



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**ANTEPROYECTO PARA TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TÍTULO:**

**ANÁLISIS DE CARGAS EN ACOMETIDAS Y TRANSFORMADORES DE  
POTENCIA EN LAS INDUSTRIAS PARA REDUCCIÓN FALLAS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de ingeniero eléctrico

**AUTOR:**

LUIS ALEX SILVA LABANDA

**TUTOR:**

Ing. JULIO MANUEL SILVA BECHERAN, MSc

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

2023

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN.**

Yo Luis Alex Silva Labanda, con documento de identificación N° 0706060613  
manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro  
la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de  
manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

.

Guayaquil, 25 de septiembre del año 2023.

Atentamente,



---

Luis Alex Silva Labanda

0706060613

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Luis Alex Silva Labanda con documento de identificación No 0706060613, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del proyecto técnico: "ANÁLISIS DE CARGAS EN ACOMETIDAS Y TRANSFORMADORES DE POTENCIA EN LAS INDUSTRIAS PARA REDUCCIÓN FALLAS" , el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de septiembre 2023.

Atentamente,



---

Luis Alex Silva Labanda

0706060613

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Julio Manuel Silva Becheran Msc, con documento de identificación 0959623422, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: "ANÁLISIS DE CARGAS EN ACOMETIDAS Y TRANSFORMADORES DE POTENCIA EN LAS INDUSTRIAS PARA REDUCCIÓN FALLAS", realizado por: Luis Alex Silva Labanda con documento de identificación 0706060613 obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de Septiembre del 2023

Atentamente,



---

Ing. Julio Manuel Silva Becheran, MSc

0959623422

## DEDICATORIA

Consegro mi tesis de grado primordialmente a Dios por que siempre fue mi guía y sabiduría ante todo este trascurso a lo largo de mi carrera universitaria y así conseguir una de mis metas.

Mis padres Luis Ernesto Silva Sanchez y Narcisa de Jesus Labanda Ordoñez por su amor y todo el apoyo brindado, gracias a ustedes he podido alcanzar lo que tengo ahora; su lucha de ustedes es el gran ejemplo a seguir y destacarme, no solo por mí, sino para mis hermanos.

Mi esposa por la colaboración y sus deseos de verme superar en lograr cumplir mis objetivos y metas propuestas.

Mi hijo Luis David, quien es el principal pilar para seguir mejorando día a día, por quien vivo y lucho cada momento de mi vida y dando mi mejor ejemplo para él.

Mis Hermanos ya que ellos estuvieron siempre presentes para así lograr, la culminación de esta etapa de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por ser constante en guiar los pasos que procuro, y siempre darme el impulso necesario para enfrentar las dificultades que se presentan día a día.

La Universidad Politécnica Salesiana por la calidad de formación académica que ofrece, preparando profesionales de excelente calidad.

A las personas y cada uno de los profesores que me ayudaron hacer parte de mi aprendizaje como profesional, gracias por ofrecer sus conocimientos.

Agradezco a mi tutor de tesis por brindarme la ayuda necesaria con sus conocimientos, experiencia y asesoría dentro de la elaboración de este trabajo de Titulación.

## **RESUMEN**

Las fallas más comunes en las subestaciones son sobre los niveles de tensión que se ejecutan en redes de media tensión por lo que no suelen ser continuas debido a las extensas longitudes que transmiten. En este caso se requiere analizar las acometidas para así poder implementar 3 reguladores Cooper en media tensión.

Mediante la recopilación de datos con el analizador fluke 434 se debe realizar los cálculos para poder dimensionar bien la capacidad del regulador de voltaje donde se va a implementar en la subestación de la industria.

Después de haber ejecutado los métodos para el lugar correcto de los reguladores de voltaje a través de una valoración de desventajas técnicas por envío de energía, el estudio financiero de la ejecución consentirá la posibilidad de su ejecución, se visualizará si es lo ideal conservarlos o plantear medidas opciones indagando con ello esquemas de calidad del abastecimiento eléctrico.

## **ABSTRACT**

The most common faults in substations are over the voltage levels that run in medium voltage networks, which is why they are not usually continuous due to the long lengths they transmit. In this case, it is necessary to analyze the connections in order to implement 3 Cooper regulators in medium voltage.

By collecting data with the Fluke 434 analyzer, calculations must be made to properly size the capacity of the voltage regulator where it will be implemented in the industry substation.

After having executed the methods for the correct location of the voltage regulators through an assessment of technical disadvantages for sending energy, the financial study of the execution will allow the possibility of their execution, it will be visualized if it is ideal to keep them or consider measures options, thereby investigating quality schemes for electrical supply.

## Contenido

TÍTULO .....	1
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA .....	3
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	4
DEDICATORIA .....	5
AGRADECIMIENTO.....	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
CAPÍTULO 1 .....	17
1.1 JUSTIFICACIÓN .....	17
1.2 DELIMITACIÓN.....	18
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	18
1.4 OBJETIVOS .....	19
1.4.1 OBJETIVOS GENERAL .....	19
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	19
1.5 BENEFICIARIOS DE LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN .....	20
CAPÍTULO 2 .....	21
2 MARCO TEÓRICO.....	21
2.1 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	22
2.2 . REGLA DE ARDVINSON PARA SOLUCIÓN DE FLUJOS DE CARGA.....	22

2.3 ORDENACIÓN NO CONELEC “EFICACIA DE ASISTENCIA ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN”.....	27
2.4 MEDIDA DE VOLTAJE.....	27
2.4.1 Tipos de voltaje.....	27
2.5 PERFIL DE TENSIÓN EN LOS ALIMENTADORES.....	29
2.5.1 Variación de voltaje Alimentador 1 .....	29
2.5.2 Variación de voltaje Alimentador 2 .....	31
2.6 COSTO ENERGÉTICO POR PROBLEMAS DE SOBRETENSIÓN O SUBTENSIÓN .....	31
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>33</b>
3.1. PROTECCIÓN DIFERENCIAL.....	33
3.2. TRANSFORMADOR DE POTENCIA.....	34
3.2.1 Gel de silica.....	35
3.2.2 Pruebas de relación de transformación .....	36
<b>PRUEBAS ELÉCTRICAS DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN CON LOS</b>	
<b>SIGUIENTES RESULTADOS .....</b>	<b>37</b>
3.2.3 Resistencia de aislamiento .....	38
3.2.4 Prueba eléctrica de factor de potencia en los devanados de AT Y BT .....	40
3.3 INTERRUPTORES DE 69KV .....	43
3.4 CELDAS SCHNEIDER DE 24KV .....	45
.....	48
3.5 ACOMETIDAS.....	49
3.6 TAP DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA.....	49
.....	50
3.7 FACTOR DE POTENCIA .....	50
3.8 ANALIZAR DE CALIDAD FLUKE 434 .....	50
3.8.1 VALIDEZ DEL INVERSOR DE POTENCIA. ....	51

3.9 GENERADORES 1.2MVA .....	52
3.9.1 Motor MTU serie 2000 del generador .....	53
3.9.2 Alternador Leroy Somer .....	53
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>55</b>
4.1 GENERALIDADES DE MANTENER LOS LÍMITES DE VOLTAJE EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DENTRO DE LA PLANTA.....	55
4.2 UBICACIÓN IDEAL PARA LOS REGULADORES DE VOLTAJE. ....	56
4.3 BASES PARA LOS REGULADORES .....	56
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>57</b>
5.1 PLANTEAMIENTO .....	57
5.2 CONEXIÓN DE REGULADORES .....	59
5.2.1 Conexión en Estrella: .....	59
5.2.2 Conexión en Delta Cerrado: .....	60
5.3 INDICADOR DE POSICIÓN Y CAPACIDAD ADD-AMP.....	61
5.4 PLACA DE IDENTIFICACIÓN.....	63
5.5 PANEL DEL CONTROL SERIE CL-6.....	64
5.5.1 Teclas multiuso .....	65
5.5.2 Pantallas de incadores. ....	66
5.6 CUCHILLAS BYPASS PARA REGULADORES DE VOLTAJE.....	67
5.6.1 Cuchillas de desunión cerradas. ....	69
5.6.2 Comienzo de cuchillas de desconexión.....	70
5.6.3 Conexión de by-pass y transición al lugar abierto .....	70
.....	71
.....	71

5.6.4 Etapa abierta en las cuchillas de desconexión.....	71
5.6.5 Torre donde se montara la cuchillas.....	72
5.7 CARGA .....	73
5.8 SIMULACIÓN SIN REGULADOR DE VOLTAJE EN EL DIGSILENT .....	76
<b>CAPITULO 6</b> .....	<b>77</b>
6.1 RESULTADO.....	77
6.2 PROPUESTA A DESARROLLAR .....	79
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>80</b>
7.1 CONCLUSIONES .....	80
7.2 RECOMENDACIONES.....	81
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>82</b>

## Índices de figuras

<b>Figura 1 Análisis de alimentador 1</b> .....	30
<b>Figura 2 Análisis alimentador 2</b> .....	31
<b>Figura 3 Diagrama</b> .....	33
<b>Figura 4 Transformador de potencia</b> .....	34
<b>Figura 5 Limpieza transformador de potencia</b> .....	35
<b>Figura 6 Relación de transformación</b> .....	37
<b>Figura 7 Pruebas megger</b> .....	39
<b>Figura 8 Limpieza bushing 69KV</b> .....	39
<b>Figura 9 Pruebas con el interruptor</b> .....	44
<b>Figura 10 Limpieza interruptor</b> .....	44
<b>Figura 11 Indicador de gas SF-6</b> .....	44
<b>Figura 12 Serie de celda QM</b> .....	45
<b>Figura 13 Celdas 24KV</b> .....	46
<b>Figura 14 Limpieza acometida</b> .....	47
<b>Figura 15 Supervisión de celdas</b> .....	47
<b>Figura 16 Limpieza dentro de la celda</b> .....	47
<b>Figura 17 Ajuste de acometidas</b> .....	47
<b>Figura 18 Ajuste de terminales</b> .....	48
<b>Figura 19 Pruebas de aislamiento</b> .....	48
<b>Figura 20 Diagrama tap del transformador</b> .....	50
<b>Figura 21 Grafica de corriente</b> .....	51
<b>Figura 22 Grafica de voltajes</b> .....	52

<b>Figura 23 Generadores .....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 24 Generador SVF .....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 25 Motor MTU .....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 26 Placa Alternador.....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 27 Regulador de voltaje.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 28 Bases para montaje de torre y reguladores.....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 29 Regulador de voltaje Cooper VR-32.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 30 Diagrama de conexión .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 31 Indicador de los 3 bushings.....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 32 Diagrama de conexión .....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 33 Diagrama de conexión en delta.....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 34 Indicar de posiciones .....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 35 Placa de identificador .....</b>	<b>63</b>
<b>Figura 36 Panel de control serie CL-6.....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 37 Botoneras .....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 38 Indicadores de estado .....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 39 Cuchilla.....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 40 Posición de operación normal.....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 41 Posición de operación by-pass .....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 42 Cuchillas de desunión.....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 43 Cuchillas de desconexión.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 44 Conexión de bypass .....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 45 Cuchillas etapa abierta.....</b>	<b>71</b>

<b>Figura 46 Torre de los reguladores .....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 47 Carga total de la industria .....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 48 Carga por cada línea .....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 49 Diagrama unifilar .....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 50 Diagrama unifilar con reguladores .....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 51 Resultado digsilent.....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 52 Resultado digsilent.....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 53 Diagrama unifilar donde van ubicados los reguladores.....</b>	<b>79</b>

## Índices de tablas

<b>Tabla 1. Expresiones para determinar caídas de voltaje.....</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 2 Expresione para determinar pérdidas de pontencia activa.....</b>	<b>25</b>
<b>Tabla 3 Rangos de voltajes según norma ANSI .....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 4 Problemas energéticos .....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 5 Especificaciones en cambio de gel silica .....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 6 Pruebas de relación dieléctricas.....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 7 Resultados de pruebas dieléctricas de aislamiento .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 8 Pruebas en factor de potencia .....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 9 Resultado pruebas físico químicas aceite transformador.....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 10 Resultado de cantidad de gases combustibles en ppm.....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 11 Resultado de aislamiento en las celdas .....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 12 Regulación de voltaje .....</b>	<b>75</b>

## **CAPÍTULO 1**

### **1 INTRODUCCIÓN.**

El presente trabajo de titulación tiene como título: Análisis de cargas en acometidas y transformadores de potencia en una industria para reducción de fallas.

#### **1.1 JUSTIFICACIÓN**

Una de los daños más comunes en las industrias son los cortes de energía por sobre tensión o sub tensión, que se producen debido al sub dimensionamiento del conductor de las nuevas cargas que se requieren para instalaciones de nuevas maquinarias dentro de las industrias. Otro inconveniente que se da de forma externa en las industrias son por las hidroeléctricas que al estar por falta de mantenimiento producen picos de voltajes, por lo cual, causan daños a los equipos de las subestaciones eléctricas. Lo antes expuesto, hace que se presenten fallas en los transformadores de potencia de la subestación antes del tiempo estimado de un mantenimiento programado general, por lo cual, es importante estar monitoreando el comportamiento de las líneas de 69KV y de los transformadores para poder cambiar el TAP cuando hay estas variaciones de voltajes y no afecte a paradas de máquinas en la industria.

La empresa eléctrica (CNEL EP EL ORO) generalmente en las líneas de media tensión no están ofreciendo los rangos de tensión convenientes, en poder optimar la eficacia del servicio de energía eléctrica y evitar que presenten fallas en los transformadores y equipos electrónicos instalados dentro de la empresa.

Por este motivo se requiere realizar un análisis de cargas en las acometidas para poder dimensionar el tipo de regulador de voltaje, con las cargas actuales que tiene toda la planta al momento de trabajar el 90% a 100% para satisfacer la mayor demando posible.

Para la validación de este proyecto hay proveer y hacer un estudio para el lugar de los reguladores de voltaje en la líneas de media tensión, donde nos van ayudar a tener una mejor calidad de energía eléctrica en la planta, para eso este informe técnicos es establecer el lugar apropiado para los reguladores de voltaje.

La propuesta actual es brindar a la empresa energía eléctrica en mejoras condiciones, para mejorar la insistencia en persistencia el nivel de voltaje suministrado, en una industria cartonera ubicada al sur de Machala en un sector industrializado.

## **1.2 DELIMITACIÓN**

El presente trabajo de titulación está planeado para realizarlo en un plazo de 6 meses a partir de su aprobación que está estimado para el mes de septiembre del 2023.

Se delimitará a realizar la implementación de hacer un estudio en una industria localizada en el sector industrial de Machala de montaje de reguladores en media tensión.

## **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La escasa información sobre las acometidas de media tensión y cargas de los transformadores dificultan proyectar a futuro a una ampliación de un proceso en una planta evitando el sub dimensionamiento de las acometidas y los transformadores de potencia.

Para estudios técnicos para el análisis de flujo de potencia, pero también determinar la ubicación de acuerdo a criterios personales.

En el momento la CNEL EP DEL ORO tienen problemas de rangos en las tensión donde está entregando a la subestación de la empresa (INDUSTRIAL), los cuales se causan debido a la falta

de mantenimiento de la hidroeléctrica “MINAS DE SAN FRANCISCO” Y problema del sistema nacional interconectado (CELEC).

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVOS GENERAL**

Determinar la capacidad de carga de los reguladores de voltaje que se implementará, para mejorar los niveles de tensión en los nodos que se encuentran distribuidos en la empresa.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar la medición de cargas asociadas a los transformadores para saber el estado de carga actual de la planta.
- Evaluar los distintos momentos del procedimiento de la curva de carga y tensiones obtenidas mediante el analizador de voltaje fluke 434.
- Determinar la capacidad del regulador de voltaje mediante la carga total de la empresa para poder hacer el cálculo y seleccionar el contenido en KVA.

## **1.5 BENEFICIARIOS DE LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN**

Empresas industriales porque podrán seguir los lineamientos de este estudio y aplicarlos para evitar cualquier tipo de paradas o fallos de máquinas en la planta.

Por problemas de calidad de energía por medio de CNEL EL ORO en acometida de 69KV que alimentan a las subestaciones eléctricas de la distintas empresas industriales.

Con la implementación de reguladores de voltaje monofásicos en 13.8KV llegaremos a tener un mejor control de voltaje para evitar variaciones de voltaje tanto como sobrevoltaje y subvoltaje que llegan al primario de los transformadores.

## CAPÍTULO 2

### 2 MARCO TEÓRICO

En los presentes ítems se expondrán trabajos similares a lo que se realizara una esta investigación para ver los avances en este tipo de análisis y las novedades científicas en el actual trabajo.

En trabajos presentados como el de Gary Ampuño (Ampuño, Agila, & Cevallo, 2014), se realiza el análisis del rendimiento de un sistema industrial mediante el uso de control avanzado en el cual se establecen las variables que afectan al proceso con diferentes escenarios de fallas y como resultado se presenta un control predictivo de lógica difusa es capaz de evitar los fallos e indicar al operador cuando debe hacer un mantenimiento predictivo.

Mientras que Luis Silva (Silva, 2021) plantea un mantenimiento preventivo, el cual predice los fallos eléctricos que producen fuera de la fábrica obteniendo resultado del 1% en las fallas de producción en un periodo determinado.

Kleber Iza (Hernan, 2018), en el trabajo presentado fue comprobar el aislamiento del transformador para que pueda soportar el voltaje nominal del operación, sobre voltaje originados por descargas atmosféricas y mala maniobra, por lo cual los intimidades centrales y la distancia que corresponde apalear el transformador por lo general el núcle y el devanado de baja tensión son de aislamiento dieléctrico.

La novedad del trabajo presentado es la captura de datos a través de un analizador de red durante el proceso de mayor consumo de carga en horas picos y esto será ingresado en un software especializado para definir planes de mantenimiento programados.

## **2.1 Sistema de distribución de energía eléctrica.**

El sistema eléctrico subtransmisión comienza con la S/E EL CAMBIO, en lo general alimentada por 3 líneas de subtransmisión a la S/E de la empresa.

Actualmente CNEL-EP EL ORO, se conecta al Sistema Nacional Interconectado (SIN) a un rango de 138KV cuando ingresa a la S/E de subtransmisión EL CAMBIO, donde reduce el voltaje a 69KV y luego brinda la alimentación a la S/E de distribución de la empresa las cuales reducen el voltaje a 13.8KV para la alimentación de los transformadores.

## **2.2 . Regla de Ardivinson para solución de flujos de carga**

Durante el método ayuda a resolver la parte de flujo de demanda en [KVA], por lo cual con los cálculos que se hacen para intervenir con las caídas de tensión así mismo como pérdidas de potencia en los transformadores y análisis en cada tramo, al final se asume donde:

- Ver si el contenido de los transformadores de distribución es semejante.
- Balance de cargas en el circuito
- Revisar que si el **FP** (factor de potencia) se mantiene a lo largo del recorrido del alimentador de distribución.
- Variación de la demanda en los nodos.

El diseño general para ejecutar el método de Ardivinson se relata en los siguientes términos:

$$C = \Delta P_t \cdot [C_{pte} + k_{asep}]$$

$$\Delta P_t = k_{cir} \cdot \left[ \frac{(S_{ij}^2)}{U^2} (R_{ij} L_{ij} 10^{-3}) \right]$$

$$C = K_{cir} \cdot \sum_{k=1}^n \left[ \frac{(S_{ij}^2)}{U^2} (R_{ij} L_{ij} 10^{-3}) \right] \cdot [C_{pte} + K_{asep}]$$

Donde:

- $\Delta P_t$ : Perdida de potencia activa [KW]
- $S_{ij}$ : Demanda en el nodo
- $C$ : Costo de pérdidas.
- $C_p$ : Costo de la energía.
- $\tau$ : horas de operación anual  $[8760 \frac{\text{horas}}{\text{año}}]$
- $k_{asep}$ : Costos de inversión amortizados.
- $U$ : Voltaje nominal del sistema [KV].
- $k_{cir}$ : Coeficiente por arreglo que semeja a uno para sistemas trifásicos en estrella o delta y semeja a  $\sqrt{3}$  para circuitos monofásicos.
- $R_{ij}$ : Lugar existente por impedancia del calibre, sistemas trifásicos logrado que la matriz de secuencia, estando en el lugar existente de  $Z_1$  de secuencia positiva [ $\Omega$ ].
- $L_j$ : Recorrido en kilómetros tomada desde el nodo cero hasta el nodo  $j$ .
- $k$ : Indicador de la iteración actual.

Al ejecutar el ejercicio se tiene que lograr:

Matriz de incidencia: Matriz de dimensiones  $[m \times n]$ , en donde se indica los nodos que se relacionan entre si con “1” y si no se llena con “0”.

En la impedancia de secuencia efectiva: Se evidencia que en la matriz de secuencia las impedancias con el tipo de tamaño se conforman durante un sistema radial. Donde se llega a utilizar los elementos existentes  $Z1 = R + jx [\Omega]$ .

Durante la primera insistencia, con los calculos se proviene a hacer “n” insistencia hasta mostrar donde la respuesta de falta pueda ser casi o igual a cero.

En las tablas 1 y 2 se muestras todos los terminos para establecer las caídas de tensión con los sistemas radiales de distribución en la empresa.

La manera donde se emplea cuando acopla igual con las medidas y tipos de alimentadores radiales, por que estan accedidos en cantidades de distancias. (Alzare, 2014).

**Tabla 2.1.** Términos en establecer las caídas de tensión en los distribuidores.

**Fuente:** (Sanchez, 2022)

**Tabla 1.** Expresiones para determinar caídas de voltaje

Tipo de Alimentador	Expresiones para determinar caídas de voltajes
	Voltios [V]
$3F \Delta o Y$	$\Delta U_{3F-ij} = \frac{DM_{3F-ij}}{\sqrt{3} \cdot U_{nom}} \cdot L_{ij} \cdot (R_{ij} \cos \varphi + jX_{ij} \sin \varphi)$
$1F L - L\Delta$	$\Delta U_{L-L} = 2 \cdot \frac{DM_{1F-ij}}{U_{ab \cdot nom}} \cdot L_{ij} \cdot (R_{ij} \cos \varphi + jX_{ij} \sin \varphi)$
$1F L - NY$	$\Delta U_{L-N} = \sqrt{3} \cdot \frac{DM_{1F-ij}}{U_{nom}} \cdot L_{ij} \cdot (R_{eq} \cos \varphi + jX_{eq} \sin \varphi)$

2F-n (Carga 1F balanceada)	$\Delta U_{FN-ij} = \frac{\sqrt{3} \cdot DM_{ij}}{\sqrt{2} \cdot U_{nom}} \cdot L_{ij} \cdot [R(\cos\varphi + \cos\beta) + X(\sin\varphi + \sin\beta)]$
2F-n (Carga 3F balanceada)	$\Delta U_{FN-ij} = \frac{DM_{ij}}{\sqrt{3} \cdot U_{nom}} \cdot L_{ij} \cdot [R(\cos\varphi + \cos\beta) + X(\sin\varphi + \sin\beta)]$

Donde:

- $DM_{3F-ij}$ : Demanda máxima trifásica en KVA que circula por el tramo “ij”.
- $DM_{1F-ij}$ : Demanda máxima monofásica en KVA que circula por el tramo “ij”.
- $U_{nom}$ : Voltaje nominal línea – línea en KV
- $L_{ij}$ : Distancia del tramo

**Tabla 2.2.** Términos en establecer por pérdidas en potencia activa (P) por el alimentador primarios de distribución.

**Fuente:** (Sanchez, 2022)

**Tabla 2 Expresiones para determinar pérdidas de potencia activa**

Tipo de Circuito	Expresiones para determinar caídas de voltajes
	Voltios [V]
3F $\Delta$ o Y	$\Delta P_{3F-ij} = \left(\frac{DM_{ij}}{U_{mon}}\right)^2 \cdot L_{ij} \cdot R_{ij} \cdot 10^{-3}$
1F L – L $\Delta$	$\Delta P_{L-L} = 2 \cdot \left(\frac{DM_{L-L}}{U_{mon}}\right)^2 \cdot L_{ij} \cdot R_{ij} \cdot 10^{-3}$
1F L – NY	$\Delta P_{L-N} = 3 \cdot \left(\frac{DM_{L-N}}{U_{mon}}\right)^2 \cdot L_{ij} \cdot R_{ij} \cdot 10^{-3}$

2F-n (Carga 1F balanceada)	$\Delta P_{2FN-1F} = 3 \cdot \left( \frac{DM_{ij-FN}}{U_{mon}} \right)^2 \cdot (R_A + R_B + R_N) \cdot L_{ij} \cdot 10^{-3}$
2F-n ( Carga 3F balanceada)	$\Delta P_{2FN-3F} = \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{DM_{ij-3F}}{U_{mon}} \right)^2 \cdot (2R_F + R_N)ij \cdot L_{ij} \cdot 10^{-3}$

Donde:

- $2R_F$ : Resistencia equivalente monofásica de RA+RB [ $\Omega$ /km].
- $R_N$ : Resistencia del neutro [ $\Omega$ /km].

Para poder realizar esta manera se puede agregar habitualmente, una evaluación de las cargas de los transformadores de distribución, agregando una demanda diferenciada a la distancia en el alimentador primario.

Depende a esta razón se deben hacer flujos de carga para estos métodos, se los ve con la capacidad de carga instalada por cada transformador, así mismo para cada medida por fase, porque en un alimentador de distribución hay trayectos con sistemas trifásicos y monofásicos donde logran tener cargas desbalanceadas.

Depende de los términos autorizados de inestabilidad por cada fase de suministro de distribución, se procede a calcular un rango de 15% de inestabilidad entre cada fase, por lo que se calcula con la siguiente expresión:

$$\% \text{ Desbalance} = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max}} \cdot 100 = \frac{S_{max} - S_{min}}{S_{max}} \cdot 100 \leq 15\%$$

Donde:

- $I_{max}$  : Intensidad mayor asentada por el lapso de período [A]
- $I_{min}$  : Intensidad pequeña asentada por el lapso de período [A]
- $S_{max}$  : Petición mayor asentada por el lapso de período [KVA]
- $S_{min}$  : Petición pequeña asentada por el lapso de período [KVA]

### **2.3 Ordenación No CONELEC “Eficacia de asistencia Eléctrico de Distribución”.**

Con lo que CONELEC menciona ellos son los responsables en brindar a las empresa repartidoras por los servicios de energía eléctrica con su propio lugar de consentimiento, con la calidad de los niveles de tensión, por lo que son suministrados y controlados por CONELEC.

### **2.4 Medida de voltaje.**

El primordial propósito en las empresa repartidoras es dar a sus consumidores un nivel de tensión adecuado dentro de los rangos que se encuentran determinados por normas de medida.

El cual se puede generar por la cantidades de perdidas activas que pueden ver en el sistema de repartición, ya que las razones mas comunes que se dan son por las caídas de tensión, donde por lo general da corriente en donde filtra por la impedancia de cada fase.

Para realizar el ajuste de niveles de tensión o regular con la ayuda de los reguladores de voltaje donde se van hacer ubicados en la subestación de distribución para que vaya conectado con la cuchillas directamente al alimentador de distribución. (Cardenas, 2021)

#### **2.4.1 Tipos de voltaje**

Según los tipos de voltajes primordialmente se manejan distintas condiciones de tensión norma ANSI C84.1, por lo cual en la actualidad la versión del 2016, se instituye las clases tolerables de trabajo en 2 condiones de sistemas de energía eléctrica.

- **Tensión de Prestación:** Con este tipo de tensión es donde el distribuidor da energía eléctrica al beneficiario. Ordinariamente el registrador o analizador de energía, en el rango de tensión acuerdo a la ingreso del servicio en lo encargado total de la empresa distribuidora.
- **Tensión de Manejo:** Con esta tensión los encargadores del alimentación. Son los ejecutores de cada equipo para que así repartan sin ningún problema dentro de los niveles de trabajo.

Según la norma ANSI C84.1, los avisos en los voltaje de servicio para el proveedor son más precisos que la tensión de utilización.

- Clase A: El conjunto de tensión de servicio eléctrico se encuentra adentro de los términos, y la empresa distribuidora deberán plantear el sistema de energía eléctrica para conceder la tensión dentro de los términos de servicio.
- Clase B: Mediante el clase A se quiere que de acuerdo con esta norma. Los dispositivos que se implementen tiene que dar un beneficio que opere durante el rango de los términos de la clase B.

**Tabla 2.3** Clase de tensión para 120V ANSI C84.1

**Fuente:** (Sanchez, 2022)

**Tabla 3 Rangos de voltajes según norma ANSI**

	Tensión de Servicio		Tensión de Utilización	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Clase A	114 (-5%)	126 (+5%)	110 (-8,3%)	125 (+4.2%)
Clase B	110 (-8.3%)	127 (+5.8%)	106 (-11.7%)	127 (+5.8%)

Mediante la norma ANSI C84.1, los voltaje se diferencian en 3 clases: bajo voltaje, voltaje menos a 1000V; medio voltaje, voltaje mayor de 1000V y menor de 100KV, y alto voltaje, voltaje mayor de 100000Voltios. Donde cada uno de estas clases de niveles de voltaje según la norma ANSI se define las clases de repartición de voltaje.

## **2.5 Perfil de tensión en los alimentadores.**

La tensión de cada uno de los alimentador se puede buscar con las cantidades que representa los 13.8KV. Mediante cada uno de las formas con o sin reguladores de voltaje se evidencia la mejor manera las clases de tensión por cada uno, para poder identidicar si la clases tanto al máximo con mínimo estable ARCONEL.

- Menor tensión: Tensión menor o igual a 600V;
- Medio voltaje: Tensión mayor a 600V y menos o similar a 40KV;
- Alta tensión grupo 1: Tensión máxima a 40 y menos o similar a 138KV;
- Alta tensión grupo 2: Tensión máxima a 138KV.

(ARCONEL, El directorio de la agencia de regulación y control de electricidad - ARCONEL, 2020)

Estas mediciones se la hacen en baja tensión con voltaje de 400V y 220V para comparar y analizar el comportamiento en la curva con la ayuda de un analizador. (Cardenas, 2021)

### **2.5.1 Variación de voltaje Alimentador 1**

Una vez realizado el seguimiento de caidas de voltajes y sobre voltajes se conecta el **analizador de calidad eléctrica fluke 434** en la barras de alimentación con voltaje de salida de 400V, donde registra el 4 de abril de 2023 una caída de tensión en la línea 2 de 385.8V, cabe recalcar que estas mediciones se la realizan con frecuencia, para evitar paradas de máquinas por estas variaciones de

voltaje, por este motivo es donde se quiere implementar los reguladores en media tensión (13.8KV), para así evitar estas caídas de tensión tan bruscas. (ARCONEL, El directorio de la agencia de regulación y control de electricidad - ARCONEL, 2020)

Según la norma los límites de los niveles de voltaje son los siguientes:

Terminos para ver la lista de rangos en tensión

- Alto Voltaje  $\pm 5.0\%$
- Medio Voltaje  $\pm 6.0\%$
- Bajo Voltaje  $\pm 8.0\%$

(ARCONEL, Límites para índice de niveles de voltaje, 2020)

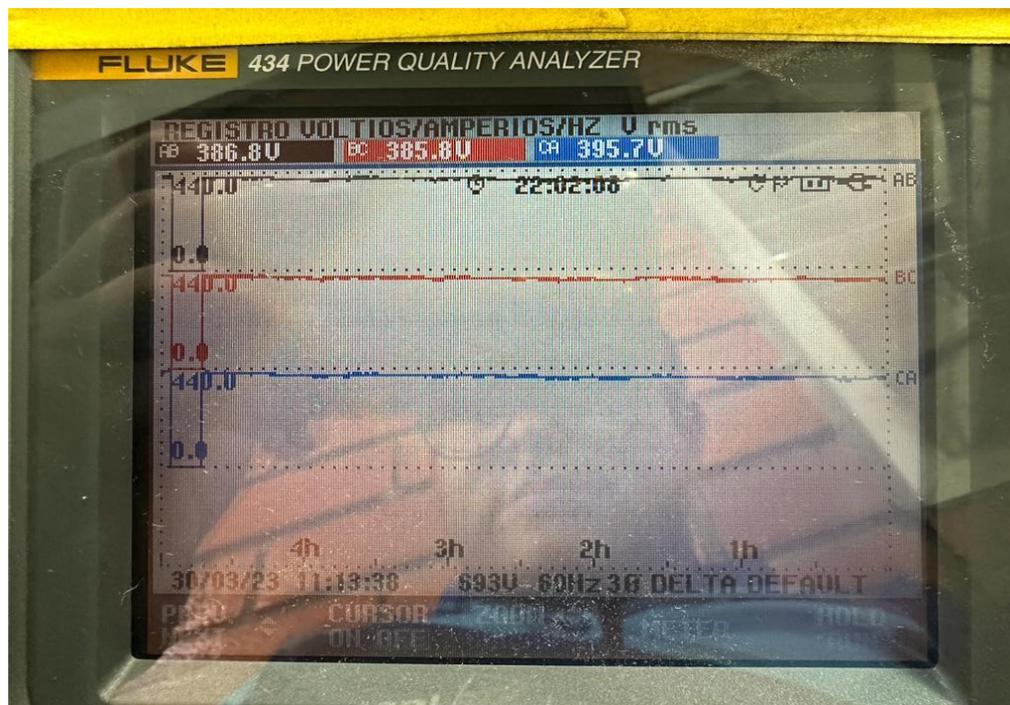


Figura 1 Análisis de alimentador 1

### 2.5.2 Variación de voltaje Alimentador 2

Los voltajes de cada una de las fases donde se observa en la gráfica del analizador se encuentran por debajo del límite de 0.94pu, al momento de poder repartir carga a los usuarios tenemos que tomar en cuenta la demanda tanto máxima, media y mínima, en los rangos de tensión para no tener problemas en las industrias.

Los límites de la demanda en máxima, media y mínima según la norma se debe considerar en el voltaje no tiene que ser mayor  $\pm 0.5\%$  (ARCONEL, Límites para índice de niveles de voltaje, 2020)

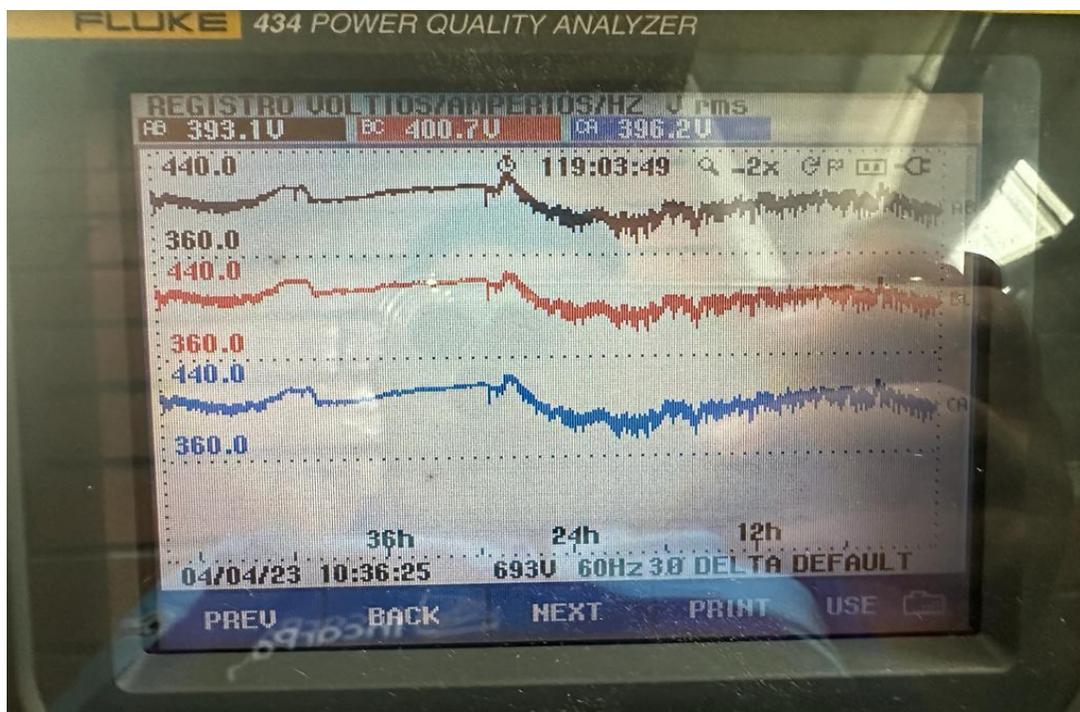


Figura 2 Análisis alimentador 2

### 2.6 Costo energético por problemas de sobretensión o subtensión

Se realiza una tabla especificando la pérdida de consumo de energía eléctrica, por la potencia instalada en la industria, donde genera paradas de máquinas, dando a conocer también otras variables que afectan en costo a la industria. (CNELEP.GOB.EC, 2019)

Fórmula para sacar el costo de consumo eléctrico, según CNEL EP;

$$\text{Costo total} = \frac{\text{Wattiosxhoras utilizadas}}{1000} \times \text{tarifa eléctrica} (\$0.9)$$

**Tabla 4 Problemas energéticos**

Esta tabla se la realizo según los reportes de tiempos de parada de máquina que realizan los líderes de la empresa mediante los correos.

<b>COSTO ENERGETICO POR PROBLEMA DE SOBRETENSIÓN Y SUBTENSIÓN</b>					
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>NOVEDAD</b>	<b>POTENCIA ESPECIFICA</b>	<b>COSTO ELÉCTRICO</b>	<b>COSTO TOTAL POR PARADA</b>
6/3/2023	110 minutos	Bajón de energía	930 KWH	\$0,9	\$1.590,30
8/3/2023	80 minutos	Bajón de energía	950 KWH	\$0,9	\$1.137,50
10/3/2023	110 minutos	Sobre voltaje	980 KHW	\$0,9	\$1.614,06
13/3/2023	90 minutos	Bajón de energía	950 KWH	\$0,9	\$1.282,50
20/3/2023	130 minutos	Bajón de energía	950 KWH	\$0,9	\$1.795,50
21/3/2023	80 minutos	Bajón de energía	870 KWH	\$0,9	\$939,60
22/3/2023	120 minutos	Bajón de energía	980 KWH	\$0,9	\$1.764,00
23/3/2023	140 minutos	Sobre voltaje	950 KWH	\$0,9	\$1.966,50
25/3/2023	60 minutos	Bajón de energía	980 KWH	\$0,9	\$882
27/3/2023	90 minutos	Sobre voltaje	970 KWH	\$0,9	\$1.309,05
29/3/2023	240 minutos	Bajón de energía	950 KWH	\$0,9	\$3.420,00
5/4/2023	90 minutos	Bajón de energía	950 KWH	\$0,9	\$1.282,50
12/4/2023	70 minutos	Sobre voltaje	950 KWH	\$0,9	\$1.000,35
19/4/2023	80 minutos	Bajón de energía	950 KWH	\$0,9	\$1.137,50
29/4/2023	70 minutos	Sobre voltaje	950 KWH	\$0,9	\$1.031,94
9/5/2023	120 minutos	Bajón de energía	980 KWH	\$0,9	\$1.764,00
16/5/2023	90 minutos	Bajón de energía	970 KWH	\$0,9	\$1.309,05
29/6/2023	60 minutos	Bajón de energía	980 KWH	\$0,9	\$882,00
<b>COSTO TOTAL DE PARADA DE MAQUINAS</b>					<b>\$26.108,35</b>

Fuente: (CNELEP.GOB.EC, 2019)

## CAPÍTULO 3

### TEORÍA DE ALGUNOS ELEMENTOS QUE SE IMPLEMENTARAN PARA EL PROYECTO ACTUAL

#### 3.1. Protección Diferencial

En un sistema trifásico está compuesto por una zona protegida, dos bancos de transformadores de corriente y un relé diferencial, se muestra un ejemplo en donde la zona protegida es un transformador.

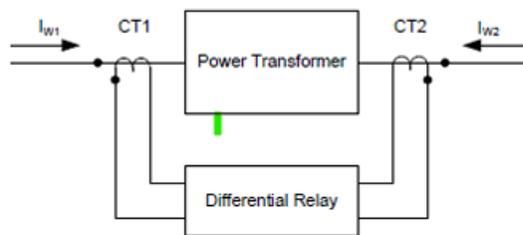


Figura 3 Diagrama

Su principal función es la operación de las corrientes ingresadas y dejando la zona protegida. Si la diferencia es cero, se asume que no hay falla, pero si la diferencia no es cero, se asume que tenemos un problema o alguna falla interna en el transformador protegido. (Vivanco, 2005)

### 3.2. Transformador de Potencia

Para poder seleccionar el transformador de potencia principal se tomó referencia a toda la carga instalada de la planta y aumentado un 50% de su capacidad para el crecimiento a futuro que pueda tener en la industria.

Donde se puede observa la imangen el transformador de potencia de marca TRAF0 serie XA2150 A001 donde en la actualidad ahora se llaman WEG este transformador actualmente esta en la empresa donde su potencia instalada es de 3.5MVA en ONAN y 4.25MVA en ONAF con conexión Dyn1, BIL AT:350KV y BIL BT: 95KV. (José Lopez, 2017).



Figura 4 Tranformador de potencia

## Mantenimiento al exterior del transformador.

Aquí se observa dando el mantenimiento al exterior del transformador como el lavado, reajuste de terminales, prueba de los ventiladores, tratamiento desoxidante y colocación galvanizante en frío.



**Figura 5 Limpieza transformador de potencia**

En lo cual todos los años por mantenimiento preventivo

se le realiza la limpieza, inspección y pruebas al transformador de potencia como:

- Prueba de Aislamiento.
- Prueba de corto circuito.
- Resistencia dinámica por cada devanado.
- Pruebas de Aceite sobre análisis físico – químico.
- Cambio de gel de silica.

### 3.2.1 Gel de silica

Tabla de especificaciones al momento de cambio de gel de silica.

En esta tabla nos indica el alcance de color del gel cuando esta en mal estado y necesita realizar su cambio.

**Tabla 5 Especificaciones en cambio de gel silica**

ESPECIFICACIONES		INDICE
Color original		Naranja
Absorción (%)	Humedad relativa 20%	7% mínimo
	Humedad relativa 50%	19% mínimo
	Humedad relativa 90%	26% mínimo
Índice de desgaste (%)		10%
Idoneidad de los gránulos (%)		90%
Pérdida en regeneración (%)		2%
Variación de color	Humedad relativa 20%	Amarillo-pardo claro
	Humedad relativa 35%	Verde-pardo claro
	Humedad relativa 90%	Verde-ennegrecido

### **3.2.2 Pruebas de relación de transformación**

Mediante esta prueba de relación de transformación al transformador es poder ver el resultado del cociente donde se tiene que dividir la cantidad de cada espira del bobina primario (N1) del transformador con la cantidad de espiras del bobinado secundario (N2) del transformador.

Entonces la formula seria  $K= N1/N2$ .

Donde se puede observar en la imagen donde se esta realizando la pruebas de relación a cada bobina del transformador dando un buen resultado, además donde también nos ayudan a tener los resultados de voltaje (E1 y E2), Intensidad (I1 y I2).

**Pruebas eléctricas de relación de transformación con los siguientes resultados**



Figura 6 Relación de transformación

Se adjunta los resultados de las pruebas que se realizo en los terminales H 1- H0 / X1 - X3, H2 - H0/X1 - X2, H3 – H0/ X2 – X3.

**Tabla 6 Pruebas de relación dieléctricas**

TERMINALES	VALOR CALCULADO	VALOR MEDIDO	ERROR (%)	LÍMITE (%)	RESULTADO
<u>H1 - H0</u> X1 - X3	8,660	8,661	-0,01%	+/- 0,5%	OK
<u>H2 - H0</u> X1 - X2	8,660	8,659	0,01%	+/- 0,5%	OK
<u>H3 - H0</u> X2 - X3	8,660	8,670	-0,11%	+/- 0,5%	OK

### 3.2.3 Resistencia de aislamiento

Mediante esta prueba de aislamiento se realiza en Megohms donde brinda un aislamiento al momento de introducir el voltaje de corriente directa durante un lapso de tiempo.

Con esta prueba nos ayuda a realizar una pequeña intensidad de cualquier salida a través del aislamiento del transformador para poder ver el momento del aislamiento por el paso de la intensidad, en esta prueba que se realizo con un voltaje de 13.8KV resulto 509Ohms.

El otro componente que tenemos que tomar cuenta al momento de hacer la pruebas es la corriente de fuga donde esta fluye a travez del aislamiento donde suministra la tensión por medio de un período donde forma el factor principal.

En estas pruebas se realiza los que es el índice de polarización en lo que se expresa de forma numérica con la relación de aislamiento esa prueba dura un tiempo de 10 minutos entre el valor obtenido a un minuto estos resultados se lo hacen mediante el Megger.

Formula:

$$\text{Índice de polarización (I.P)} = \frac{\text{Resistencia de aislamiento a 10 minutos}}{\text{Resistencia de aislamiento a 1 minuto}}$$

Pruebas eléctricas de resistencia de aislamiento



Figura 7 Pruebas megger



Figura 8 Limpieza bushing 69KV

Aquí donde se puede observar se realizó limpieza de los bushing de alta del transformador de potencia y también las pruebas de resistencia donde se adjunto el cuadro de los resultados. En donde se refleja que tenemos buen aislamiento con los devanados del transformador de potencia que esta instalado en el empresa.

**Tabla 7 Resultados de pruebas dieléctricas de aislamiento**

VALOR APLICADO	TIEMPO	RESISTENCIA GΩ	PRUEBA	CIRCUITO	DESCRIPCION		
5000 V	10"		AT - T		Medida del aislamiento		
5000 V	30"	38			AT-Tierra		
5000 V	1'	46			BT-Tierra		
5000 V	2'	50			AT-BT		
5000 V	3'	53					
5000 V	4'	54					
5000 V	5'	55					
5000 V	6'	57					
5000 V	7'	58					
5000 V	8'	59					
5000 V	9'	60	BT				
5000 V	10'	62			OK		
5000 V	10"				BT - T		
5000 V	30"	20					
5000 V	1'	26					
5000 V	2'	33					
5000 V	3'	37					
5000 V	4'	38					
5000 V	5'	40					
5000 V	6'	41					
5000 V	7'	42					
5000 V	8'	43					
5000 V	9'	43	BT				
5000 V	10'	43			OK		
5000 V	10"				AT - BT		
5000 V	30"	27					
5000 V	1'	33					
5000 V	2'	39					
5000 V	3'	44					
5000 V	4'	47					
5000 V	5'	50					
5000 V	6'	53					
5000 V	7'	55					
5000 V	8'	57					
5000 V	9'	59					
5000 V	10'	60					

**3.2.4 Prueba eléctrica de factor de potencia en los devanados de AT Y BT**

Mediante esta prueba podremos saber las pérdidas en el devanado de cada bobina, por que se requiere alimentar en AT y BT comenzando con potencia mínima subiendo poco a poco a su pontencia nominal para poder calcular la resistencia del cobre, en donde se tiene que saber que la perdida máxima del nucleo y el devanado no debe ser mayor al 2% en la potencia nominal del transformador.

Donde en el resultado que se hizo al tranformador de potencia en alta y baja 3.1MVA donde la medida es de 0.06% y valor tope es de 2% y en la potencia de baja a alta con 4.3 MVA su medida es de 0.04% y valor tope de 2%.

Donde se tiene que saber que el factor de potencia constantemente será la relación por pérdidas en miliwatts y con la carga milivoltamperios, por lo generar los resultados que se obtendrá tiene que ser dependiente con la humedad y la temperatura del transformador en lo cual se puede revisar las situaciones en la que se encuentra trabajando.

La temperatura en lo generar siempre es diversa por lo cual se debe realizar algunas pruebas para tener algunos resultados diferentes para realizar la corrección a una temperatura de 20°C por este motivo se realiza la prueba de corriente alterna.

Tabla 8 Pruebas en factor de potencia

TWO - WINDING TRANSFORMERS															
COMPANY: INCARPALM S.A				DIVISION SUBESTACIONES				DATE: 8 DE OCTUBRE DE 2022							
LOCATION OF TESTES: INCARPALM				AIR TEMP: 24° C				OIL TEMP: 32° C							
TRANSFORMER: TRAF0 #. XA2150A001				WEATHER: HUMEDO				% HUM: 85%							
TYPE/CLASS								AEG:				KVA: 4250			
FREE BREATHING	SEALED	GAS BLANKETED				CONSERVATOR				X	LT OF OIL 2770				
HIGH SIDE KV Y				M.R.F.	TYPE	CLASS	DWG.N°	CAT.N°	KV		YEAR				
LOW SIDE KV Δ															
TERMINO NEUTRAL				DATE LAST TEST											
												LAST SHEET N°			
OVER - ALL TESTS															
LINE N°	TEST CONECTIONS				TEST KV	EQUIVALENTE 2.5 MVA						% POWER FACTO		KEY TO INSULATION RATING	
	WINDING ENERGIZED	WINDING GROUNDED	WINDING GUARDED	MILLIVOLT AMPERES			MILLIWATTS			MEASURED	VALOR TOPE	G-GOOD	B-BAD (REMOVE)		
				METER READING		MULTI-PLIER	MVA	METER READING	MULTI-PLIER					MW	D-DETERIORATED
1	HIGH	LOW	TT	5	31	100	3.100	0,09	20	1,8	0,06%	2%	CH-	3035PF	OK
2	LOW	HIGH	TT	5	43	100	4.300	0,08	20	1,6	0,04%	2%	CL-	4344PF	GOOD
3	HIGH-LOW	TT													
4															
CALCULATED RESULTS															(TEST 3 MINUS TEST 4)

### Pruebas físico – químicas y cromatografía de gases

Realizando un análisis se verifica el estado del transformador en lo cual ayuda a permanecer siempre aisladas las piezas internas del transformador, en lo que beneficia a absorber todo el calor creado durante el trabajo del transformador para así echar mediante circulación natural o forzada.

Por lo general en la tabla de los resultados del transformador TRAF0 instalado en la empresa los índices son buenos en la calidad del aceite dieléctrico esta calificado como bueno así mismo con los gases disueltos en aceite es normal.

En donde se observa la rigidez dieléctrica en KV nos da un resultado de 41.3 donde mediante el método de PEE/SERT ref.ASTM D-18162mm Mínimo es de 40mm a 2mm.

**Tabla 9 Resultado pruebas físico químicas aceite transformador**

RESULTADOS						
ITEM	PRUEBAS REALIZADAS	UNIDADES	MÉTODO	PARAMETROS REFERENCIALES (**)	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE
1	Color	Color ASTM	PEE/SERT/11 Ref.: ASTM D-1500	-	< 1,0	Cualitativa
2	Examen Visual	-	PEE/SERT/12 Ref.: ASTM D-1524	-	Claro Brillante	Cualitativa
3	Gravedad Especifica	adimensional	PEE/SERT/03 Ref.: ASTM D-1298	-	0.8854	± 0.0016
4	Contenido de Agua	µg H <sub>2</sub> O/g (ppm)	PEE/SERT/01 Ref.: ASTM D-1533	Máximo: 35	<10.0	-
5	Rigidez Dieléctrica	kV	PEE/SERT/06 Ref.: ASTM D-877	-	-	-
			PEE/SERT/13 ASTM D-1816 2 mm	Mínimo: 40 a 2 mm Mínimo: 23 a 1 mm	41.3	± 6.8
6	Punto de inflamación	°C	PEE/SERT/05 Ref.: ASTM D-92	-	-	-
7	Viscosidad a 40 °C	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	PEE/SERT/08 Ref.: ASTM D-445	-	-	-
8	Número de Acidez	mg KOH/g	PEE/SERT/04 Ref.: ASTM D-974	Máximo: 0.200	0.02	± 0.002
9	Tensión Interfacial	mN/m (dinas/cm)	PEE/SERT/02 Ref.: ASTM D-971	Mínimo: 25	37.8	± 2.8

(\*\*) Límites establecidos en la norma IEEE C57.106-2015 para aceites minerales aislantes para uso continuo en equipos ≤ 69 kV.

Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

Las observaciones y recomendaciones que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación del SAE.

Observaciones y sugerencias técnicas informativas para el cliente:

Por el índice de calidad: ● 1888

el aceite es:

Bueno

Se sugiere realizar un nuevo análisis físico-químico de control en un año.

Tabla 10 Resultado de cantidad de gases combustibles en ppm

DATOS DEL TRANSFORMADOR **INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE**							
Equipo: Transformador Ubicación: - Tensión: 69/13.8 kV Potencia: 3500-4250 kVA Equipo con carga: - %				Año de Fabricación: 2010 Fabricante: Trafo Serie: XA2150 A001 Vol. Aceite: 2770 L Temp. Aceite en equipo: - °C Observaciones: Tamb: - °C H <sub>2</sub> : -			
CONDICIONES AMBIENTALES		Presión Atm.: 736.0 hPa	Presión Atm.: 552.0 mmHg	Temperatura: 22 °C	Humedad: 60%		
PARÁMETROS DE ANÁLISIS							
Vol. Muestra de Aceite: 30 cm <sup>3</sup>		Presencia de burbuja: NO		MÉTODO ASTM: ASTM D3612 - Método C (Modificado)			
Porcentaje total de gases disueltos: 7.9 %		MÉTODO INTERNO: PEE/SERT/10					
Gases No Combustibles: 78653 ppm							
Gases Combustibles (GC): ● 317 ppm							
GC = Cantidad de Gases Combustibles en ppm (IEEE C57.104-2008)							
GC < 720 ppm = Condición Normal		1921 ≤ GC < 4630 ppm = Generación GC en precaución		GC ≥ 4630 ppm = Generación de GC en peligro			
721 ≤ GC < 1920 ppm = Monitoreo Más frecuente							
RESULTADOS							
COMPONENTE	FÓRMULA	CONCENTRACIÓN (V/V)	%U k=2	RELACION DE GASES	TRIANGULOS DE DUVAL		
HIDROGENO	H <sub>2</sub>	19 ppm	± 23	CH <sub>4</sub> / H <sub>2</sub> 0.16	% CH <sub>4</sub>	-	
OXIGENO	O <sub>2</sub>	19811 ppm	± 13	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> / CH <sub>4</sub> -	% C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-	
NITROGENO	N <sub>2</sub>	55442 ppm	± 14	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> / C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> -	% C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	-	
DIOXIDO DE CARBONO	CO <sub>2</sub>	3400 ppm	± 10	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> / C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -	% C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	-	
ACETILENO	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	ND ppm	± -	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> / C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> -	% CH <sub>4</sub>	-	
ETILENO	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	49 ppm	± 26	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> / CH <sub>4</sub> -	% C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-	
ETANO	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	ND ppm	± -	CO / CO <sub>2</sub> 0.07	% H <sub>2</sub>	-	
METANO	CH <sub>4</sub>	3 ppm	± -	O <sub>2</sub> / N <sub>2</sub> 0.36		-	
MONOXIDO DE CARBONO	CO	246 ppm	± 14	Usar ambos criterios si la generación de GC no es normal			
ND = NO DETECTADO							

(INEN, Transformadores determinación de perdidas y corrientes sin carga, 1998)

### 3.3 Interruptores de 69KV

En estos interruptores se realizo el limpieza, mantenimiento, inspección y ajuste dando el funcionamiento de cierre, disparo, medición, verificación de settings de protección, llenado de gas SF6 hasta el nivel recomendado, para así no tener ningún problema con el funcionamiento del interruptor al momento de proteger un circuito de una carga o cortocircuito, en lo cual su principal intención es ayudar a parar el flujo de intensidad en el momento de detectar un fallo eléctrico.

Para saber el aislamiento de los interruptores esta principalmente compuesto por unas boquillas.

Los componentes de soporte en los contactos y el medio aislante que puede ser aceite o aire SF-6

En la siguiente imagen se observa donde se puede implementar el megger para las pruebas.

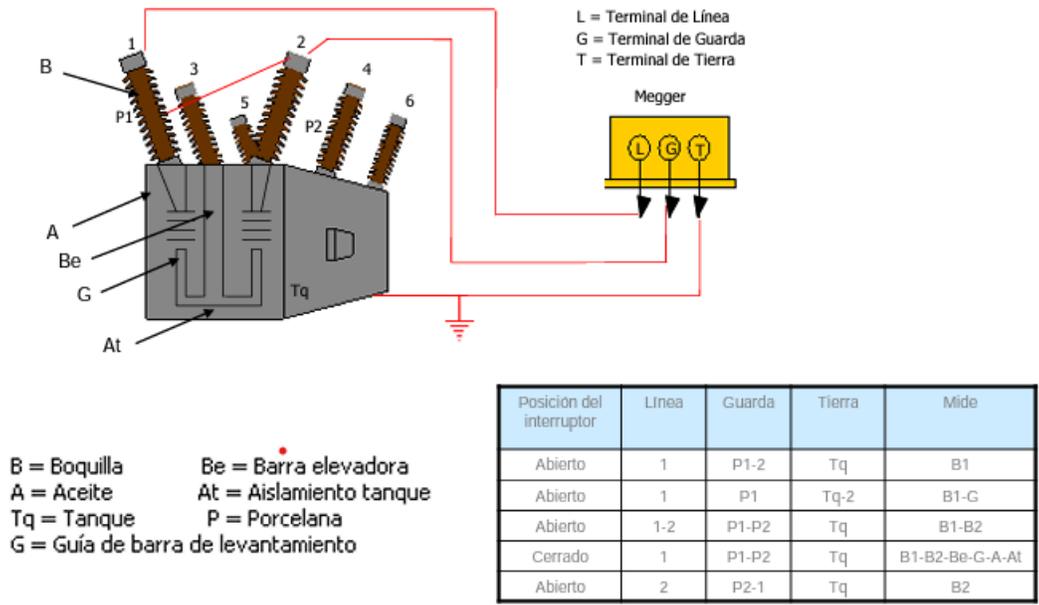


Figura 9 Pruebas con el interruptor

En esta imagen se observa el nivel de gas donde pone al interruptor para que pueda funcionar en automático cuando se requiera ser alguna maniobra al momento de dar el mantenimiento a la subestación o cuando se tenga que hacer algún mantenimiento correctivo a la subestación eléctrica.



Figura 11 Indicador de gas SF-6



Figura 10 Limpieza interruptor

### 3.4 Celdas Schneider de 24KV

Estas celdas de protección con el número de serie: EA-2020-W44-SM6-0336 para poder proteger a los transformadores de distribución donde tenemos conectados tres de 1250KVA por lo que tiene las siguientes características:

- Seccionador en SF6
- Barraje
- Conexión de cables
- Mecanismo de operación
- Caja de baja tensión
- Fusibles MT



Figura 12 Serie de celda QM

En donde la celda es tipo modular con la acometida inferior y la conexión a la barra por la parte superior izquierda y derecha. También tiene interruptores de 3 posiciones los cuales son (normal, abierto y seccionado y la puesta a tierra), adicional con los 3 fusibles. Estos indicadores con presencia de voltaje. (Schneider, 2021)



**Figura 13 Celdas 24KV**

### **Pruebas de funcionamiento a las celdas**

Se realizaron pruebas de funcionamiento, pruebas de aislamiento de barras, cierre, disparo, medición, verificación de los settings de protección, inyección de corriente secundaria, limpieza de terminales y mantenimiento del sistema de puesta a tierra.

En estas imágenes se observa el mantenimiento en la parte de MT de la celda

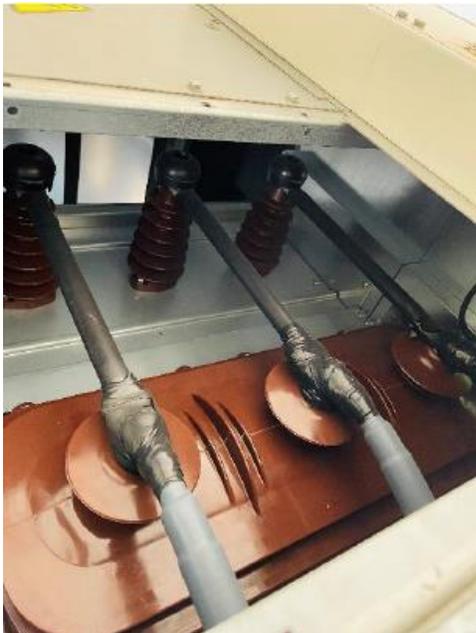


**Figura 15** Supervisión de celdas

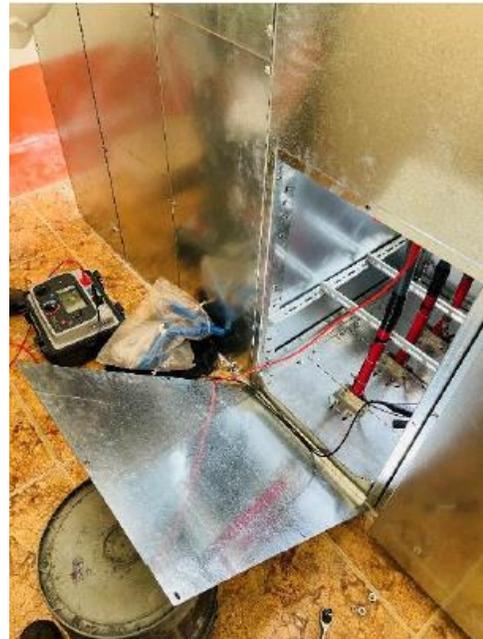


**Figura 14** Limpieza acometida

Limpieza en las barras de la parte de arriba de la celda, limpieza de la acometidas en media tensión al barraje.



**Figura 17** Ajuste de acometidas



**Figura 16** Limpieza dentro de la celda

Resultados de de aislamiento por cada celda.



Figura 19 Pruebas de aislamiento



Figura 18 Ajuste de terminales

Resultado de pruebas de aislamiento.

Tabla 11 Resultado de aislamiento en las celdas

TERMINALES	TENSIÓN APLICADA (V)	VALOR MEDIDO (GΩ)	DAR	RESULTADO
A-T	1000	371	1,39	OK
B-T	1000	482	1,74	OK
C-T	1000	417	1.66	OK

### **3.5 Acometidas**

Para el cálculo de pérdidas en acometidas, se requiere el consumo total de corriente de la planta, este cálculo se lo puede obtener mediante datos de la empresa, en ellos se encuentra la información de los circuitos de baja tensión, es decir las bajantes de transformadores, redes secundarias y acometidas tanto aéreas como subterráneas. (Lopez & García, 2000)

### **3.6 TAP de transformador de potencia**

El tap es la observación de tensión donde se nos ayuda a regular el voltaje de salida de cada transformador. También nos ayuda a mantener una potencia de carga por el motivo que pueda aumentar volumen del sistema, por este medio se desarrolla mediante el voltaje adecuado para que envíe la señal de control. (MEER, 2016)

El modificador de divisiones o taps del transformador ayuda tanto a engrandecer o minimizar el nivel de tensión dependiendo del voltaje de entrada al transformador, cada cambio de taps habitualmente genera el cambio entre un rango de  $\pm 5\%$  con pasos de  $\pm 2,5\%$ . El modificador tiene como función ayudar a ajustar su voltaje también en el primario como el secundario tomando en cuenta donde está ubicado o para que va a ser utilizado el transformador también como elevador o reductor, así varía los rangos de tensión a partir de una relación en el transformador, al momento de aumentar o disminuir tensión, disminuye o aumenta el número de espiras en los devanados del transformador. (Egorova, 2011)

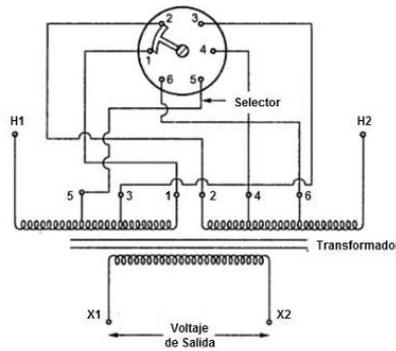


Figura 20 Diagrama tap del transformador

### 3.7 Factor de Potencia

El factor de potencia se lo a denominado al cociente en el potencia activa y potencia aparente donde se presenta con la siguiente formula:

$$FP = \frac{P}{S} = \text{Cos } \phi$$

Dónde:

P = Potencia Activa [KW]

S = Potencia Aparente [KVA]

Cos  $\phi$  = Coeficiente entre la potencia activa y la potencia aparente.

Mediante la teoría estudia que el factor de pontecia nos ayuda que la potencia dada o suministra por el dispositivo y la potencia aparente entregada por el sistema eléctrico, toca mejorando el factor de potencia para corregir la calidad de energía eléctrica en la empresa, donde asi nos ayudaría ahorrar energía desperdiciada . (Arcos & Chicaiza, 2015).

### 3.8 Analizar de calidad fluke 434

Analiza la calidad de eléctrica y están creados para ayuda a empequeñecer el tiempo de inactividad, resolver rápidamente los problemas de calidad eléctricas en diferentes tipos de trabajos donde se

averigua fácilmente los costes de la pérdida de energía eléctrica. El proceso del analizar es de la medida y la salida de datos analizados que se han optimizado para ayudarle fácilmente la información de las caídas de voltajes y sobre voltaje, así mismo evidenciando las carga por cada uno de las líneas.

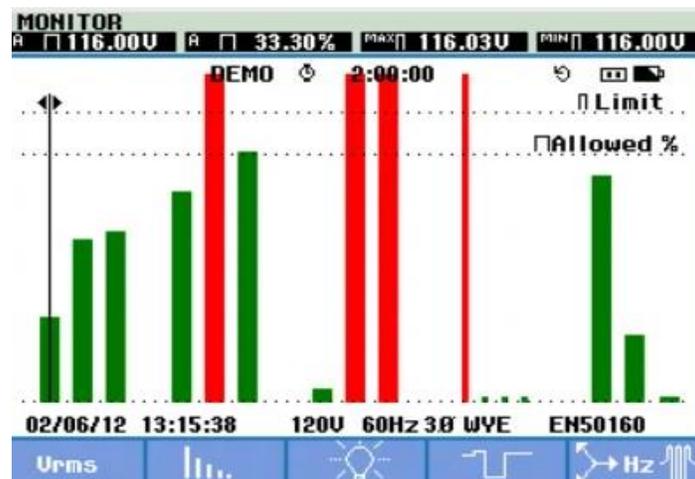


Figura 21 Grafica de corriente

Mediante este analizador podemos mejorar la calidad de energía eléctrica dando a entender el consumo energético en potencia positiva para la alimentación de equipos.

### 3.8.1 Validez del inversor de potencia.

La validez de un inversor de potencia se relacionan que a pesar de transformar la corriente continua a corriente alterna, ayudan y tienen gran importancia por su beneficio en mejorar el rendimiento con el tiempo, por lo cual es muy importante tener una ruta de inspección para tener el control del seguimiento periódico. (FLUKE, 2010)

Donde la eficacia del inversor de potencia le consiente investigar la eficacia de inversor.



Figura 22 Grafica de voltajes

### 3.9 Generadores 1.2MVA

Estos generadores son de marca SVF donde abastecen la energía eléctrica de toda la empresa, al momento de producirse algún daño en la red eléctrica de CNEL EP – EL ORO en alta tensión. Con los 3 generadores de 1.2MVA sumando tenemos una potencia de 3.6MVA la cual nos favorece demasiado al momento de pérdida de energía.



Figura 23 Generadores



Figura 24 Generador SVF

### 3.9.1 Motor MTU serie 2000 del generador

Este motor de procedencia Alemana en los datos del motor encontramos valor de referencia en potencia continua, valor de referencia en potencia bloqueada, valor de dimensionado, valor garantizado, valor orientativo, en datos de potencia vemos que el motor en revoluciones nominales del motor en 1500rpm potencia 975KW.



Figura 25 Motor MTU

### 3.9.2 Alternador Leroy Somer

Este alternado que va puesto con el generador SVF es de marca Leroy Somer y su procedencia es Francesa.

Datos técnicos del alternado:

- Serie: 49.1M5 C 6/4
- RPM: 1800
- Factor de potencia: 0.80

- Peso: 1485KG
- Protección: IP23
- Frecuencia: 60HZ

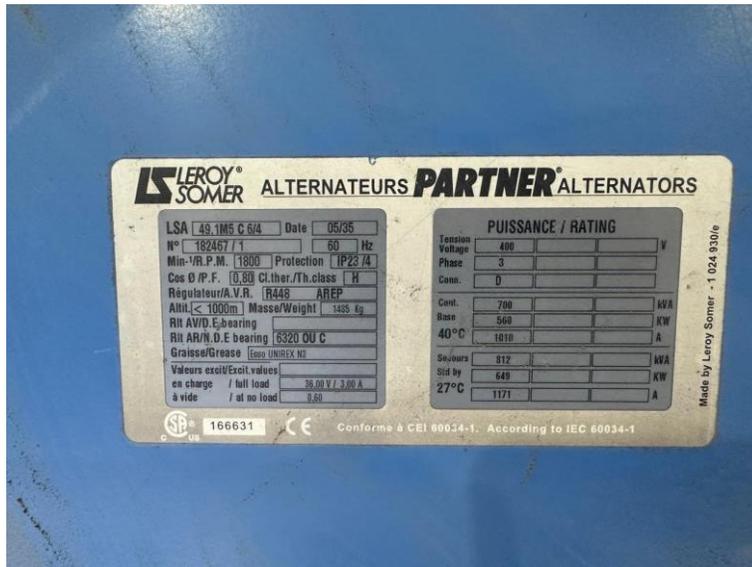


Figura 26 Placa Alternador

## CAPÍTULO 4

### UBICACIÓN DE LOS REGULADORES DE VOLTAJE

En este capítulo se detalla donde va hacer el lugar apropiado para el montaje de los reguladores de voltaje, en el sistema de distribución de media tensión en 13.8KV.

#### **4.1 Generalidades de mantener los límites de voltaje en el sistema de distribución dentro de la planta.**

Durante la emergencia por conservar la tensión centralmente de los términos específicos dentro en norma de servicio eléctrico eternamente es primordial en la organización de distribuir las redes eléctricas. Una de las soluciones para las caídas de tensión y sobre tensión es implementar reguladores de voltaje en las acometidas de media tensión.

Donde así mantenemos los límites de tensión determinados mediante la normativa de servicio eléctrico, donde la mayor eficiencia es ayudar a reducir pérdidas de energía eléctrica, para así evitar inconvenientes de tensión. Así mismo ayudando la eficiencia de energética en la planta industrial donde va hacer implementado.



Figura 27 Regulador de voltaje

## 4.2 Ubicación ideal para los reguladores de voltaje.

Después de realizar el cálculo para saber la capacidad en Kilovoltio amperio para poder montarlo en la acometida de media tensión, Toca ver el lugar específico donde van a ir montados estos reguladores en la línea de 13.8KV

El lugar específico es una torre que se llegará implementar para hacer puestos los reguladores, por que al momento toca ver donde fijar las torres y cual la longitud de la bases para que soporte el peso de cada uno.

## 4.3 Bases para los reguladores

Mediante el montaje de los reguladores se va a realizar excavación de un 1 metros de ondo donde se colocara cemento gris, sikagrout, triturado  $\frac{3}{4}$ , varillas corrugada.

Para las bases donde va anclada la torre se realizan bases de 0.80m por 0.80m donde la distancia del filo de la base a los pernos  $\frac{3}{4}$  es de 0.115m y 0.225m.

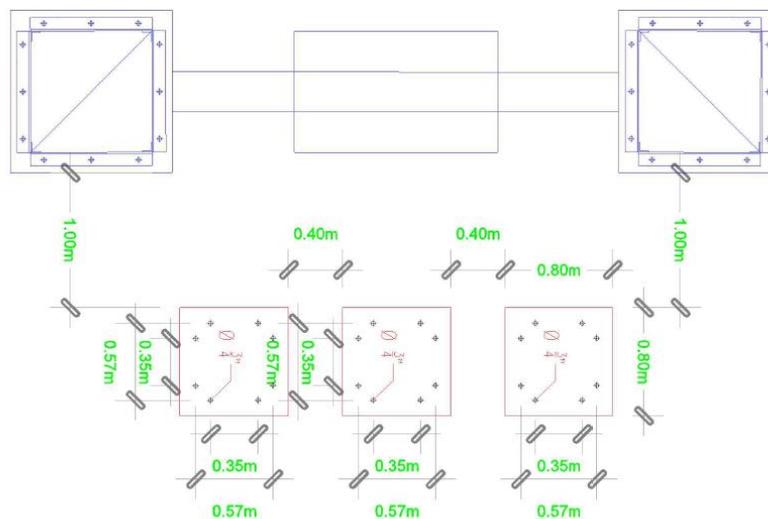


Figura 28 Bases para montaje de torre y reguladores

## CAPÍTULO 5

### IMPLEMENTACIÓN DE REGULADORES DE VOLTAJE MONOFASICO

#### 5.1 Planteamiento

El proyecto que se implementará será de 3 reguladores de voltaje marca COOPER VR-32 modelo WA305B88X6EJ con una carga de soporte de 75Amp hasta 84Amp su funcionamiento es para mantener los niveles de voltaje dentro del suministro de energía y es relacionado con los sistemas de distribución automática.

El VR-32 se brinda en disposiciones de montaje en plataformas en la Subestación Eléctrica, y es conveniente para uso con sistemas de tres o cuatro alambres aéreos. Estos reguladores de voltaje VR-32 son autotransformadores reguladores. Donde ayudan a normalizar el nominal desde una elevación de 10% hasta una reducción de 10% en 32 movimientos, 16 hacia arriba y 16 hacia abajo, cada movimiento significa 5/8%, que es 0.75V en una grado de 12V donde ayuda de forma automática a estabilizar en redes de media tensión ante cualquier problema de variciones de voltaje, estas son las siguientes caracterisiticas del regulador que se va a implementar:



Figura 29 Regulador de voltaje Cooper VR-32

- Modelo del regulador: Cooper Power Systems VR-32 con 32 pasos.
- Referencia: WA305B88X6EJ.
- Intensidad de soporte en carga: 75Amp/84Amp.
- Devanado de grado de temperatura: 55°/65°C.
- Rango de regulación:  $\pm 10\%$   $32 - \frac{5}{8}\%$  *por paso*.
- Control de regulador: CL-6B monofásico.
- Capacidad de aceite: 208 LTRS.
- Peso total por regulador: 585KGS.
- Pararrayos: Óxidos metálicos.
- Elaboración en tanque sellado.
- Voltaje crítico de flameo: 95KV BIL.
- Voltaje: 7620/13200Y.
- Relación transformador de corriente: 75:0.2
- Contenido de ADD-AMP
- Rejilla para el nivel de aceite
- Aislante dieléctrico vegetal Envirotemp FR3.
- Placas de identificación hay dos una en el control y la otra en el tanque.
- Válvula de drenaje: Se tiene una válvula de drenaje donde se puede observar el muestreo y filtración de aceite.

El método de aislamiento en el regulador se aumento de 65°C y la elaboración con depósito sellado acceden una cabida agregada de 12% donde se deja arriba de la cabidad nominal de 55°C sin desventaja de duración del equipo de aislamiento. (VR-32, MAYO 2015).

La capacidad adicional de los reguladores es de (57.2/64 KVA para un regulador de 57.2KVA nominales).

Aquí podemos observar que el regulador monofasico tiene 3 bushings, la fuente (S), la carga (L) y la fuente carga (SL) con el devanado conectado en serie S y L.



Figura 31 Indicador de los 3 bushings

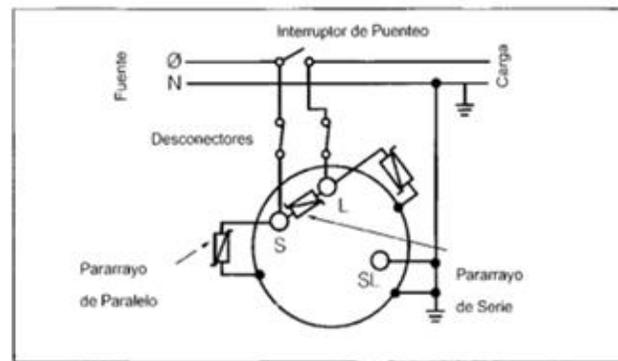


Figura 30 Diagrama de conexión

## 5.2 Conexión de Reguladores

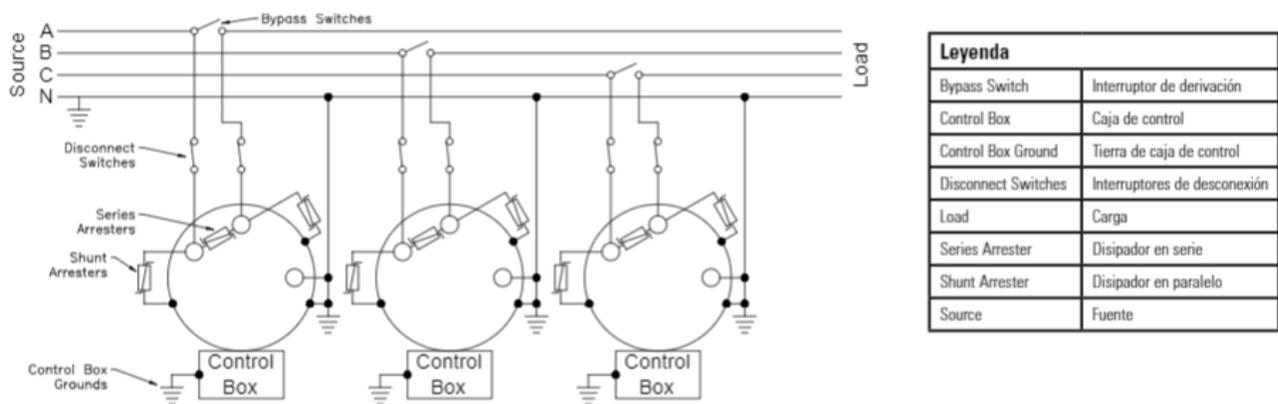
El regulador de voltaje con circuito monofásico, realiza un circuito trifásico delta o estrella. Por lo que estos reguladores de voltaje se los conectan en estrella (Y) o en delta ( $\Delta$ ). El tipo de conexión se emplea siempre donde va a depender la tensión normal del regulador, la tensión nominal de alimentación en distribuir la clase de medida de confinar.

**5.2.1 Conexión en Estrella:** Mediante esta conexión se realizar con los circuitos trifásicos por lo que cada regulador monofásico va alimentado a cada línea. La conexión de línea a neutro se hace uso en los circuitos monofásicos y bifásicos. Cada regulador registra la tensión libremente por línea del circuito, en poder establecer los rangos en tensión en el período definitivo.

**5.2.2 Conexión en Delta Cerrado:** Con esta conexión se amerita instalar tres reguladores línea-línea. Con esta conexión pueden configurar diferentes tipos tanto como estrella o delta donde ayudan cuando es un circuito monofásico o trifásico. Con estos 3 reguladores conector entre fase y fase en delta cerrada se regula circuito trifásico de tres hilos.

Al momento de configurar los reguladores en estrella, estos reguladores se los ajusta tanto como circuito trifásico con 4 hilos donde también se adiciona puntos para la puesta a tierra, por ejemplo en los siguientes diagramas podemos revisar las configuraciones.

En esta configuración se puede visualizar el ajuste de un circuito trifásico de 4 hilos con la configuración en estrella puesto a tierra con los tres reguladores. . (VR-32, MAYO 2015)



**Figura 32 Diagrama de conexión**

Diagrama de configuración de un circuito conectados en delta con 3 hilos por cada regulador.

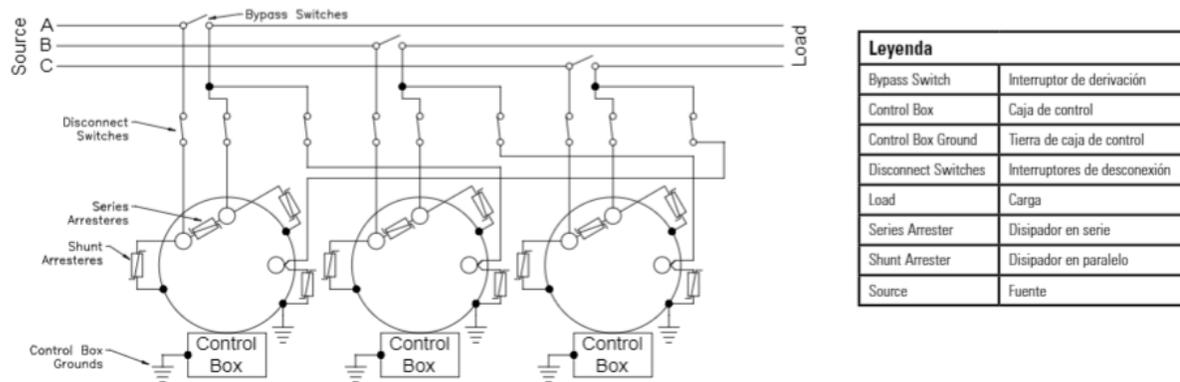


Figura 33 Diagrama de conexión en delta

### 5.3 Indicador de posición y capacidad ADD-

#### AMP

Primeramente antes de colocar las 3 cuchillas manuales se tiene que revisar la configuración que se localice no este en problemas con el lugar actual del cambiador de posición. No se debe ajustar con un valor menor al lugar indicado para realizar el cambio de posición. Ejemplo donde marque la aguja principal del indicador esta debe encontrarse en la etapa 12 donde se realiza el cambio de más o menos un 10% (durante la etapa 16) o más menos 5% (durante etapa 8), por lo general se acciona el cambiador en posiciones manualmente hasta etapa 7 o regular un menos. En el transcurso que se fija los indicadores de regulación de más o menos 5%. Se debe colocar fijos los interruptores prediciendo el extravío máximo de la tensión primera.

Actualmente donde un circuito debemos tener un voltaje de 13800V, una regulación de más o menos 10% donde se permite tener mejor calidad de voltaje entre los 12480V y 15180V.

En las tensiones aparte de esta escala, el regulador no podrá regresar a su tensión al nivel seleccionado 13800V, con una medida de hasta 5% donde ayudaría a regular el voltaje de circuito

entre 13110V y 14490V, tomando como referencia un nivel de 13800V para todos los niveles de tensión.

El cargo del ADD-AMP de los reguladores VR-32 accede incrementar el rango de corriente al disminuir el rango de regulación. Esto se va logrando ajustando los interruptores de límite en el indicar de posición.

La función AMP es para evitar que el cambiador de tomas supere más allá. Los límites interruptores tienen escalas graduadas en porcentaje de regulación, y son ajustables donde valores de 5,6-1/4, 7-1/2, 8-3/4 y 10 son los rangos de regulación.



**Figura 34** Indicar de posiciones

## 5.4 Placa de identificación

En las placas de identificación de los reguladores de voltaje estos equipos son estándar. Una placa de caracterización siempre se esta puesta en el base del tanque del regulador. Donde la otra placa siempre se la pone por el control ya asi ellos evidenciar su configuración. Estas placas de caracterización ayudan una cantidad de verificar la información para ver su trabajo correcto primordialmente el control.

En las características para ver su semejante del transformador de corriente. Tiene que tener una igualdad al transformador de pontecia, para ver el tipo de regulador y tipo de cambiador de botines, para asi saber si es el adecuado para la implementación en el lugar que vaya hacer instalado.



Figura 35 Placa de identificador

## 5.5 Panel del control serie CL-6

Mediante este panel de control Serie CL-6 de los reguladores Cooper Power, desde aquí nos permitirá la codificación con las teclas,

donde podemos observar los mensajes de periodo en las cargas y descargas mediante multiples funciones con la comunicación en los puertos del panel de control.

En este panel de control podemos observar que pantalla con 4 líneas donde ayuda a observar toda la búsqueda mas precisa y ayuda a facilitar más en la programación.

También, el control CL-6 es crecidamente adaptable para usar los estudios donde se requiere vigilancia e inspección tanto digital o análoga. (serie, 2015)

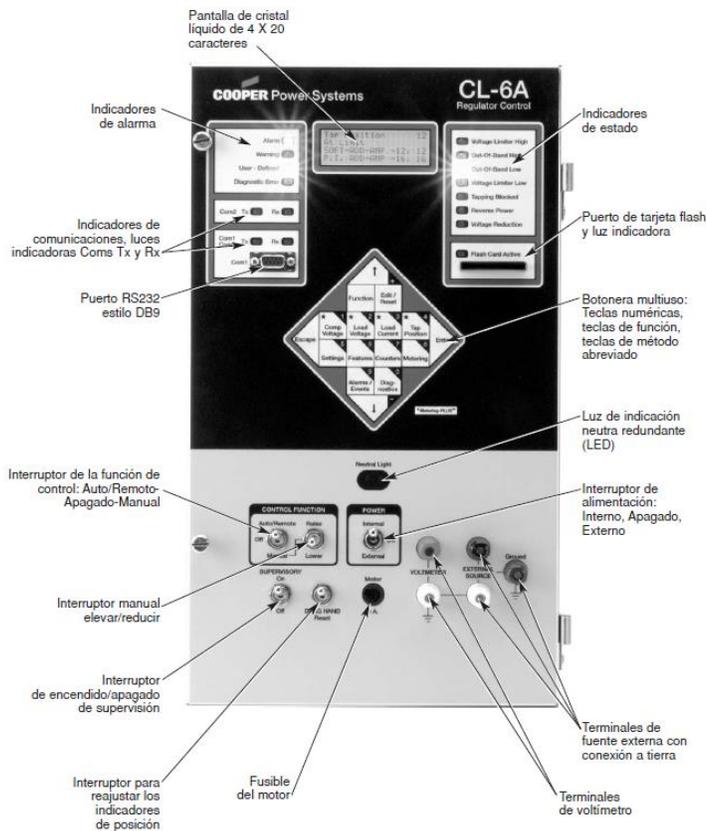


Figura 36 Panel de control serie CL-6

### 5.5.1 Teclas multiuso.

En la comunicación para el panel frontal para el control CL-6 esta instalado las 16 teclas donde están distribuidas en forma de rombo adjunta **figura 12**, las teclas nos accede 3 formas de comunicación con 3 rangos de tensión de estructura.

Para poder usar la botonera se debe ingresar códigos de función (FC) o valores de parámetros, donde tenemos que presionar las teclas función o editar/reajustar. (serie, 2015)

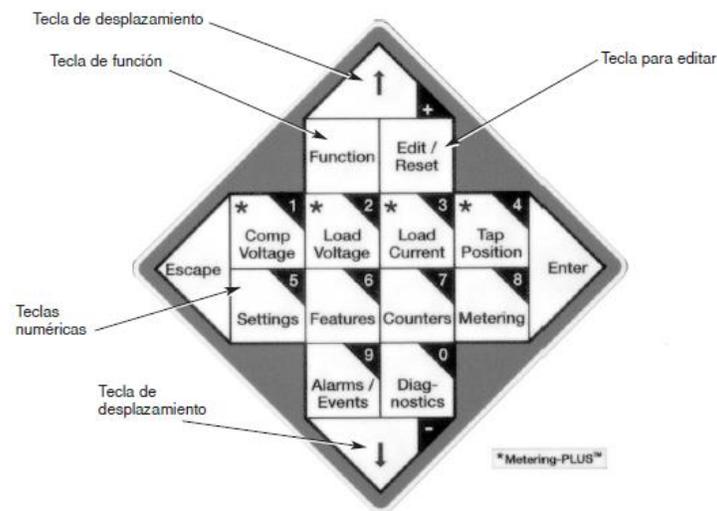


Figura 37 Botoneras

Tipos de opciones en las teclas son las siguientes:

- Teclas de método abreviado.
- Teclas numéricas.
- Tecla para editar.
- Teclas de desplazamiento hacia arriba y abajo.
- Tecla escape y enter.
- Tecla de función.

### **5.5.2 Pantallas de indicadores.**

#### **Indicadores de alarma**

Estas luces nos ayudan a evidenciar una señal una alarma o alguna defecto que se proporcione mediante el mal uso del usuario o algún error del equipo ayuda a una condición definida por el usuario donde se observa en la figura 13.

#### **Indicadores de estado**

Mediante los indicadores se muestras luces donde indican cualquier novedad o fallos que se esta presentado el regulador:

- Mínimo de tensión alto
- Afuera de parte alto
- Afuera de parte bajo
- Mínimo de tensión bajo
- Adquisición de medida bloqueada
- Potencia inversa
- Rebaja en tensión

#### **Comunicaciones**

##### **Puerto de comunicación.**

Con estos puertos tanto COM 1 o COM 2 es puerto RS232 donde nos ayuda hacer la interfaz en la comunicación de control y una computadora.

## Puerto de tarjeta flash

Con este tipo de puerto que es la tarjeta nos ayuda a tener un mejor registro de datos ya existentes sobre el control, así también ayudando a ordenar. (serie, 2015)

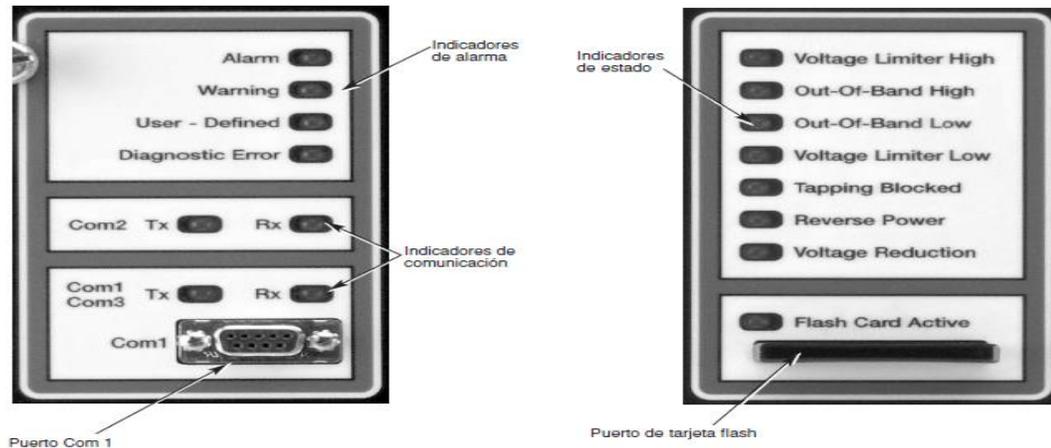


Figura 38 Indicadores de estado

## 5.6 Cuchillas bypass para reguladores de voltaje.

Cuchilla monopolar con una carga de soporte 600Amp voltaje 15KV, modelo: HDS3-600 A-R-3015S-110-3-B-HP, Marca: ALUMAFORM-USA, donde el cual se va a realizar el montaje de la torre antes de llegar al regulador de voltaje en una posición vertical en la torre.

Las cuchillas de los reguladores van a estar instaladas con un voltaje 13.8kv, por lo cual su función principal será de aislar y colocar en derivación a los reguladores de voltaje en momentos de realizar el mantenimiento tanto sea del mismo o mantenimiento de la subestación donde va a ir instalado y si por algún daño se puede ser bypass para que la línea de 13,8KV pase directo a la celdas.



Figura 39 Cuchilla

Estos seccionadores de tipo bypass tiene un BIL de 95KV al igual con los reguladores donde ayuda el voltaje crítico de flameo. En maniobra de la cuchillas en manera normal, la cuchilla tiene la ocupación en bypass el seccionador abierto y ambas cuchillas de desconexión se encuentran cerradas, en el instante de necesitar dar mantenimiento, arreglo o poder realizar alguna prueba, lo primordial que se debe hacer es cerrar la cuchilla de bypass, para poder suministrar un recorrido en intensidad paralelo.

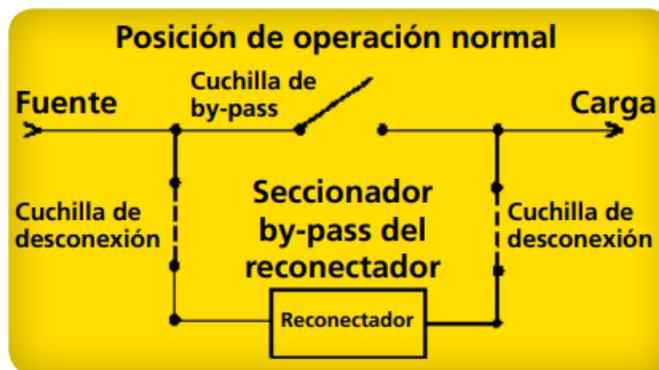


Figura 40 Posición de operación normal

Cuando se abren las uniones internas del reconector, por lo que finalmente las dos cuchillas se abren para la desconexión de la cuchilla de bypass.

Este es la modo del servicio donde se encuentra ccontinuo y el reconector está aislado de la línea en donde el reconector logre obtener el servicio, lo cual se tiene que invertir la modo de trabajo de la cuchilla. En el momento del funcionamiento el seccionador de la cuchilla bypass, se observa la secuencia de maniobra del seccionador para los reguladores de voltaje, relacionados en 4 tiempos en lo que podremos lograr hacer el cambio circuito abierto o cerrado.

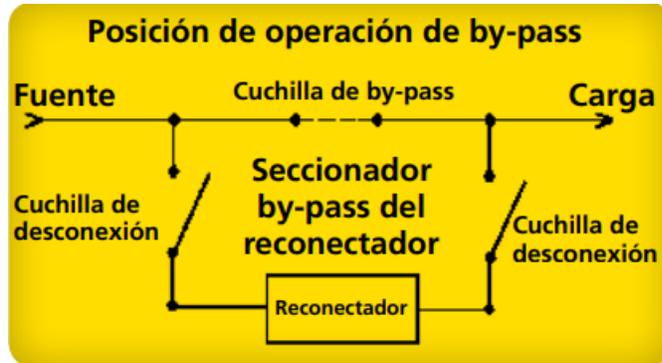


Figura 41 Posición de operación by-pass

### 5.6.1 Cuchillas de desunión cerradas.

El trabajo de la cuchilla por lo general en desconexión mediante el interruptor se encuentra en el lugar cerrado, donde se puede alcanzar una conexión donde podemos intervenir en la energización del regulador de voltaje y correctamente poder enclavar mecánicamente el seccionador, la cuchilla bypass.

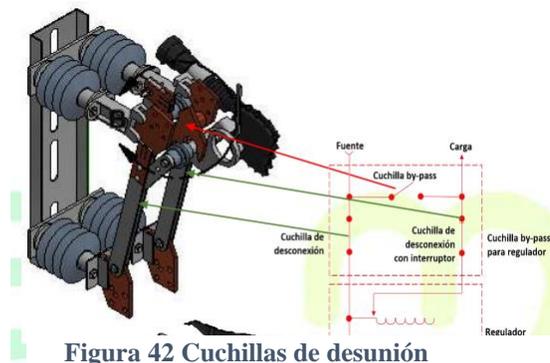


Figura 42 Cuchillas de desunión

### 5.6.2 Comienzo de cuchillas de desconexión.

Aquí se puede realizar el trabajo haciendo cambio de periodo de las cuchillas de desconexión, en el lugar que se pueda maniobrar el seccionador bypass. En este proceso la cuchilla de bypass se tiene referencia al lugar mas cerrado, en lo cual se obtiene la conexión directa en la fuente y la carga, en lo que la cuchilla de desconexión y la cuchilla con interruptor persistentemente tiene que permanecer cerradas.

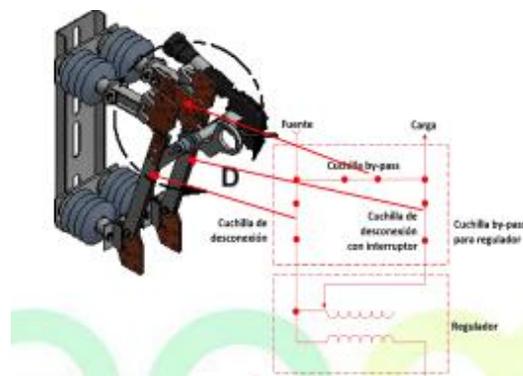


Figura 43 Cuchillas de desconexión

### 5.6.3 Conexión de by-pass y transición al lugar abierto

En el proceso de las cuchillas de desconexión en el lugar de la fuente se puede separar de forma compatible en lo que se puede crear la conexión en bypas. En este tiempo el lugar de la cuchilla de desconexión son las siguiente en donde se encuentran un lugar de conexión momentánea con la red eléctrica, en lo cual el bobina donde ayuda a derivar, el regulador del voltaje esta energizado en lo que ayuda a permitir obteniendo el control sobre la intensidad de magnetización.

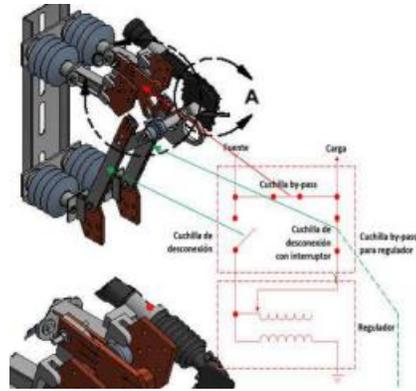


Figura 44 Conexión de bypass

#### 5.6.4 Etapa abierta en las cuchillas de desconexión.

En este periodo se observa donde las cuchillas de desconexión quedan abiertas para poder controlar la intensidad de magnetización del regulador de voltaje en el aparato de interrupción, donde se consigue la unión transitoria que se da entre la relación de la cuchilla de desconexión con el lugar de relación en el interruptor.

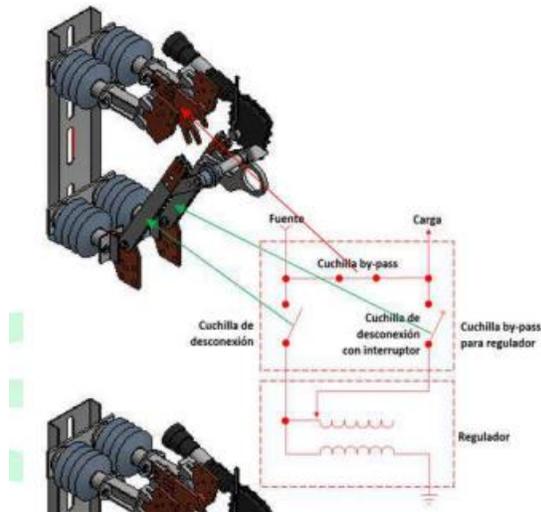


Figura 45 Cuchillas etapa abierta

### **5.6.5 Torre donde se montara la cuchillas**

Se toma referencia de esta torre donde están los TC y la cuchillas en la red de media tensión que esta ubicada en la subestación de la empresa donde se va a implementar otra torre de las mismas características con la altura de 4 metros para montar las cuchillas y el regulador de tensión.



**Figura 46 Torre de los reguladores**

## 5.7 Carga

En la actualidad la carga total de la empresa llega a 1.2Megavatios, en la imagen se observa una carga de 876.20 KW y corriente en la L1=37.1Amp, L2 = 41.5Amp y L3 = 40.1Amp, en los reguladores que vamos a impletar son reguladores de capacidad en ONAN (Aceite circulación natural) 75Amp por líneas y ONAF (Aire circulación forzada) con soporte de hasta 84Amp por línea.

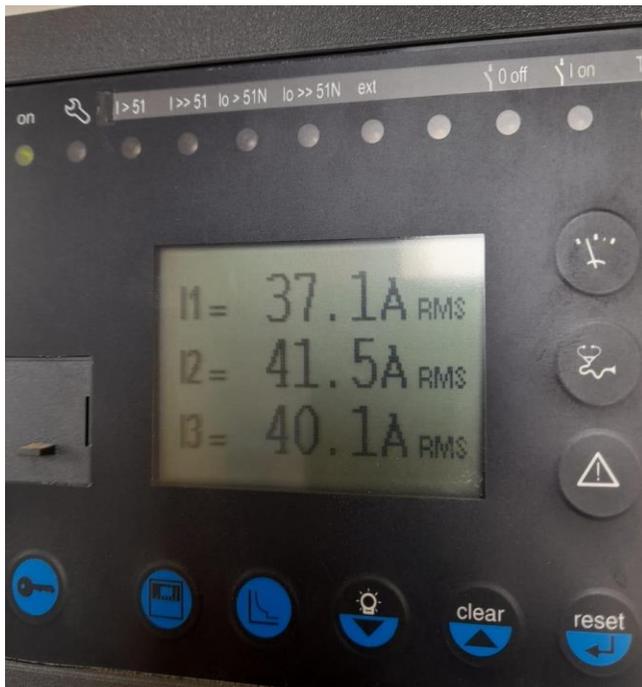


Figura 48 Carga por cada línea



Figura 47 Carga total de la industria

La capacidad en KVA de los reguladores de voltaje que se va a implementar, se esta tomando referencia el porcentaje de la capacidad actual. Donde se observa con la figura 9, intensidad en carga donde transita durante el devanado serie, por cual este llea la dimensión sobre la intensidad de la carga que circula por el devanado en serie, esto da a entender sobre la distancia de la demanda por lo que se puede cargar el regulador.

El regulador pueda trabajar al 100%, se debe implementar un porcentaje de medida (10%), para así poder calcular la capacidad de los reguladores de voltaje al momento que se vaya a implementar en la empresa:

- Establecemos el rango por la tensión de fase en donde se conectarán los reguladores de voltaje.
- Los reguladores que se implementarán tienen un porcentaje de medida mayor a (10%) y se debe deducir en el rango de medida en KV
- Este cálculo en intensidad se realiza, sabiendo si el regulador es monofásico

Carga monofásica:

$$I_c = \frac{S}{V}$$

En el siguiente ejercicio vamos a saber entender cómo calcular la capacidad en KVA de cada regulador:

KVA del regulador por línea = Intensidad de carga por línea x Margén de Regulación en KV.

Al momento de implementar en la planta industrial el sistema trifásico con un voltaje de 13800V, con una carga instalada de 1300KVA

- El nivel de tensión de la línea es 13800V
- Los KVA trifásicos de la carga son 1300KVA
- La relación de medida mayor (10%) y deducimos el margen de medida en KV.

Ocasión de Medida = % medida x  $KV_{fase}$

KV por línea = 7.6KV

Ocasión de medida = 10%

Ocasión de medida = 10% medida x  $13.8KV_{fase}$

$$\text{Ocasión de Regulación} = 1.38KV_{fase}$$

Intensidad de carga:

Potencia Trifásica KVA = 1300KVA

Intensidad de carga por línea:

$$I_c = \frac{S}{\sqrt{3}xV} = \frac{1300KVA}{\sqrt{3}x13.8KV} = 55Amp$$

Mediante el calculo de la capacidad de KVA se puede ver que tipo de regulador va hacer implementado:

KVAregulador = Ocasión de regulación (KV) x Intensidad

KVAregulador = 1.38 (KV)x55Amp = 75.9 KVA

**Tabla 12 Regulación de voltaje**

Rated Volts	Rated kVA	Regulation Range				
		±10%	±8 3/4%	±7 1/2%	±6 1/4%	±5%
2500	25	100	110	120	135	160
	50	200	220	240	270	320
	75	300	330	360	405	480
	100	400	440	480	540	640
	125	500	550	600	668	668
	167	668	668	668	668	668
	250	1000	1000	1000	1000	1000
	333	1332	1332	1332	1332	1332
	416.3	1665	1665	1665	1665	1665
5000	25	50	55	60	68	80
	50	100	110	120	135	160
	100	200	220	240	270	320
	125	250	275	300	336	400
	167	334	367	401	451	534
	250	500	550	600	668	668
	333	668	668	668	668	668
	416.3	833	833	833	833	833
	38.1	50	55	60	68	80
7620	57.2	75	83	90	101	120
	76.2	100	110	120	135	160
	114.3	150	165	180	203	240
	167 <sup>2</sup>	219/232	241/255	263/278	296/313	350/370
	250 <sup>2</sup>	328/347	361/382	394/417	443/469	525/556
	333 <sup>2</sup>	438/464	482/510	526/557	591/625	668
	416.3 <sup>2</sup>	548/580	603/638	658/668	668	668
	500 <sup>2</sup>	656/668	668	668	668	668
	667 <sup>2</sup>	875/926	875/926	875/926	875/926	875/926
	833 <sup>2</sup>	1093/1157	1093/1157	1093/1157	1093/1157	1093/1157
13800	69	50	55	60	68	80
	138	100	110	120	135	160
	207	150	165	180	203	240
	276	200	220	240	270	320
	414	300	330	360	405	480

## 5.8 Simulación sin regulador de voltaje en el digsilent

Mediante la simulación de digsilent sin los reguladores se observa que en la barra de 69 KV obtenemos un voltaje de 66.3KV y con el voltaje de 13.8KV tenemos un voltaje de salida de 13.2KV, en donde se implementarían los reguladores de voltaje en la barra 2 para equilibrar los subvoltajes y dar mejor calidad de energía a la empresa.

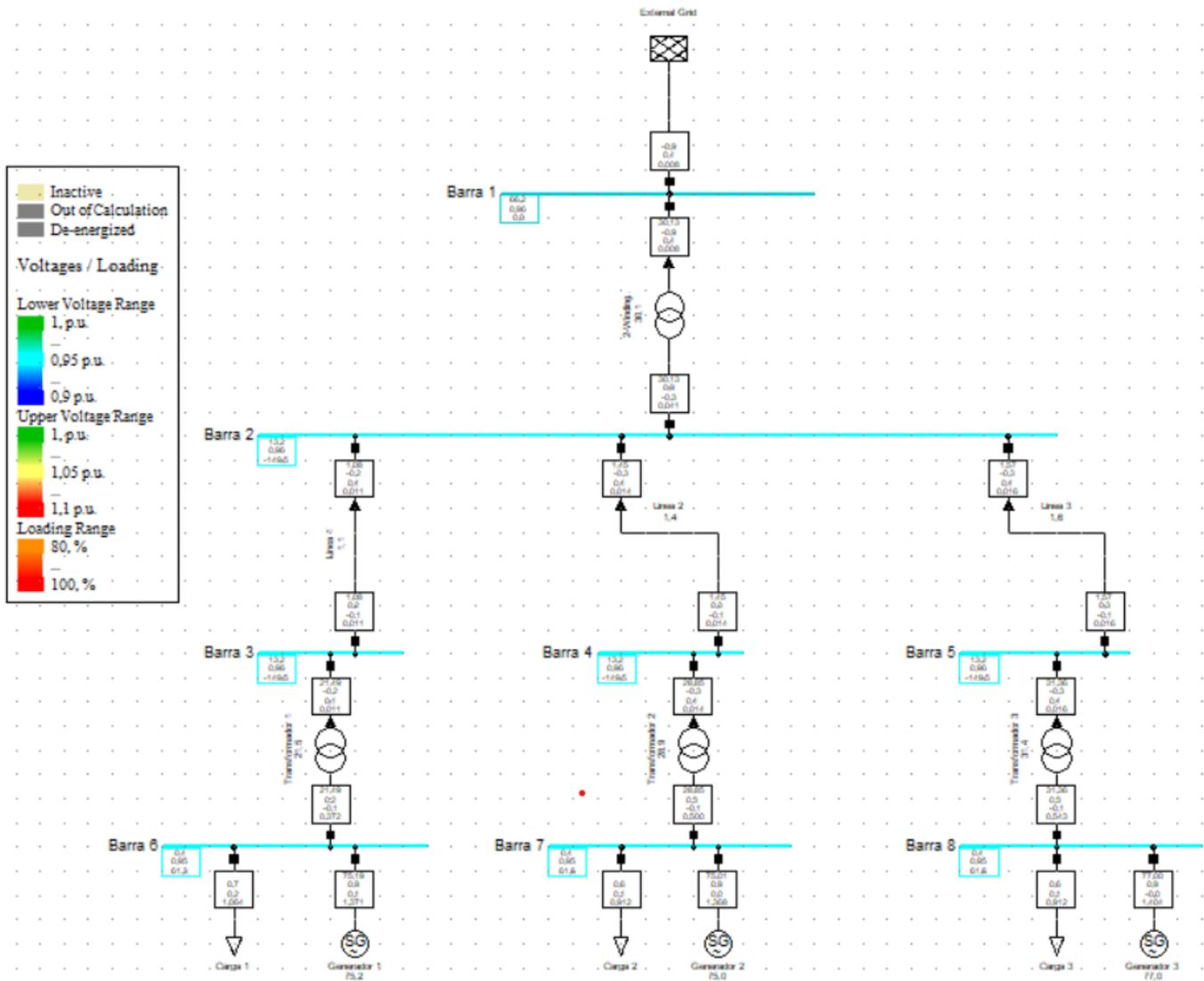


Figura 49 Diagrama unifilar

## CAPITULO 6

### 6.1 Resultado.

Se realizaron las simulaciones en implementar los 3 reguladores de voltaje conectados en la línea de 13.8KV y el resultado con los reguladores de voltaje ya instalados, la diferencia es evidente donde la mejora es identificada.

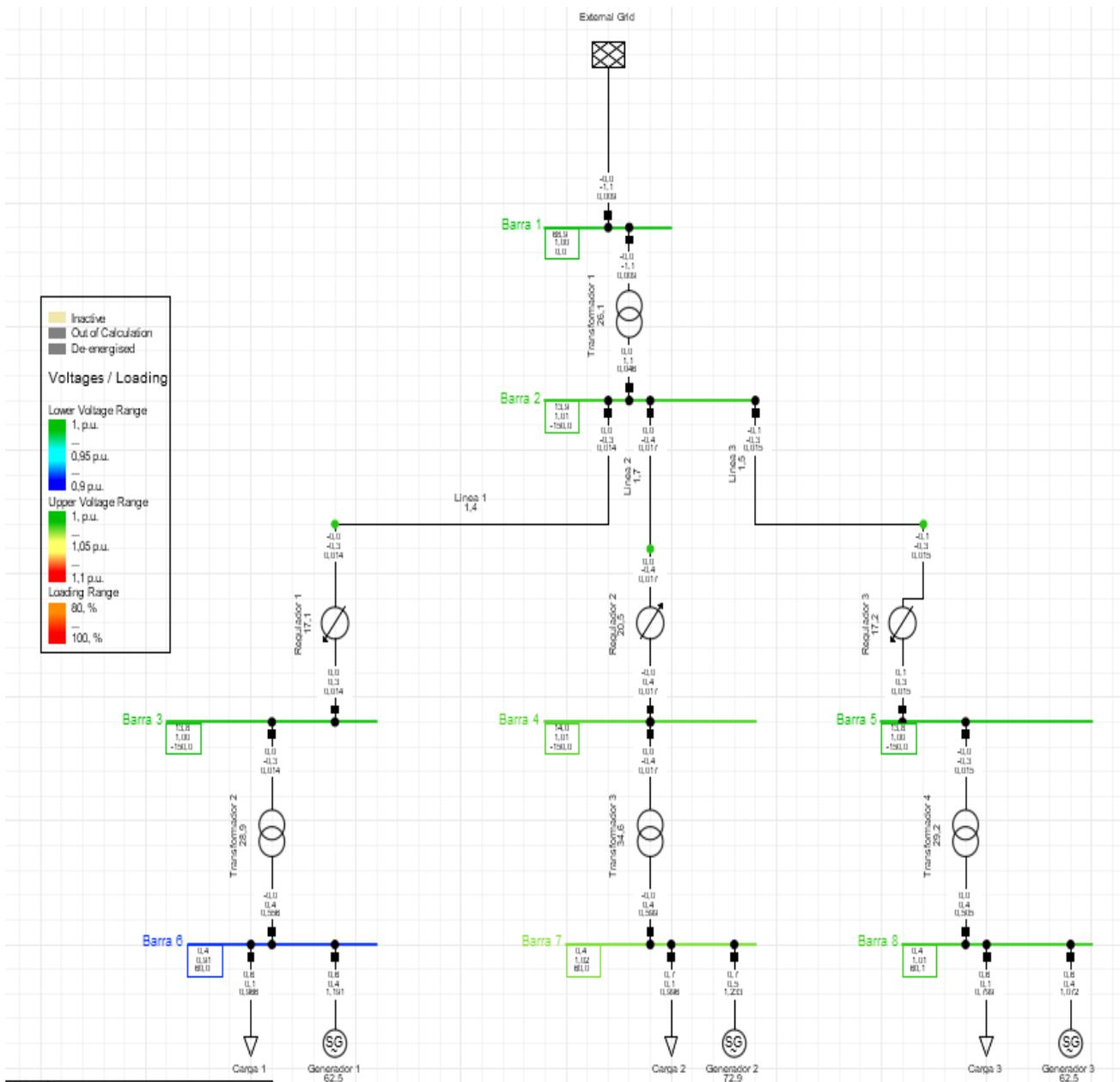


Figura 50 Diagrama unifilar con reguladores

		DIGSILENT PowerFactory 2023		Project: Date: 27/9/2023								
Fault Locations with Feeders Short-Circuit Calculation / Method : VDE 0102 Part 0 / DIN EN 60909-0 3-Phase Short-Circuit / Max. Short-Circuit Currents												
Asynchronous Motors Always Considered		Grid Identification Automatic		Short-Circuit Duration Break Time 0,10 s Fault Clearing Time (Ith) 1,00 s								
Decaying Aperiodic Component (idc) Using Method B		Conductor Temperature User Defined No		Voltage factor c Standard defined table								
Grid: Grid		System Stage: Grid		Annex: / 1								
	rtd.V. [kV]	Voltage [kV]	c- Factor	Sk" [MVA]	Ik" [kA]	ip [kA]	Ib [kA]	Sb [MVA]	Ik [kA]	Ith [kA]		
Barra 1	69,00	0,00	0,00	1,10	10015,10 MVA	83,80 kA	-84,29	206,91 kA	83,78	10012,73	83,78	84,98
Transformador 1	Barra 2				15,10 MVA	0,13 kA	96,67	0,31 kA				
External Grid					10000,00 MVA	83,67 kA	-84,29	206,60 kA				
Barra 2	13,80	0,00	0,00	1,10	166,18 MVA	6,95 kA	-89,18	19,33 kA	6,80	162,52	6,62	9,93
Transformador 1	Barra 1				149,55 MVA	6,26 kA	90,09	17,66 kA				
Linea 1	Terminal				5,29 MVA	0,22 kA	97,54	0,53 kA				
Linea 2	Terminal(1				5,73 MVA	0,24 kA	97,35	0,57 kA				
Linea 3	Terminal(2				5,73 MVA	0,24 kA	97,35	0,57 kA				
Barra 3	13,80	0,00	0,00	1,10	127,22 MVA	5,32 kA	-89,24	14,79 kA	5,24	125,25	5,24	5,90
Transformador 2	Barra 6				5,35 MVA	0,22 kA	97,62	0,62 kA				
Regulador 1	Terminal				121,92 MVA	5,10 kA	90,46	14,17 kA				
Barra 4	13,80	0,00	0,00	1,10	127,17 MVA	5,32 kA	-89,24	14,78 kA	5,24	125,17	5,24	5,90
Transformador 3	Barra 7				5,79 MVA	0,24 kA	97,43	0,67 kA				
Regulador 2	Terminal(1				121,42 MVA	5,08 kA	90,45	14,11 kA				

Figura 52 Resultado digsilent

Grid: Grid		System Stage: Grid		Annex: / 2								
	rtd.V. [kV]	Voltage [kV]	c- Factor	Sk" [MVA]	Ik" [kA]	ip [kA]	Ib [kA]	Sb [MVA]	Ik [kA]	Ith [kA]		
Barra 5	13,80	0,00	0,00	1,10	128,93 MVA	5,39 kA	-89,24	14,98 kA	5,31	126,89	5,31	5,98
Transformador 4	Barra 8				5,79 MVA	0,24 kA	97,43	0,67 kA				
Regulador 3	Terminal(2				123,18 MVA	5,15 kA	90,45	14,31 kA				
Barra 6	0,40	0,00	0,00	1,05	44,69 MVA	64,50 kA	-88,63	176,77 kA	62,05	42,99	62,05	68,56
Transformador 2	Barra 3				38,10 MVA	54,99 kA	90,12	150,72 kA				
Generador 1					6,65 MVA	9,59 kA	-81,47	26,29 kA				
Barra 7	0,40	0,00	0,00	1,05	37,42 MVA	54,00 kA	-88,39	147,19 kA	51,55	35,72	51,55	56,90
Transformador 3	Barra 4				30,83 MVA	44,50 kA	90,12	121,28 kA				
Generador 2					6,65 MVA	9,59 kA	-81,47	26,14 kA				
Barra 8	0,40	0,00	0,00	1,05	37,53 MVA	54,17 kA	-88,40	147,67 kA	51,72	35,83	51,72	57,09
Transformador 4	Barra 5				30,95 MVA	44,67 kA	90,12	121,75 kA				
Generador 3					6,65 MVA	9,59 kA	-81,47	26,15 kA				

Figura 51 Resultado digsilent

## 6.2 Propuesta a desarrollar

En la siguiente imagen se observa el diagrama unifilar de la planta industrial donde se va a realizar el montaje de los reguladores Cooper en 13.8KV.

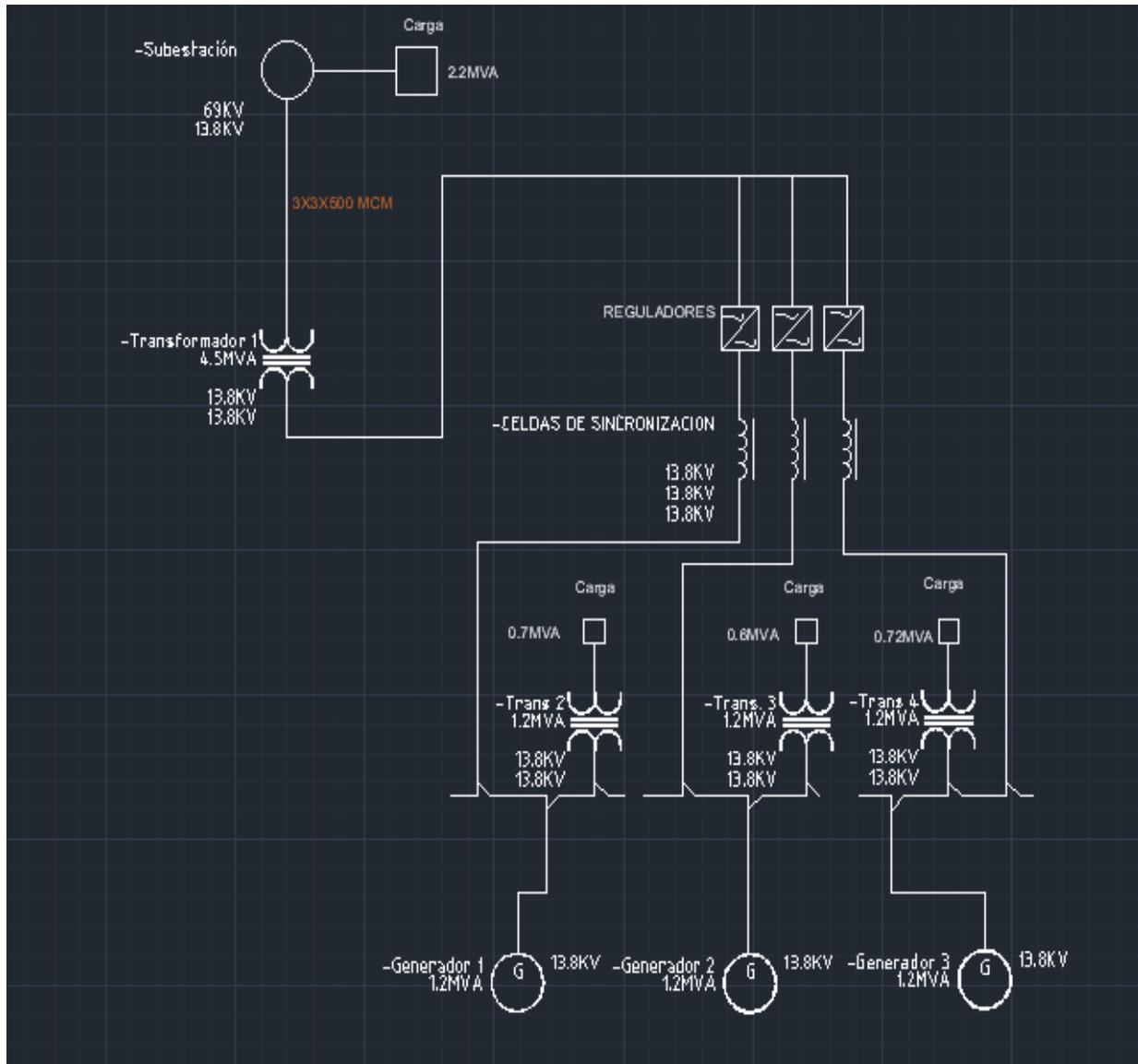


Figura 53 Diagrama unifilar donde van ubicados los reguladores

## CAPÍTULO 7

### 7.1 Conclusiones

- Durante la revisión se dio la información de las cargas mediante la pantalla del medidor que se encuentra en la subestación de la empresa industrial, y se determinó cuántas cargas tienen por línea para ver el regulador apropiado.
- Se obtuvo la caída de tensión de las líneas 2 y 3 donde se identificó que su voltaje de 400V que es lo nominal cayó hasta 382 y 384 Voltios, dando a conocer la norma que lo máximo que debe caer el voltaje es un  $\pm 0.5\%$
- Los elementos de mayor excelencia durante el análisis para el sitio apropiado de los reguladores en la subestación son referentes a la falta de mantenimiento de la hidroeléctrica Minas de San Francisco y que actualmente se están conectados con la línea de transmisión que da del Perú donde el problema es por la distancia que existe entre la subestación con la línea de 138KV, donde se llega a generar los subvoltajes.

## 7.2 Recomendaciones

- Por no haber dificultades de caídas de tensión donde alimentación principal se tiene que ver en cuenta la longitud de la subestación eléctrica EL ORO “El cambio” hasta la subestación de la empresa industrial o cambiar las acometidas por mayor capacidad en el conductor así ayudaremos a mejorar el nivel de voltaje que se esta llegando a la industria.
- Para las fallas mas comunes en la empresa debe tomar en cuenta también el numero de conductor dependiendo de la carga a lo largo que va creciendo la empresa.
- En los análisis para el lugar exacto de los reguladores de voltaje, primordialmente toca considerar los sistemas electricos de distribución de los alimentadores primarios de subestaciones por envolver largas longitudes las caídas de tensión van hacer máximo por línea.

## Referencia Bibliográficas

- Alzare, A. a. (2014). "Flujo de potencia para sistemas de distribución considerando diversidad en la demanda y el efecto entre neutro y tierra". *Flujo de potencia*, 1-55.
- Ampuño, G., Agila, W., & Cevallo, H. (2014). Implementación y analisis de rendimiento de un control industrial de nivel para tanques con fluidos, basado en lógica difusa. *MASKANA, I+D+ingeniería*, 27-36.
- ARCONEL. (2020). El directorio de la agencia de regulación y control de electricidad - ARCONEL. *Agencia de regulación y control de electricidad*, 8.
- ARCONEL. (2020). Límites para índice de niveles de voltaje. *Agencia de regulación y control de energia y recursos naturales renovables*, 9.
- Arcos, E., & Chicaiza, D. (2015). *Diseño y contrucción de un tablero de control automático para la corrección de factor de pontecia*. Quito, Ecuador .
- Behrendt, K., & Labuschagne , C. (2011). *Considerations for Using Harmonic Blocking and Harmonic Restraint Techniques on Transformer Differential*.
- Cardenas, L. (2021). *Estabilidad de voltaje en redes de distribución eléctricas*. Guayaquil.
- CNELEP.GOB.EC. (2019). *Tarifas de consumo eléctrico*. EL ORO.
- Egorova, E. (2011). *Atp modeling of internal transformer faults for relay performance testing*. California .
- FLUKE. (2010). *Analizador de calidad eléctrica y energía 434*. California .
- Hernan, K. (2018). *Diseño y construcción de dos transformadores monofasico para suministro trifásico en conexión delta abierta con control de voltaje mediante taps*. Quito, Ecuador .

- INEN. (1998). *Transformadores determinación de pérdidas y corrientes sin carga*. Quito, Ecuador.
- INEN. (2004). *Transformadores de distribución nuevos trifásicos*. Quito, Ecuador .
- José Lopez, S. P. (2017). *Transformadores electricos de potencia*. Pereira, Colombia.
- Lopez, J., & García, G. (2000). *Interconexión en la red eléctrica*. México.
- MEER. (2016). *Procedimiento para el cálculo de pérdida y análisis de la red de medio voltaje* .
- Ras, E. (1994). *Transformadores de potencia, de medida y de protección, Universidad Politécnica de Barcelona*. Barcelona, España.
- Sanchez, L. (2022). "*Cálculo de los parámetros inductivos de fase y secuencia de las redes de distribución primaria y secundaria*". Folleto para curso de maestría.
- Schneider. (2021). *Celda SM6-24QM 200A*.
- serie, P. d. (2015). *Panel de control CL-6*. EEUU.
- Silva, L. (2021). *Plan de mantenimiento preventivo para prevención de fallos en la fabrica*. Machala.
- Vivanco, M. (2005). *Muestreo estadístico, diseño y aplicación, edición Universitaria* .
- VR-32, C. (MAYO 2015). *REGULADORES DE VOLTAJE* .

# ANEXOS

**Cotización de obra civil para soporte de la torre donde va a ir los reguladores.**



**PROFORMA No. 0127**  
Machala, 06 de septiembre del 2023

**Sres. INCARPALM**  
Ciudad. –

Contratante: INCARPALM S.A.  
Oferente: Ing. Edgar Baculima Y.  
Obra: BASES DE TORRES (SUB ESTACION)  
Dirección: Av. 25 de Junio S/N

LOS COSTOS DETALLADOS SON DE MANO DE OBRA

ITEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
1	<b>BASES DE TORRES</b>				
1.01	EXCAVACION MANUAL	m3	3,00	28,00	84,00
1.02	PLINTO (REPLANTILLO)	m3	3,00	125,00	375,00
1.03	ARMADO DE HIERRO "ESPARRAGOS DE SUJECCION"	GLOBAL	1,00	215,00	215,00
1.04	ENCOFRADO	GLOBAL	1,00	85,00	85,00
<b>SUBTOTAL</b>					759,00
<b>IVA 12%</b>					91,08
<b>TOTAL</b>					850,08

## DETALLE DEL PAGO

- Son: OCHOCIENTOS CINCUENTA CON 08/100 dólares americanos, incluye IVA.

# Cotización de las cuchillas para el bypass de los reguladores



## MESCO POWER SYSTEMS

MATERIAL ELECTRICO, SUBESTACIONES, CONSTRUCCION Y COMUNICACIÓN

Cuenca, 2 de Junio del 2023

Señores  
INCARPALM  
MACHALA

Nuestra oferta: MESCO-23139

Atendiendo su gentil solicitud, me permito hacer llegar nuestra mejor propuesta:

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	P.UNIT DÓLAR	TOTAL DÓLAR
1	3	Bypass para regulador de voltaje  15KV, 600 amperios  Marca: ALUMAFORM – USA  Modelo: HDS3-600 A-R-3015S-110-3-B-HP	2.750,00	8.250,00
		Subtotal sin IVA	USD	8.250,00
		12% IVA	USD	990,00
		Total incluido IVA	USD	9.240,00

### CONDICIONES COMERCIALES

Tiempo de Entrega:

Forma de Pago:

Validez de Oferta:

Lugar de Entrega:  
cliente.

Garantía Técnica:

Atentamente,

  
Ing. Mauricio Bustamante  
GERENTE VENTAS  
MESCO P.S.

hasta 110 DIAS, luego del pago del anticipo y aprobación de planos.

70% anticipado, saldo contra entrega.

15 días

En sus bodegas en machala., la descarga corre por cuenta del

12 meses contra defectos de fabricación.

Cotización sobre el montaje de los reguladores de tensión y suministro metálico

**PROFORMA No 01-0015-23**

KELVIN PAUL ALVAREZ OLARTE  
Ing. Eléctrico

RUC: 0704518745001	FECHA: 13 de junio de 2023
Dirección: Cdla Oro Plaza	Proforma a: Ing. Edgar Zhingre
Machala - El Oro - Ecuador	Incarpalm
Teléfono: 0985213851	Machala

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>MONTAJE DE REGULADORES DE TENSIÓN SUBESTACION INCARPALM</b>			
3	Suministro y montaje de estructuras metálicas de soporte para regulador de voltaje en piso	\$ 1.030,00	\$ 3.090,00
3	Montaje de regulador de voltaje con grúa telescópica	\$ 480,00	\$ 1.440,00
3	Programación, ajuste y pruebas de control electrónico de regulador de voltaje	\$ 370,00	\$ 1.110,00
3	Reubicación de seccionador cuchilla de 15 kV existentes	\$ 110,00	\$ 330,00
1	Reconfiguración de cableado de fuerza de media tensión en pórtico existente	\$ 410,00	\$ 410,00
1	Suministro y conexión de sistema de puesta a tierra para banco de reguladores trifásico	\$ 485,00	\$ 485,00
1	Suministro y conexión de sistema de control para banco de reguladores trifásico	\$ 185,00	\$ 185,00
1	Desmontaje de reconectador electrónico existente	\$ 300,00	\$ 300,00
1	Conexión de acometidas de 13.8 kV, energización y puesta en servicio	\$ 220,00	\$ 220,00
		SUBTOTAL	\$ 7.570,00
		IVA	\$ 908,40
		TOTAL	\$ 8.478,40

Forma de pago: 50% anticipo, 50% contra entrega del trabajo  
Validez de la proforma: 15 días  
Tiempo de Entrega: 5 días



Ing. Kelvin Alvarez

# Orden de trabajo externa por el montaje de reguladores



## ORDEN DE TRABAJO EXTERNA

236288

Impreso 13/9/2023 17:02

Página 1 de 1

### Información

Clave posición	01101	Sub Estación	
Clave OM	0110125	Reguladores de Voltaje	
Tipo tarea	OTR	Area responsable:	MANTENIMIENTO ELECTRIC
Prioridad	3	Tipo de trabajo:	
Fecha inicio planificada	18/9/2023	7:00	Pedido por: Luis Silva, Asit Mtt Eléctrico
Fecha final planificada	9/10/2023	15:00	Requiere permiso de trabajo: Sí
Responsable	ELE.ZHINGRE.E	Edgar Jonny Zhingre Chunga	
Civ cuenta	IN-D001076	MANTENIMIENTO ELECTRICO	820208
Contratista:	0704518745001		
Código trabajo	CONTRATADO	Orden de Trabajo Externa	

### Contratista

0704518745001 Kelvin Paul Alvarez Olarte

### Descripción

#### Montaje reguladores de voltaje

Por motivo de variaciones de voltajes en 69KV que da CNEL a la subestación de la empresa, tenemos problema de apaganos de máquina lo cual se amerita instalar 3 reguladores de voltaje en media tensión 13.8KV para mejorar la calidad de voltaje a la alimentación de las imprentas y corrugadora.

### Costos

Descripción	Cantidad	Valor Unit	Monto
Montaje de 3 reguladores de voltaje	1,00	7.570,00	7.570,00
		Subtotal:	7.570,00
		IVA:	908,40
		Total:	8.478,40

### Forma de pago

50% ANTICIPO - 50%CONTADO

# Orden de trabajo externa para bases de reguladores



## ORDEN DE TRABAJO EXTERNA

236286

Impreso 13/9/2023 17:07  
Página 1 de 1

### Información

Clave posición	01101	Sub Estación	
Clave OM	0110125	Reguladores de Voltaje	
Tipo tarea	OTR	Area responsable:	MANTENIMIENTO ELECTRIC
Prioridad	3	Tipo de trabajo:	
Fecha inicio planificada	18/9/2023	8:00	Pedido por: Luis Silva, Asist Eléctrico
Fecha final planificada	25/9/2023	15:00	Requiere permiso de trabajo: Sí
Responsable	ELE.SILVA.LU	Luis Alex Silva Labanda	
Civ cuenta	IN-D001076	MANTENIMIENTO ELECTRICO	820206
Contratista:	0703329649001		
Código trabajo	CONTRATADO	Orden de Trabajo Externa	

### Contratista

0703329649001 Edgar Gustavo Baculima Yauri

### Descripción

#### Bases para torres montaje de reguladores

Se realiza bases para torres donde van a ir puesto los reguladores en media tensión

### Costos

Descripción	Cantidad	Valor Unit	Monto
Bases para torres de los reguladores	1,00	759,00	759,00
		Subtotal:	759,00
		IVA:	91,08
		Total:	850,08

### Forma de pago

Contra entrega