 pág. 26).

A continuación, en la figura 15-2 se observa minuciosamente cada parte del analizador marca FLUKE modelo 435 de Tipo II cada parte del equipo tiene una función principal para el adecuado funcionamiento del mismo, se debe inspeccionar en el analizador todas las sondas de tensión y corriente, los cables de prueba y los accesorios para cerciorarse de que no presenten daños mecánicos, además compruebe que el rango de tensión calibrado en el equipo corresponda o

coincida con la tensión y frecuencia de alimentación de la red eléctrica local o a la cual se esté midiendo (FLUKE CORPORATION, 2021 pág. 6).



**Figura 15-2:** Partes del equipo analizador de energía

Fuente: (FLUKE, 2012 pág. 6)

**Tabla 8-2:** Elementos del analizador Fluke

Tabla de elementos de analizadores FLUKE 435 tipo II	
N.º	Descripción
1	Analizador de calidad de la energía FLUKE 435 tipo II, junto con correa lateral
2	Juego de etiquetas de tomas de entrada
3	Correa
4	Cinco pinzas de cocodrilo
5	Cables de prueba, 2,5m, + juego de pinzas codificadas por colores
6	Adaptador de red
7	Juego de adaptadores de enchufe de red
8	Manual
9	CD-ROM, con instalador de software Power-Log junto con controladores de USB
10	Cable de interfaz USB para conexión al pc
11	Sonda de corriente de CA 6,000A flexibles
12	Estuche de transporte flexible C1740, maletín rígido con ruedas para analizador 435

Fuente: (FLUKE, 2012 pág. 6)

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

## 2.21 Información técnica del equipo

Las funciones del analizador permiten escoger que tipo de análisis se realizará en el estudio de la calidad de la energía dentro del edificio a continuación en la figura 16-2, se muestra las funciones para más claridad.



**Figura 16-2:** Información de las partes del equipo analizador de energía

Fuente: (CALDERÓN YAUTIBUG, y otros, 2014 pág. 27)

### 2.21.1 Supervisión para la calidad de la energía

La calidad de la energía eléctrica o supervisión del sistema muestra una pantalla de gráficos de barras. Esta pantalla muestra si parámetros importantes de calidad de la energía eléctrica cumplen los requisitos. Entre los parámetros se incluye:

- Tensiones RMS
- Armónicos
- Parpadeo
- Caídas de tensión/Interrupciones/Cambios rápidos de tensión/Subidas de tensión (DIRS)
- Desequilibrio/Frecuencia/Transmisión de señales.

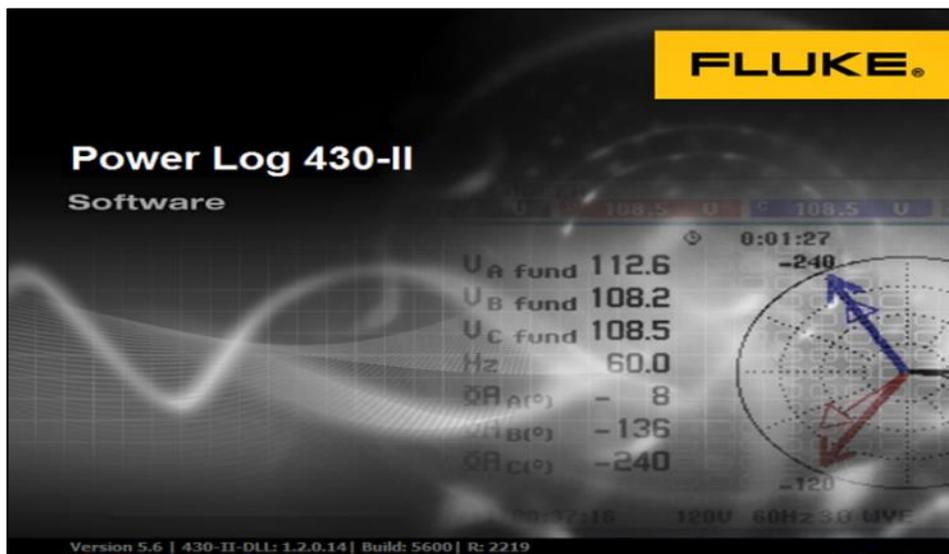
La supervisión se inicia mediante un menú para seleccionar inicio inmediato o temporizado de la medida. Cuando se selecciona inicio temporizado, se utiliza una sincronización con el reloj de tiempo real de 10 minutos. La supervisión de la calidad de la energía eléctrica se realiza normalmente durante un periodo de observación prolongado. La duración mínima de la medida es de 2 horas. El periodo de medida habitual es de 1 semana. El analizador supervisa constantemente la tensión rms momentánea. Calcula una media a partir de estos valores de medida en periodos de observación de 10 minutos. Las medias de 10 minutos se comparan con el rango de tolerancia (FLUKE, 2012 pág. 81).

El límite del 100% significa que las medias de 10 minutos deben encontrarse siempre dentro del rango, es decir, 100% de tiempo o con una probabilidad del 100%. El gráfico de barras cambiará a color rojo si una media de 10 minutos traspasa el rango de tolerancia. El límite ajustable, por ejemplo, el 95% (es decir, probabilidad del 95%) significa que un 95% de las medias de 10

minutos debe encontrarse dentro de la tolerancia. El límite del 95% es menos estricto que el del 100%. Por tanto, el rango de tolerancia relacionado es normalmente más ajustado. Para 120 V, esto, por ejemplo, puede ser + o - 10% (un rango de tolerancia entre 108 y 132 V) (FLUKE CORPORATION, 2021 pág. 81).

## 2.22 Software

Una vez tomado los datos necesarios de acuerdo a los rangos límites dentro de las normas establecidas y guardados adecuadamente en el analizador se necesita descargar los datos tomados en el analizador se deberá guardar con un nombre en cual podamos identificar al momento de descargar los datos, una de las herramientas que nos ayuda es el software Power-Log una vez instalado en nuestra computadora podemos realizar la descarga de los datos al instalador el cual nos demuestra el análisis de las mediciones registradas para su pertinente evaluación y para poder generar un informe de los resultados de las gráficas obtenidas con la ayuda del equipo.



**Figura 17-2:** Software Power-Log 435 II versión 5.2

**Fuente:** Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

## 2.23 Diagrama de conexión

En el analizador de energía se realizan tanto en conexiones trifásicas, bifásicas, monofásicas consta de cinco salidas de voltaje y cuatro salidas de amperios, puesta a tierra, neutro en base a la norma EN 50160 que trata de las características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución. Es de suma importancia que el código de colores se rija adecuadamente acorde a la tensión como los amperajes para evitar tomar las medidas incorrectas.

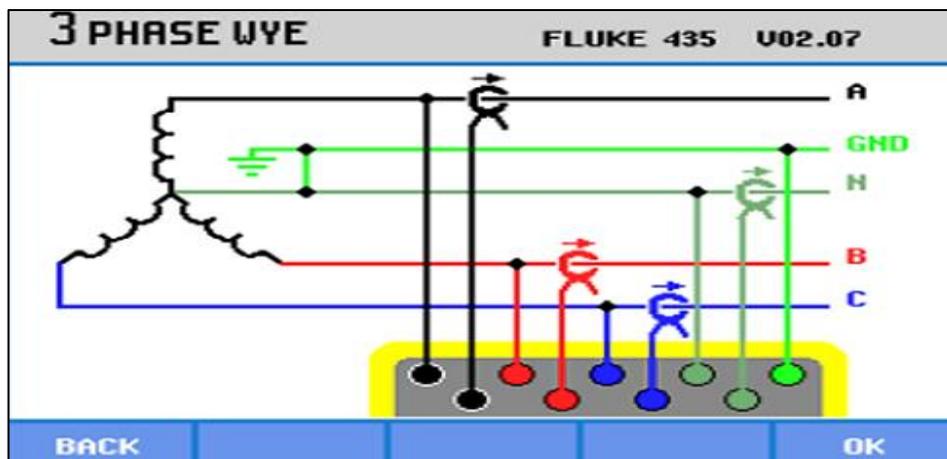


**Figura 18-2:** Pines de conexión por colores

Fuente: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

Donde:

- A (L1) Color rojo cable de voltaje y amperaje.
- B (L2) color negro, cable de voltaje y amperaje.
- C (L3) color azul, cable de voltaje y amperaje.
- Neutro color gris cable de voltaje y amperaje.
- Tierra color verde.



**Figura 19-2:** Configuración de la conexión por código de colores

Fuente: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

Para una adecuada conexión del analizador de energía se requiere saber qué tipo de conexión es en el transformador en la que vamos a realizar la toma de mediciones tanto en alta tensión y baja tensión, en la siguiente tabla podemos apreciar las conexiones.

**Tabla 9-2:** Designación de las conexiones

	En el lado de alta tensión (A.T)	En el lado de baja tensión (B.T)
Estrella	Y	y
Triangulo	D	d
Zig-zag	Z	z
<b>Conexión trifásica dos transformadores monofásicos</b>		
Conexión T		
Conexión Scott-T		
Estrella abierta – Triángulo abierta		
V-V o D abierta		

**Fuente:** (FLUKE, 2012 pág. 76)

**Realizado por:** Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

Determinar adecuadamente la corriente que circula por las tres líneas en las cuales vamos a realizar la medición con la ayuda de una pinza amperimétrica, tener mucho cuidado al momento de tomar las mediciones. Con ayuda de la siguiente tabla 10-2 se define los niveles de voltaje.

**Tabla 10-2:** Niveles de voltaje

Niveles de voltaje	
Bajo voltaje	Voltaje $\leq$ a 0,6 kV
Medio voltaje	Voltaje $>$ a 0,6 $\leq$ a 40 kV
Alto voltaje grupo 1	Voltaje $>$ a 40kV y $\leq$ 138kV
Alto voltaje grupo 2	Voltaje $>$ a 138kV

**Fuente:** (ARCOTEL, 2017 pág. 6)

**Realizado por:** Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se realizaron los análisis de la situación actual de los centros de transformación y demás temas de importancia en la elaboración del trabajo de titulación.

#### 3.1 Análisis técnico de la situación actual de dos centros de transformación

El estudio del sistema eléctrico actual del edificio del decanato y del edificio de aulas uno o conocido comúnmente como el edificio nuevo de la Carrera de Mantenimiento Industrial dentro de los trámites pertinentes primero se solicitó mediante un oficio dirigido al Decano de la Facultad de Mecánica se nos autorice y facilite las instalaciones de los mismo, así también como el centro de transformación de cada edificio.

El análisis se realiza en dos tableros eléctricos principales del edificio del Decanato y del edificio nuevo de la Carrera de Mantenimiento Industrial que son alimentados por un transformador trifásico de 45 kVA y un trifásico de tipo pedestal padmounted de 50 kVA respectivamente, se inspeccionará las correctas conexiones el estado en el cual se encuentra el tablero, así como los aparatos de maniobra. Se centrará específicamente en los índices de la calidad de energía suministrada dentro de cada edificio que sea el correcto y este acorde a las necesidades de confort se lo hará con ayuda del equipo analizador de la calidad de energía. Se determinará los rangos permisibles adecuados para el funcionamiento óptimo de los edificios y en el caso de no estar dentro de los límites se establecerá las causas que provoca un mal suministro de la calidad de energía.

#### 3.2 Descripción y localización de los edificios

En esta sección se detalla la ubicación de los edificios principales.

##### 3.2.1 Suministro de alimentación de energía del edificio de decanato

El edificio de la Facultad de Mecánica esta alimentado por un transformador tipo convencional trifásico de 45kVA se encuentra ubicado en la parte superior del poste frente al edificio del Decanato, el mismo que alimenta a tres plantas la cual consta de cinco laboratorios en la planta baja y en la planta dos y tres con quince aulas dos baños una oficina y tres pasillos.

El centro de transformación se encuentra ubicado en la planta baja del edificio específicamente al lado izquierdo antes de llegar al ascensor, el cual consta de un tablero principal y demás sistemas de control del edificio.



**Figura 1-3:** Edificio de decanato

**Realizado por:** Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

### ***3.2.2 Suministro de alimentación de energía de edificio de mantenimiento***

El edificio de aulas 01 o conocido como Edificio nuevo de la Carrera de Mantenimiento está alimentado por un transformador tipo pedestal Padmounted de 50 kVA se encuentra ubicado en la planta baja al lado del Edificio de la Carrera de Mantenimiento Industrial, el mismo que alimenta a tres plantas la cual consta de quince aulas dos baños una oficina, tres pasillos, un sistema de bombeo con dos bombas y un ascensor.



**Figura 2-3:** Edificio nuevo de la carrera de mantenimiento industrial

**Realizado por:** Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

### **3.3 Características de los transformadores**

Estas son descritas en la siguiente sección.

### 3.3.1 Características del transformador instalado en el edificio del decanato

Podemos apreciar en la figura 3-3, el transformador instalado en el edificio de Decanato es uno de tipo convencional marca INATRA con una capacidad de transformación de 45 kVA este abastece a tres plantas del edificio.



**Figura 3-3:** Transformador convencional

**Realizado por:** Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

### 3.3.2 Características del transformador instalado en el edificio de mantenimiento

El transformador instalado en el edificio consta de las siguientes características que determinan la capacidad de transformación en baja tensión y media tensión, el grupo de conexión al cual pertenece, como también la norma a la cual se rige el transformador.

**Tabla 1-3:** Características del transformador Padmounted

Características del transformador de 50 KVA	
Tipo de transformador:	Trifásico- PAD MOUNTED
Potencia nominal:	50 kVA
Voltaje primario nominal:	13,800V
Voltaje secundario nominal:	220/127
Grupo conexión:	DYn5
Frecuencia nominal:	60Hz
Cambiador embonamientos	±2x2.5% en el lado media tensión
Norma:	<b>INE-2115 segunda revisión</b>

**Realizado por:** Caizaguano A., Cisneros J., 2022.



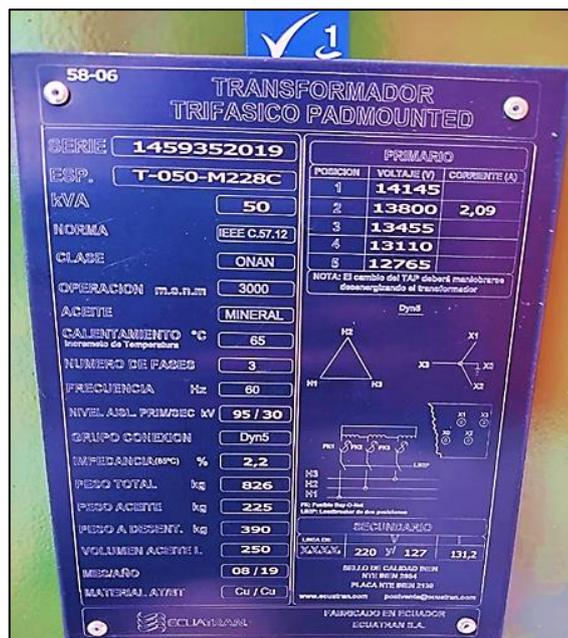
**Figura 4-3:** Transformador Padmounted de 50 kVA

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

El transformador se encuentra instalado en la parte posterior del lado derecho de la edificación, cuenta con una adecuada señalética de prevención para evitar un accidente eléctrico se lo ha instalado de acuerdo con la norma.

### 3.3.3 Placa del transformador

Esta se indica en la figura 5-3, está localizada en el compartimiento de bajo voltaje es totalmente clara y sus letras son legibles, la información de la placa característica se encuentra conforme a la NTE INEN 2683 Transformadores de distribución monofásicos tipo pedestal, auto refrigerados.



**Figura 5-3:** Placa del transformador tipo Padmounted

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

### 3.4 Diagnóstico de la situación real de funcionamiento

Este se indica en las secciones mostradas a continuación.

#### 3.4.1 Datos de consumo de la EERSA

La planilla de consumo emitida por la Empresa Eléctrica Riobamba S.A se muestra en tabla 2-3.

**Tabla 2-3:** Planilla de consumo

Planilla de consumo de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A				
Abonado:		37327-4 Escuela Superior Politécnica De Chimborazo		
Fecha de emisión:		2021-01-04	Factor de potencia (cos fi) 0,99	
Rubro	Descripción	Valor del mes (USD)		Valor Acumulado
31002	Demanda	1065,00		1.065,00
31004	Valor de comercialización	1,41		1,41
31005	Alumbrado público	1278,32		1.278,32
31014	Consumo hora base	3197,72		3.197,72
31015	Consumo en hora media y pico	4892,88		4.892,88
<b>Consumo kWh:</b> 134492 Total, del mes: 10.435,33				
<b>Tarifa:</b> M U BPH		Pendiente meses:		
<b>Demanda:</b> 355		Mora del mes:		
<b>Penalización:</b> 0,9213		Total, recaudado: 0,00		
<b>Correcto Hora:</b> 59217 48176 27099				
Basé		Pico 1	Pico 2	<b>TOTAL, FACTURA (USD) 10.435,33</b>

Fuente: EERSA

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

**Tabla 3-3:** Datos por parte de la EERSA

Consumo de acuerdo a la Empresa Eléctrica Riobamba S.A				
Abonado:		36352-3 Escuela Superior Politécnica De Chimborazo		
Fecha de emisión:		2021-01-04	Factor de potencia (cos fi) 0,98	
Rubro	Descripción	Valor del mes (USD)		Valor Acumulado
31002	Demanda	111,00		111,00
31004	Valor de comercialización	1,41		1,41
31005	Alumbrado público	169,98		169,98
31014	Consumo hora base	355,32		355,32
31015	Consumo en hora media y pico	726,05		726,05
31016	Perdidas en el transformador	23,85		23,85
<b>Consumo kWh:</b> 17750 Total, del mes: 1.387,61				
<b>Tarifa:</b> B U BPH		Pendiente meses:		
<b>Demanda:</b> 37		Mora del mes:		
<b>Penalización:</b> 0,9820		Total, recaudado: 0,00		
<b>Correcto Hora:</b> 6580 8160 3010				
Basé		Pico 1	Pico 2	<b>TOTAL, FACTURA (USD) 1.387,61</b>

Fuente: EERSA

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

### 3.5 Datos técnicos de los edificios

Cada uno de estos se describe en la siguiente sección.

### 3.5.1 Datos de tomacorrientes y lámparas del decanato

**Tabla 4-3:** Número de tomacorrientes de la planta baja

<b>Datos planta baja</b>		
<b>Laboratorios</b>	<b>Número de tomacorrientes</b>	<b>Número de lámparas</b>
Laboratorio de predictivo	18	60
Laboratorio de tribología	8	18
Laboratorio de computo	15	32
Laboratorio de metalurgia	18	36
Centro te transformación	2	3
Bodega	1	3
Pasillo	8	60
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>212</b>

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

### 3.5.2 Datos de la planta dos del edificio de decanato

**Tabla 5-3:** Número de tomacorrientes y lámparas de la planta dos

<b>Planta dos</b>		
<b>Aula</b>	<b>Número de tomacorrientes</b>	<b>Número de lámparas</b>
Aula 01	7	27
Aula02	7	27
Aula03	7	31
Aula04	7	27
Aula05	7	27
Baños		40
Pasillo planta dos	8	62
Centro de control		2
<b>Total</b>	<b>43</b>	<b>243</b>

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

### 3.5.3 Datos de la planta tres del edificio de decanato

**Tabla 6-3:** Número de tomacorrientes y lámparas de la planta tres

<b>Planta tres</b>		
<b>Aula</b>	<b>Número de tomacorrientes</b>	<b>Número de lámparas</b>
Centro de computo	8	27
Aula 01	8	27
Aula 02	8	31
Aula 03	8	27
Aula 04	8	27
Pasillo planta dos	6	12
Bodega	3	3
<b>Total</b>	<b>49</b>	<b>154</b>

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

### 3.5.4 Datos de tomacorrientes y lámparas del edificio de mantenimiento

**Tabla 7-3:** Número de tomacorrientes y lámparas de la planta baja

<b>Datos planta baja</b>		
<b>Aula</b>	<b>Número de tomacorrientes</b>	<b>Número de lámparas</b>
Fm01	7	27
Fm02	7	30
Fm03	8	28
Fm04	8	33
Fm05	7	27
Laboratorio	6	12
Pasillo planta baja	8	96
Exteriores		22
Sistema de bombeo		4
<b>Total</b>	<b>51</b>	<b>279</b>

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

### 3.5.5 Datos de la planta dos del edificio de mantenimiento

**Tabla 8-3:** Número de tomacorrientes y lámparas de la planta dos

<b>Planta dos</b>		
<b>Aula</b>	<b>Número de tomacorrientes</b>	<b>Número de lámparas</b>
Fm06	7	27
Fm07	7	27
Fm08	7	31
Fm09	7	27
Fm10	7	27
Baños		40
Pasillo planta dos	8	62
Centro de control	2	4
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>245</b>

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

### 3.5.6 Datos de la planta tres del edificio de mantenimiento

**Tabla 9-3:** Número de tomacorrientes y lámparas de la planta tres

<b>Planta tres</b>		
<b>Aula</b>	<b>Número de tomacorrientes</b>	<b>Número de lámparas</b>
Fm11	7	27
Fm12	7	27
Fm13	6	31
Fm14	7	27
Fm15	7	27
Oficinas	8	28
Pasillo planta tres	9	58
Centro de control	2	4
<b>Total</b>	<b>53</b>	<b>229</b>

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

## 3.6 Datos de los sistemas de bombeo de los edificios

Estos se indican en la siguiente sección.

### 3.6.1 Edificio de decanato

Consta de un sistema de bombeo de dos bombas que alimentan a, un sistema contra incendios y dos baños del edificio los cuales a continuación se caracteriza las potencias que consumen estas bombas, además de la potencia del ascensor el cual está instalado.

**Tabla 10-3:** Datos técnicos de bombas y ascensor

Potencias del sistema de bombeo y ascensor		
Sistema de bombeo	Placas características	Datos
		Bomba 1 10HP 7500W
		Bomba 2 5.5 HP 5800W
Ascensor		3700W

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

### 3.6.2 Edificio de mantenimiento

En la siguiente figura 6-3, podemos observar el sistema de bombeo compuesto por dos bombas y un panel de control, junto con un sistema de control de presión por manómetros, dos motores de

5,5 HP y un motor de 2,5 HP de marca PEDROLLO, el sistema bombea a los dos baños del edificio que se encuentran en la planta número dos, y en el caso de existir incendios este sistema entra en funcionamiento en su totalidad para alcanzar la presión adecuada para apagar uno de estos siniestros.



**Figura 6-3:** Sistema de bombeo del edificio

**Realizado por:** Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

A continuación, en la figura 7-3, se observa los sistemas de control tanto del sistema contra incendios y el sistema de agua potable que bombea al edificio.



**Figura 7-3:** Control de sistemas de bombeo

**Realizado por:** Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

A continuación, en la tabla 11-3, se indica las potencias de cada bomba, así como sus características específicas, en la placa característica podremos determinar la potencia que

consume cada bomba. Además, se deberá sumar la carga adicional del ascensor, para poder definir la potencia nominal total del edificio de la Carrera de Mantenimiento Industrial.

**Tabla 11-3:** Datos técnicos de bombas y ascensor de mantenimiento

Potencias del sistema de bombeo y ascensor		
Sistema de bombeo	Placas características	Datos
		Bomba 1 5,5 HP 5800W
		Bomba 2 2 HP 1800W
Ascensor		3700W

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

### 3.7 Datos del consumo de potencia y energía del edificio de Mantenimiento Industrial

Esto se describe en los apartados siguientes.

#### 3.7.1 Configuración inicial del equipo

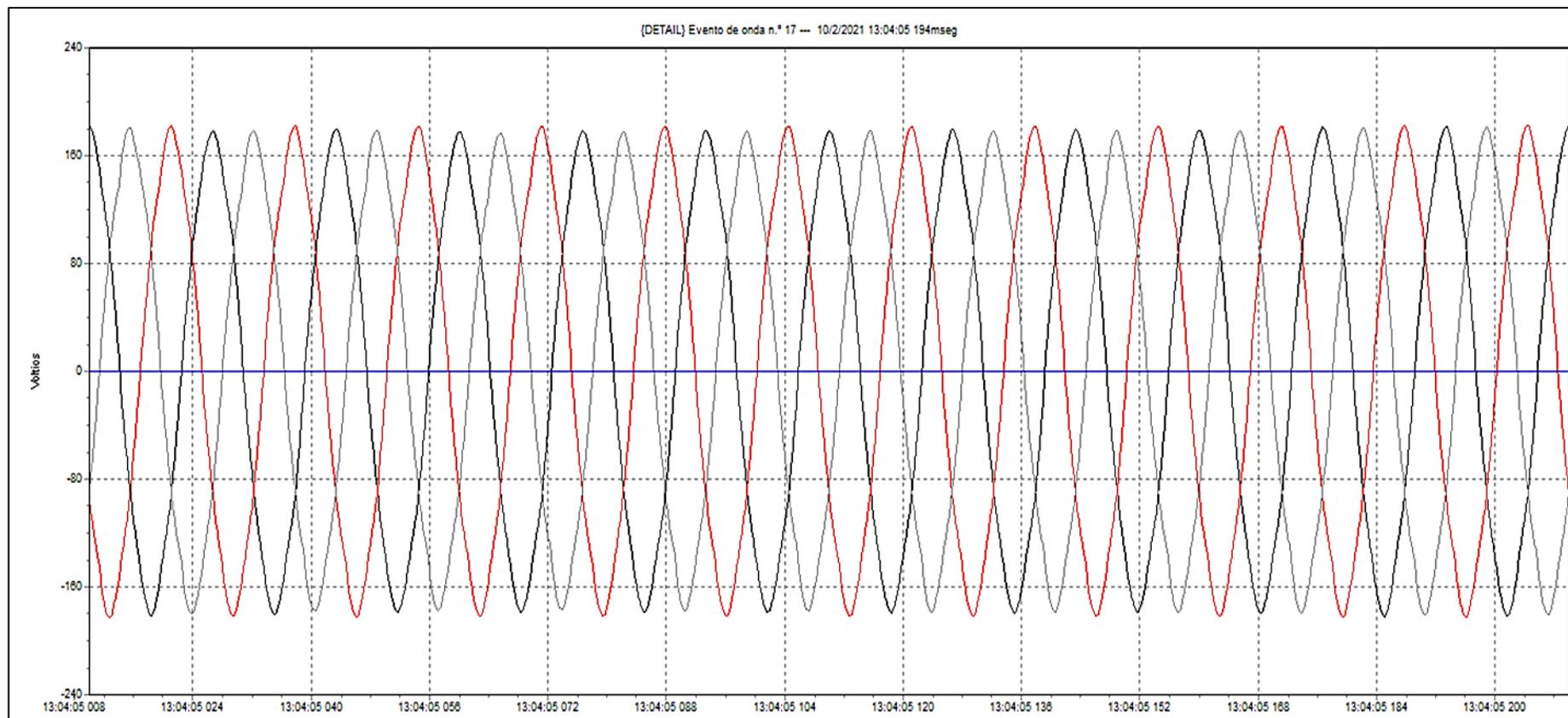
<b>Información del instrumento</b> Número de modelo 435-II Número de serie 25703107 Revisión de firmware V05.07		<b>Información general</b> Lugar de medida ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO Cliente CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL Notas	
<b>Información de software</b> Versión de Power Log 5.6 Versión FLUKE 430-II DLL 1.2.0.14			
<b>Resumen de medición</b> Topología de medición 3Ø EN ESTRELLA Modo de aplicación Potencia y Energía Primera medida 10/2/2021 11:27:36 279mseg Última medida 10/2/2021 13:32:36 279mseg Intervalo de grabación 0h 1m 0s 0mseg Tensión nominal 120 V Corriente nominal 400 A Frecuencia nominal 60 Hz Hora de inicio del archivo 10/2/2021 11:26:36 279mseg Hora de fin del archivo 10/2/2021 13:32:36 279mseg Duración 0d 2h 6m 0s 0mseg Número de eventos Normal: 9 Detalle: 8 Eventos descargados Sí Número de pantallas 25 Pantallas descargadas Sí Método de medición de potencia Unificado Tipo de cable Copper Espectro de armónicos %H1 Modo THD THD 40 Modo CosPhi / DPF DPF		<b>Resumen de registros</b> Registros RMS 126 Registros DC 0 Registros de frecuencia 0 Registros de desequilibrios 0 Registros de armónicos 0 Registros de armónicos de potencia 0 Registros de potencia 126 Registros de desequilibrios de potencia 0 Registros de energía 126 Registros de pérdidas de energía 0 Registros de parpadeos 0 Registros de señalización de la red principal 0	
		<b>Resumen de eventos</b> Caídas de tensión 0 Subidas de tensión 0 Transitorios 1 Interrupciones 0 Perfiles de tensión 0 Variaciones rápidas de tensión 16 Pantallas 25 Formas de onda 0 Intervalos sin mediciones 0 Gráficos de corriente de arranque 0 Eventos de onda 17 Eventos RMS 17	
		<b>Escala</b> Fase: Tipo de pinzas amperimétricas i400s Rango de pinza 1 mV/A Rango nominal 400 A Sensibilidad x1 Relación de corriente 1:1 Relación de tensión 1:1 Neutro: Tipo de pinzas amperimétricas i400s	

**Figura 8-3:** Configuración inicial del analizador de energía

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

### 3.7.2 Eventos de onda de las líneas de voltaje

Donde: L1 color negro, L2 color rojo, L3 color gris, Tierra color azul.

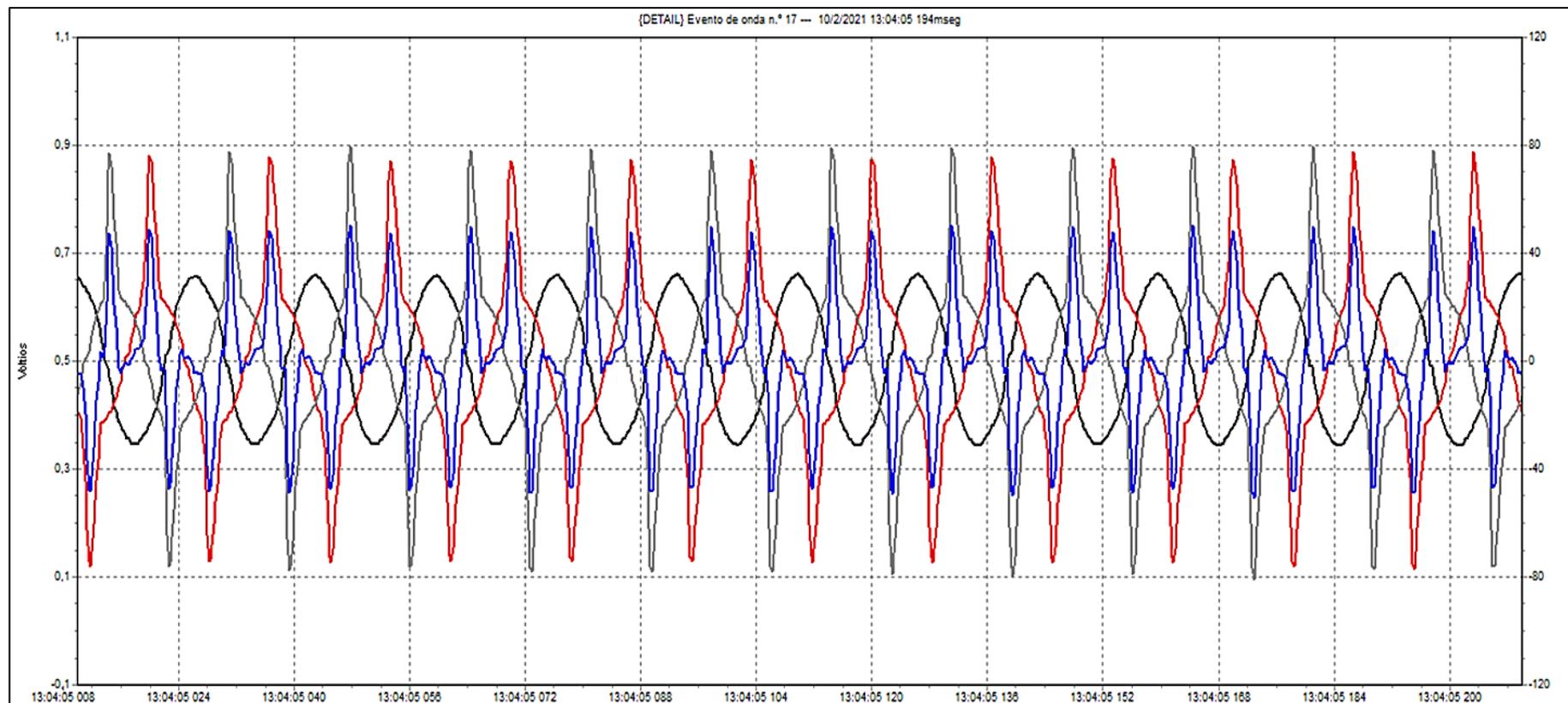


**Gráfico 1-3:** Eventos de las tres líneas de voltaje más tierra con 17 eventos realizados

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

### 3.7.3 Eventos de onda de las tres líneas de corriente

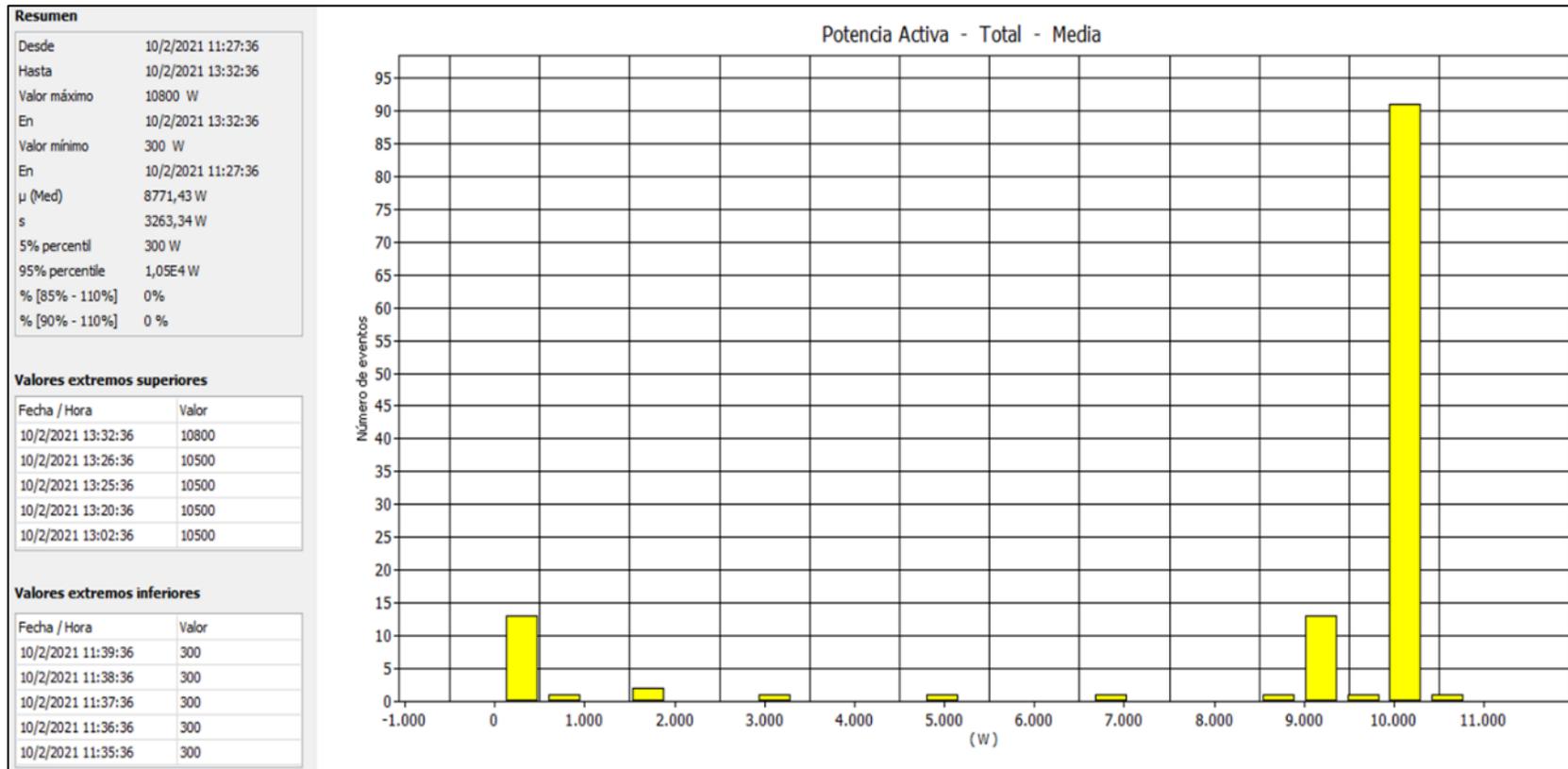
Donde: L1 color negro, L2 color rojo, L3 color gris, Neutro color azul.



**Gráfico 2-3:** Eventos de onda de las líneas de corriente

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

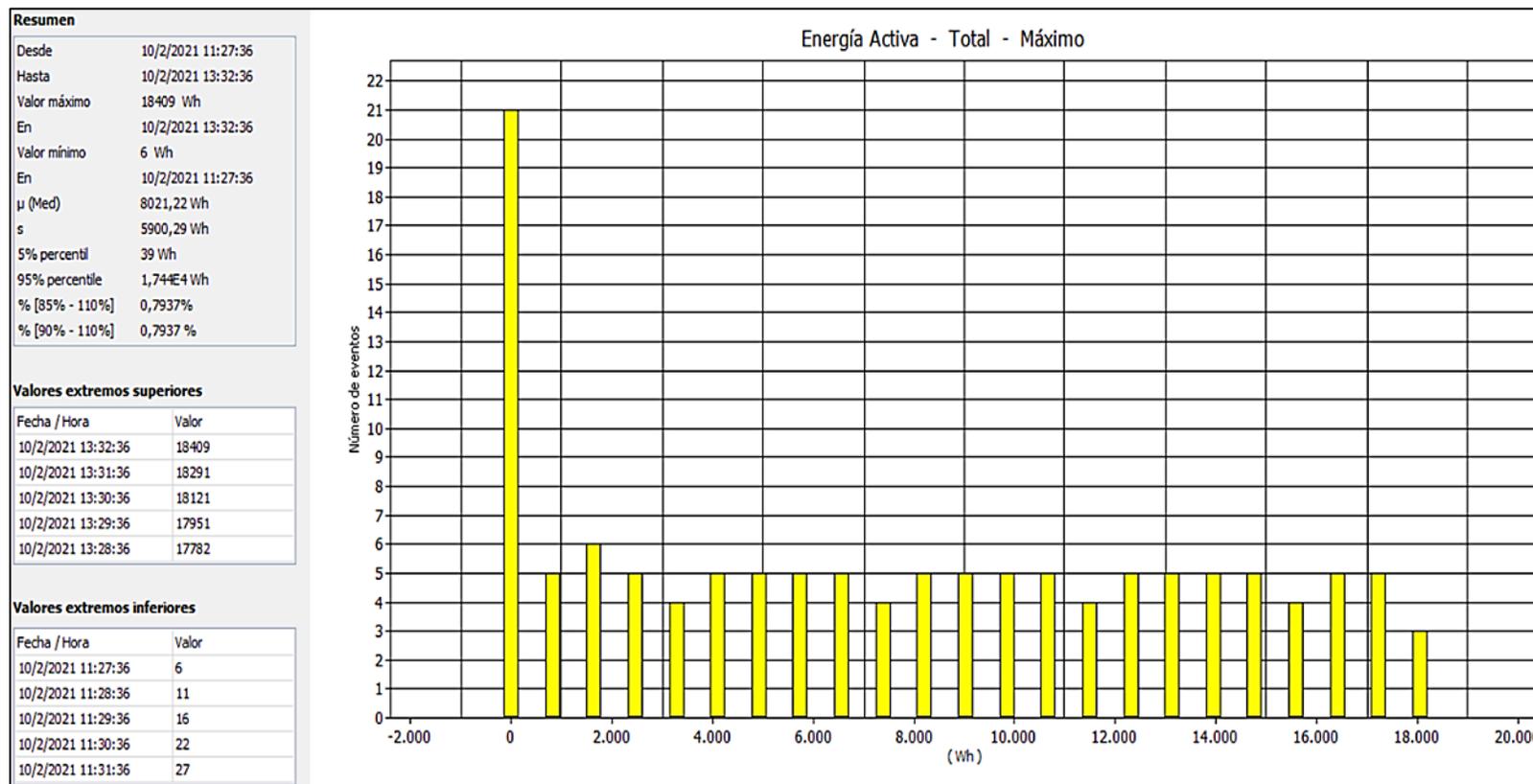
### 3.7.4 Potencia total activa



**Gráfico 3-3:** Potencia total activa

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

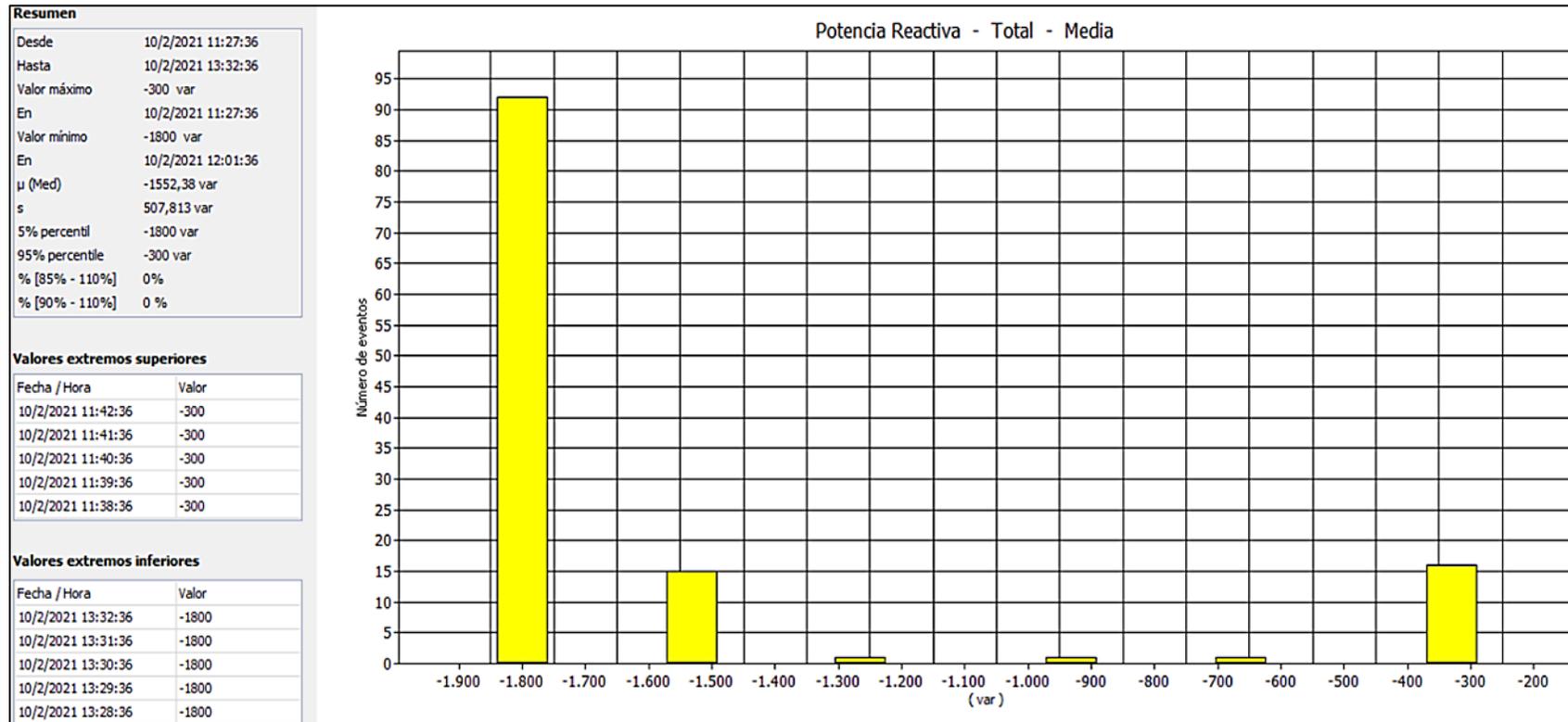
### 3.7.5 Energía activa total



**Gráfico 4-3:** Total de energía activa de las tres líneas

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

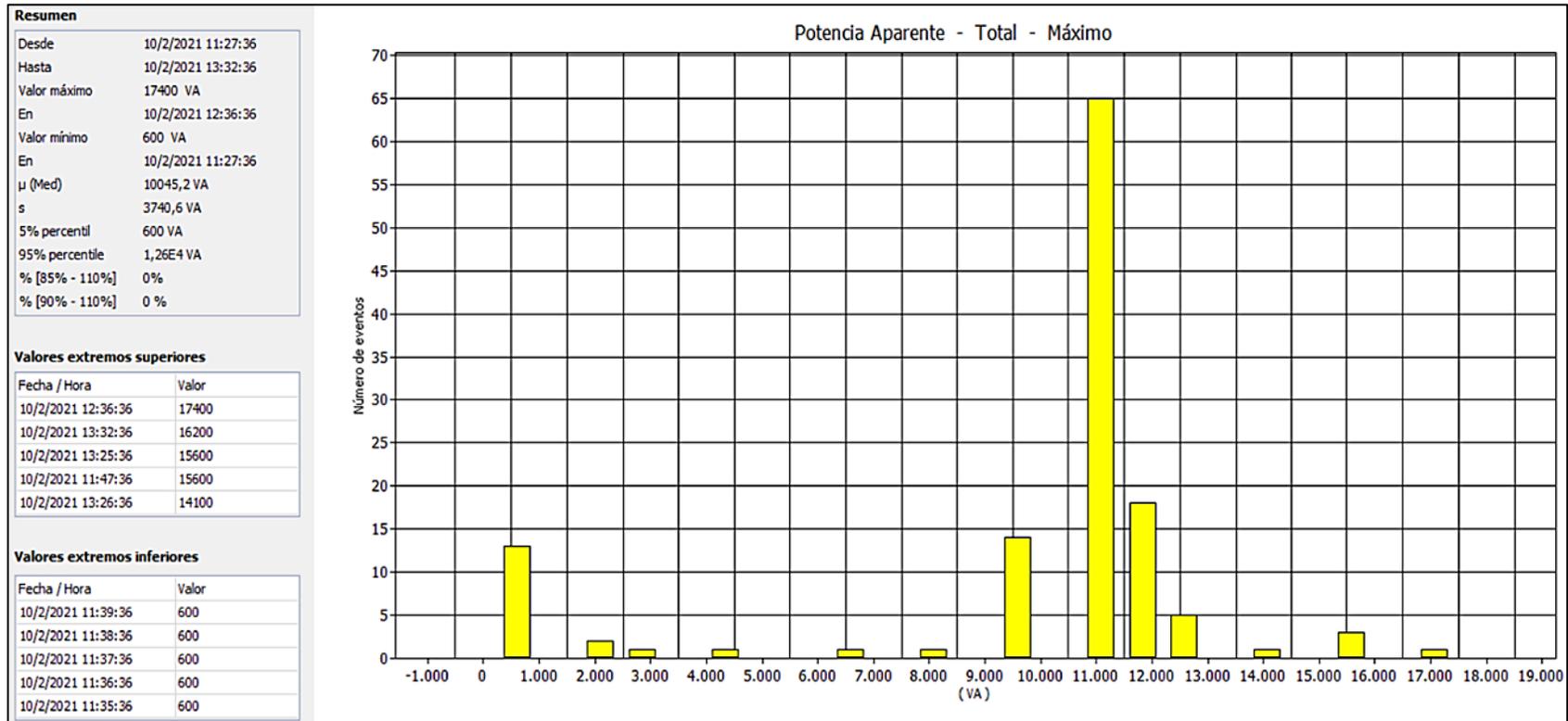
### 3.7.6 Potencia reactiva total



**Gráfico 5-3:** Número de eventos vs la potencia reactiva total

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

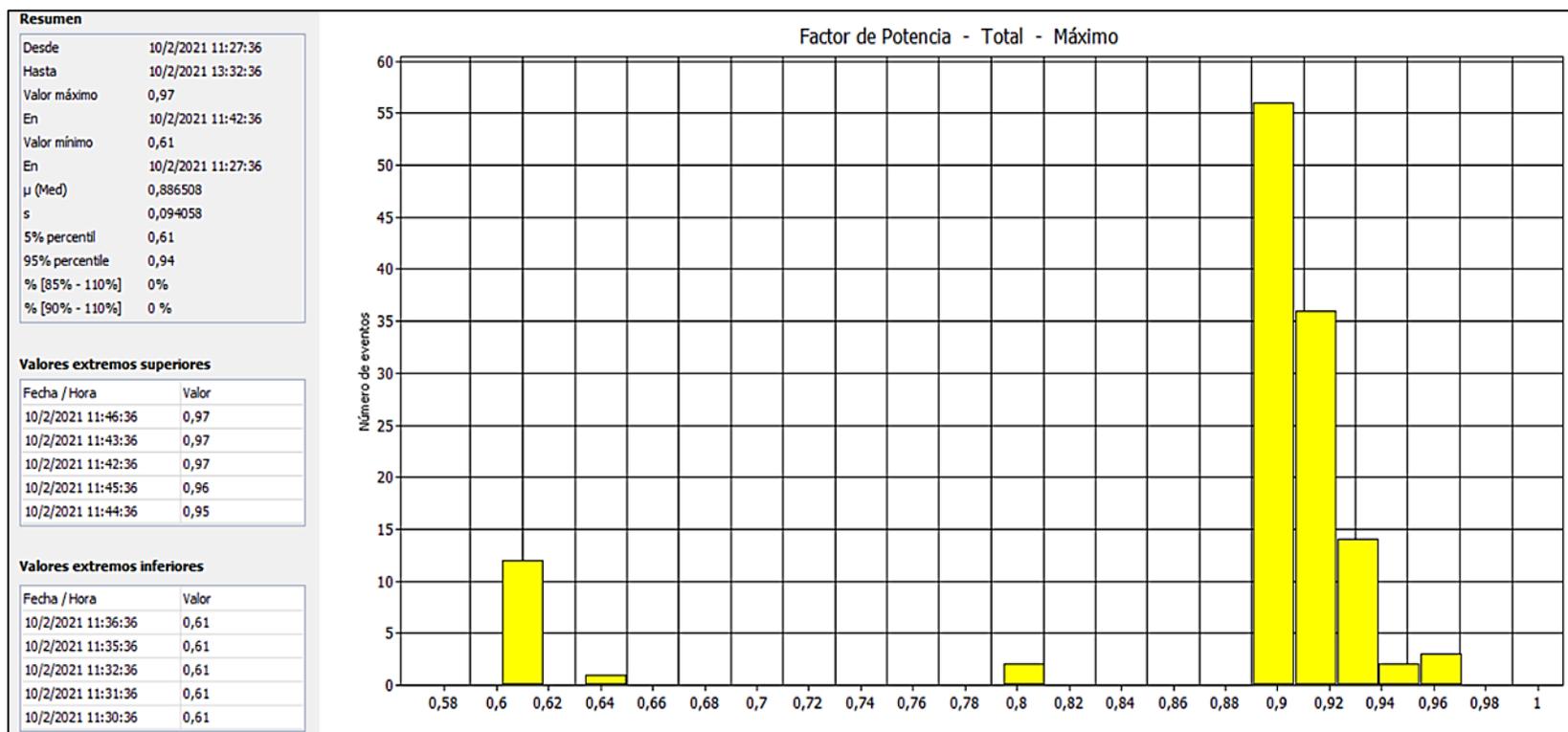
### 3.7.7 Potencia aparente total



**Gráfico 6-3:** Número de eventos totales vs potencia aparente total (VA)

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

### 3.7.8 Factor de potencia



**Gráfico 7-3:** Factor de potencia

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

### 3.7.9 Potencia de las tres líneas

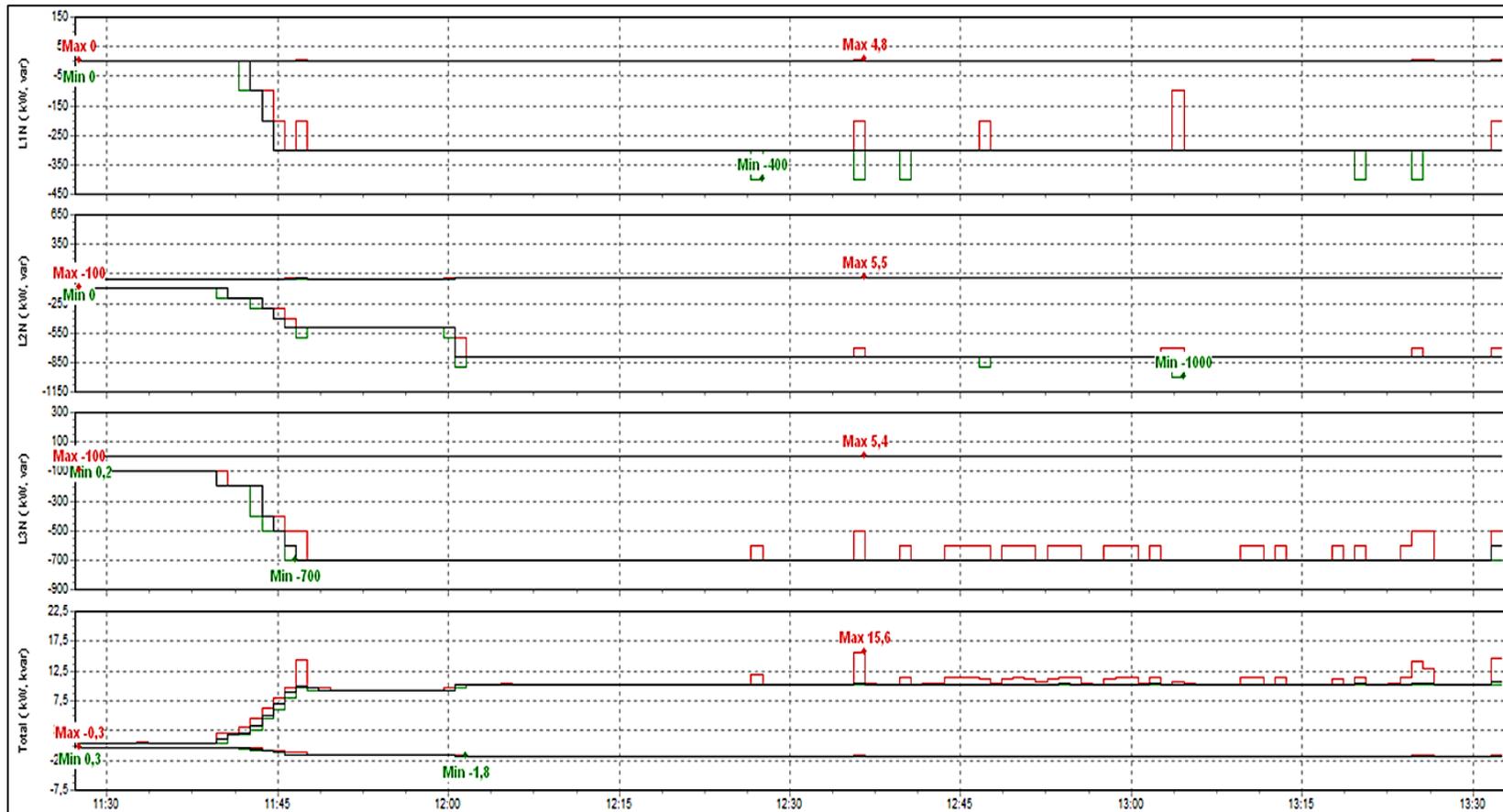
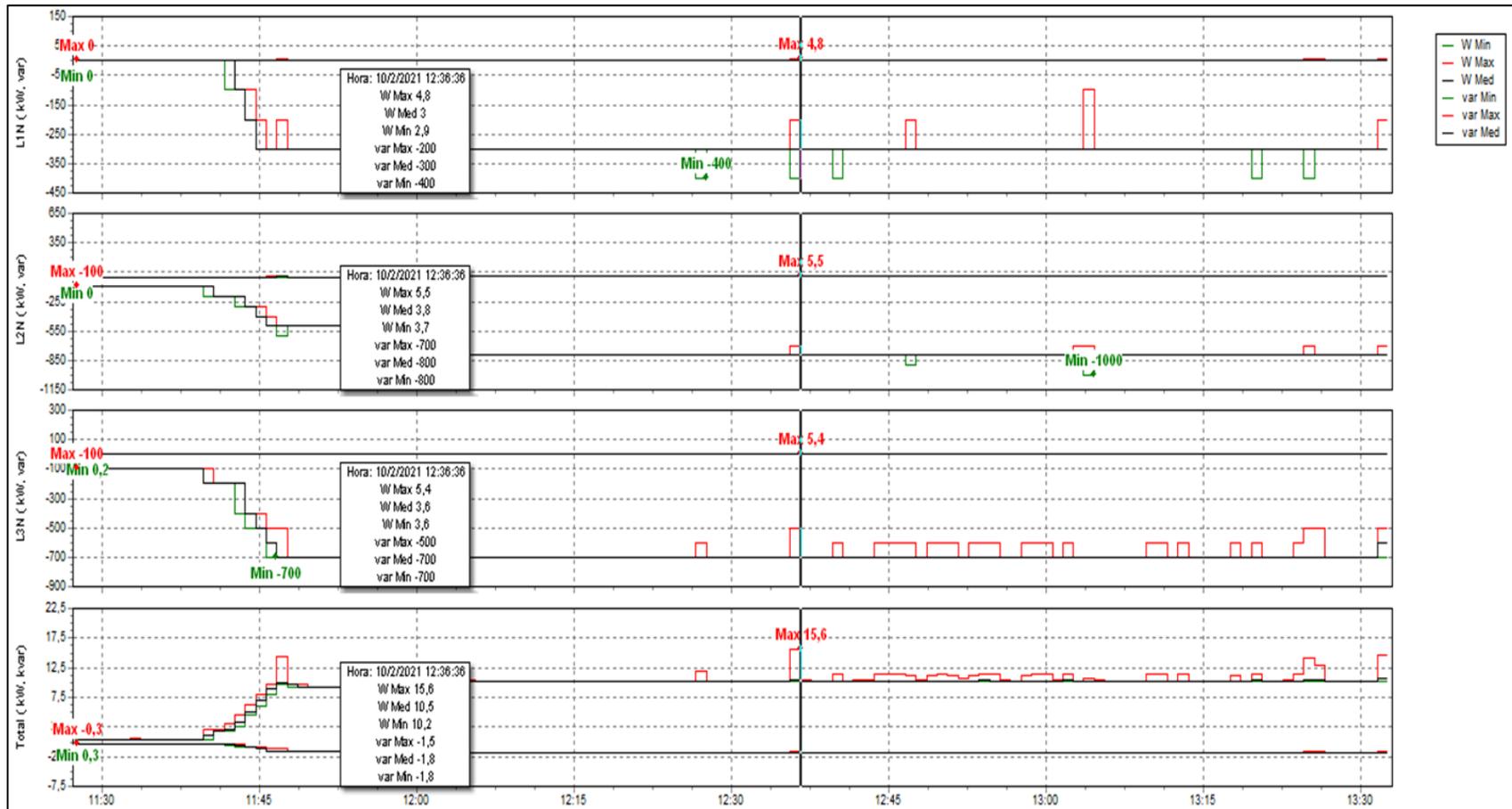


Gráfico 8-3: Potencia de las tres líneas

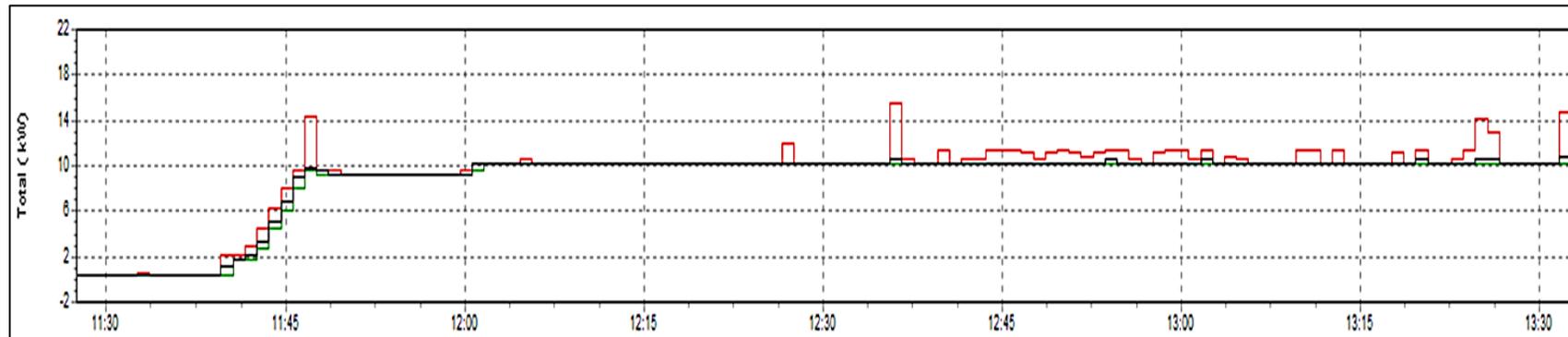
Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.



**Gráfico 9-3:** Potencia de las tres líneas

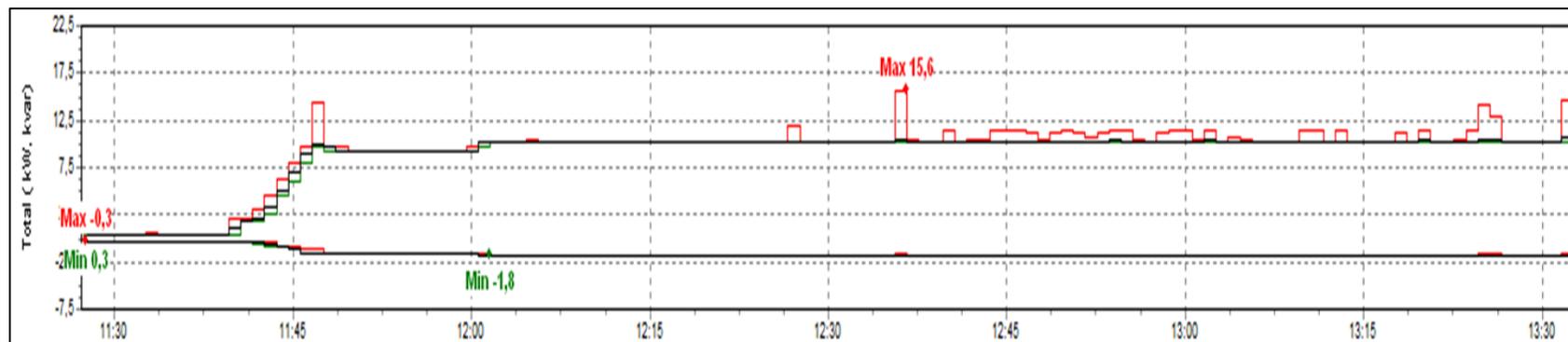
Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

### 3.7.10 Potencia real total



**Gráfico 10-3:** Potencia total

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.



**Gráfico 11-3:** Máximo y mínimo de la potencia

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

### 3.8 Datos del consumo de potencia y energía del edificio del Decanato

#### 3.8.1 Configuración inicial

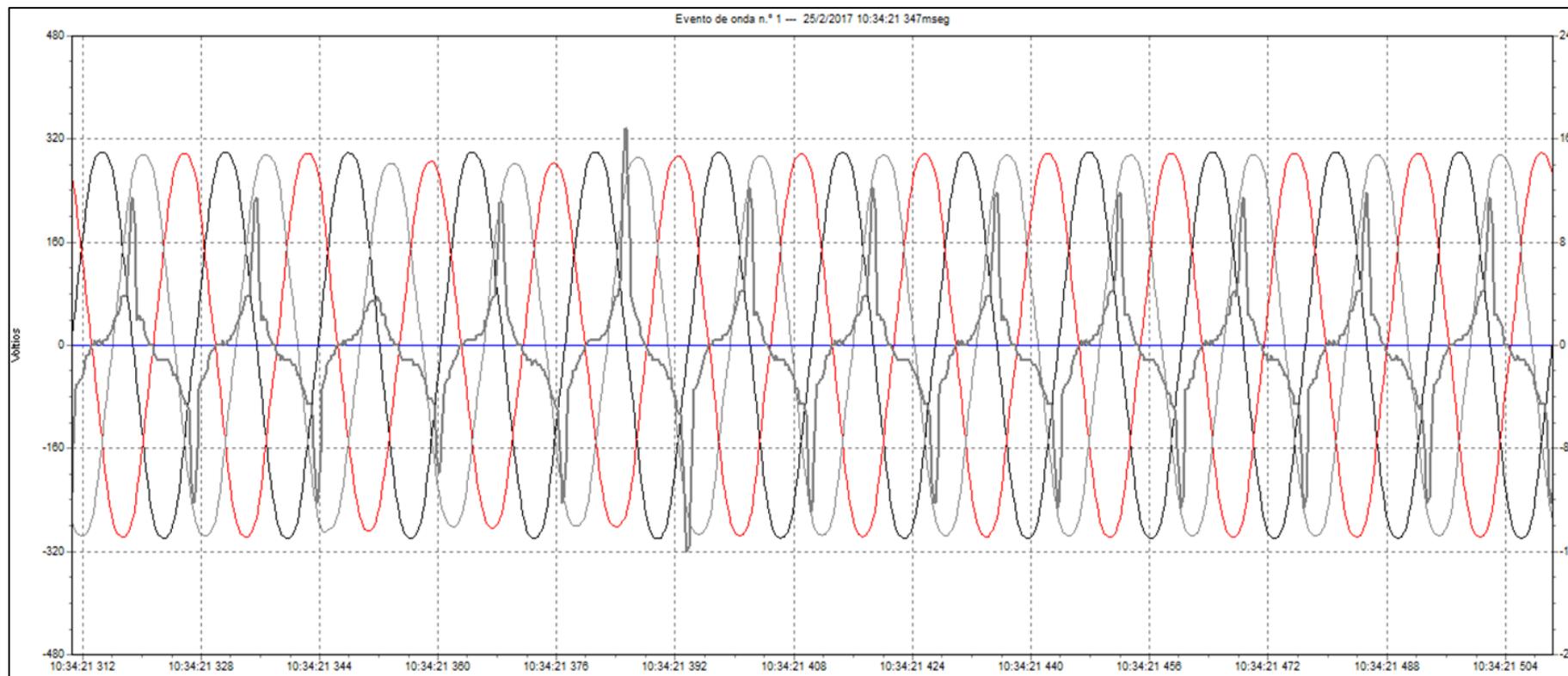
<b>Información del instrumento</b> Número de modelo: 435-II Número de serie: 25703107 Revisión de firmware: V05.07		<b>Información general</b> Lugar de medida: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Cliente: EDIFICIO DEL DECANATO Notas:	
<b>Información de software</b> Versión de Power Log: 5.6 Versión FLUKE 430-II DLL: 1.2.0.14			
<b>Resumen de medición</b> Topología de medición: 3Ø EN TRIÁNGULO Modo de aplicación: Voltios/Amperios/Hercios Primera medida: 25/2/2017 10:22:14 686mseg Última medida: 25/2/2017 11:48:14 686mseg Intervalo de grabación: 0h 1m 0s 0mseg Tensión nominal: 208 V Corriente nominal: 400 A Frecuencia nominal: 60 Hz Hora de inicio del archivo: 25/2/2017 10:21:14 686mseg Hora de fin del archivo: 25/2/2017 11:48:14 686mseg Duración: 0d 1h 27m 0s 0mseg Número de eventos: Normal: 5 Detalle: 5 Eventos descargados: Sí Número de pantallas: 25 Pantallas descargadas: Sí Método de medición de potencia: Unificado Tipo de cable: Copper Espectro de armónicos: %H1 Modo THD: THD 40 Modo CosPhi / DPF: DPF		<b>Resumen de registros</b> Registros RMS: 87 Registros DC: 0 Registros de frecuencia: 87 Registros de desequilibrios: 0 Registros de armónicos: 0 Registros de armónicos de potencia: 0 Registros de potencia: 0 Registros de desequilibrios de potencia: 0 Registros de energía: 0 Registros de pérdidas de energía: 0 Registros de parpadeos: 0 Registros de señalización de la red principal: 0	
		<b>Resumen de eventos</b> Caídas de tensión: 0 Subidas de tensión: 0 Transitorios: 0 Interrupciones: 0 Perfiles de tensión: 0 Variaciones rápidas de tensión: 10 Pantallas: 25 Formas de onda: 0 Intervalos sin mediciones: 0 Gráficos de corriente de arranque: 0 Eventos de onda: 10 Eventos RMS: 10	
		<b>Escala</b> Fase: Tipo de pinzas amperimétricas: i400s Rango de pinza: 1 mV/A Rango nominal: 400 A Sensibilidad: x1 Relación de corriente: 1:1 Relación de tensión: 1:1 Neutro: Tipo de pinzas amperimétricas: i400s	

Gráfico 12-3: Configuración inicial del analizador

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

### 3.8.2 Eventos de onda de las líneas de voltaje

Donde: L1 color negro., L2 color rojo., L3 color gris., Tierra color azul.

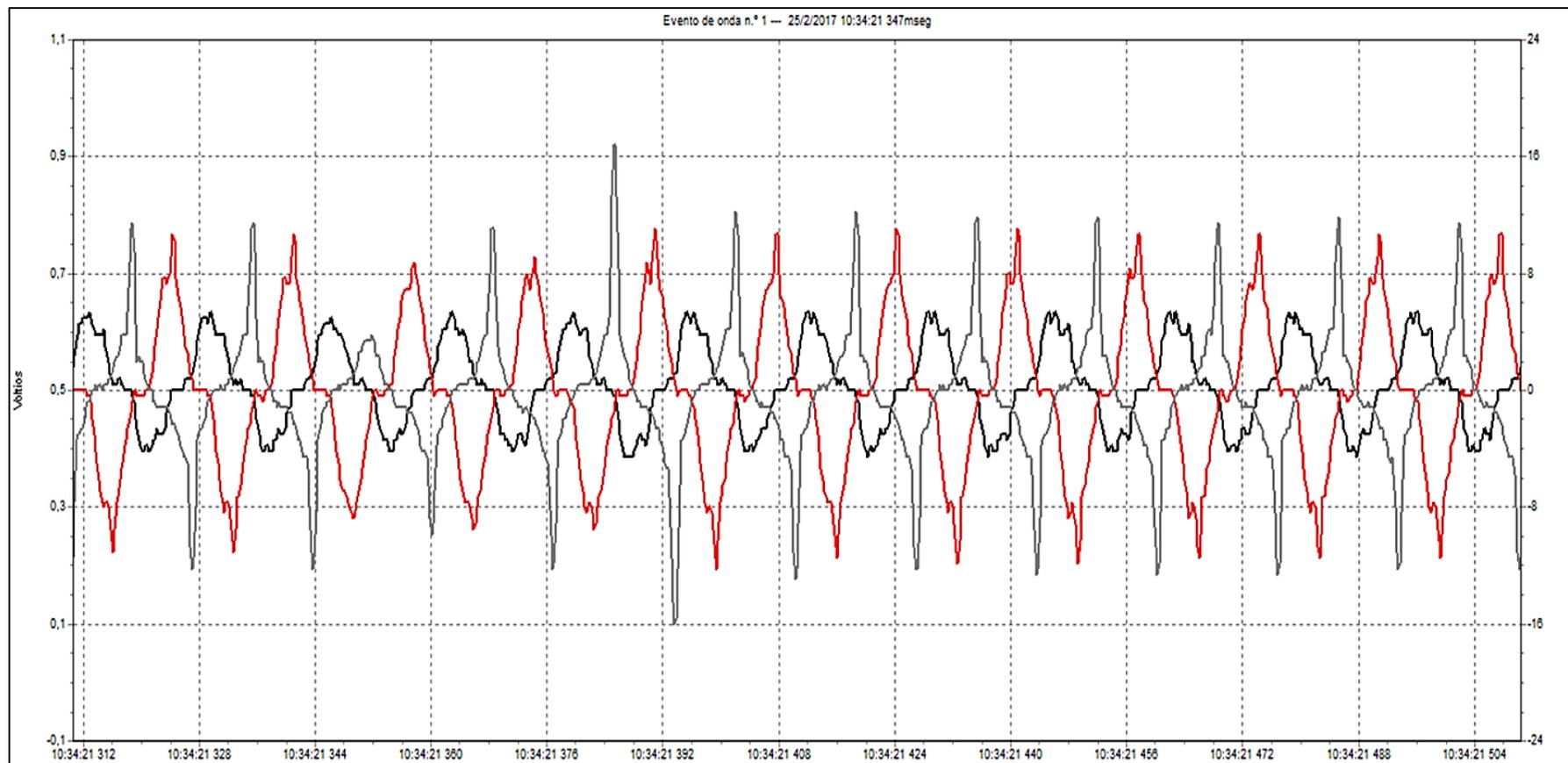


**Gráfico 13-3:** Ondas de voltaje de las tres líneas y neutro

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

### 3.8.3 Eventos de onda de las tres líneas de amperaje

Donde: L1 color negro., L2 color rojo. L3 color gris.



**Gráfico 14-3:** Ondas de voltaje de las tres líneas y neutro

Realizado por: Caizaguano A., Cisneros J., 2022

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

En esta sección se indica los resultados obtenidos en la elaboración del trabajo de titulación.

#### 4.1 Análisis, alternativa y propuesta de mejora

En el desarrollo de este capítulo debemos tener en cuenta los resultados obtenidos mediante la recopilación de los datos adquiridos del analizador de energía de marca Fluke 435 tipo II, considerar la problemática en la no conformidad del dimensionamiento del transformador colocado en el edificio de la Carrera de Mantenimiento Industrial y del transformador del edificio del Decanato de la Facultad de Mecánica.

Las mediciones realizadas en el centro de transformación del edificio de la Carrera de Mantenimiento Industrial y en el centro de transformación del Decanato de la Facultad de Mecánica el cual se encuentra ubicado dentro del mismo. Las conexiones para el análisis se los hizo en los tableros principales de los edificios con un rango aproximado de un día en el edificio del decanto y un rango máximo de siete días de acuerdo con lo que dispone la norma de regulación de eficiencia energética. En la siguiente figura podremos observar las conexiones respectivas para cada edificio.



**Figura 1-4:** Conexión en el edificio de Mantenimiento

**Realizado por:** Caizaguano A., Cisneros J., 2022.



**Figura 2-4:** Conexión en el edificio de Decanato

**Realizado por:** Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

En el edificio del Decanato específicamente en el tablero principal consta de tres líneas de alimentación, un breaker eléctrico principal, una puesta a tierra para los sistemas y distintos *breakers* para las tres plantas del edificio incluido el sistema de bombeo.

#### **4.1.1 Análisis**

El análisis que se pudo realizar de los transformadores del edificio de la Carrera de Mantenimiento con una potencia de 50 kVA y el transformador del edificio del Decanato de la Facultad de Mecánica con una potencia de 45 kVA, se pudo determinar que las características técnicas de uno de los transformadores no son las adecuadas en base al contexto operacional del transformador del Edificio de la Carrera de Mantenimiento Industrial encontrando un sobredimensionamiento en la selección de su potencia.

Para este análisis hay que tener en cuenta los posibles consumidores y las pérdidas que pueda tener el transformador, para esta evaluación debemos tener en cuenta parámetros como:

- Componentes del sistema.
- Requerimiento máximo de la potencia y energía del transformador.

Este análisis se realiza con el fin de poder conocer el sobredimensionamiento que existe en el edificio de la Carrera de Mantenimiento Industrial

Para poder determinar el diagnóstico del problema debemos tener en cuenta las diferentes áreas en las que se encuentran divididos los dos edificios es decir los diferentes talleres, laboratorios, aulas y cuál sería el requerimiento energético adecuado para poder satisfacer las necesidades de cada uno de los edificios. Para esto hay que tener en cuenta los datos históricos obtenidos durante un lapso de tiempo de cada uno de los transformadores.

El análisis energético que se realiza es fundamental para tomar alternativas de mejora y realizar cambios que puedan aportar con las condiciones de operación, para manejar esta cantidad de información la cual no se puede realizar de forma manual, se utilizó un analizador de energía para la toma y registro de datos.

#### **4.1.2 Alternativa**

Una de las alternativas sería el cambio del transformador lo cual implicaría inversión económica en la compra del transformador, pero a futuro representaría gran ahorro para la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Debido al alto voltaje innecesario que posee el transformador se explora una alternativa de regulación del voltaje por medio del TAP ya que este puede ayudar a la reducción del número espiras y modificar el voltaje de salida, en el caso del edificio de la Carrera de Mantenimiento Industrial se requiere reducir el voltaje de salida lo cual se puede conseguir colocándolo en la posición uno del transformador ya que en este nivel posee todas las vueltas del devanado primario que están conectadas a la fuente de alimentación por ello la relación de transformación es mínima y esto hace que el voltaje de salida sea más bajo; las lecturas actuales del transformador llegan 130,09 V (Anexo C) lo cual no es lo adecuado ya que solo es un edificio de iluminaria al realizar este proceso mi voltaje máximo deberá llegar hasta 127 V que sería lo adecuado para este tipo de edificios.

#### **4.1.3 Pasos para la división del devanado**

En el caso del transformador de tipo Padmounted el bobinado de alta tensión debe estar provisto por un conmutador externo el cual opere sin energía. éste permitirá enlaces de conexiones externas sin carga con distintas posiciones, existiendo variaciones de  $\pm 5\%$  en cuatro pasos de 2.5%. En el conmutador se debe asegurar la posición del tap colocando un candado de seguridad siendo un accesorio prescindible para la seguridad.

A continuación, se detallan los pasos para seleccionar la derivación:

- Utilizar los equipos de protección individual como guantes dieléctricos, zapatos con suela de goma.

- Desconectar las líneas de alimentación hacia el transformador.
- Procedemos abrir el compartimiento de alto voltaje para ubicar el Tap.
- Realizamos el cambio en las derivaciones.
- Ubicamos el candado de seguridad en el caso de existir.
- Cerramos el compartimiento de alto voltaje.
- Energizamos el transformador.

Un método más seguro y práctico para realizar el cambio de conexiones de los TAP's es usando un selector cambiador de derivaciones.

#### 4.1.4 Cálculo para la reducción del voltaje

$$127 \text{ V} \quad 100\%$$

$$3 \text{ V} \quad x$$

$$X = \frac{100\% (3V)}{(127V)}$$

$$X = 2,36 \%$$

Se debe bajar a 2,5%

## 4.2 Información del transformador

Mediante el analizador de energía de marca Fluke 435 II se pudo determinar la energía de entrada que envía el transformador hacia las líneas de alimentación y la energía que requiere el edificio lo cual fue tomada en intervalo de tiempo de quince minutos durante 7 días lo cual se obtuvieron los siguientes datos:

- Corrientes de fase
- Factor de potencia
- Potencia Activa
- Potencia reactiva
- Potencia Aparente

La información que se pudo registrar se encuentra ubicada en el Anexo D.

Este informe de datos puede ser utilizado para diferentes estudios lo cual ayuden a realizar una extrapolación de datos para cada uno de los transformadores existentes en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Los datos iniciales de los transformadores se encuentran detallados en la tabla 12-3. Cabe aclarar que para determinar el sobredimensionamiento del transformador se tuvo en cuenta la potencia del transformador instalado y la potencia requerida para el edificio.

### 4.3 Cálculo de consumo con los datos tomados en los edificios

#### 4.3.1 Para las lámparas del edificio de Decanato

- Planta baja

$$= \frac{\# \text{ de lámparas} * \text{potencia unitaria}}{0,9}$$

$$= \frac{212 * 18 \text{ W}}{0,9}$$

$$= 4,240 \text{ kW}$$

- Planta dos

$$\frac{\# \text{ de lámparas} * \text{potencia unitaria}}{0,9}$$

$$= \frac{243 * 18 \text{ W}}{0,9}$$

$$= 4,860 \text{ kW}$$

- Planta tres

$$\frac{\# \text{ de lámparas} * \text{potencia unitaria}}{0,9}$$

$$= \frac{154 * 18 \text{ W}}{0,9}$$

$$= 3,080 \text{ kW}$$

- Total, de potencia de lámparas edificio

$$= \text{Suma de las lámparas}$$

$$= (4,240 + 4,860 + 3,080) \text{ kW}$$

$$= 12,18 \text{ kW}$$

### 4.3.2 Para los tomacorrientes

- Planta baja

$$= \# \text{ de Tomacorrientes} * 180\text{W} * 0,25$$

$$= 70 * 180\text{W} * 0,25$$

$$= 3,150 \text{ kW}$$

- Segunda planta

$$= \# \text{ de Tomacorrientes} * 180\text{W} * 0,25$$

$$= 43 * 180\text{W} * 0,25$$

$$= 1,935 \text{ kW}$$

- Tercera planta

$$= \# \text{ de Tomacorrientes} * 180\text{W} * 0,25$$

$$= 49 * 180\text{W} * 0,25$$

$$= 2,205 \text{ kW}$$

- Total, consumo de potencia en tomacorrientes del edificio

$$= \text{Suma de las tomacorrientes}$$

$$= (3,150 + 1,935 + 2,205) \text{ kW}$$

$$= 7,29 \text{ kW}$$

- Se suman las dos y se divide para 0,8

$$= \frac{\text{Total de consumo de lámparas} + \text{Total consumo de tomacorrientes}}{0,8}$$

$$= \frac{(12,18 + 7,29) \text{ kW}}{0,8}$$

$$= \frac{19,47 \text{ kW}}{0,8}$$

$$= 24,34 \text{ kW}$$

### 4.3.3 *Se suman cargas adicionales tales como bombas de agua y ascensor*

Una vez obtenidos las potencias totales de todas las lámparas y de los tomacorrientes instalados en el edificio del Decanato procedemos a sumar todas las potencias y las dividimos para 0,8, obteniendo así el total de la potencia de lámparas y tomacorrientes. A continuación, de la tabla 20-3 sumamos las cargas adicionales como es del sistema de bombeo que consta de dos bombas en la siguiente figura podremos observar las potencias de cada bomba. Además, se deberá sumar la carga adicional del ascensor, para así obtener la potencia nominal.

### 4.3.4 *Potencia nominal*

$$= 24,34 \text{ kW} + 7,5 \text{ kW} + 5,8 \text{ kW} + 3,7 \text{ kW}$$

$$= 41,34 \text{ kW} \times 0,7 = \mathbf{28,94 \text{ kW}}$$

## 4.4 Para las lámparas del edificio de la carrera de Mantenimiento

- Planta baja

$$= \frac{\# \text{ de lámparas} * \text{potencia unitaria}}{0,9}$$

$$= \frac{279 * 0,018 \text{ kW}}{0,9}$$

$$= 5,58 \text{ kW}$$

- Planta dos

$$= \frac{\# \text{ de lámparas} * \text{potencia unitaria}}{0,9}$$

$$= \frac{245 * 0,018 \text{ kW}}{0,9}$$

$$= 4,9 \text{ kW}$$

- Planta tres

$$= \frac{\# \text{ de lámparas} * \text{potencia unitaria}}{0,9}$$

$$= \frac{229 * 0,018 \text{ kW}}{0,9}$$

$$= 4,58 \text{ kW}$$

Después de determinar el número de potencia de las tres plantas procedemos a sumar el total de la potencia de las lámparas totales existentes en el edificio de nuevo de la Carrera de Mantenimiento Industrial.

- Total, de potencia de lámparas edificio

= Suma de las lámparas

$$=(5,58 + 4,9 + 4,58) \text{ kW}$$

$$= 15,06 \text{ kW}$$

#### **4.4.1 Para los tomacorrientes**

- Planta baja

$$= \# \text{ de Tomacorrientes} * 0,18 \text{ kW} * 0,25$$

$$= 51 * 0,18 \text{ kW} * 0,25$$

$$= 2,29 \text{ kW}$$

- Segunda planta

$$= \# \text{ de Tomacorrientes} * 0,18 \text{ kW} * 0,25$$

$$= 45 * 0,18 \text{ kW} * 0,25$$

$$= \mathbf{2,02 \text{ kW}}$$

- Tercera planta

$$= \# \text{ de Tomacorrientes} * 0,18 \text{ kW} * 0,25$$

$$= 53 * 0,18 \text{ kW} * 0,25$$

$$= \mathbf{2,38 \text{ kW}}$$

- Total, consumo de potencia en tomacorrientes del edificio

El consumo que se demuestra de potencia total de los tomacorrientes del edificio de la Carrera de Mantenimiento es tomado de las tres plantas del edificio con un consumo que a continuación lo podemos observar en la sumatoria de las tres plantas.

= Suma de las tomacorrientes

$$= (2,29 + 2,02 + 2,38) \text{ kW}$$

$$= 6,69 \text{ kW}$$

- Se suman las dos y se divide para 0,8

$$= \frac{\text{Total de consumo de lámparas} + \text{Total consumo de tomacorrientes}}{0,8}$$

$$= \frac{(15,06 + 6,69) \text{ kW}}{0,8}$$

$$= \frac{21,75 \text{ kW}}{0,8}$$

$$= 27,18 \text{ kW}$$

#### ***4.4.2 Se suman cargas adicionales tales como bombas de agua y ascensor***

Una vez obtenidos las potencias totales de todas las lámparas y de los tomacorrientes instalados en el edificio nuevo de la Carrera de Mantenimiento Industrial procedemos a sumar todas las potencias y las dividimos para 0,8, obteniendo así el total de la potencia de lámparas y tomacorrientes. No debemos olvidar de sumar las cargas adicionales que se encuentran definido en la tabla 9-3, como es del sistema de bombeo que consta de dos bombas la primera de 5,5HP y 1,5 HP respectivamente y la potencia del ascensor.

#### ***4.4.3 Potencia nominal total del edificio de Mantenimiento***

$$= (27,18 + 1,8 + 5,8 + 3,7) \text{ kW}$$

$$= 38,48 \text{ kW} \times 0,7 = \mathbf{26,94 \text{ kW}}$$

#### **4.5 Pasos que seguir para después de utilizar el analizador de energía**

Una vez utilizado el analizar y haber guardado adecuadamente la información por un nombre en cual pueda identificar. Procedemos a seguir los siguientes pasos para guardar el analizar de la calidad de energía:

- Teniendo los elementos del analizar desconectados del tablero principal.
- Inspeccionamos el estado de los cables de medición de voltaje y corriente con un multímetro comprobamos su continuidad.

- Para liberar memoria de almacenamiento interno formateamos o borramos la información previamente descargada al software en nuestro pc o laptop.
- Limpiamos los elementos utilizados con una franela.
- Comprobamos el estado de los pines de conexión de las sondas de corriente.
- Procedemos a ubicar el analizador y las sondas de corriente y voltaje en el estuche de transporte, como se indica en la siguiente figura 3-4.



**Figura 3-4:** Colocación correcta del equipo

**Realizado por:** Caizaguano A., Cisneros J., 2022.

## CONCLUSIONES

- Se analizó que la potencia instalada del transformador de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se encuentra sobredimensionado de acuerdo con los cálculos realizados, por lo tanto, su centro de carga requerido deberá ser distinto.
- Se analizó la capacidad energética instalada mediante cálculos matemáticos y con ayuda del analizador de la calidad de energía que el edificio de la Carrera de Mantenimiento necesita de un transformador tipo convencional.
- Determinado el correcto posicionamiento e instalación del centro de carga con el fin de evitar pérdidas.
- Se determinó que el sobredimensionamiento del transformador del edificio la Carrera de Mantenimiento conlleva un gasto excesivo de un sesenta y dos por ciento en comparación del precio de un transformador del tipo convencional. Lo cual este gasto puede aportar para el desarrollo de las actividades académicas.
- Se demostró que el transformador de la Carrera de Mantenimiento Industrial incurre en un consumo menor de potencia que el que está instalado actualmente ya que funciona como edificio para aulas mas no para laboratorios.

## **RECOMENDACIONES**

- Para que la institución como es la prestigiosa ESPOCH no recurra en gastos innecesarios al momento de realizar nuevas infraestructuras, se deberá contar con profesionales los cuales deben estar capacitados en todos los ámbitos de dicha área, como lo es un Ingeniero de Mantenimiento.
- Utilizar el equipo de protección personal adecuado para la conexión del equipo, siguiendo las indicaciones y advertencias determinadas en el manual del equipo Fluke 435 II.
- Investigar sobre la conexión del equipo para evitar un mal uso o sobrecargas al momento de la conexión.

## BIBLIOGRAFÍA

**ÁLVAREZ, Julio.** Transformadores. *Utm.* [En línea] 2016. [Citado el: 01 de Febrero de 2021.] [https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6735/mod\\_resource/content/1/7\\_transformador.pdf](https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6735/mod_resource/content/1/7_transformador.pdf).

**AMALFA, Salvador.** *Transformadores fundamentos y construccion.* Buenos Aires : Hispano America S.A-H.A.S.A, 2007. pág. 159. 9789505282753.

**ARCONEL.** Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución. *Agencia de Regulacion y Control de Electricidad.* [En línea] 2020. [Citado el: 16 de Enero de 2021.] <https://www.regulacioneolica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/01/2-Pliego-Tarifario-SPEE-2020.pdf>.

**ARCOTEL.** Resolucion Nro. 074/07 El pleno consejo de la judicatura. *Función judicial.* [En línea] 2017. [Citado el: 11 de Enero de 2022.] <https://www.funcionjudicial.gob.ec/www/pdf/resoluciones/2017/074-2017.pdf>. 41.

**BARRIENTOS MÓNICO, Carlos Roberto; & CÁCERES CHIQUILLO, Juan José.** Modelado de evaluación de eficiencia energética y estudio termografico de edificios. *Itca.* [En línea] 2019. [Citado el: 05 de Enero de 2021.] <https://www.itca.edu.sv/wp-content/uploads/2021/02/04-Informe-Final-Elctrica-Eficiencia-2018-ISBN-impreso-1.pdf>. 978-99961-39-00-0.

**BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO (BOE).** Real decreto, 337/2014 - Condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión. *Boe.* [En línea] 2014. [Citado el: 15 de Diciembre de 2020.] <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/05/09/337>.

**CALDERÓN YAUTIBUG, Juan Eduardo; & GUACHI GUANÍN, José Luis.** Anàlisis de la eficiencia energética en los sistemas eléctricos en laboratorios y talleres de la Facultad de Mecànica de la ESPOCH. *Epoch.* [En línea] 2014. [Citado el: 12 de Diciembre de 2020.] <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4196>.

**CONECEL.** Calidad del servicio eléctrico de distribución. *Scribd.* [En línea] 23 de Mayo de 2001. [Citado el: 19 de Febrero de 2021.] <https://es.scribd.com/document/348506679/Niveles-de-Voltaje-en-El-Ecuador>.

**CONEJO NAVARRO, Antonio Jesús; et al.** *Instalaciones Electricas.* [ed.] Carmelo Sanches. Madrid : Mc Graw Hill, 2007. 978-84-481-5639-8.

**CRESPO CASTRO, Noemi; & CHALA ROMERO, Miguel.** Sistema para la mitigación de las perturbaciones que afectan la calidad de la energía. *Universidad de Pinar del Río*. [En línea] 2018. [Citado el: 02 de Enero de 2022.] <https://rc.upr.edu.cu/jspui/handle/DICT/3188>.

**DÁVILA CANTOS, Jorge Guillermo.** Análisis de la normatividad eléctrica para alcanzar la eficiencia energética en las edificaciones comerciales. *Espe*. [En línea] 2010. [Citado el: 20 de Febrero de 2021.] <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/239/6/T-ESPE-027394.pdf>.

**EQUISET S.A.** Equipos y servicios electricos. *Equisetsa*. [En línea] 2010. [Citado el: 17 de Enero de 2021.] <http://equisetsa.com/productos/docs/padmouted.pdf>.

**FLUKE CORPORATION.** Analizadores de calidad eléctrica y energía 434-II y 435-II de Fluke. *Fluke*. [En línea] FLUKE, 2021. [Citado el: 02 de Febrero de 2021.] <https://www.fluke.com/es-es/producto/comprobacion-electrica/calidad-electrica/434-435>.

**FLUKE.** Manual de uso Fluke 434-II/435-II/437-II. *Fluke*. [En línea] 2012. [Citado el: 02 de Febrero de 2021.] [https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/F430-II\\_umspa0100.pdf](https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/F430-II_umspa0100.pdf).

**INEN.** Transformadores, Definiciones. *Normalización*. [En línea] 12 de Diciembre de 2013. [Citado el: 12 de Enero de 2021.] <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2110-1.pdf>.

**LLUMIGUÍN SARZOSA, Alexandra Jackeline.** Resultados de la aplicación de los transformadores pad mounted en el sistema de distribución de la Empresa Eléctrica Quito S.A. *Epn*. [En línea] 2014. [Citado el: 17 de Enero de 2021.] <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8561>.

**LOZANO TRONCOSO, Sharon Juliana; & MENDOZA MUÑOZ, Fernando Javier.** Manual para la construcción de líneas subterráneas a 69 kv en la provincia del Guayas. *Espol*. [En línea] 2019. [Citado el: 01 de Febrero de 2021.] <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/47547>.

**MAGNETRON S.A.S.** Guía para del manejo de transformador tipo pedestal o caja de maniobra. *Magnetron*. [En línea] 2018. [Citado el: 18 de Enero de 2021.] [http://www.magnetron.com.co/images/2018/PDF-GUIAS-TECNICAS/guia\\_transformador\\_tipo\\_pedestal.pdf](http://www.magnetron.com.co/images/2018/PDF-GUIAS-TECNICAS/guia_transformador_tipo_pedestal.pdf).

**MDP.** Introducción al transformador Eléctrico de potencia. *Mdp*. [En línea] 2019. [Citado el: 16 de Enero de 2021.] [http://www3.fi.mdp.edu.ar/electrica/maquinasyaccionamientos/subir/1.Teoria\\_a\\_apuntes\\_de\\_catedra/mae\\_2019\\_apunte\\_catedra5\\_transformador\\_de\\_potencia\\_y\\_medida.pdf](http://www3.fi.mdp.edu.ar/electrica/maquinasyaccionamientos/subir/1.Teoria_a_apuntes_de_catedra/mae_2019_apunte_catedra5_transformador_de_potencia_y_medida.pdf).

**MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD.** Reglamento Técnico registro Oficial N° 189. *Pudeleco*. [En línea] 17 de 02 de 2017. [Citado el: 19 de Enero de 2021.] [http://www.pudeleco.com/files/RTE%20INEN%20141%20\(1R\).pdf](http://www.pudeleco.com/files/RTE%20INEN%20141%20(1R).pdf).

**MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD.** Resolución No. 18 037 Registro Oficial N°. 189. *Mip*. [En línea] 2017. [Citado el: 13 de Enero de 2021.] <http://extranet.comunidadandina.org/sirt/sirtDocumentos/ECOTCA18013.pdf>.

**NEC.** Instalaciones electromecánicas. *Norma Ecuatoriana de Construcción*. [En línea] 2013. [Citado el: 11 de Enero de 2021.] <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/NECINSTALACIONESELECTROMECHANICAS2013.pdf>.

**ORELLANA MALAVÉ, Israel Alberto; & RAMÓN PINEDA, Pablo Andrés.** Determinación de los factores de carga y pérdidas en transformadores de distribución por estratos de consumo en el área de concesión de la Empresa eléctrica regional del sur. *Ups*. [En línea] 2017. [Citado el: 03 de Enero de 2020.] <http://dSPACE.ups.edu.ec/handle/123456789/14767>.

**QUIROGA, Alfredo.** Normas técnicas de la instalación del transformador tipo pedestal (PAD MOUNTED). *Doc player*. [En línea] 2014. [Citado el: 18 de Enero de 2021.] <https://docplayer.es/13274381-Instalacion-del-transformador-tipo-pedestal-pad-mounted.html>.

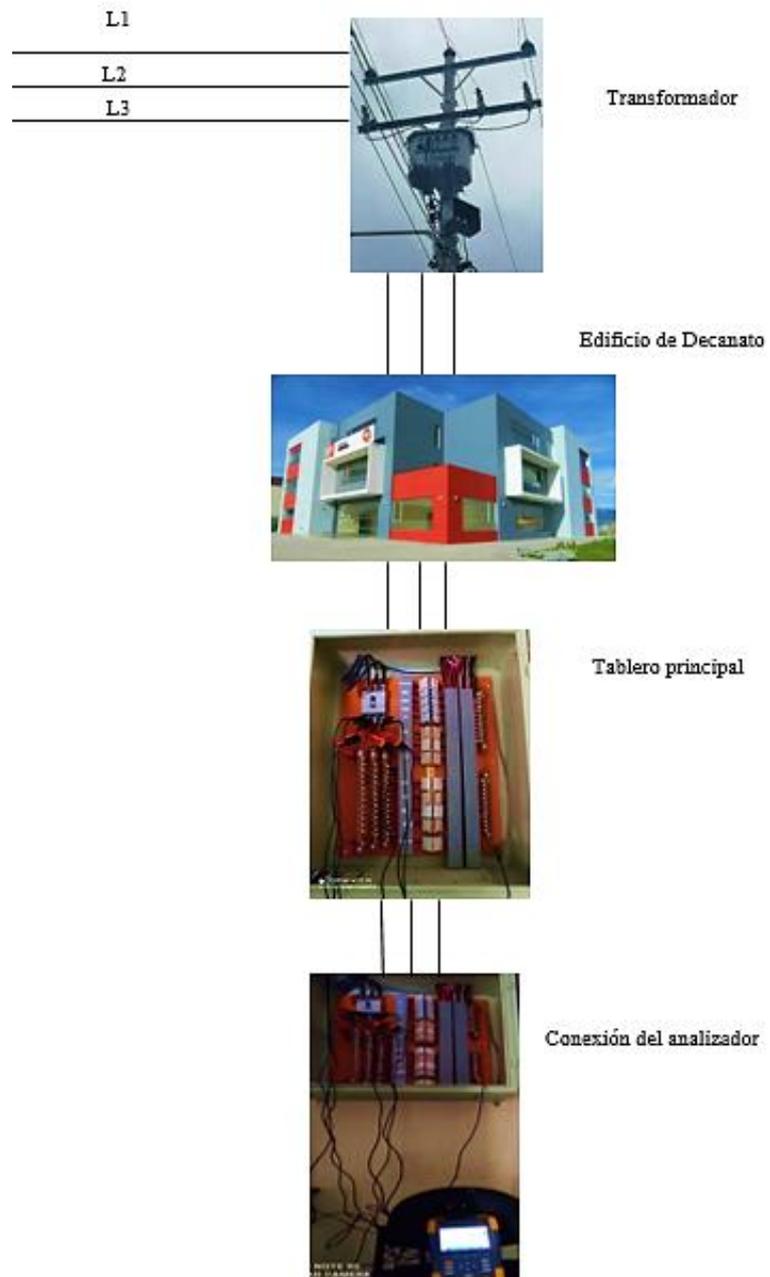
**RODRÍGUEZ, Miguel.** *Instalaciones de distribuciones*. Madrid : SÌNTESES,S.A., 2020. págs. 44-45. ISBN: 978-84-1357-005-1.

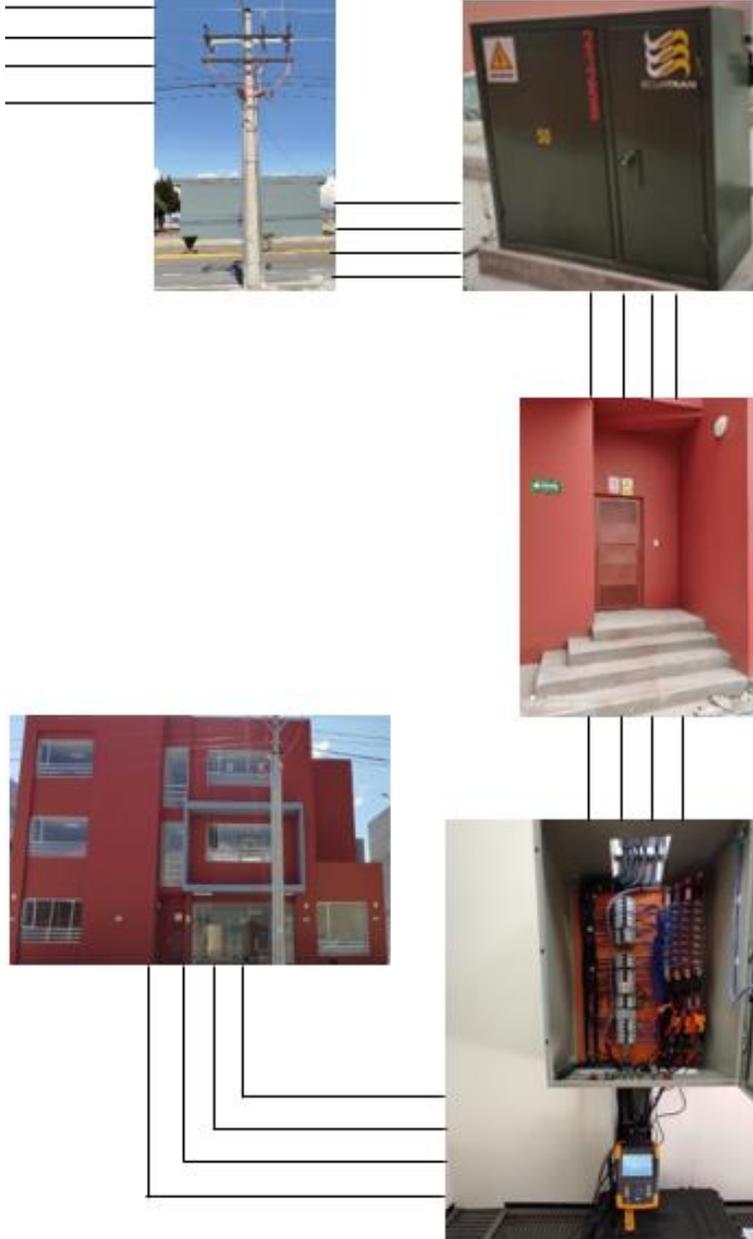
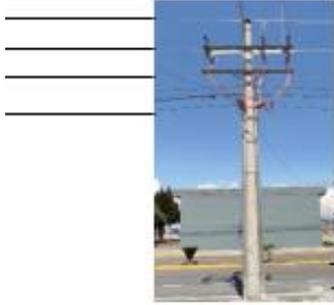
**RYMEL.** Catálogo de productos- Tipos de transformadores. *Rymel*. [En línea] 2017. [Citado el: 18 de Enero de 2021.] <http://www.rymel.com.co/CatalogoProductos.pdf>.

**UNE.** Conjuntos de apararamenta de bajatension. *UNE-EN 60439*. España : AENOR, 2015. Vol. I, 27.

## ANEXOS

### ANEXO A: DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LÍNEAS DEL EDIFICIO DE DECANATO Y EDIFICIO DE MANTENIMIENTO





## ANEXO B: CONFIGURACIÓN

Pasos para la toma de mediciones de los transformadores

1. Reconocimiento de las partes del analizador de energía de marca Fluke



2. Utilizar el equipo de protección personal para la toma de mediciones.
3. Identificación de los parámetros que debemos de tomar en cuenta para la medición como: la corriente y el voltaje que pasa por las líneas.

Medición de los niveles de voltaje



### Medición de los niveles de amperaje



4. Procedemos a la conexión del equipo en el panel de control del transformador.



5. Verificamos con una pinza amperimétrica si los valores del analizador de energía son los correctos



6. Esperar el tiempo estimado para la adquisición de datos



7. Guardamos los datos obtenidos en el equipo.



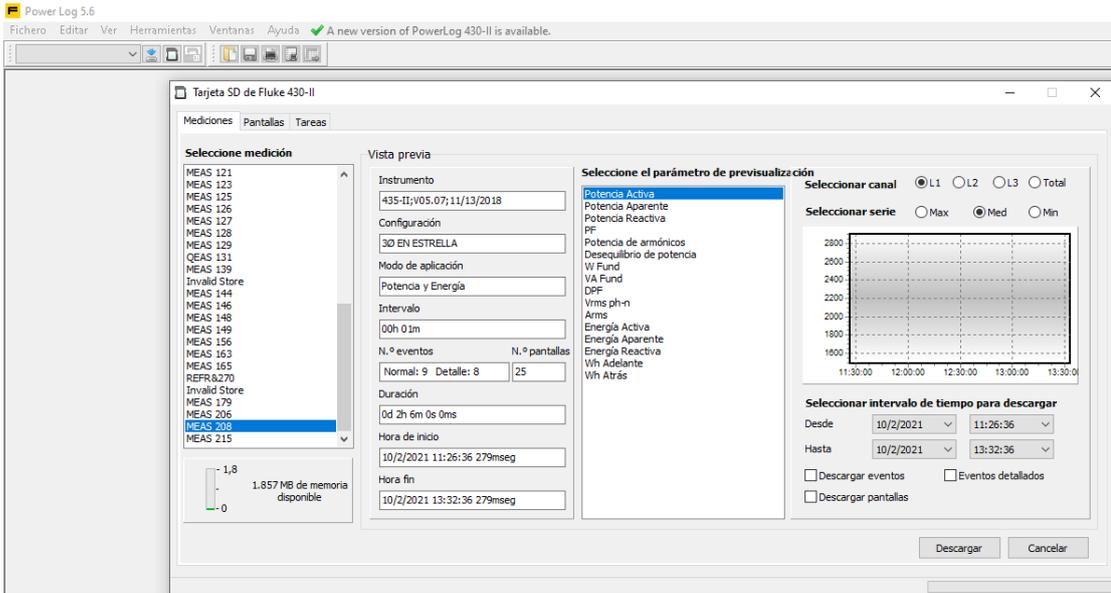
8. Desconectamos el equipo



9. Guardamos adecuadamente y en orden en su estuche flexible.



10. Mediante un software obtenemos la información requerida para poder ser interpretada





**ANEXO D: MEDICIONES OBTENIDAS**

Fecha	Hora	Tensión L1 Med	Tensión L2 Med	Tensi L3 Med	Corriente L1 Med	Corriente L2 Med	Corriente L3 Med	Potencia Activa L1 Med	Potencia Activa L2 Med	Potencia Activa L3 Med	Potencia Activa Total Med	Potencia Reactiva L1 Med	Potencia Reactiva L2 Med	Potencia Reactiva L3 Med	Potencia Reactiva Total Med	Apparent P L1 Med	Apparent P L2 Med	Apparent P L3 Med	Apparent P Total Med	Factor de Potencia L1 Med	Factor de Potencia L2 Med	Factor de Potencia L3 Med	Factor de Potencia Total Med	Active Energy L1	Active Energy L2	Active Energy L3	Active Energy N	Reactive Energy L1	Reactive Energy L2	Reactive Energy L3	Reactive Energy N
01/02/2021	16:15:00	127,03	128,46	128,17	0,49	0,39	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,02	0,01	0	-4	12	8	0	-6	10	-18
01/02/2021	16:30:00	127,03	128,46	128,08	0,49	0,39	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,02	0,01	0	-4	12	8	0	-6	10	-18	
01/02/2021	16:45:00	127,31	128,75	128,27	0,49	0,39	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,02	0,01	0	-4	12	8	0	-6	12	-18	
01/02/2021	17:00:00	127,41	128,84	128,37	0,49	0,39	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,02	0,01	0	-4	14	8	0	-6	12	-18	
01/02/2021	17:15:00	127,41	128,84	128,37	0,49	0,39	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	-4	14	8	0	-6	12	-18	
01/02/2021	17:30:00	127,50	128,84	128,37	0,49	0,39	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,01	0,00	0	-4	14	10	0	-6	12	-18	
01/02/2021	17:45:00	127,79	129,23	128,65	0,49	0,39	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0	-4	14	10	0	-8	14	-18
01/02/2021	18:00:00	127,89	129,23	128,65	0,49	0,39	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,01	0,01	0	-4	14	10	0	-8	14	-18	
01/02/2021	18:15:00	127,98	129,32	128,65	0,49	0,39	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	-0,01	0	-4	14	10	-2	-8	14	-18	
01/02/2021	18:30:00	127,89	129,32	128,56	0,49	0,39	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0	-4	14	10	-2	-8	14	-18
01/02/2021	18:45:00	126,84	128,37	127,70	0,49	0,39	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,08	0,09	0	-4	16	12	-2	-8	16	-18



## MEDICIONES EN EL EDIFICIO DE DECANATO

Fec ha	Ho ra	Te ns i L 1 Med	Te ns i L 2 Med	Te ns i L 3 Med	Cor rie nte L1 Med	Cor rie nte L2 Med	Cor rie nte L3 Med	Pot en cia Acti va L1 Med	Pot en cia Acti va L2 Med	Pot en cia Acti va L3 Med	Pot en cia Acti va Total Med	Pot enc ia Re acti va L1 Med	Pot enc ia Re acti va L2 Med	Pot enc ia Re acti va L3 Med	Pot enc ia Re acti va Total Med	Ap par ent P L1 Med	Ap par ent P L2 Med	Ap par ent P L3 Med	Ap par ent P Total Med	Fa cto r de Pot en cia L1 Med	Fa cto r de Pot en cia L2 Med	Fa cto r de Pot en cia L3 Med	Fa cto r de Pot en cia Total Med	Ac tiv e En erg y L1	Ac tiv e En erg y L2	Ac tiv e En erg y L3	Ac tiv e En erg y N	Re acti ve En erg y L1	Re acti ve En erg y L2	Re acti ve En erg y L3	Re acti ve En erg y N
25/02/21	10:15:21	124,25	125,13	124,43	1,38	1,39	1,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,04	0,02	0,00	1348	170	1598	3118	2286	1680	2692	6660
25/02/21	10:20:21	124,43	125,64	124,41	1,38	1,39	1,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,03	0,01	0,00	1348	170	1598	3118	2286	1680	2692	6660
25/02/21	10:25:00	125,5,19	125,5,16	125,5,16	1,38	1,39	1,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,03	0,01	0,00	1348	170	1598	3118	2286	1680	2692	6660
25/02/21	10:30:00	125,5,11	125,5,56	125,5,23	1,38	1,39	1,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,02	0,00	0,00	1348	168	1600	3118	2286	1680	2690	6658
25/02/21	10:35:00	124,42	125,4,14	124,4,47	1,38	1,39	1,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,02	0,00	0,00	1348	168	1600	3118	2286	1680	2690	6658
25/02/21	10:40:00	124,5,56	125,4,03	124,5,56	1,38	1,39	1,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,03	0,02	0,00	0,00	1348	168	1600	3118	2286	1680	2690	6658
25/02/21	10:45:00	124,5,56	125,5,00	124,5,63	1,38	1,39	1,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,02	0,00	0,00	1348	168	1600	3118	2286	1680	2690	6658
25/02/21	10:50:00	124,81	125,4,01	124,4,75	1,38	1,39	1,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,03	0,01	0,00	1348	166	1600	3118	2286	1680	2690	6656
25/02/21	10:55:00	124,5,94	125,5,02	124,5,02	1,38	1,39	1,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,03	0,01	0,00	1348	166	1602	3118	2286	1680	2690	6656
25/02/21	11:00:00	125,5,39	124,4,39	124,4,39	1,38	1,39	1,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,04	0,02	0,00	1348	166	1602	3118	2286	1680	2688	6656

25/0 2/20 21	11: 05: 00	12 4, 39	12 4, 91	12 4, 62	1,3 8	1,3 9	1,3 8	0,0 0	- 0,0 2	0,0 5	0,0 3	13 48	16 6	16 04	31 20	22 86	16 80	26 88	66 54													
25/0 2/20 21	11: 10: 00	12 3, 84	12 5, 02	12 4, 76	1,3 8	1,3 9	1,3 8	0,0 0	- 0,0 2	0,0 5	0,0 3	13 48	16 6	16 04	31 20	22 86	16 80	26 88	66 54													
25/0 2/20 21	11: 15: 00	12 4, 66	12 5, 58	12 4, 75	1,3 8	1,3 9	1,3 8	0,0 0	- 0,0 2	0,0 6	0,0 5	13 48	16 4	16 06	31 22	22 86	16 80	26 88	66 54													
25/0 2/20 21	11: 20: 00	12 4, 87	12 5, 25	12 4, 07	1,3 8	1,3 9	1,3 8	0,0 0	- 0,0 2	0,0 5	0,0 3	13 48	16 4	16 06	31 22	22 86	16 80	26 86	66 54													
25/0 2/20 21	11: 25: 00	12 5, 00	12 5, 27	12 4, 86	1,3 8	1,3 9	1,3 8	0,0 0	- 0,0 2	0,0 5	0,0 3	13 50	16 4	16 08	31 22	22 86	16 80	26 86	66 52													
25/0 2/20 21	11: 30: 00	12 4, 90	12 5, 18	12 4, 87	1,3 8	1,3 9	1,3 8	0,0 0	- 0,0 2	0,0 7	0,0 5	13 50	16 4	16 08	31 24	22 86	16 80	26 86	66 52													
25/0 2/20 21	11: 35: 00	12 4, 60	12 5, 08	12 4, 57	1,3 8	1,3 9	1,3 8	0,0 0	- 0,0 3	0,0 3	0,0 0	13 50	16 4	16 10	31 24	22 86	16 80	26 86	66 52													
25/0 2/20 21	11: 40: 00	12 5, 20	12 5, 41	12 5, 25	1,3 8	1,3 9	1,3 8	0,0 0	- 0,0 2	0,0 3	0,0 2	13 50	16 2	16 10	31 24	22 86	16 80	26 86	66 52													
25/0 2/20 21	11: 45: 00	12 4, 73	12 5, 07	12 4, 28	1,3 8	1,3 9	1,3 8	0,0 0	- 0,0 2	0,0 3	0,0 1	13 50	16 2	16 10	31 24	22 86	16 80	26 86	66 52													