



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE ELECTRICIDAD

**UBICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE BANCOS DE CAPACITORES
MEDIANTE ANÁLISIS EXHAUSTIVO DE ESCENARIOS PARA LA
COMPENSACIÓN DE POTENCIA REACTIVA EN ALIMENTADORES DE
DISTRIBUCIÓN DE LAS SUBESTACIONES TENA Y TENA NORTE**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: JHOSTIN OMAR ACHACHI VARGAS
TUTOR: MANUEL DARIO JARAMILLO MONGE

Quito -Ecuador
2026

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jhostin Omar Achachi Vargas con documento de identificación N° 1752235554 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.

Quito, 24 de marzo del año 2026

Atentamente,



Jhostin Omar Achachi Vargas
1752235554

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

Yo, Jhostin Omar Achachi Vargas con documento de identificación N° 1752235554, 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 : "Ubicación y dimensionamiento de bancos de capacitores mediante análisis exhaustivo de escenarios para la compensación de potencia reactiva en alimentadores de distribución de las subestaciones Tena y Tena Norte", 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.

Quito, 24 de marzo del año 2026

Atentamente,



Jhostin Omar Achachi Vargas
1752235554

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Manuel Dario Jaramillo Monge con documento de identificación N° 1714298005, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: UBICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE BANCOS DE CAPACITORES MEDIANTE ANÁLISIS EXHAUSTIVO DE ESCENARIOS PARA LA COMPENSACIÓN DE POTENCIA REACTIVA EN ALIMENTADORES DE DISTRIBUCIÓN DE LAS SUBESTACIONES TENA Y TENA NORTE, realizado por Jhostin Omar Achachi Vargas con documento de identificación N° 1752235554, 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.

Quito, 24 de marzo del año 2026

Atentamente,



Ing. Manuel Dario Jaramillo Monge, MSc.
1714298005

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Justificación	1
1.3. Objetivos	2
1.4. Alcance del proyecto	3
2. MARCO TEORICO	3
2.1. Sistemas de Distribución	3
2.2. Clasificación de un sistema eléctrico.....	4
2.2.1. Sistema Radial.....	4
2.2.2. Sistema en Anillo.....	5
2.2.3. Sistema Mallado	6
2.3. Tipos de Potencia.....	7
2.3.1. Potencia Activa (P).....	7
2.3.2. Potencia Reactiva (Q).....	7
2.3.3. Potencia Aparente (S)	8
2.4. Factor de potencia (FP)	8
2.5. Corrección del factor de potencia	9
2.6. Perfiles de voltaje.....	11
2.6.1. Nivel de Voltaje.....	12
2.7. Reducción de Pérdidas.....	13
2.8. Compensación de potencia reactiva	13
2.9. Banco de capacitores.....	14
2.10. Análisis exhaustivo para la ubicación de bancos de capacitores.....	15
2.11. PME - Power Monitoring Expert.....	17
3. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA.....	17
3.1. Descripción General.....	18
3.2. Sistema de distribución en Tena.....	18
3.2.1. Subestación Tena Norte.....	18
3.2.2. Subestación Tena.....	19
3.3. Alimentadores analizados	19
3.3.1. Alimentador Sumaco.....	20
3.3.2. Alimentador Muyuna	22
3.3.3. Alimentador Arosemena Tola.....	23

3.3.4. Alimentador Misahuallí	25
4. METODOLOGÍA.....	26
4.1. Enfoque de la investigación	27
4.2. Tipo de investigación.....	27
4.3. Herramientas y recursos utilizados.....	28
4.4. Procedimiento Metodológico.....	28
4.4.1. Recolección y validación de información técnica.....	29
4.4.2. Modelado eléctrico y simulación del caso base	30
4.4.3. Definición de alternativas de compensación de potencia reactiva.....	30
4.4.4. Análisis exhaustivo de escenarios.....	31
4.4.5. Criterios técnicos para la selección del mejor escenario.....	32
4.4.6. Consideraciones del modelo de simulación.....	33
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	34
5.1. Alimentador Sumaco	34
5.1.1. Ubicación y dimensionamiento del banco de capacitor en el Alimentador Sumaco	35
5.1.2. Mejora del factor de potencia con compensación en el Alimentador Sumaco	39
5.1.3. Perfiles de voltaje con compensación en el Alimentador Sumaco.....	40
5.1.4. Pérdidas Técnicas con compensación en el Alimentador Sumaco	42
5.2. Alimentador Muyuna	45
5.2.1. Ubicación y dimensionamiento del banco de capacitor en el Alimentador Muyuna.....	46
5.2.2. Mejora del factor de potencia con compensación en el Alimentador Muyuna.....	49
5.2.3. Perfiles de Voltaje con compensación en el Alimentador Muyuna	50
5.2.4. Pérdidas Técnicas con compensación en el Alimentador Muyuna.....	52
5.3. Alimentador Arosemena Tola	54
5.3.1. Factor de potencia en el Alimentador Arosemena Tola.....	55
5.3.2. Perfiles de Voltaje en el Alimentador Arosemena Tola.....	56
5.3.3. Pérdidas Técnicas en el Alimentador Arosemena Tola.....	58
5.4. Alimentador Misahuallí.....	59
5.4.1. Ubicación y dimensionamiento del banco de capacitor en el Alimentador Misahuallí.....	60
5.4.2. Mejora del factor de potencia con compensación en el Alimentador Misahuallí.....	63
5.4.3. Perfiles de Voltaje con compensación en el Alimentador Misahuallí.....	65

5.4.4. Pérdidas Técnicas con compensación en el Alimentador Misahuallí	67
5.5. ANÁLISIS INTEGRAL DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	69
5.5.1. Factor de potencia.....	69
5.5.2. Perfiles de voltaje	70
5.5.3. Pérdidas técnicas	71
6. CONCLUSIONES	71
7. RECOMENDACIONES	73
8. BIBLIOGRAFÍA.....	75
9. ANEXOS.....	77
9.1. Datos reales extraídos del PME – Alimentador Sumaco.....	77
9.2. Reporte de flujo de carga en caso base – Alimentador Sumaco.....	81
9.3. Reporte de flujo de carga con compensación – Alimentador Sumaco	82
9.4. Datos reales extraídos del PME – Alimentador Muyuna.....	83
9.5. Reporte de flujo de carga en caso base – Alimentador Muyuna	87
9.6. Reporte de flujo de carga con compensación – Alimentador Muyuna.....	88
9.7. Datos reales extraídos del PME – Alimentador Arosemena Tola.	89
9.8. Reporte de flujo de carga sin intervención – Alimentador Arosemena.....	93
9.9. Datos reales extraídos del PME – Alimentador Misahuallí.....	94
9.10. Reporte de flujo de carga en caso base – Alimentador Misahuallí	98
9.11. Reporte de flujo de carga con compensación – Alimentador Misahuallí.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema Radial.....	5
Figura 2. Sistema en Anillo.....	5
Figura 3. Sistema Mallado.....	6
Figura 4. Capacitor Trifásico.....	15
Figura 5. Alimentador Sumaco en caso base.....	21
Figura 6. Alimentador Muyuna en caso base.....	22
Figura 7. Alimentador Arosemena Tola en caso base.....	24
Figura 8. Alimentador Misahuallí en caso base.....	25
Figura 9. Diagrama de flujo procedimiento metodológico.....	29
Figura 10. Alimentador Sumaco - Flujo de carga en caso base.....	35
Figura 11. Ubicaciones de bancos de capacitores evaluadas mediante análisis exhaustivo - Alimentador Sumaco.....	36
Figura 12. Ubicaciones de bancos de capacitores más representativas - Alimentador Sumaco.....	38
Figura 13. Comparación del Factor de potencia - Alimentador Sumaco.....	40
Figura 14. Comparación de voltaje p.u. a lo largo del Alimentador Sumaco.....	41
Figura 15. Comparación de Pérdidas Totales - Alimentador Sumaco.....	44
Figura 16. Alimentador Muyuna - Flujo de carga en caso base.....	45
Figura 17. Ubicaciones de bancos de capacitores evaluadas mediante análisis exhaustivo - Alimentador Muyuna.....	46
Figura 18. Ubicaciones de bancos de capacitores más representativas - Alimentador Muyuna.....	48
Figura 19. Comparación del Factor de potencia - Alimentador Muyuna.....	50
Figura 20. Comparación de Voltaje p.u. a lo largo del Alimentador Muyuna.....	51
Figura 21. Comparación de Pérdidas Totales - Alimentador Muyuna.....	53
Figura 22. Alimentador Arosemena Tola - Flujo de carga en caso base.....	54
Figura 23. Factor de potencia sin intervención en Alimentador Arosemena Tola.....	56
Figura 24. Voltaje p.u. sin intervención a lo largo del Alimentador Arosemena Tola.....	57
Figura 25. Pérdidas Totales sin intervención - Alimentador Arosemena Tola.....	59
Figura 26. Alimentador Misahuallí - Flujo de carga en caso base.....	60
Figura 27. Ubicaciones de bancos de capacitores evaluadas mediante análisis exhaustivo - Alimentador Misahuallí.....	61
Figura 28. Ubicaciones de bancos de capacitores más representativas - Alimentador Misahuallí.....	62
Figura 29. Comparación del Factor de potencia - Alimentador Misahuallí.....	64
Figura 30. Comparación de Voltaje p.u. a lo largo del Alimentador Misahuallí.....	66
Figura 31. Comparación de Pérdidas Totales - Alimentador Misahuallí.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites para el índice de nivel de voltaje.	12
Tabla 2. Parámetros de caracterización de los Alimentadores analizados.	19
Tabla 3. Porcentaje de mediciones que cumplen el Factor de Potencia mayor a 0.96 actualmente.	20
Tabla 4. Flujo de carga - Reporte Alimentador Sumaco en caso base.	21
Tabla 5. Flujo de carga - Reporte Alimentador Muyuna en caso base.	23
Tabla 6. Flujo de carga - Reporte Alimentador Arosemena Tola en caso base.	24
Tabla 7. Flujo de carga - Reporte Alimentador Misahuallí en caso base.	26
Tabla 8. Síntesis de Análisis exhaustivo de escenarios para cada Alimentador.	32
Tabla 9. Configuraciones evaluadas en el análisis exhaustivo - Alimentador Sumaco.	36
Tabla 10. Configuraciones evaluadas más representativas en el análisis exhaustivo - Alimentador Sumaco.	38
Tabla 11. Factor de potencia - comparación directa en el Alimentador Sumaco	39
Tabla 12. Indicadores estadísticos del perfil de voltaje – Alimentador Sumaco.	42
Tabla 13. Resumen de Pérdidas Totales - Alimentador Sumaco.	43
Tabla 14. Configuraciones evaluadas en el análisis exhaustivo - Alimentador Muyuna.	47
Tabla 15. Configuraciones evaluadas más representativas en el análisis exhaustivo - Alimentador Muyuna.	48
Tabla 16. Factor de potencia - comparación directa en el Alimentador Muyuna.	49
Tabla 17. Indicadores estadísticos del perfil de voltaje – Alimentador Muyuna.	52
Tabla 18. Pérdidas Totales - Alimentador Muyuna.	52
Tabla 19. Factor de Potencia sin intervención en el Alimentador Arosemena Tola. ...	55
Tabla 20. Indicadores estadísticos del perfil de voltaje sin intervención – Alimentador Arosemena Tola.	57
Tabla 21. Pérdidas Totales sin intervención - Alimentador Arosemena Tola.	58
Tabla 22. Configuraciones evaluadas en el análisis exhaustivo - Alimentador Misahuallí.	61
Tabla 23. Configuraciones evaluadas más representativas en el análisis exhaustivo - Alimentador Misahuallí.	63
Tabla 24. Factor de potencia - comparación directa en el Alimentador Misahuallí. ...	64
Tabla 25. Ubicaciones evaluadas más representativas en el análisis exhaustivo - Alimentador Misahuallí.	66
Tabla 26. Pérdidas Totales - Alimentador Misahuallí.	67
Tabla 27. Resumen comparativo de resultados por Alimentador.	69

RESUMEN

El presente proyecto técnico se centra en el análisis de la compensación de potencia reactiva en alimentadores de distribución de 13.8 kV correspondientes a las subestaciones Tena y Tena Norte de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA). El trabajo se inicia con el diagnóstico inicial del estado operativo del sistema eléctrico, evaluando el factor de potencia, perfiles de voltaje y pérdidas técnicas, con el fin de identificar deficiencias operativas en los alimentadores analizados.

Con base en este diagnóstico, se desarrolla un análisis exhaustivo de escenarios orientados a definir la ubicación y dimensionamiento de bancos de capacitores para la compensación de potencia reactiva, las distintas configuraciones evaluadas son analizadas considerando criterios técnicos, operativos y normativos.

Por último, se comparan los resultados obtenidos en el estado base del sistema con aquellos de los escenarios compensados, cuantificando las mejoras alcanzadas en el factor de potencia, el comportamiento de los perfiles de voltaje y la reducción de pérdidas técnicas, con el propósito de fortalecer la eficiencia y confiabilidad de la red de distribución.

Palabras clave: PME, distribución, banco de capacitores, compensación reactiva, factor de potencia, simulaciones, análisis exhaustivo.

ABSTRACT

This technical project focuses on the analysis of reactive power compensation in 13.8 kV distribution feeders corresponding to the Tena and Tena Norte substations of the Ambato Regional Central North Electric Company (EEASA). The work begins with an initial diagnosis of the electrical system's operational status, evaluating the power factor, voltage profiles, and technical losses, in order to identify operational deficiencies in the analyzed feeders.

Based on this diagnosis, a comprehensive scenario analysis is developed to define the location and sizing of capacitor banks for reactive power compensation. The different configurations evaluated are analyzed considering technical, operational, and regulatory criteria.

Finally, the results obtained in the system's baseline state are compared with those of the compensated scenarios, quantifying the improvements achieved in the power factor, voltage profile behavior, and reduction of technical losses, with the aim of strengthening the efficiency and reliability of the distribution network.

Key words: PME, distribution, capacitor banks, reactive power compensation, power factor, simulations, exhaustive analysis.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En los sistemas de distribución operados por la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA), específicamente en los alimentadores de distribución de 13.8 kV pertenecientes a las subestaciones Tena y Tena Norte, se han identificado puntos de carga que incumplen con el valor mínimo reglamentario del valor de factor de potencia (0,96) establecido por la normativa nacional vigente. Esta deficiencia implica un exceso de consumo de potencia reactiva, lo cual genera penalización económica por parte del Operador Nacional Interconectado (SIN), incrementando las pérdidas técnicas, reduce la eficiencia energética afectando al desempeño operativo del sistema. Ante esta problemática, se requiere una solución técnica que permita ubicar y dimensionar correctamente equipos de compensación, esto con el fin de garantizar el cumplimiento operativo del sistema y a mejora del desempeño eléctrico de los alimentadores afectados.

1.2. Justificación

El presente estudio se justifica en la necesidad de mejorar el desempeño operativo y energético de los alimentadores de distribución de 13,8 kV pertenecientes a las subestaciones Tena y Tena Norte de la EEASA. Actualmente, el incremento de la demanda y la dispersión de las cargas provocan un bajo factor de potencia, caídas de voltaje y pérdidas técnicas elevadas, afectando la eficiencia del sistema eléctrico y la calidad del servicio.

La compensación de potencia reactiva mediante bancos de capacitores constituye una alternativa técnica y económica para mitigar estos problemas. Sin embargo, la correcta ubicación y dimensionamiento de los capacitores requiere un análisis detallado de las condiciones del sistema.

Por ello, se plantea aplicar un análisis exhaustivo de escenarios, que permitirá determinar la configuración más adecuada sin recurrir a la implementación física de equipos, brindando una propuesta técnica viable para optimizar el uso de la energía eléctrica y mejorar la eficiencia operativa de la EEASA.

1.3. Objetivos

Realizar un análisis exhaustivo de escenarios que permita determinar la ubicación y el dimensionamiento de bancos de capacitores en los alimentadores de distribución de 13.8 kV pertenecientes a las subestaciones Tena (MISAHUALLÍ Y AROSEMENA TOLA) y Tena Norte (SUMACO Y MUYUNA) de la EEASA, con el fin de mejorar el factor de potencia, los perfiles de voltaje y la eficiencia energética.

Para lograr este objetivo general, se alcanzarán los siguientes objetivos específicos:

- Analizar el estado actual del sistema de distribución de 13,8 kV, evaluando el factor de potencia, los perfiles de voltaje y las pérdidas técnicas en los alimentadores seleccionados de las subestaciones Tena y Tena Norte a partir de datos operativos reales de la EEASA.
- Aplicar un análisis exhaustivo de escenarios para determinar la ubicación y el dimensionamiento de bancos de capacitores fijos y/o automáticos en los alimentadores de 13,8 kV, garantizando el cumplimiento de los parámetros técnicos de operación.
- Comparar los valores obtenidos en factor de potencia, perfiles de voltaje, y pérdidas técnicas mediante simulaciones antes y después de la compensación reactiva.

1.4. Alcance del proyecto

Este proyecto técnico se desarrolla en el nivel de distribución de 13,8 kV e involucra el estudio de los alimentadores asociados a las subestaciones Tena y Tena Norte, operadas por la EEASA. El análisis incluye la caracterización del estado operativo actual del sistema eléctrico, así como la evaluación técnica de alternativas de compensación reactiva mediante la determinación de la ubicación y dimensionamiento de bancos de condensadores.

La aplicación de las estrategias de compensación se limita a los alimentadores previamente seleccionados, los cuales presentan incumplimientos respecto a los valores normativos de factor de potencia o evidencian deficiencias operativas que afectan el desempeño eléctrico del sistema. El proyecto se desarrolla exclusivamente a través de simulaciones y análisis técnicos, sin intervención física sobre la red existente.

2. MARCO TEORICO

En este capítulo se presentan los fundamentos teóricos que sustentan el desarrollo del presente trabajo de investigación. Se abordan conceptos relacionados con los sistemas de distribución eléctrica, su clasificación y características operativas, así como los principios asociados al flujo de potencia, factor de potencia y compensación de energía reactiva. Estos elementos constituyen la base conceptual necesaria para comprender el análisis realizado en los alimentadores de distribución y la implementación de bancos de capacitores como alternativa para mejorar el desempeño del sistema eléctrico.

2.1. Sistemas de Distribución

El sistema de distribución eléctrico representa la etapa final del suministro de energía, encargada de transportar la energía eléctrica desde las subestaciones hasta los usuarios finales, asegurando niveles adecuados de calidad del servicio y eficiencia energética para distintos tipos de cargas, entre ellas residenciales, comerciales e industriales [1].

La función principal de las redes de distribución eléctrica es atender la demanda eléctrica en zonas alejadas de los centros de generación o que no se encuentran conectadas directamente al sistema de transmisión. De esta manera, este sistema constituye el último eslabón entre la red de transmisión y los puntos de consumo, permitiendo el abastecimiento eléctrico a los usuarios finales. Generalmente, estas redes presentan una configuración radial, característica que las hace más vulnerables a interrupciones del servicio ante la ocurrencia de fallas o eventos no previstos en la red [2].

2.2. Clasificación de un sistema eléctrico

Los sistemas eléctricos pueden clasificarse según su configuración de red y forma de alimentación a las cargas. Entre las configuraciones más utilizadas en sistemas de distribución se encuentran los sistemas radiales, en anillo y mallados. Cada una de estas configuraciones presenta características particulares en términos de confiabilidad, flexibilidad operativa y facilidad de protección.

2.2.1. Sistema Radial

Cuando un sistema de distribución presenta una estructura predominantemente radial, el flujo de energía se origina desde un único punto de alimentación, generalmente una subestación, desde la cual se distribuye la energía eléctrica hacia el resto de la red. Se considera una de las configuraciones más simples, caracterizándose por su bajo costo de implementación, aunque con un nivel de confiabilidad es bajo, en este sistema, cada carga dispone de una sola fuente de alimentación, por lo que cualquier falla en el alimentador provoca una interrupción directa del suministro [3].

A pesar de esta limitación, los sistemas radiales resultan adecuados para áreas con baja densidad de carga, donde la demanda no justifica la inversión requerida por topologías más complejas. En estos casos, la adopción de configuraciones alternativas no resulta económicamente viable, por lo que el sistema radial se convierte en la opción más práctica para la distribución de energía eléctrica [3]. La Figura 1 presenta un esquema típico de un sistema radial de distribución.

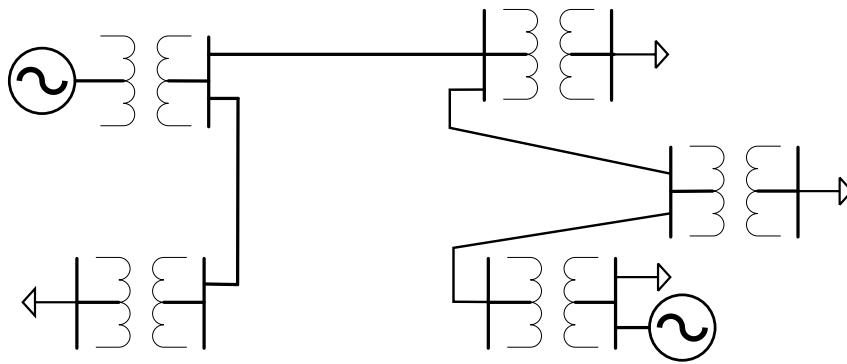


Figura 1. Sistema Radial.

Fuente: Autor.

2.2.2. Sistema en Anillo

El sistema de distribución en anillo se caracteriza por disponer de doble alimentación, lo que permite interrumpir una de las fuentes sin provocar la pérdida del suministro eléctrico a los usuarios. Esta configuración se deriva de la topología radial, cerrando el circuito en un nodo intermedio o en el extremo de la red, lo que incrementa la flexibilidad operativa. Debido a esta característica, el sistema en anillo presenta una mayor fiabilidad frente a fallas que puedan ocurrir en líneas o nodos asociados a las cargas, ya que permite mantener el servicio mediante rutas alternativas de alimentación [3]. La Figura 2 presenta el esquema típico de un sistema de distribución en anillo.

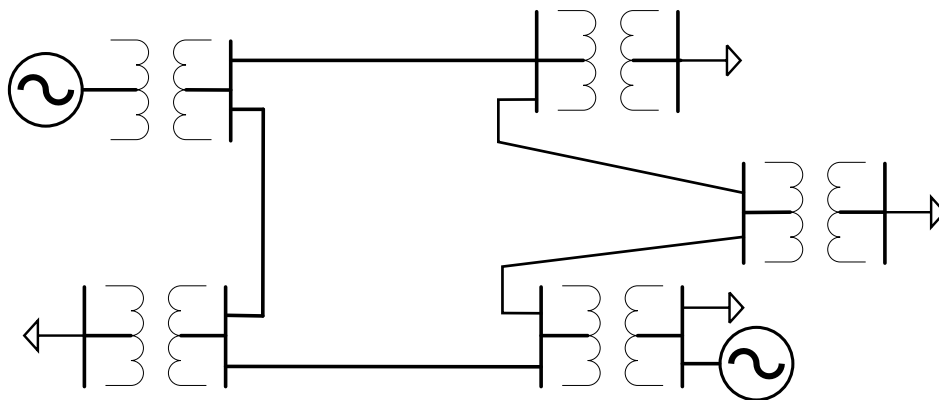


Figura 2. Sistema en Anillo.

Fuente: Autor.

2.2.3. Sistema Mallado

La implementación de esta topología incrementa el número de interconexiones eléctricas, lo cual se interpreta en un aumento de la seguridad y continuidad del servicio, se puede considerar una combinación funcional entre las configuraciones radial y en anillo, ya que dispone de múltiples caminos para la reconexión del suministro en caso de contingencias. Sin embargo, esta ventaja conlleva un mayor costo de operación y mantenimiento, así como una mayor complejidad en su análisis y control. A pesar de ello, la calidad del suministro y su confiabilidad son superiores en comparación con otras topologías más simples, lo que justifica su aplicación en redes donde se requiere un alto nivel de continuidad del servicio [3]. La Figura 3 presenta el esquema típico de un sistema mallado de distribución.

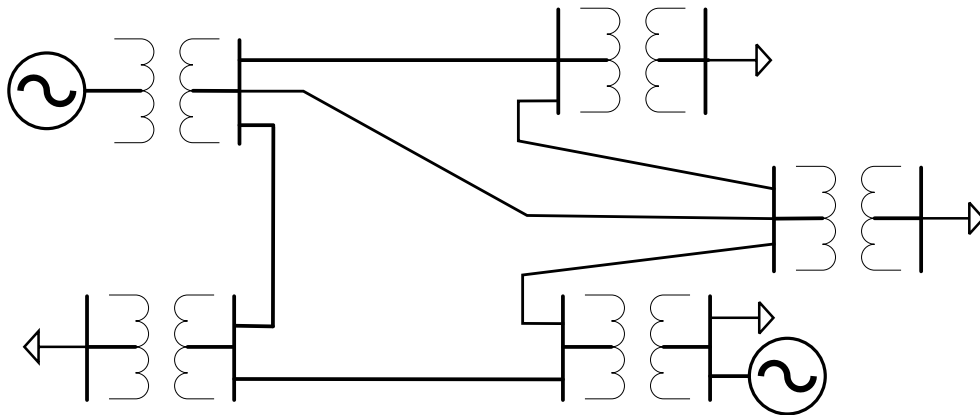


Figura 3. Sistema Mallado.

Fuente: Autor.

La presentación de las configuraciones radial, en anillo y mallada permite contextualizar la estructura operativa de las redes de distribución eléctrica. En particular, el presente estudio se enfoca en alimentadores de configuración radial, por ser esta la topología predominante en las redes de media tensión del área de concesión analizada, lo cual influye directamente en el comportamiento del flujo de potencia, las pérdidas técnicas y la efectividad de la compensación de potencia reactiva.

2.3. Tipos de Potencia

En los sistemas eléctricos de potencia, el análisis del flujo de energía requiere diferenciar las distintas formas en que esta se manifiesta dentro de un circuito de corriente alterna. Para ello se definen tres tipos fundamentales de potencia: potencia activa, potencia reactiva y potencia aparente. Cada una de ellas describe una forma particular de transferencia o almacenamiento de energía en el sistema eléctrico y permite evaluar el comportamiento de las cargas, así como el desempeño energético de las redes de distribución.

2.3.1. Potencia Activa (P)

Identificada convencionalmente con la letra P, representa la porción de la energía eléctrica que es efectivamente transformada en trabajo útil dentro de un circuito, esta potencia está asociada a la componente de la corriente que se mantiene en concordancia de fase con el voltaje aplicado en el sistema. La energía asociada a la potencia activa es transformada por los equipos eléctricos en diferentes formas, tales como energía mecánica, térmica, luminosa o química. Por este motivo, la potencia activa constituye la energía realmente aprovechada por las cargas y es el parámetro fundamental para caracterizar la demanda eléctrica de un sistema, su unidad de medida es el kilovatio [kW] [4].

2.3.2. Potencia Reactiva (Q)

Identificada mediante la letra Q, no representa un consumo neto de energía, sino que se manifiesta únicamente en circuitos que contienen elementos inductivos o capacitivos, como bobinas y condensadores, los cuales permiten la creación y el mantenimiento de campos magnéticos y eléctricos. Esta potencia se asocia a la componente de la corriente que se encuentra desfasada noventa grados eléctricos respecto a la tensión, en condición inductiva o capacitiva, debido a que su valor promedio en un ciclo completo de la señal alterna es igual a cero, esta potencia no produce trabajo útil directo. Su presencia es indispensable para la operación normal de distintos equipos eléctricos, entre los que se incluyen motores eléctricos, transformadores y sistemas de iluminación.

No obstante, su magnitud se cuantifica en unidades de potencia activa, diferenciándose claramente de la potencia reactiva, la cual se expresa en kilovolt–ampere reactivo [kVAr][4].

2.3.3. Potencia Aparente (S)

Designada mediante la letra S y comúnmente denominada potencia compleja, representa el requerimiento total de potencia demandada por sistema de corriente alterna. Esta magnitud se define como la composición vectorial de la potencia activa y reactiva, reflejando así la exigencia global impuesta al sistema de alimentación. Únicamente bajo condiciones ideales, cuando el factor de potencia alcanza el valor unitario, esta potencia coincide numéricamente con la potencia efectivamente aprovechada por la carga, y se expresa en kilovolt–ampere [kVA][4].

2.4. Factor de potencia (FP)

Se define como la relación entre la potencia activa, asociada al consumo real de energía por parte de la carga, y la potencia aparente, que representan la potencia total demandada al sistema eléctrico. Esta relación constituye un indicador fundamental del desempeño energético, ya que la interacción entre ambas potencias influye directamente en el comportamiento operativo de los equipos conectados y en la eficiencia global del sistema eléctrico [5].

$$(FP) = \frac{P}{S} \quad (1)$$

El FP indica que tan eficiente se utiliza la energía eléctrica, si el valor es cerca de 1, el sistema está operando de manera eficiente, si es menor a 1, implica que hay o existe un exceso de potencia reactiva. En cargas predominantemente inductivas (motores o transformadores), el FP es bajo debido a que la corriente está desfasada respecto al voltaje [5].

La normativa técnica vigente no establece de manera explícita un valor mínimo obligatorio de factor de potencia específico para los alimentadores de distribución; sin embargo, este parámetro constituye un indicador fundamental del desempeño operativo y de la eficiencia del sistema eléctrico.

En este contexto, el «Código de Operación del Sistema Eléctrico Ecuatoriano» (RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR-010/2024 - REGULACIÓN Nro. ARCERNNR-001/24) en el numeral 46.5 establece que el Factor de Potencia que deben cumplir los PMSE y cargas en los puntos de conexión al SNT debe ser de 0.96 inductivo o superior [6].

Siendo PMSE el Participante Mayorista del Sector Eléctrico.

2.5. Corrección del factor de potencia

Tiene como objetivo principal reducir, o incluso eliminar, los costos respecto al consumo de la energía reactiva facturados por la empresa distribuidora. Para lograrlo, es necesario implementar dispositivos de compensación capacitiva, los cuales deben ser correctamente dimensionados y distribuidos en el lado del usuario, generalmente aguas abajo del medidor de energía, de manera que la demanda de potencia reactiva sea atendida localmente [7].

Las redes de distribución que abastecen a instalaciones industriales presentan, en general, un comportamiento predominantemente reactivo debido a la naturaleza de sus cargas eléctricas. Cuanto mayor sea el valor de la carga mayor será el ángulo de desfase φ y menor el valor del $\cos \varphi$ resultante, siendo su valor ideal de 1 y los valores inferiores a 0,85 generan problemas en el suministro de energía [8].

Con el objetivo de ilustrar de manera conceptual la relación existente entre el factor de potencia, la corriente y la potencia activa demandada, se presenta a continuación una expresión simplificada correspondiente a una carga monofásica.

$$I = \frac{P}{U \cos \varphi} \quad (2)$$

siendo:

P = La potencia consumida.

U= La tensión nominal.

Si bien la expresión presentada corresponde a un caso monofásico idealizado, esta relación permite evidenciar que, para una potencia activa constante, la disminución del factor de potencia implica un incremento de la corriente circulante. Este comportamiento es análogo en sistemas trifásicos de distribución, donde un bajo factor de potencia provoca mayores corrientes en los conductores, incrementando las pérdidas técnicas y afectando los perfiles de voltaje. Por esta razón, la compensación de potencia reactiva constituye una estrategia fundamental para mejorar el desempeño eléctrico del sistema, tal como se aborda en el presente estudio.

Con el consumo de potencia activa P [kW], estas cargas demandan una componente adicional de potencia reactiva Q [kVAr], La relación entre P y S influye directamente en la operación de los equipos conectados, así como en el rendimiento global y las condiciones de funcionamiento del sistema eléctrico [8].

Aunque la potencia reactiva no se traduce en energía útil, resulta esencial para el establecimiento de los campos electromagnéticos necesarios en su funcionamiento adecuado de distintos equipos eléctricos, entre ellos motores de inducción, transformadores de potencia y distribución, sistemas de iluminación fluorescente y equipos de climatización. Cuando este tipo de cargas se concentra en un mismo punto de suministro, la demanda de potencia reactiva aumenta de forma considerable, afectando directamente el nivel del fp del sistema [8].

Para el mejoramiento del FP del sistema eléctrico, existen varias alternativas técnicas, entre las que destacan las siguientes:

- Instalación, ubicación y dimensión de bancos de capacitores [9].
- Reducción de la operación de motores en vacío o con bajos niveles de carga [9].
- Evitar el funcionamiento de equipos eléctricos por debajo de su tensión nominal [9].

2.6. Perfiles de voltaje

El fortalecimiento del desempeño del sistema eléctrico tiene como finalidad mejorar su estabilidad y confiabilidad mediante la aplicación de diversas alternativas técnicas, como dispositivos de compensación reactiva, capacitores, reguladores de voltaje y el ajuste de tomas en transformadores (TAP), y sistemas de compensación estáticos. Estos dispositivos contribuyen a la estabilidad de los perfiles de tensión, ya sea operando en régimen inductivo, absorbiendo potencia reactiva de la carga, o en régimen capacitivo, suministrándola al sistema para mantener condiciones adecuadas de operación [10].

Un aspecto fundamental en los sistemas de distribución eléctrica es la adecuada gestión y control de los perfiles de tensión a lo largo de los diferentes nodos de la red. En sistemas con configuración en anillo, este control se centra en los centros de distribución, mientras que en redes radiales adquiere mayor relevancia en los tramos finales de los alimentadores, donde suelen presentarse las mayores caídas de voltaje [11].

La instalación estratégica de bancos de capacitores constituye una alternativa técnica relevante, ya que una correcta localización permite alcanzar una compensación eficaz de la potencia reactiva. Esta acción favorece la optimización del perfil de tensión, y su impacto positivo se refleja tanto en la potencia activa como en la reactiva, contribuyendo directamente a elevar la calidad de la energía suministrada [11].

En este contexto, uno de los propósitos esenciales de las redes de eléctricas de distribución es mantener los niveles de voltaje adecuados en los diferentes puntos del sistema, cuando la demanda de potencia reactiva de las cargas presenta variaciones importantes, el control del voltaje se transforma en un desafío operativo que debe ser gestionado por la empresa distribuidora con el propósito de garantizar un adecuado nivel de calidad del servicio, considerando que está obligada a mantener los niveles de voltaje dentro de los márgenes definidos por la normativa técnica aplicable. En sistemas de media tensión, dichos límites son comprendidos dentro de un margen de ± 6 % respecto al valor nominal, tanto en condiciones permanentes como en eventos de corta duración [11].

2.6.1. Nivel de Voltaje

El conocimiento de los niveles de voltaje en las redes de distribución permite verificar si el suministro eléctrico cumple con los criterios técnicos de calidad establecidos, manteniéndose dentro de rangos operativos aceptables. A partir de esta evaluación, es posible identificar y cuantificar las fluctuaciones de voltaje presentes en la red, mediante el uso de relaciones técnicas que permiten expresar dichas desviaciones de forma precisa [12].

En la Tabla 1, de acuerdo con la normativa técnica vigente emitida por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad, los rangos admisibles de tensión para los distintos niveles del sistema se establecen como criterio para la evaluación de la calidad del servicio eléctrico [13]:

Tabla 1. Límites para el índice de nivel de voltaje.

Nivel de Voltaje	Rango admisible
Alto Voltaje (Grupo 1 y 2)	± 5.0 %
Medio Voltaje	± 6.0 %
Bajo Voltaje	± 8.0 %

2.7. Reducción de Pérdidas

Los sistemas de distribución eléctrica, de forma similar a otros sistemas de potencia, presentan pérdidas asociadas a la potencia activa en los conductores como consecuencia del efecto Joule, originado por el paso de corriente eléctrica por conductores con resistencia. Estas pérdidas representan una disminución directa en los ingresos de las empresas distribuidoras, lo que las obliga a implementar estrategias orientadas a su reducción [14].

Entre las alternativas técnicas más empleadas para la reducción de las pérdidas asociadas a la potencia P se encuentra el aporte local de potencia Q en los puntos de consumo, principalmente mediante la implementación de bancos de capacitores. Esta estrategia disminuye el requerimiento de potencia reactiva desde la subestación, lo que se traduce en una reducción de la corriente que circula por los conductores y, por ende, en menores pérdidas eléctricas en la red. Adicionalmente, la modificación de la configuración operativa de la red permite redistribuir los flujos de potencia, logrando una reducción de la corriente efectiva en los conductores y mejorando la eficiencia operativa del sistema [15].

Una parte significativa de las pérdidas técnicas corresponde a las pérdidas generadas en el cobre, las cuales se producen debido a la oposición eléctrica propia de los conductores y están directamente relacionadas con el efecto Joule. Dicho fenómeno se presenta cuando la corriente que atraviesa un conductor provoca un aumento de temperatura producto de las pérdidas energéticas asociadas a la conversión de energía eléctrica en calor, el calentamiento puede agravar las pérdidas de tipo dieléctrico entre conductores, afectando la eficiencia operativa y la confiabilidad del sistema de distribución eléctrica [16].

2.8. Compensación de potencia reactiva

Dentro de un sistema trifásico, la potencia de carácter reactivo puede generarse sin recurrir a dispositivos que almacenen energía, ya que cuando una fase presenta potencia reactiva positiva, las restantes pueden presentar valores negativos, manteniéndose un equilibrio entre las fases. Esta

situación posibilita que el proceso de compensación de potencia reactiva se lleve a cabo mediante la incorporación de un dispositivo capaz de gestionar y redistribuir dicha potencia entre las distintas fases del sistema [17].

Un caso representativo de esta técnica es la compensación en paralelo (shunt), ampliamente aplicada en sistemas de distribución para reducir o incluso suprimir la circulación de potencia reactiva en la red. Asimismo, mediante una estrategia de control apropiada, este tipo de compensadores puede aportar a la mitigación de la distorsión armónica de corriente, contribuyendo a una mejora en la calidad de la energía suministrada [17].

2.9. Banco de capacitores

Los capacitores permiten corregir un índice de factor de potencia bajo puesto que la corriente adelantada generada por un circuito capacitivo se opone a la corriente atrasada característica de los circuitos inductivos. Al combinar ambos comportamientos dentro de un mismo sistema, la acción capacitiva contrarresta el carácter inductivo de las cargas, lo que permite disminuir el ángulo de desfase que existe entre la corriente circulante y el voltaje aplicado [18].

Cuando el banco de capacitores es seleccionado de manera adecuada, se puede alcanzar una compensación adecuada del factor de potencia. Sin embargo, se debe tener en cuenta el riesgo de una compensación insuficiente como una excesiva, una capacidad menor a la requerida no logra neutralizar completamente el desfase inductivo, mientras que un exceso de capacitancia provoca un desfase en adelanto, generando efectos negativos similares a los producidos por un desfase inductivo sin corrección [18].

La aplicación de banco de capacitores destinados a la compensación del FP ofrece diversas ventajas:

- Reducción de costos asociados a la instalación y mantenimiento del sistema [18].

- Estos dispositivos no poseen partes móviles, lo que disminuye el riesgo de fallas mecánicas y mejora la seguridad del personal en instalaciones industriales [18].

La Figura 4 muestra un capacitor trifásico utilizado para la compensación de potencia reactiva en sistemas de distribución de media tensión.



Figura 4. Capacitor Trifásico.

Fuente: Compensación de energía reactiva en Media Tensión [19].

2.10. Análisis exhaustivo para la ubicación de bancos de capacitores

Los algoritmos que evalúan de manera sistemática todas las configuraciones posibles se conocen como algoritmos de “búsqueda exhaustiva”, estos métodos analizan cada combinación de elementos con el fin de identificar aquella que resulta más favorable según el desempeño de la función objetivo que se desea optimizar. Al considerar el conjunto completo de alternativas, algunos problemas de optimización pueden resolverse de forma exacta, permitiendo encontrar la solución óptima dentro de todas las opciones disponibles. En este enfoque, la selección se basa en evaluar el valor de la función objetivo asociado a cada posible configuración, eligiendo finalmente aquella que ofrece el mejor resultado [20].

De manera general, las investigaciones orientadas a la ubicación de bancos de capacitores en sistemas de distribución buscan determinar tanto el número como la capacidad adecuada de los capacitores a instalar, con el propósito de maximizar los beneficios técnicos y operativos del sistema, su tipo de operación ya sean fijos o conmutables, su localización dentro de la red y su capacidad nominal. Todos estos parámetros se definen con el propósito de optimizar una función objetivo, la cual puede variar según el enfoque de cada autor, pero que en todos los casos busca maximizar los beneficios técnicos y económicos del sistema de distribución [21].

La implementación de bancos de condensadores en redes de distribución eléctrica permite alcanzar diversos beneficios técnicos y operativos, entre los que se destacan:

1. Mejora del índice de factor de potencia [21].
2. Disminución de las pérdidas técnicas [21].
3. Mejora de los perfiles de voltaje [21].

En este contexto, la localización de bancos de capacitores constituye un aspecto clave dentro de los procesos de gestión y planificación operativa de los sistemas de distribución, ya que su implementación representa una inversión económica relevante. Por tal motivo, resulta necesario definir su ubicación de manera óptima, con el fin de maximizar los beneficios técnicos y financieros. En consecuencia, el problema asociado a la determinación óptima de bancos de capacitores suele abordarse mediante modelos de optimización mixta, entera, y de naturaleza no lineal, debido a la elevada complejidad combinatoria y al gran número de configuraciones posibles, lo cual limita la aplicación de métodos de optimización tradicionales [21].

En la literatura especializada, estos enfoques se implementan mediante procedimientos secuenciales que integran análisis de sensibilidad, simulaciones de flujo de carga y verificación de restricciones operativas, cuya aplicación concreta depende de las características del sistema eléctrico bajo estudio y de las herramientas de análisis empleadas [22].

2.11. PME - Power Monitoring Expert

Se trata de un software de monitoreo y supervisión de potencia, desarrollada con el objetivo de garantizar la confiabilidad de las redes eléctricas, especialmente en instalaciones de alta demanda energética y en sistemas de operación crítica. Su finalidad principal es reforzar la continuidad del servicio eléctrico y mejorar la eficiencia operativa del sistema [23].

Dicho software actúa como una interfaz hacia la red eléctrica digitalizada, permitiendo la gestión organizacional, y recolección de la información proveniente de los distintos equipos que conforman la red de distribución, los datos son presentados de forma estructurada y ordenada, el cual facilita su análisis y respalda la toma de decisiones tanto operativas como técnicas [24].

Además, el sistema ofrece un entorno dinámico de acceso en tiempo real mediante la plataforma PME, desde la cual se pueden obtener datos eléctricos actualizados tales como voltajes, corrientes y potencias con una periodicidad de 15 minutos, dichos datos provienen de más de 200 medidores instalados en subestaciones y cabeceras de alimentadores, lo que permite un seguimiento detallado y continuo del comportamiento del sistema eléctrico.

3. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA

En este capítulo se presenta el diagnóstico del sistema de distribución objeto de estudio, correspondiente a los alimentadores pertenecientes a la Subestación Tena Norte de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA). Se describen las características generales de la red eléctrica analizada, así como la información técnica relevante utilizada para el modelado y las simulaciones realizadas en el software CYME/CYMDIST. Este análisis permite identificar el comportamiento operativo del sistema en condiciones base, considerando indicadores como el factor de potencia, los perfiles de voltaje y las pérdidas técnicas en la red.

3.1. Descripción General

La entidad responsable de la distribución y comercialización de energía eléctrica - EEASA, dentro de su zona de concesión, con un alcance regional, que comprende varias provincias de la zona centro y norte del país, entre ellas la provincia de Napo, donde presta servicio tanto en sectores urbanos como rurales. Se desempeña un papel esencial en la provisión de un servicio eléctrico continuo y seguro con adecuados niveles de calidad, sus operaciones se desarrollan conforme a la normativa vigente del sector eléctrico ecuatoriano y a los criterios técnicos establecidos por los organismos de regulación y control.

En la ciudad del Tena, la empresa opera en media tensión orientada a satisfacer la creciente demanda asociada al desarrollo urbano, comercial, turístico y residencial de la región.

3.2. Sistema de distribución en Tena

El sistema eléctrico de distribución de la ciudad del Tena se abastece principalmente a través de las subestaciones Tena y Tena Norte, las cuales constituyen nodos estratégicos dentro del sistema de media tensión operado por la EEASA en la provincia de Napo.

Los alimentadores de distribución de 13,8 kV de media tensión, pertenecientes a estas dos subestaciones son esenciales ya que transportan la energía hacia centros urbanos y rurales. Estos alimentadores operan normalmente con configuraciones radiales, donde la energía fluye en un solo sentido, lo que simplifica la operación, pero también los hace más vulnerables a variaciones de voltaje y pérdidas técnicas.

3.2.1. Subestación Tena Norte

La subestación Tena Norte constituye un punto estratégico dentro del sistema de distribución de la EEASA en la zona norte de la ciudad del Tena. Desde esta subestación se energizan los

alimentadores Sumaco, Muyuna, los cuales suministran energía en una zona caracterizada por un crecimiento acelerado en actividades turísticas, comerciales y residenciales.

Los alimentadores asociados a esta subestación presentan fluctuaciones importantes de la demanda nocturna, condición necesaria para la evaluación de los niveles de potencia reactiva y la identificación de oportunidades de mejora.

3.2.2. Subestación Tena

La subestación Tena constituye uno de los nodos principales del sistema eléctrico de distribución de la EEASA en la provincia de Napo. Desde esta subestación se energizan los alimentadores Amazonas, Arosemena Tola y Misahuallí, los cuales abastecen una parte significativa de la demanda eléctrica de la ciudad y sus alrededores.

3.3. Alimentadores analizados

Para la ejecución del presente análisis se consideraron las curvas de cargas típicas correspondiente a un día laboral, y se han seleccionado alimentadores representativos de ambas subestaciones, considerando su carga, extensión y relevancia operativa dentro del sistema. En la Tabla 2 se presentan los parámetros que caracterizan los alimentadores analizados.

Tabla 2. Parámetros de caracterización de los Alimentadores analizados.

Código GIS	Alimentador	Subestación	Voltaje (kV)	Demanda Activa - P (kW)	Demanda Reactiva - Q (kVAr)	Longitud Total (Km)
0100170T01	Sumaco	Tena Norte	13,8	1839,5	747,11	225,33
0100170T02	Muyuna	Tena Norte	13,8	2199,84	678,11	71,4
0100140T02	Arosemena Tola	Tena	13,8	2096,63	190,02	294,72
0100140T05	Misahuallí	Tena	13,8	1844,56	717,35	397,98

Estos alimentadores cubren zonas urbanas, comerciales, residenciales y rurales, presentando longitudes variables que inciden de manera directa sobre las pérdidas técnicas, así como el comportamiento del perfil de voltaje. Por lo general, los alimentadores de mayor extensión se

caracterizan por mayores caídas de tensión y una mayor demanda de potencia reactiva hacia sus extremos.

A partir del análisis de las características técnicas y de la información operativa actual de los alimentadores, la Tabla 3 presenta el porcentaje de registros que alcanzan valores de factor de potencia iguales o superiores a 0,96.

Tabla 3. Porcentaje de mediciones que cumplen el Factor de Potencia mayor a 0.96 actualmente.

Alimentador	Porcentaje de mediciones con factor de potencia mayor o igual a 0.96	Observación
Sumaco	0,00%	No cumple
Muyuna	22,92%	No cumple
Arosemena	92,71%	Cumple
Misahualí	3,13%	No cumple

3.3.1. Alimentador Sumaco

El alimentador Sumaco, identificado con código Gis 0100170T01, asociado a la subestación Tena Norte, en la Tabla 2, se presenta 1839.5 [kW] de potencia activa junto con 747.11 [kVAr] de potencia reactiva. Este alimentador posee una longitud total de 225,33 km, lo que pone en evidencia su considerable extensión dentro de la red.

La Figura 5 representa la topología del alimentador Sumaco en su condición de operación inicial, correspondiente al caso base sin compensación de potencia reactiva.

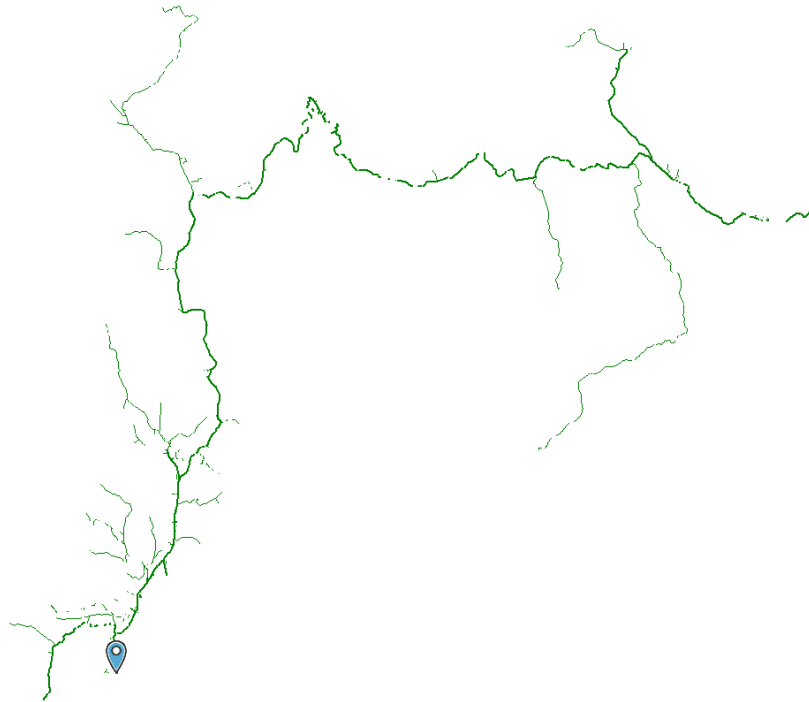


Figura 5. Alimentador Sumaco en caso base.

Fuente: Autor.

Con dichas características esto convierte al alimentador con alta sensibilidad a pérdidas técnicas y caídas de tensión, considerablemente bajo en condiciones de carga máxima, el alimentador presenta un factor de potencia de 92,63 %, condición que justifica la evaluación de estrategias de compensación de potencia reactiva, orientadas a mejorar su desempeño eléctrico y operativo.

En la Tabla 4 se presenta los resultados del flujo de carga del alimentador Sumaco en el escenario base.

Tabla 4. Flujo de carga - Reporte Alimentador Sumaco en caso base.

Configuración	Resumen total	kW	kVAr	kVA	FP (%)
sin compensación	Fuentes (Potencia de equilibrio)	1838,95	748,23	1985,34	92,63
	Carga utilizada	1724,81	652,96	1844,27	93,52
	Carga total	1724,81	652,96	1844,27	93,52
	Pérdidas en las líneas	72,41	99,72	123,24	58,76
	Pérdidas en los cables	0,53	0,63	0,82	64,65

	Pérdidas de carga del transformador	7,62	11,82	14,06	54,19
	Pérdidas en vacío del transformador	33,63	65,09	73,27	45,90
	Pérdidas Totales	114,19	177,26	210,86	54,16

3.3.2. Alimentador Muyuna

El alimentador Muyuna, con código GIS 0100170T02, también asociado a la Subestación Tena Norte, registra la mayor demanda activa entre los alimentadores analizados en la Tabla 2, alcanzando 2199.84 [kW] y con una potencia reactiva de 678.11 [kVAr].

La Figura 6 representa la topología del alimentador Muyuna en su condición de operación inicial, correspondiente al caso base sin compensación de potencia reactiva.

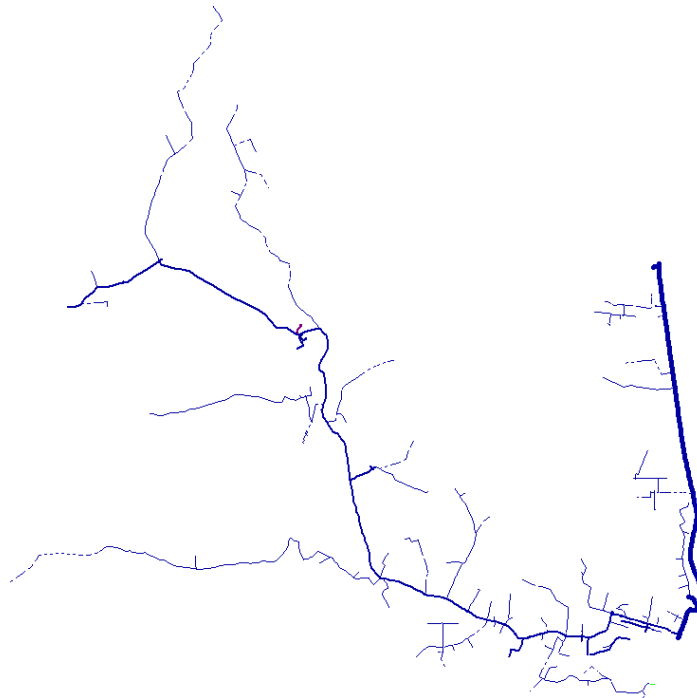


Figura 6. Alimentador Muyuna en caso base.

Fuente: Autor.

Su longitud total es de 71.4 km, considerablemente menor en comparación con los otros alimentadores del sistema, pese a su menor extensión tiene en total, el elevado nivel de carga activa implica una utilización intensiva de la infraestructura, ya que el factor de potencia es de 95,54 %, también justifica a la evaluación de soluciones de compensación reactiva. En la Tabla 5 se presenta los resultados del flujo de carga del alimentador Muyuna en el escenario base.

Tabla 5. Flujo de carga - Reporte Alimentador Muyuna en caso base.

Configuración	Resumen total	kW	kVAr	kVA	FP (%)
sin compensación	Fuentes (Potencia de equilibrio)	2196,85	678,89	2299,36	95,54
	Carga utilizada	2110,05	596,96	2192,87	96,22
	Carga total	2110,05	596,96	2192,87	96,22
	Pérdidas en las líneas	50,60	75,44	90,84	55,71
	Pérdidas en los cables	6,93	3,69	7,85	88,23
	Pérdidas de carga del transformador	10,06	16,52	19,34	52,01
	Pérdidas en vacío del transformador	19,25	38,22	42,80	44,97
	Pérdidas Totales	86,84	133,88	159,57	54,42

3.3.3. Alimentador Arosemena Tola

El alimentador Arosemena, identificado con código GIS 0100140T02, perteneciente a la subestación Tena, en la Tabla 2, presenta 2096.63 [kW] y 190.02 [kVAr], lo que indica un bajo requerimiento de potencia reactiva en relación con su carga activa, cumpliendo con el factor de potencia de 99,65 %. Su longitud total es de 294.72 km, lo que hace que sea un alimentador extenso, tramos alejados del punto de suministro.

La Figura 7 representa la topología del alimentador Arosemena Tola en su condición de operación inicial, correspondiente al caso base sin compensación de potencia reactiva.

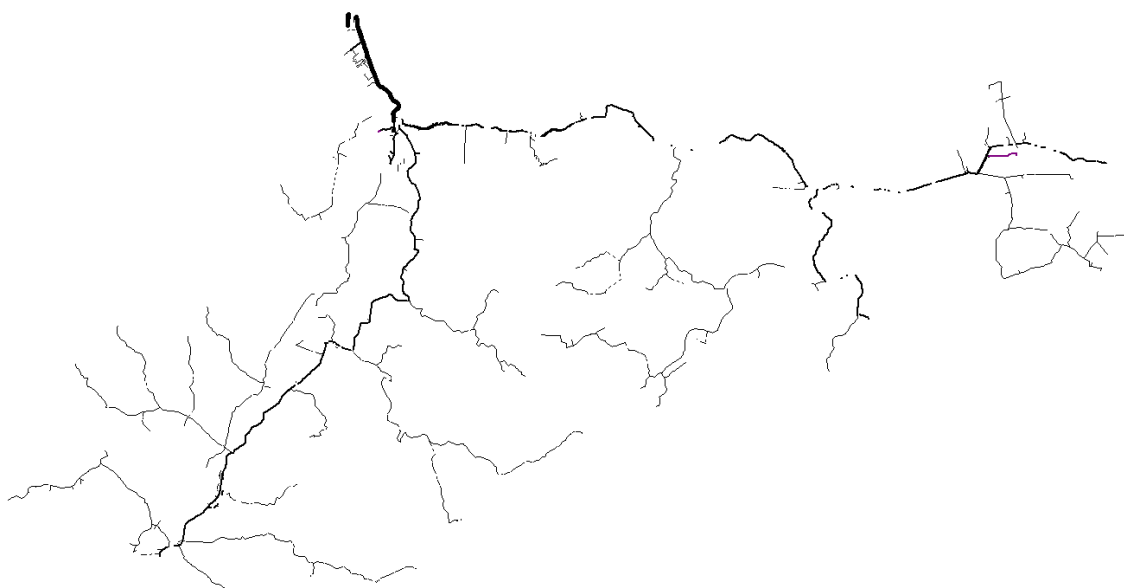


Figura 7. Alimentador Arosemena Tola en caso base.

Fuente: Autor.

En la Tabla 6 se presenta los resultados del flujo de carga del alimentador Arosemena Tola en el escenario base.

Tabla 6. Flujo de carga - Reporte Alimentador Arosemena Tola en caso base.

Configuración	Resumen total	kW	kVAr	kVA	FP (%)
sin compensación	Fuentes (Potencia de equilibrio)	2084,69	173,90	2091,93	99,65
	Carga utilizada	1963,14	120,18	1966,82	99,81
	Carga total	1963,14	120,18	1966,82	99,81
	Pérdidas en las líneas	61,91	76,07	98,08	63,12
	Pérdidas en los cables	11,79	8,93	14,79	79,72
	Pérdidas de carga del transformador	7,75	12,04	14,32	54,14
	Pérdidas en vacío del transformador	40,10	66,24	77,43	51,78
Pérdidas Totales sin intervención	121,55	163,28	203,55	59,71	

3.3.4. Alimentador Misahuallí

El alimentador Misahuallí, identificado con código GIS 0100140T05, pertenece a la Subestación Tena, en la Tabla 2, se registra con potencias de 1844,56 [kW] y 717,35 [kVAr], lo que evidencia la presencia de una carga predominantemente inductiva, típica de alimentadores que abastecen zonas con mezcla de usuarios residenciales y cargas dispersas.

La Figura 8 representa la topología del alimentador Misahuallí en su condición de operación inicial, correspondiente al caso base sin compensación de potencia reactiva.

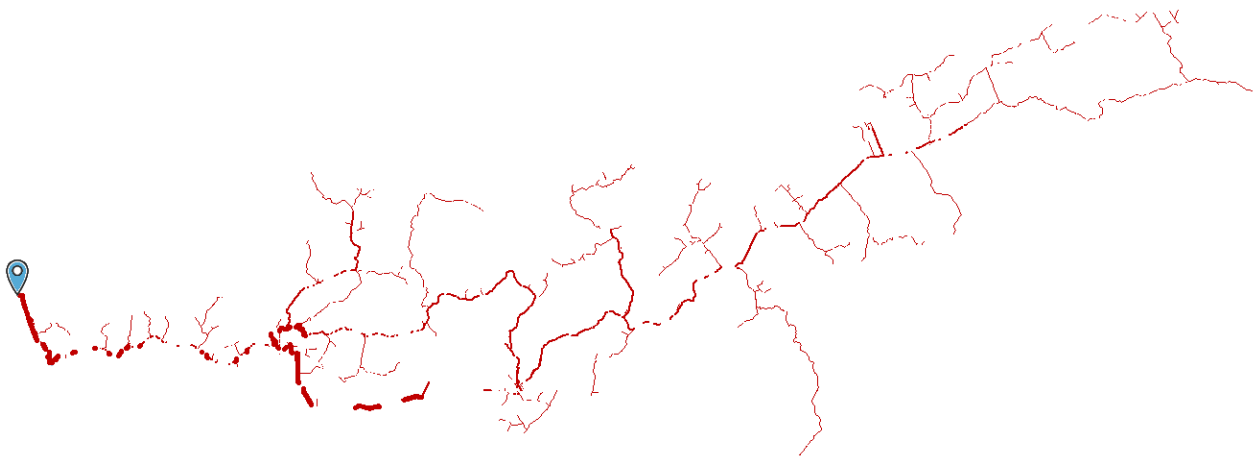


Figura 8. Alimentador Misahuallí en caso base.

Fuente: Autor.

Una característica relevante de este alimentador es su extensa longitud total de 397,98 km, lo que lo convierte en uno de los alimentadores más largos del sistema analizado, Presenta una condición operativa sensible, caracterizada por un factor de potencia de 82,47 % donde la combinación de longitud elevada y demanda reactiva moderada justifica su inclusión en el análisis de ubicación y dimensionamiento de bancos de capacitores.

En la Tabla 7 se presenta los resultados del flujo de carga del alimentador Misahuallí en el escenario base.

Tabla 7. Flujo de carga - Reporte Alimentador Misahuallí en caso base.

configuración	Resumen total	kW	kVAr	kVA	FP (%)
sin compensación	Fuentes (Potencia de equilibrio)	1822,70	1249,80	2210,03	82,47
	Carga utilizada	1543,52	1053,05	1868,53	82,61
	Carga total	1543,52	1053,05	1868,53	82,61
	Pérdidas en las líneas	215,15	250,47	330,18	65,16
	Pérdidas en los cables	15,70	11,88	19,68	79,74
	Pérdidas de carga del transformador	8,30	12,97	15,40	53,93
	Pérdidas en vacío del transformador	39,96	58,30	70,68	56,54
	Pérdidas Totales	279,10	333,61	434,96	64,17

Con base en la descripción del estado actual del sistema eléctrico de distribución, se identifican condiciones operativas caracterizadas por demandas significativas de potencia reactiva, extensas longitudes de alimentadores y variaciones en los perfiles de voltaje. Las condiciones operativas descritas respaldan la necesidad de realizar un análisis técnico específico enfocado en la compensación de potencia reactiva del alimentador.

En este contexto, el siguiente capítulo describe la metodología empleada para la evaluación, simulación y comparación de escenarios de compensación mediante el uso del software CYME/CYMDIST.

4. METODOLOGÍA

En este capítulo se describe el enfoque metodológico empleado para el desarrollo del presente trabajo de investigación. Se detallan las etapas seguidas para el análisis del sistema de distribución estudiado, desde la recopilación y validación de la información técnica hasta el modelado eléctrico y la evaluación de alternativas de compensación de potencia reactiva mediante simulaciones en el software CYME/CYMDIST. Asimismo, se presentan los criterios utilizados para el análisis de los resultados y la selección de las configuraciones óptimas de bancos de capacitores en los alimentadores evaluados.

4.1. Enfoque de la investigación

Este trabajo se realiza bajo un enfoque técnico–analítico, ya que se basa en el estudio, modelado y evaluación del comportamiento de un sistema de distribución eléctrica existente, empleando información operativa real proporcionada por la EEASA.

No se realizan intervenciones físicas sobre la red, sino simulaciones computacionales que permiten analizar diferentes alternativas de compensación de potencia reactiva y comparar su impacto sobre el desempeño del sistema.

Este enfoque resulta adecuado para proyectos técnicos orientados a la optimización del desempeño eléctrico, ya que permite evaluar múltiples escenarios operativos, cuantificar indicadores técnicos y fundamentar la toma de decisiones sin alterar la operación real del sistema.

4.2. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo descriptivo, porque orienta a caracterizar el estado operativo actual de los alimentadores de distribución pertenecientes a las subestaciones Tena y Tena Norte, considerando parámetros como demanda eléctrica, factor de potencia, potencia reactiva, extensión de la red, perfiles de tensión y pérdidas técnicas.

Es de carácter analítico, debido a que se analiza el comportamiento eléctrico del sistema mediante simulaciones realizadas en el software CYME/CYMDIST, permitiendo identificar el impacto de la compensación de potencia reactiva sobre los principales indicadores técnicos de operación del sistema

Finalmente, es comparativa, porque se contrastan los resultados obtenidos a partir del análisis exhaustivo en distintos escenarios con los datos base proporcionados por la EEASA, permitiendo determinar las mejoras alcanzadas mediante la implementación virtual de bancos de capacitores.

4.3. Herramientas y recursos utilizados

Para la ejecución del estudio se apoyó en las siguientes herramientas y recursos:

- Software CYME/CYMDIST, empleado para el modelado de los diferentes alimentadores de distribución y para la realización de las simulaciones de flujo de carga, fundamentales en la evaluación de distintos escenarios de compensación de potencia reactiva.
- Base de datos técnica de la EEASA, que incluye información del sistema GIS, características de los alimentadores, registros históricos de demanda máxima y parámetros eléctricos de los equipos.
- Sistema Power Monitoring Expert (PME), del cual se extrajeron los datos históricos de carga necesarios para la obtención de las curvas representativas de los alimentadores.
- Normativa técnica vigente, específicamente la Regulación No. 009/24, relacionada con los rangos aceptables de calidad del servicio eléctrico.
- Herramientas de análisis complementarias, como hojas de cálculo, empleadas para el procesamiento, comparación y organización de resultados obtenidos.

4.4. Procedimiento Metodológico

El procedimiento metodológico adoptado en el presente proyecto se desarrolló de manera secuencial y sistemática, con el objetivo de evaluar el impacto de la compensación de potencia reactiva en alimentadores de distribución de 13,8 kV. Este procedimiento comprende desde la recopilación de información técnica real del sistema eléctrico hasta la selección de la configuración óptima de compensación, considerando criterios técnicos y normativos.

Las etapas seguidas durante el desarrollo del estudio se resumen en el diagrama de flujo presentado en la Figura 9, el cual sintetiza el proceso metodológico aplicado.

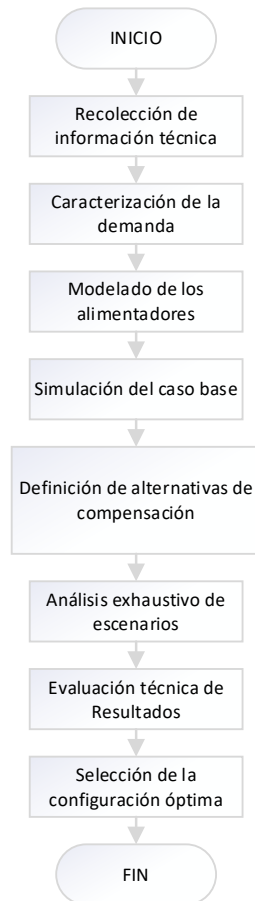


Figura 9. Diagrama de flujo procedimiento metodológico.

Fuente: Autor.

4.4.1. Recolección y validación de información técnica

En una primera etapa se recopiló y validó la información técnica y operativa de los alimentadores de distribución a partir de la base de datos GIS y de los registros históricos del sistema Power Monitoring Expert (PME) de la EEASA. Esta información incluyó la topología de la red, características eléctricas de los elementos, niveles de carga y registros de demanda.

Posteriormente, se caracterizó la demanda eléctrica de cada alimentador mediante la generación de curvas de carga típicas correspondientes a un día laboral, construidas a partir de registros históricos del período de agosto de 2025. Para el análisis se seleccionó el escenario de demanda máxima, por representar la condición más crítica de operación del sistema y permitir una evaluación conservadora de los efectos de la compensación reactiva.

4.4.2. Modelado eléctrico y simulación del caso base

Los alimentadores fueron modelados en el software CYME/CYMDIST empleando la topología real del sistema eléctrico, incorporando los parámetros eléctricos y operativos correspondientes a líneas, transformadores y cargas. El modelo se desarrolló bajo un enfoque trifásico balanceado y en condiciones de operación permanente.

A partir de este modelo se ejecutó el flujo de carga del caso base, sin compensación de potencia reactiva, con el fin de determinar el estado inicial de operación del sistema en términos de factor de potencia, perfiles de voltaje y pérdidas técnicas. Este escenario base constituyó el punto de referencia para la comparación posterior con los distintos escenarios de compensación evaluados.

El cálculo del flujo de carga se realizó mediante los algoritmos iterativos implementados internamente en el software CYME/CYMDIST para redes de distribución, los cuales resuelven el balance de potencias nodales a partir de los parámetros eléctricos y topológicos del sistema modelado.

4.4.3. Definición de alternativas de compensación de potencia reactiva

Para el proceso de compensación de potencia reactiva se consideró el uso de bancos de capacitores de tipo fijo, seleccionados por su amplia aplicación en redes de distribución de media tensión y por representar una condición conservadora desde el punto de vista operativo. Se evaluaron capacidades unitarias de 200 [kVAr] y 300 [kVAr], las cuales fueron definidas en función de la

magnitud de la demanda reactiva de cada alimentador y de valores comúnmente utilizados en sistemas de distribución con características similares.

Estas capacidades discretas permitieron evaluar escenarios técnicamente viables y comparables entre sí, evitando configuraciones poco representativas de aplicaciones reales de distribución.

4.4.4. Análisis exhaustivo de escenarios

A partir de los resultados del flujo de carga del caso base, se identificaron los nodos de cada alimentador que presentaban mayores demandas de potencia reactiva, menores niveles de voltaje y mayor contribución a las pérdidas técnicas. Estos nodos fueron definidos como nodos candidatos para la instalación de bancos de capacitores.

Mediante el módulo especializado para la ubicación y dimensionamiento de condensadores del software CYME/CYMDIST, se aplicó la técnica de análisis exhaustivo de escenarios. Este enfoque consistió en evaluar todas las combinaciones posibles de ubicación y capacidad de bancos de capacitores sobre los nodos candidatos previamente identificados en cada alimentador, bajo la condición de demanda máxima.

En el alimentador Sumaco se evaluaron 16 escenarios, correspondientes a 4 ubicaciones candidatas y capacidades unitarias de 200 y 300 [kVAr], seleccionándose finalmente una configuración equivalente a un banco de 300 [kVAr], al presentar el mejor desempeño eléctrico global.

De manera similar, en el alimentador Muyuna se analizaron 16 escenarios a partir de 4 nodos candidatos, resultando óptimo la instalación de un banco de 300 [kVAr].

Para el alimentador Arosemena Tola no se aplicó compensación reactiva, dado que los indicadores técnicos iniciales cumplieron con los criterios normativos de factor de potencia y niveles de voltaje, por lo que fue considerado como un caso de referencia sin intervención.

En el caso particular del alimentador Misahuallí, debido a su mayor extensión y variabilidad de carga, se consideraron 7 ubicaciones candidatas, lo que dio lugar a la evaluación de 20 escenarios posibles. Durante este análisis se identificó que, en uno de los nodos seleccionados, la instalación de un banco estándar de 200 [kVAr] generaba condiciones de sobrecompensación local, reflejadas en valores elevados de factor de potencia y una tendencia a la inyección de potencia reactiva hacia la red.

Ante esta condición, se realizó un ajuste fino de la capacidad instalada, definiéndose un banco de 150 [kVAr] como la alternativa más adecuada para dicho punto. Finalmente, se seleccionó una configuración compuesta por 4 bancos de capacitores con una capacidad total instalada de 1050 [kVAr]. La Tabla 8 presenta una síntesis del análisis exhaustivo de escenarios realizado para cada alimentador.

Tabla 8. Síntesis de Análisis exhaustivo de escenarios para cada Alimentador.

Alimentador	Escenarios evaluados	Ubicaciones candidatas	Capacidades Evaluadas [kVAr]	Configuración final
Sumaco	16	4	200 - 300	1 x 300 [kVAr]
Muyuna	16	4	200 - 300	1 x 300 [kVAr]
Arosemena Tola	-	-	-	Sin intervención
Misahuallí	20	7	200 - 300 (+ ajuste)	3 x 300 [kVAr] + 1 x 150 [kVAr]

En cada escenario evaluado, los resultados fueron analizados considerando la variación del factor de potencia, el comportamiento de los perfiles de voltaje y la disminución de pérdidas técnicas, verificando el cumplimiento de los criterios establecidos en el Código de Operación del Sistema Eléctrico Ecuatoriano y en la Regulación ARCONEL No. 009/24, relacionados con el factor de potencia mínimo y los rangos admisibles de tensión en sistemas de distribución.

4.4.5. Criterios técnicos para la selección del mejor escenario

La selección del escenario óptimo de compensación de potencia reactiva se realizó con base en criterios técnicos claramente definidos, orientados a mejorar el desempeño eléctrico del sistema sin comprometer su operación segura. Los criterios considerados fueron los siguientes:

- Maximización del factor de potencia, priorizando configuraciones que permitan alcanzar valores iguales o superiores a 0,96, conforme a la normativa vigente.
- Minimización de las pérdidas técnicas, evaluando la reducción de pérdidas activas respecto al caso base sin compensación.
- Mantenimiento de los niveles de voltaje dentro de los rangos normativos, verificando que los perfiles de tensión en los nodos del alimentador permanezcan dentro de los límites establecidos por la Regulación ARCONEL No. 009/24.
- Evitar condiciones de sobrecompensación, descartando escenarios que generen inversión de potencia reactiva hacia la subestación o sobrevoltajes locales, aun cuando presenten mejoras parciales en otros indicadores.

La configuración final seleccionada corresponde a aquella que presentó el mayor beneficio eléctrico global, considerando de manera conjunta la mejora del factor de potencia, la estabilidad del perfil de voltaje y la reducción de pérdidas técnicas, sin introducir condiciones de sobre compensación.

4.4.6. Consideraciones del modelo de simulación

Las simulaciones de flujo de carga se realizaron considerando un modelo trifásico balanceado del sistema de distribución, de acuerdo con la información técnica disponible en la base de datos proporcionada por la EEASA. El análisis se enfocó en condiciones de operación permanente bajo demanda máxima, por lo que no se incluyeron escenarios de desbalance de cargas ni fenómenos transitorios.

Asimismo, se establecieron como restricciones operativas la no superación de los límites de voltaje normativos, la ausencia de inversión de potencia reactiva hacia la subestación y la utilización de

bancos de capacitores fijos con capacidades discretas, representativas de aplicaciones reales en redes de distribución de media tensión.

El rigor del análisis se sustenta en el uso de modelos validados industrialmente, datos reales del sistema eléctrico y criterios normativos, lo cual resulta consistente con el enfoque técnico–aplicado del presente proyecto.

El procedimiento descrito garantiza coherencia entre el modelado, el análisis y los resultados obtenidos.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos a partir de las simulaciones realizadas en el software CYME/CYMDIST para los alimentadores de distribución evaluados. El análisis se desarrolla a partir del escenario base, sin compensación de potencia reactiva, y posteriormente se comparan los resultados con los diferentes escenarios de compensación mediante la implementación de bancos de capacitores. Para cada alimentador se examinan indicadores técnicos relevantes como el factor de potencia, los perfiles de voltaje y las pérdidas técnicas, con el propósito de evaluar el impacto de la compensación reactiva en el desempeño operativo del sistema de distribución.

5.1. Alimentador Sumaco

La figura 10 muestra la representación del alimentador Sumaco bajo condiciones de operación en caso base.

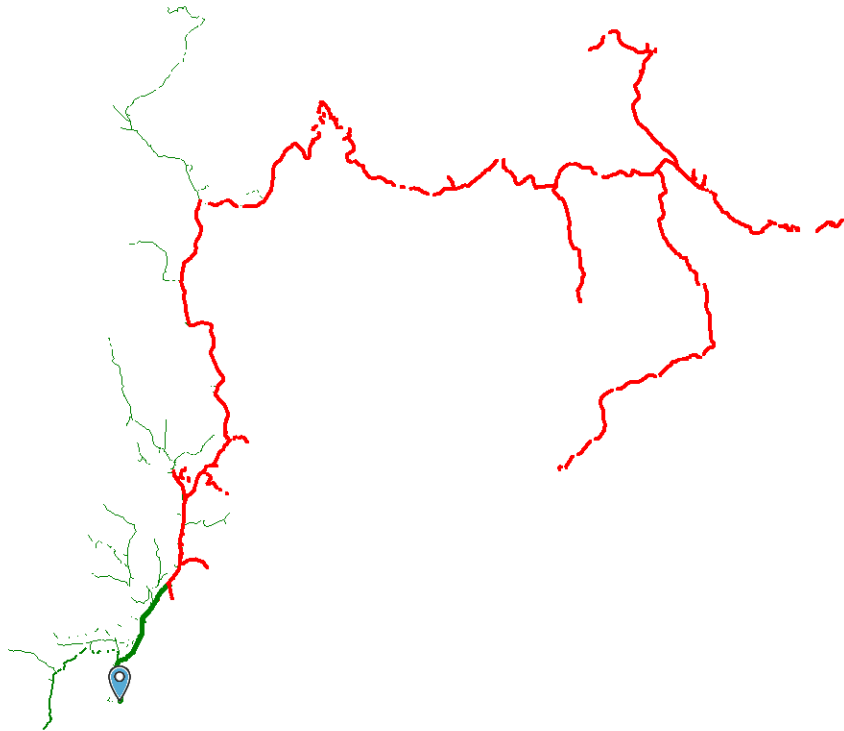


Figura 10. Alimentador Sumaco - Flujo de carga en caso base.

Fuente: Autor.

Una vez registrada las demandas máximas al correr el flujo de carga en este escenario representa la condición más crítica de operación del sistema, ya que concentra los mayores niveles de carga, corrientes elevadas, bajos valores de fp y mayores pérdidas técnicas.

5.1.1. Ubicación y dimensionamiento del banco de capacitor en el Alimentador Sumaco

Se determinó mediante la aplicación de un análisis exhaustivo de escenarios, utilizando el software CYME/CYMDIST, bajo condiciones de demanda máxima.

La alternativa finalmente seleccionada fue aquella que presentó el mejor desempeño global, logrando una mejora simultánea del fp, perfiles de voltaje, y la reducción de las pérdidas técnicas del sistema, sin inducir sobrecompensación ni generar condiciones operativas no deseadas.

La Figura 11 muestra las ubicaciones de bancos de capacitores evaluadas mediante el análisis exhaustivo de escenarios en el alimentador Sumaco.

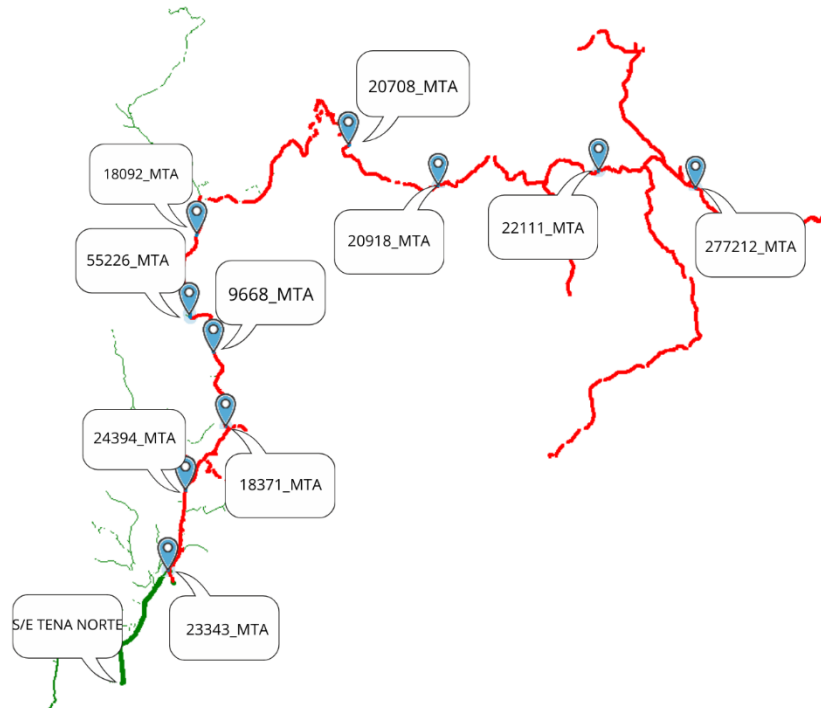


Figura 11. Ubicaciones de bancos de capacitores evaluadas mediante análisis exhaustivo - Alimentador Sumaco.

Fuente: Autor.

La Tabla 9, presenta los resultados que muestran todas las configuraciones analizadas que presentaron los indicadores técnicos que logra alcanzar o superar el factor de potencia mínimo exigido.

Tabla 9. Configuraciones evaluadas en el análisis exhaustivo - Alimentador Sumaco.

Caso	Tramo	Escenario	Capacidad (KVAR)	FP (%)
1	22158_MTA	A	200	95,65
		B	300	96,96
2	23343_MTA	A	200	95,67
		B	300	96,96
3	23355_MTA	A	200	95,64
		B	300	96,92

4	23788_MTA	A	200	95,62
		B	300	96,89
5	24394_MTA	A	200	95,61
		B	300	96,88
6	24399_MTA	A	200	95,60
		B	300	96,88
7	18371_MTA	A	200	95,58
		B	300	96,88
8	56486_MTA	A	200	95,73
		B	300	97,06
9	9668_MTA	A	200	95,76
		B	300	97,05
10	55226-MTA	A	200	95,73
		B	300	97,02
11	18092_MTA	A	200	95,70
		B	300	96,99
12	20879_MTA	A	200	95,67
		B	300	96,96
13	20708_MTA	A	200	95,63
		B	300	96,92
14	20918_MTA	A	200	95,62
		B	300	96,91
15	22111_MTA	A	200	95,59
		B	300	96,88
16	277212_MTA	A	200	95,58
		B	300	96,88

En la Figura 12 se muestran las ubicaciones de los nodos candidatos de bancos de capacitores que presentaron los resultados más representativos dentro del análisis exhaustivo, seleccionadas para un análisis comparativo detallado.

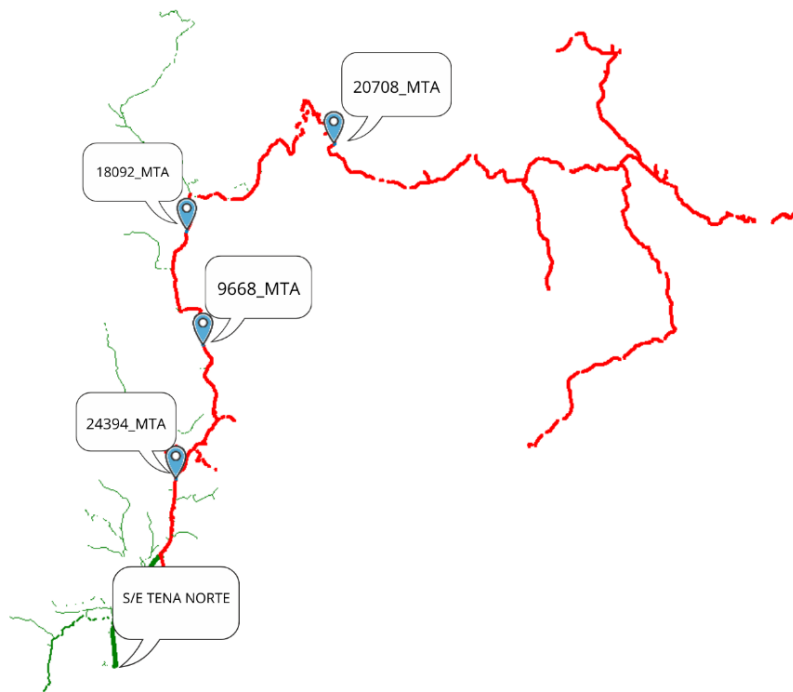


Figura 12. Ubicaciones de bancos de capacitores más representativas - Alimentador Sumaco.

Fuente: Autor.

Las ubicaciones más representativas se muestran como resultado del proceso de análisis exhaustivo de escenarios y que ofrecieron el mayor beneficio, antes de seleccionar solo la mejor ubicación, Se establece como criterio que la compensación sea adecuada y gradual, evitando la inyección excesiva de potencia reactiva hacia la red.

La Tabla 10 presenta las configuraciones más representativas identificadas en el análisis exhaustivo, las cuales evidenciaron mejoras relevantes en el factor de potencia del alimentador.

Tabla 10. Configuraciones evaluadas más representativas en el análisis exhaustivo - Alimentador Sumaco.

Caso	Tramo	Escenario	Capacidad (KVAR)	FP (%)
5	24394_MTA	A	200	95,61
		B	300	96,88
9	9668_MTA	A	200	95,76
		B	300	97,05

11	18092_MTA	A	200	95,70
		B	300	96,99
13	20708_MTA	A	200	95,63
		B	300	96,92

Asimismo, se considera que un escenario no resulta técnicamente aceptable si genera sobrecompensación local, aun cuando algunos indicadores globales muestren mejoras.

La alternativa seleccionada corresponde a la instalación y ubicación de un banco de capacitor trifásico de 300 [kVAr] de potencia reactiva total, ubicado en el tramo 24394_MTA. La capacidad indicada corresponde al valor total del banco, distribuida equitativamente entre las tres fases del sistema, conforme a configuraciones típicas empleadas en redes de media tensión.

5.1.2. Mejora del factor de potencia con compensación en el Alimentador Sumaco

La incorporación virtual de los bancos de capacitores permitió elevar de manera significativa el valor de fp del sistema. Se evidenció que la implementación de compensación reactiva disminuye la potencia reactiva requerida desde la subestación, mejorando el aprovechamiento de la potencia aparente disponible y reduciendo la circulación de corriente reactiva a lo largo del alimentador, se priorizó una solución técnicamente equilibrada capaz de cumplir con los límites normativos y garantizar un comportamiento estable del sistema.

En la Tabla 11 se compara el factor de potencia global del alimentador Sumaco antes y después de la compensación de potencia reactiva, considerando los valores totales de potencia activa, reactiva y aparente. A continuación, se detalla el resumen total del banco de capacitor de 300 [kVAr] instalado en el tramo 24394_MTA.

Tabla 11. Factor de potencia - comparación directa en el Alimentador Sumaco.

Configuración	Resumen total	kW	kVAr	kVA	FP (%)
sin compensación	Fuentes (Potencia de equilibrio)	1838,95	748,23	1985,34	92,63
con compensación	Fuentes (Potencia de equilibrio)	1834,68	469,06	1893,69	96,88

La Figura 13 presenta una comparación gráfica del factor de potencia del alimentador Sumaco en condiciones sin compensación y con compensación reactiva, permitiendo visualizar el impacto directo de la instalación de los bancos de capacitores.

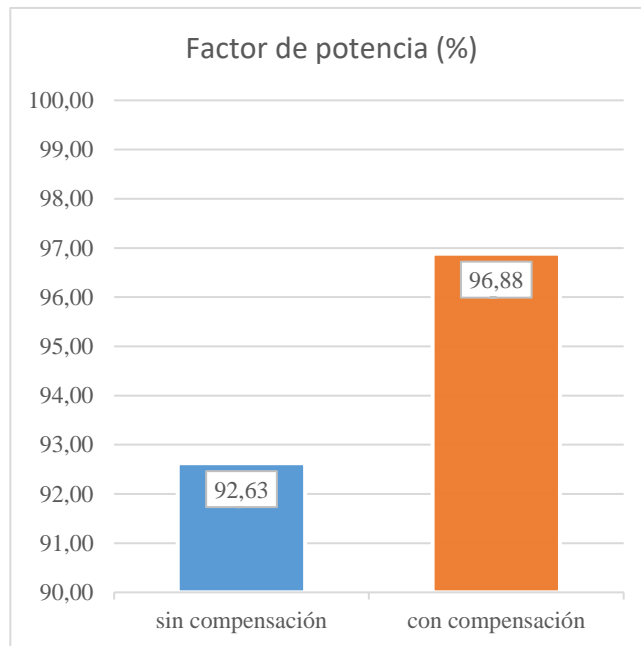


Figura 13. Comparación del Factor de potencia - Alimentador Sumaco.

Fuente: Autor.

En este escenario se presentaba un índice de factor de potencia inicial de 0.9263 la cuál evidencia una demanda significativa de potencia reactiva. Tras la incorporación virtual del banco de capacitores ubicado en el tramo 24394_MTA, el factor de potencia se incrementó considerablemente hasta alcanzar un valor de 0,9688 cumpliendo así con los valores mínimos establecidos por la norma vigente.

5.1.3. Perfiles de voltaje con compensación en el Alimentador Sumaco

Como consecuencia de la compensación de potencia reactiva, se evidencia una mejora en los perfiles de voltaje a lo largo de los alimentadores. Si bien el impacto no resulta altamente

significativo, se logró reducir las variaciones de tensión, especialmente en los segmentos intermedios del alimentador, contribuyendo a una operación más estable del sistema.

Tras la instalación del banco de capacitor los niveles de tensión se incrementan de forma generalizada, siendo el efecto más significativo en los nodos ubicados en la mitad del alimentador.

La Figura 14 muestra la comparación de los perfiles de voltaje en valores por unidad para nodos representativos a lo largo del alimentador Sumaco, antes y después de la compensación de potencia reactiva.

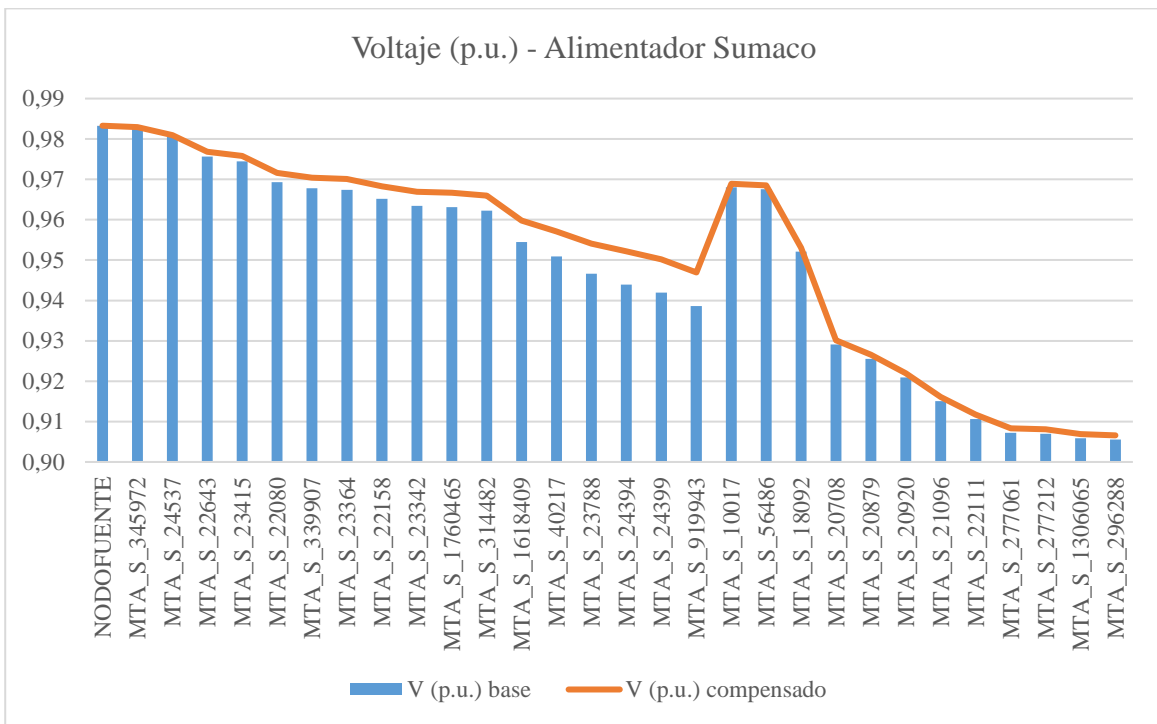


Figura 14. Comparación de voltaje p.u. a lo largo del Alimentador Sumaco.

Fuente: Autor.

No obstante, con el fin de realizar un análisis integral del impacto de la compensación se evaluaron adicionalmente indicadores estadísticos del perfil de voltaje antes y después de la compensación, considerando el valor de mínimo, máximo, promedio y desviación estándar en los nodos a lo largo del alimentador.

En la Tabla 12 se presentan los principales indicadores estadísticos del perfil de voltaje del alimentador Sumaco, comparando las condiciones previas y posteriores a la compensación reactiva.

Tabla 12. Indicadores estadísticos del perfil de voltaje – Alimentador Sumaco.

Indicador	Antes de la compensación	Después de la compensación
Voltaje mínimo (p.u.)	0,9055	0,9066
Voltaje máximo (p.u.)	0,9833	0,9833
Voltaje promedio (p.u.)	0,9482	0,9509
Desviación estándar	0,0257	0,0259

Se evidencia un incremento moderado del voltaje mínimo de 0,9055 (p.u.) a 0,9066 (p.u.), lo que indica que el banco de capacitor reduce parcialmente la caída de tensión en tramos críticos, así como un aumento del voltaje promedio de 0,9482 (p.u.) a 0,9509 (p.u.), esto comprueba que existe una mejora general en los voltajes durante el escenario de máxima demanda.

El voltaje máximo se mantiene constante en 0,9833 (p.u.), ya que la compensación no introduce condiciones de sobrevoltaje en el sistema. El ligero aumento de la desviación estándar indica que la mejora no es completamente uniforme en todos los nodos, lo cual es coherente con una compensación localizada en puntos específicos de la red.

5.1.4. Pérdidas Técnicas con compensación en el Alimentador Sumaco

El aumento del fp, logrado mediante la incorporación de bancos de capacitores, produce una disminución apreciable de las pérdidas técnicas, como efecto directo de la compensación aplicada. Esta disminución se refleja directamente en un incremento de la eficiencia energética del sistema de distribución.

La Tabla 13 presenta el resumen detallado de las pérdidas técnicas del alimentador Sumaco, permitiendo identificar la variación de las pérdidas en los distintos elementos del sistema como resultado de la compensación implementada.

Tabla 13. Resumen de Pérdidas Totales - Alimentador Sumaco

Configuración	Resumen total	kW	kVAr	kVA	FP (%)
sin compensación	Carga utilizada	1724,81	652,96	1844,27	93,52
	Carga total	1724,81	652,96	1844,27	93,52
	Pérdidas en las líneas	72,41	99,72	123,24	58,76
	Pérdidas en los cables	0,53	0,63	0,82	64,65
	Pérdidas de carga del transformador	7,62	11,82	14,06	54,19
	Pérdidas en vacío del transformador	33,63	65,09	73,27	45,90
	Pérdidas Totales	114,19	177,26	210,86	54,16
con compensación	Carga utilizada	1724,57	652,68	1843,94	93,53
	Condensadores shunt	0,00	-271,83	271,83	0,00
	Carga total	1724,57	380,85	1766,12	97,65
	Pérdidas en las líneas	67,94	92,68	114,91	59,12
	Pérdidas en los cables	0,48	0,57	0,75	64,65
	Pérdidas de carga del transformador	7,58	11,75	13,98	54,20
	Pérdidas en vacío del transformador	33,79	65,47	73,67	45,86
	Pérdidas en el condensador	0,35	0,00	0,35	100,00
	Pérdidas Totales	110,14	170,47	202,95	54,27

Comparando los resultados del flujo de carga sin compensación vs con compensación, se redujo de 114,19 kW a 110,14 kW, se evidencia una disminución de las pérdidas activas del sistema aproximada del 3,55% respecto al estado inicial, Lo anterior confirma que la compensación reactiva implementada contribuye de manera efectiva a optimizar la eficiencia energética del alimentador.

La Figura 15 muestra la comparación de las pérdidas técnicas totales del alimentador Sumaco en términos de potencia activa, reactiva y aparente, antes y después de la compensación de potencia reactiva.

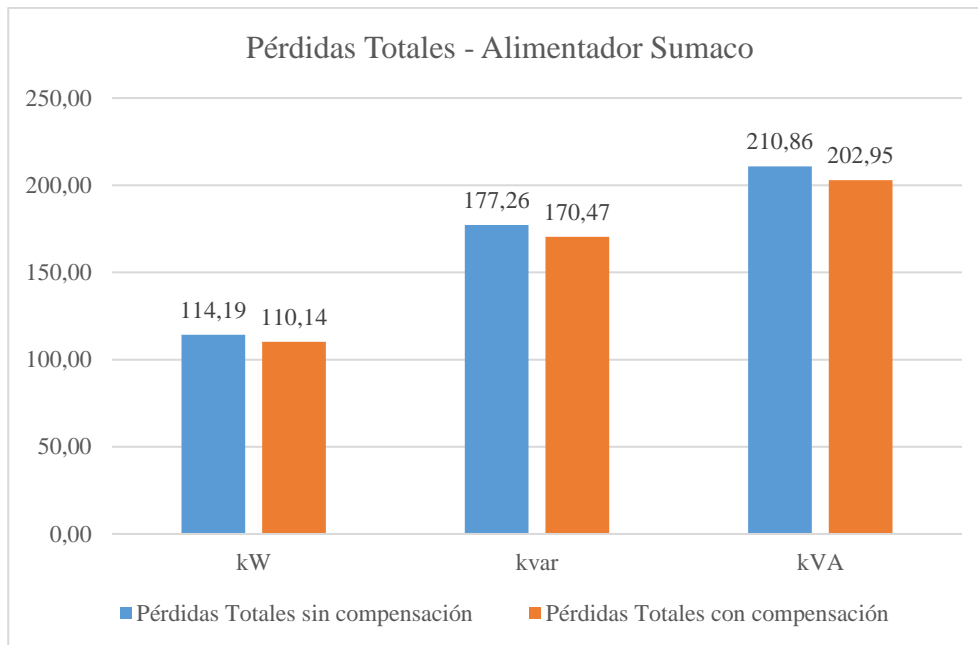


Figura 15. Comparación de Pérdidas Totales - Alimentador Sumaco.

Fuente: Autor.

Los resultados que se obtuvieron de la ubicación de bancos de capacitores muestran un incremento del fp del alimentador, en los perfiles de voltaje de los tramos intermedios y la disminución de las pérdidas técnicas asociadas a la circulación de la corriente.

La metodología aplicada en este alimentador valida el uso del análisis exhaustivo como herramienta para determinar configuraciones óptimas de compensación, criterio que se replica en los demás alimentadores analizados.

A partir de esta resolución, que constituye la metodología base empleada para los demás alimentadores, se seguirá el mismo criterio de evaluación, destacando únicamente las particularidades propias de cada red, tales como el nivel de demanda, longitud y el comportamiento de la potencia reactiva.

5.2. Alimentador Muyuna

La figura 16 muestra la representación del alimentador Muyuna bajo condiciones de operación en caso base.

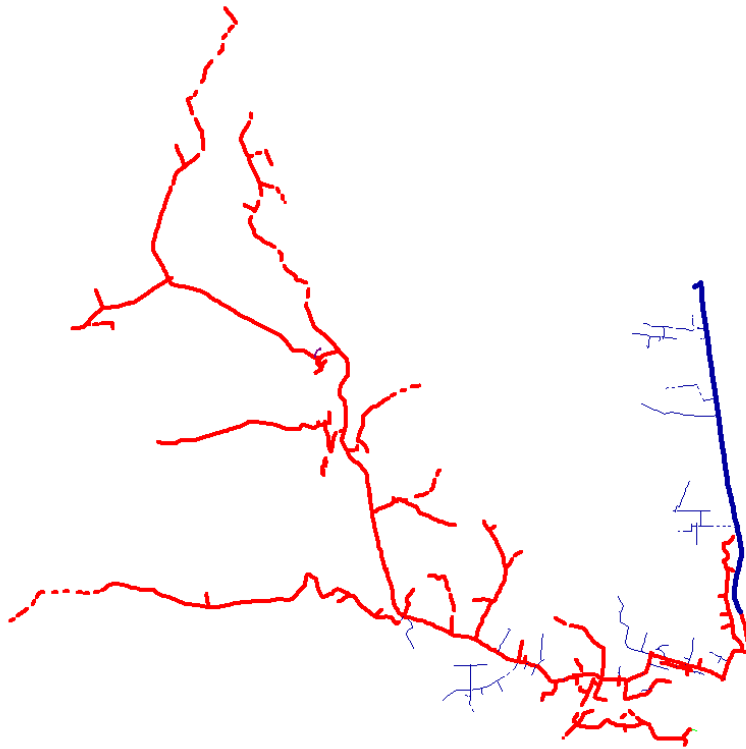


Figura 16. Alimentador Muyuna - Flujo de carga en caso base.

Fuente: Autor.

En la simulación el flujo de carga en este alimentador se observa una red de extensión moderada, caracterizada en crecimiento residencial y comercial, la mayor concentración de carga se presenta en los tramos a continuación de la subestación, el flujo de potencia reactiva se aumenta a lo largo del alimentador, lo que hace que disminuya los perfiles de voltaje en los nodos más alejados del punto de alimentación. Esta situación evidencia la necesidad de compensación de potencia reactiva contribuyendo a elevar el fp global.

5.2.1. Ubicación y dimensionamiento del banco de capacitor en el Alimentador Muyuna

Aplicando la técnica de análisis exhaustivo de escenarios en el software CYME/CYMDIST, se determinó la ubicación correspondiente en el Alimentador Muyuna bajo condiciones de demanda máxima. La configuración seleccionada presenta aquella que permitió maximizar la mejora del sistema sin generar condiciones adversas.

La Figura 17 muestra las ubicaciones de bancos de capacitores evaluadas mediante el análisis exhaustivo de escenarios en el alimentador Muyuna.

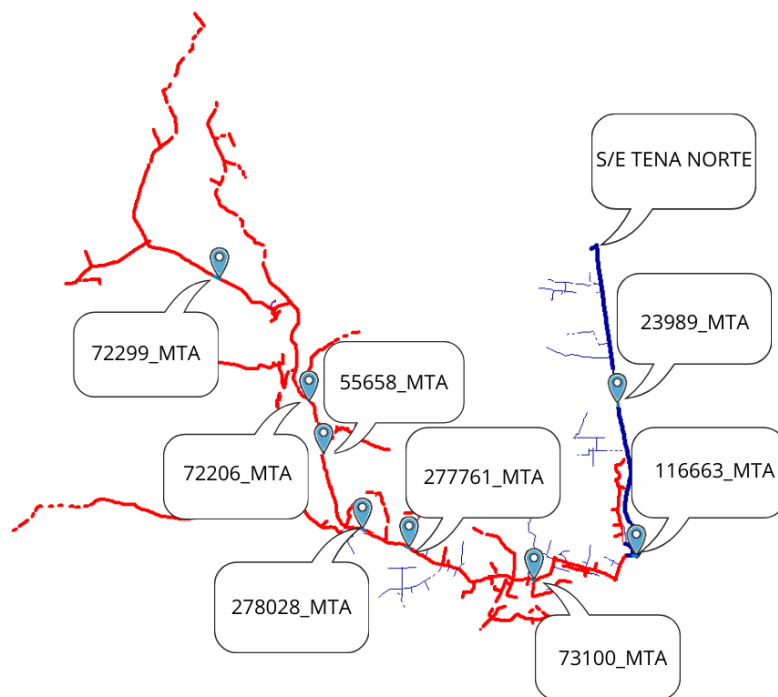


Figura 17. Ubicaciones de bancos de capacitores evaluadas mediante análisis exhaustivo - Alimentador Muyuna.

Fuente: Autor.

La Tabla 14, presenta los resultados que muestran todas las configuraciones analizadas que presentaron los indicadores técnicos que logra alcanzar o superar el factor de potencia mínimo exigido.

Tabla 14. Configuraciones evaluadas en el análisis exhaustivo - Alimentador Muyuna.

Caso	Tramo	Escenario	Capacidad (KVAr)	FP (%)
1	25321_MTA	A	200	97,64
		B	300	98,46
2	22638_MTA	A	200	97,63
		B	300	98,45
3	23989_MTA	A	200	97,62
		B	300	98,44
4	116663_MTA	A	200	97,59
		B	300	98,41
5	364251_MTA	A	200	97,55
		B	300	98,37
6	731163_MTA	A	200	97,57
		B	300	98,39
7	73100_MTA	A	200	97,57
		B	300	98,38
8	56161_MTA	A	200	97,56
		B	300	98,37
9	364247_MTA	A	200	97,57
		B	300	98,37
10	277761_MTA	A	200	97,54
		B	300	98,36
11	278325_MTA	A	200	97,54
		B	300	98,36
12	278028_MTA	A	200	97,55
		B	300	98,36
13	55658_MTA	A	200	97,54
		B	300	98,35
14	72206_MTA	A	200	97,53
		B	300	98,34
15	341799_MTA	A	200	97,52
		B	300	98,32
16	72299_MTA	A	200	97,53
		B	300	98,33

A partir de este detalle, se identificaron ubicaciones más representativas las cuales corresponden a los puntos que ofrecieron el mayor beneficio eléctrico global.

La Figura 18 muestra las ubicaciones de los nodos candidatos de bancos de capacitores evaluadas que presentaron los resultados más representativos dentro del análisis exhaustivo, seleccionadas para un análisis comparativo detallado.

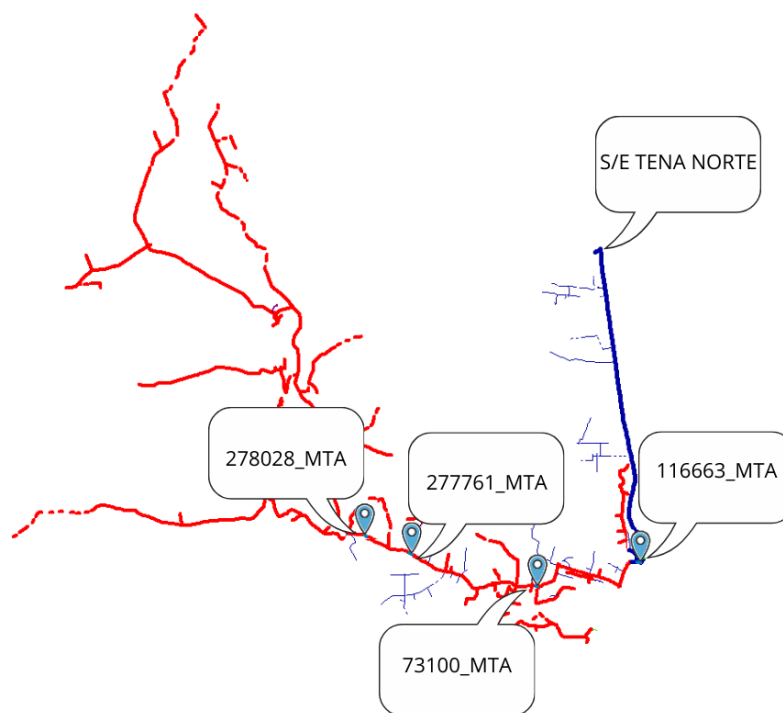


Figura 18. Ubicaciones de bancos de capacitores más representativas - Alimentador Muyuna.

Fuente: Autor.

La Tabla 15 presenta las configuraciones más representativas identificadas en el análisis exhaustivo, las cuales evidenciaron mejoras relevantes en el factor de potencia del alimentador.

Tabla 15. Configuraciones evaluadas más representativas en el análisis exhaustivo - Alimentador Muyuna.

Caso	Tramo	Escenario	Capacidad (KVar)	FP (%)
5	116663_MTA	A	200	97,59
		B	300	98,41
7	73100_MTA	A	200	97,57
		B	300	98,38
10	277761_MTA	A	200	97,54
		B	300	98,36
12	278028_MTA	A	200	97,55
		B	300	98,36

La alternativa seleccionada corresponde a la implementación de un banco de capacitor trifásico de 300 [kVAr] de potencia reactiva total ubicado en el tramo 73100_MTA. La capacidad indicada corresponde al valor total del banco trifásico, distribuido entre las tres fases del sistema.

5.2.2. Mejora del factor de potencia con compensación en el Alimentador Muyuna

La incorporación del banco de capacitor propuesto permitió un incremento significativo del fp del alimentador, acompañado de una disminución de la potencia reactiva demandada desde la subestación. Este comportamiento evidencia una compensación adecuada de las cargas inductivas predominantes, que contribuye a una operación eficiente del sistema.

En la Tabla 16 se compara el factor de potencia global del alimentador Muyuna antes y después de la compensación de potencia reactiva, considerando los valores totales de potencia activa, reactiva y aparente. A continuación, se detalla el resumen total del banco de capacitor de 300 [kVAr] instalado en el Tramo 73100_MTA.

Tabla 16. Factor de potencia - comparación directa en el Alimentador Muyuna

Configuración	Resumen total	kW	kVAr	kVA	FP (%)
sin compensación	Fuentes (Potencia de equilibrio)	2196,85	678,89	2299,36	95,54
con compensación	Fuentes (Potencia de equilibrio)	2193,96	400,18	2230,16	98,38

La Figura 19 presenta una comparación gráfica del factor de potencia del alimentador Muyuna en condiciones sin compensación y con compensación reactiva, permitiendo visualizar el impacto directo de la instalación de los bancos de capacitores.

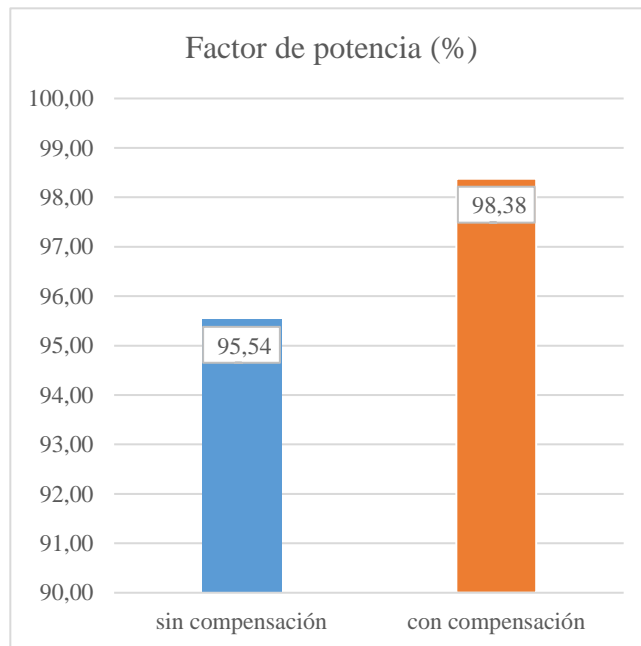


Figura 19. Comparación del Factor de potencia - Alimentador Muyuna.

Fuente: Autor.

En este escenario se presentaba un factor de potencia inicial de 0,9554. Con la implementación virtual del banco de capacitores instalado en el tramo 73100_MTA, seleccionado mediante el análisis exhaustivo, como resultado de la compensación, el fp alcanzó un valor de 0,9838, cumpliendo plenamente con los criterios exigidos por la normativa técnica vigente.

5.2.3. Perfiles de Voltaje con compensación en el Alimentador Muyuna

Los perfiles de voltaje presentaron una mejora moderada como resultado tras la compensación de potencia reactiva, si bien el impacto no es muy significativo, se observa una mayor estabilidad de tensión en los nodos críticos bajo demanda máxima.

La Figura 20 muestra la comparación de los perfiles de voltaje en valores por unidad para nodos representativos a lo largo del alimentador Muyuna, antes y después de la compensación de potencia reactiva.

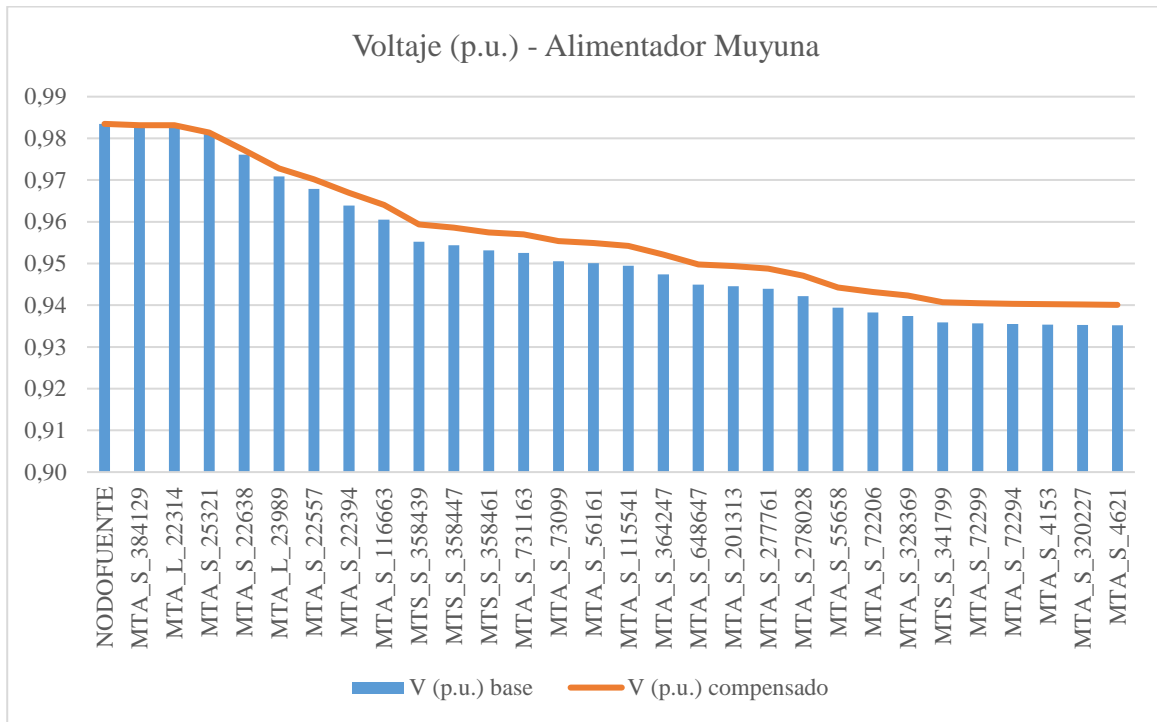


Figura 20. Comparación de Voltaje p.u. a lo largo del Alimentador Muyuna.

Fuente: Autor.

Con el fin de realizar un análisis integral del impacto de la compensación, adicionalmente se evaluaron indicadores estadísticos del perfil de voltaje antes y después de la compensación, se considera los valores mínimos, máximo, promedio y la desviación estándar registrados en los nodos a lo largo del alimentador.

En la Tabla 17 se presentan los principales indicadores estadísticos del perfil de voltaje del alimentador Muyuna, comparando las condiciones previas y posteriores a la compensación reactiva.

Tabla 17. Indicadores estadísticos del perfil de voltaje – Alimentador Muyuna.

Indicador	Antes de la compensación	Después de la compensación
Voltaje mínimo (p.u.)	0,9352	0,9401
Voltaje máximo (p.u.)	0,9835	0,9835
Voltaje promedio (p.u.)	0,9529	0,9566
Desviación estándar	0,0163	0,0146

Se evidencia un incremento moderado del voltaje mínimo que pasa de 0,9352 (p.u.) a 0,9401 (p.u.), el banco de capacitor reduce parcialmente la caída de tensión en tramos críticos, así como el aumento del voltaje promedio de 0,9529 (p.u.) a 0,9566 (p.u.) y la reducción de la desviación, indicando que hay una mejor uniformidad del perfil, además de contar con menor dispersión entre nodos. El voltaje máximo se mantiene constante en 0,9835, ya que la compensación no genera condiciones de sobrevoltaje en el sistema.

5.2.4. Pérdidas Técnicas con compensación en el Alimentador Muyuna

La variación en las pérdidas técnicas luego de la compensación es poco significativa, lo cual se encuentra alineado con el buen desempeño inicial del sistema, es una mejora directa de la eficiencia energética.

La Tabla 18 presenta el resumen detallado de las pérdidas técnicas del alimentador Muyuna, permitiendo identificar la variación de las pérdidas en los distintos elementos del sistema como resultado de la compensación implementada.

Tabla 18. Pérdidas Totales - Alimentador Muyuna.

Configuración	Resumen total	kW	kVAr	kVA	FP (%)
sin compensación	Carga utilizada	2110,05	596,96	2192,87	96,22
	Carga total	2110,05	596,96	2192,87	96,22
	Pérdidas en las líneas	50,60	75,44	90,84	55,71
	Pérdidas en los cables	6,93	3,69	7,85	88,23
	Pérdidas de carga del transformador	10,06	16,52	19,34	52,01
	Pérdidas en vacío del transformador	19,25	38,22	42,80	44,97
	Pérdidas Totales	86,84	133,88	159,57	54,42

con compensación	Carga utilizada	2110,04	596,95	2192,86	96,22
	Condensadores shunt	0,00	-273,79	273,79	0,00
	Carga total	2110,04	323,16	2134,64	98,85
	Pérdidas en las líneas	47,81	71,06	85,65	55,82
	Pérdidas en los cables	6,41	3,43	7,27	88,20
	Pérdidas de carga del transformador	9,97	16,37	19,17	52,01
	Pérdidas en vacío del transformador	19,42	38,56	43,17	44,98
	Pérdidas en el condensador	0,33	0,00	0,33	100,00
	Pérdidas Totales	83,95	129,42	154,26	54,42

Comparando los resultados del flujo de carga sin compensación vs con compensación, se redujo de 86,84 kW a 83,95 kW, se evidencia una disminución de las pérdidas activas del sistema aproximada del 3,32% respecto del estado inicial, lo cual el aporte de la compensación reactiva evidencia el incremento de la eficiencia energética del alimentador.

La Figura 21 muestra la comparación de las pérdidas técnicas totales del alimentador Muyuna en términos de potencia activa, reactiva y aparente, antes y después de la compensación de potencia reactiva.

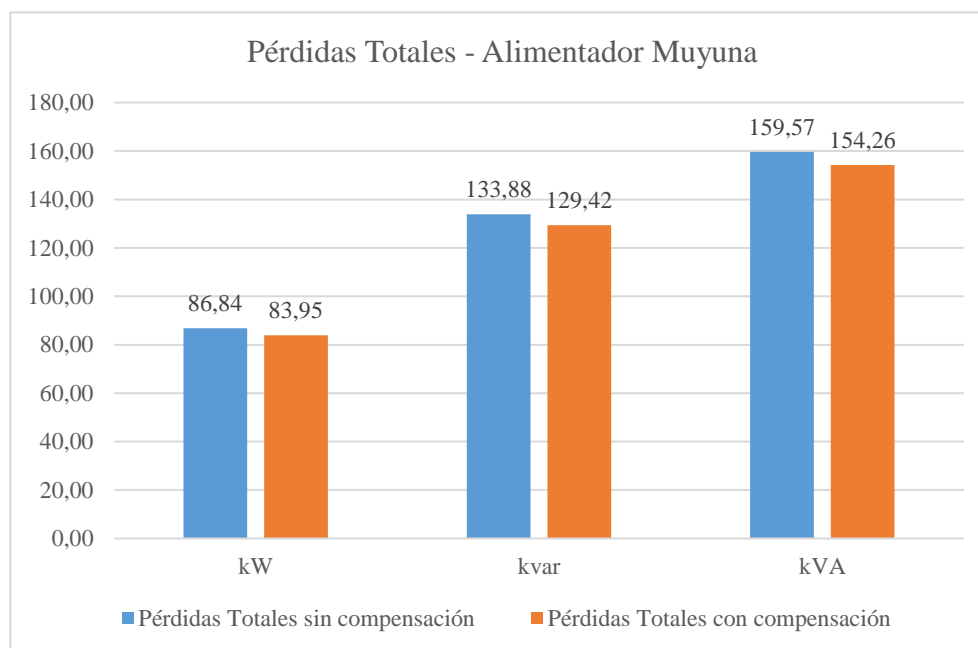


Figura 21. Comparación de Pérdidas Totales - Alimentador Muyuna.

Fuente: Autor.

5.3. Alimentador Arosemena Tola

La figura 22 muestra la representación del alimentador Arosemena Tola bajo condiciones de operación en caso base.

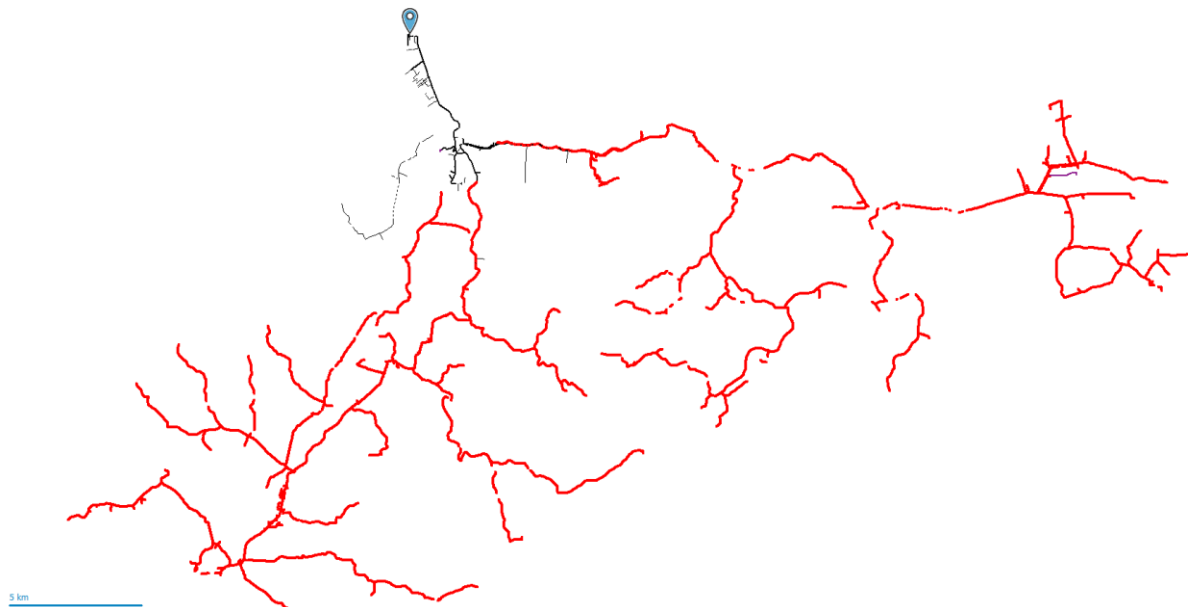


Figura 22. Alimentador Arosemena Tola - Flujo de carga en caso base.

Fuente: Autor.

Bajo el escenario en demanda máxima, el cálculo de flujo de carga muestra un comportamiento eléctrico estable del sistema, en el cual los perfiles de voltaje se mantienen dentro de rangos operativos aceptables a lo largo de la mayor parte del alimentador, sin caídas significativas en los nodos finales. Esto indica que el factor de potencia inicial del alimentador presenta valores superiores en comparación con otros alimentadores analizados, lo que concuerda con los resultados obtenidos previamente y explica por qué no se identifica una necesidad prioritaria de compensación reactiva.

En este contexto, el análisis exhaustivo de escenarios permitió concluir que la instalación de bancos de capacitores no resultaría necesaria en este alimentador, ya que no se evidencian mejoras

relevantes en los perfiles de voltaje ni en la reducción de pérdidas técnicas. Por este motivo, el alimentador Arosemena Tola se considera un caso de referencia, en el cual la compensación reactiva no es justificable desde un enfoque técnico–económico.

5.3.1. Factor de potencia en el Alimentador Arosemena Tola

En este alimentador con las características ya mencionadas en la Tabla 2, el fp en condición de demanda máxima ya presentaba valores cercanos a la unidad, por lo que la implementación de compensación reactiva adicional no generará variaciones significativas.

Se observa un factor de potencia de 99,65 %, valor que supera ampliamente el mínimo exigido por la normativa vigente, lo cual evidencia un adecuado desempeño eléctrico del alimentador en su estado actual.

La Tabla 19 presenta el factor de potencia del alimentador Arosemena Tola bajo condiciones de operación normal, sin la aplicación de compensación de potencia reactiva.

Tabla 19. Factor de Potencia sin intervención en el Alimentador Arosemena Tola.

Configuración	Resumen total	kW	kVAr	kVA	FP (%)
sin compensación	Fuentes (Potencia de equilibrio)	2084,69	173,90	2091,93	99,65

El elevado valor obtenido confirma que el alimentador opera con un adecuado balance entre potencia activa y reactiva, razón por la cual no se justifica técnicamente la implementación de bancos de capacitores.

Este comportamiento confirma que el alimentador se refleja en corrientes moderadas, perfiles de voltaje estables y pérdidas técnicas relativamente bajas, descartando la necesidad de intervención.

La Figura 23 muestra el valor del factor de potencia global del alimentador Arosemena Tola en condición sin intervención.

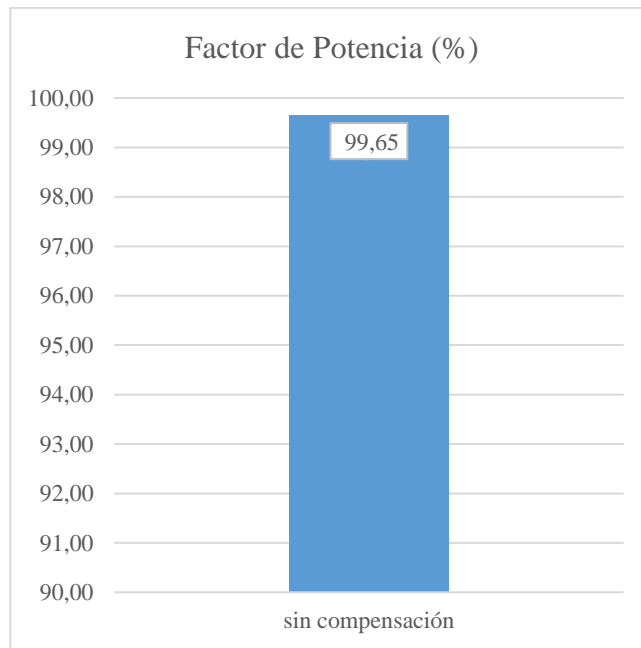


Figura 23. Factor de potencia sin intervención en Alimentador Arosemena Tola.

Fuente: Autor.

5.3.2. Perfiles de Voltaje en el Alimentador Arosemena Tola

Debido a que el alimentador Arosemena Tola cuenta con una condición eléctrica adecuada, no se implementan bancos de capacitores, dado que no produciría beneficios relevantes en términos de mejora de perfil de voltaje.

Se observa que los niveles de tensión se mantienen dentro de los rangos admisibles establecidos por la normativa técnica, sin caídas críticas en los nodos más alejados de la subestación.

La Figura 24 muestra el perfil de voltaje en unidades por unidad (p.u.) a lo largo del alimentador Arosemena Tola, considerando el escenario de operación sin compensación reactiva.

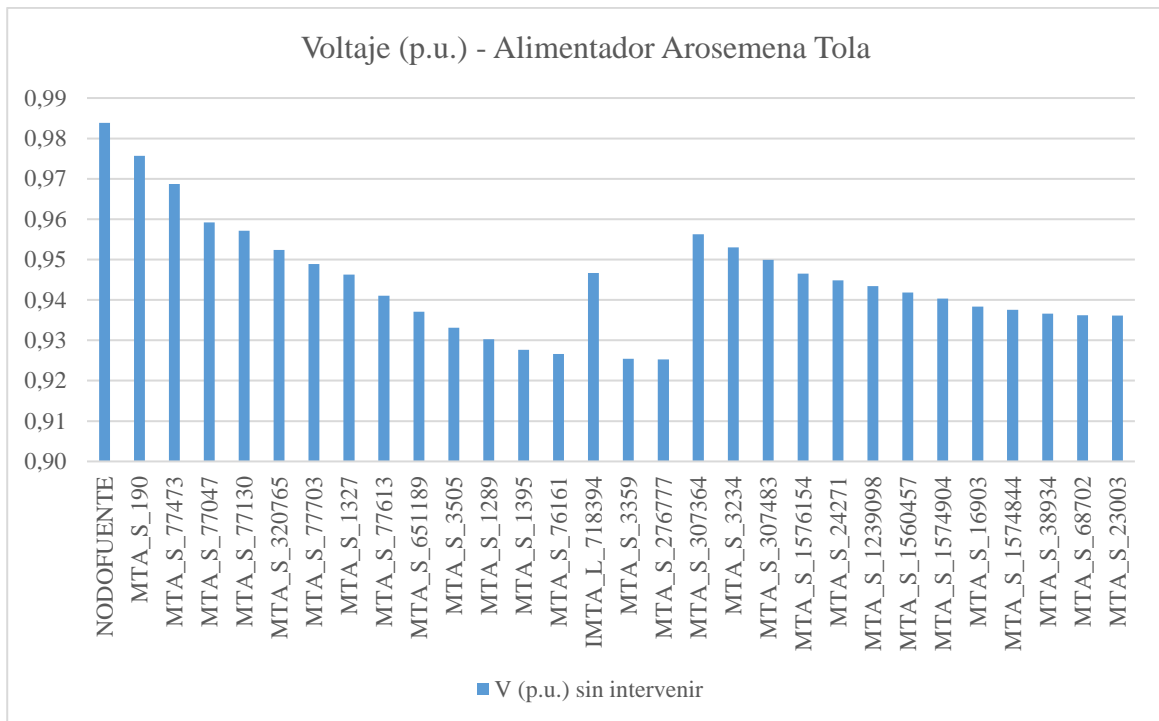


Figura 24. Voltaje p.u. sin intervención a lo largo del Alimentador Arosemena Tola.

Fuente: Autor.

Los valores de voltaje mínimo, máximo y promedio evidencian un comportamiento estable del sistema, con una desviación estándar reducida, lo cual indica una adecuada uniformidad del perfil de tensión a lo largo del alimentador.

La Tabla 20 resume los indicadores estadísticos del perfil de voltaje del alimentador Arosemena Tola en condición sin intervención.

Tabla 20. Indicadores estadísticos del perfil de voltaje sin intervención – Alimentador Arosemena Tola.

Indicador	Sin intervenir
Voltaje mínimo (p.u.)	0,9252
Voltaje máximo (p.u.)	0,9838
Voltaje promedio (p.u.)	0,9449
Desviación estándar	0,0142

Los resultados obtenidos indican un voltaje mínimo de 0,9252 (p.u.) y un voltaje máximo de 0,9838 (p.u.), valores que se mantienen en el rango de los límites permitidos. El voltaje promedio alcanza un valor de 0,9449 (p.u.), lo que indica que, en términos generales, el alimentador opera con niveles de tensión aceptables a lo largo de su extensión. La desviación estándar de 0,0142 refleja una baja dispersión de los valores de tensión entre los distintos nodos del alimentador, lo cual evidencia un perfil de voltaje relativamente uniforme y estable.

En base a estos resultados, se concluye que el alimentador Arosemena Tola presenta condiciones eléctricas favorables, por lo que la incorporación de bancos de capacitores no resulta prioritaria.

5.3.3. Pérdidas Técnicas en el Alimentador Arosemena Tola

La reducción de pérdidas técnicas calculadas en este alimentador es relativamente bajas, son coherentes con el nivel de carga y la longitud moderada, eléctricamente eficiente.

Los resultados muestran pérdidas totales dentro de rangos aceptables para sistemas de distribución, coherentes con el elevado factor de potencia y los perfiles de voltaje adecuados observados en este alimentador.

La Tabla 21 presenta el resumen de las pérdidas técnicas del alimentador Arosemena Tola bajo condiciones de operación sin compensación de potencia reactiva.

Tabla 21. Pérdidas Totales sin intervención - Alimentador Arosemena Tola.

Configuración	Resumen total	kW	kVAr	kVA	FP (%)
sin compensación	Carga utilizada	1963,14	120,18	1966,82	99,81
	Carga total	1963,14	120,18	1966,82	99,81
	Pérdidas en las líneas	61,91	76,07	98,08	63,12
	Pérdidas en los cables	11,79	8,93	14,79	79,72
	Pérdidas de carga del transformador	7,75	12,04	14,32	54,14
	Pérdidas en vacío del transformador	40,10	66,24	77,43	51,78
	Pérdidas Totales sin intervención	121,55	163,28	203,55	59,71

El comportamiento observado confirma que, en el estado actual del alimentador, no se presentan pérdidas excesivas asociadas a circulación de potencia reactiva, respaldando la decisión de no implementar compensación reactiva.

La Figura 25 muestra la distribución de las pérdidas técnicas del alimentador Arosemena Tola en condición sin intervención.

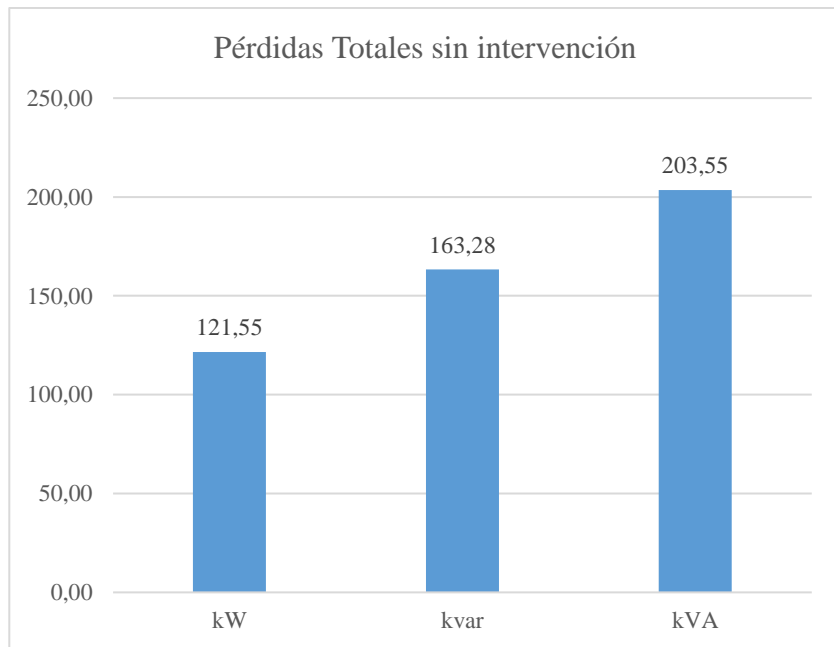


Figura 25. Pérdidas Totales sin intervención - Alimentador Arosemena Tola.

Fuente: Autor.

5.4. Alimentador Misahuallí

La figura 26 muestra la representación del alimentador Misahuallí bajo condiciones de operación en caso base.



Figura 26. Alimentador Misahuallí - Flujo de carga en caso base.

Fuente: Autor.

Este Alimentador presenta una condición operativa muy sensible desde el punto de vista eléctrico, donde la combinación de longitud elevada y demanda reactiva moderada justifica su inclusión en el análisis de la ubicación de capacitores.

5.4.1. Ubicación y dimensionamiento del banco de capacitor en el Alimentador Misahuallí

La ubicación y dimensionamiento de los bancos de capacitores en este alimentador, es muy diferente al aplicar el análisis exhaustivo, utilizando el Software CYME/CYMDIST se puede realizar diversos escenarios, considerando utilizar en este alimentador 4 bancos de capacitores que permitirá maximizar la mejora del fp, perfiles de voltaje, y al mismo tiempo que se minimizan las pérdidas técnicas, sin generar sobrecompensación o condiciones operativas adversas.

La Figura 27 muestra las ubicaciones de bancos de capacitores evaluadas mediante el análisis exhaustivo de escenarios en el alimentador Misahuallí.

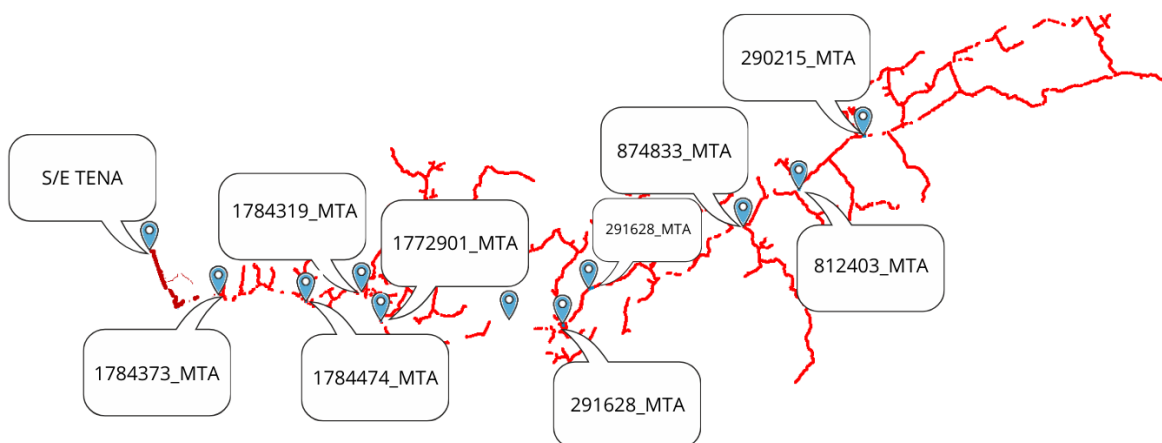


Figura 27. Ubicaciones de bancos de capacitores evaluadas mediante análisis exhaustivo - Alimentador Misahuallí.

Fuente: Autor.

La Tabla 22, presenta los resultados que muestran todas las configuraciones analizadas que presentaron los indicadores técnicos que logra alcanzar o superar el factor de potencia mínimo exigido.

Tabla 22. Configuraciones evaluadas en el análisis exhaustivo - Alimentador Misahuallí.

Casos	Capacitores	Tramo	Escenario	Capacidad (KVAr)	FP (%)
1	1	1784373_MTA	A	300	88,16
2	2	1784474_MTA	A	300	87,95
3	3	1784183_MTA	A	300	87,73
4	4	1784319_MTA	A	300	87,49
5	5	1772901_MTA	A	300	87,36
6	6	1560559_MTA	A	300	87,26
7	7	179164_MTA	A	300	87,02
8	8	291628_MTA	A	300	86,94
9	9	2889625_MTA	A	300	87,20
10	10	812403_MTA	A	300	87,38
11	11	874833_MTA	A	300	87,34
12	12	927065_MTA	A	300	85,82
13	13	290215_MTA	A	300	84,93
14	4	1784319_MTA	A	300	92,42
	8	291628_MTA	B	300	
15	4	1784319_MTA	A	300	92,46
	11	874833_MTA	C	300	

16	4	1784319_MTA	A	300	90,28
	13	290215_MTA	D	300	
17	8	291628_MTA	B	300	91,66
	11	874833_MTA	C	300	
18	8	291628_MTA	B	300	89,8
	13	290215_MTA	D	300	
19	11	874833_MTA	C	300	89,51
	13	290215_MTA	D	300	
20	4	1784319_MTA	A	300	96,56
	8	291628_MTA	B	300	
	11	874833_MTA	C	300	
	13	290215_MTA	D	150	

La Figura 28 muestra las ubicaciones de los nodos candidatos de bancos de capacitores evaluadas que presentaron los resultados más representativos dentro del análisis exhaustivo, seleccionadas para un análisis comparativo detallado.

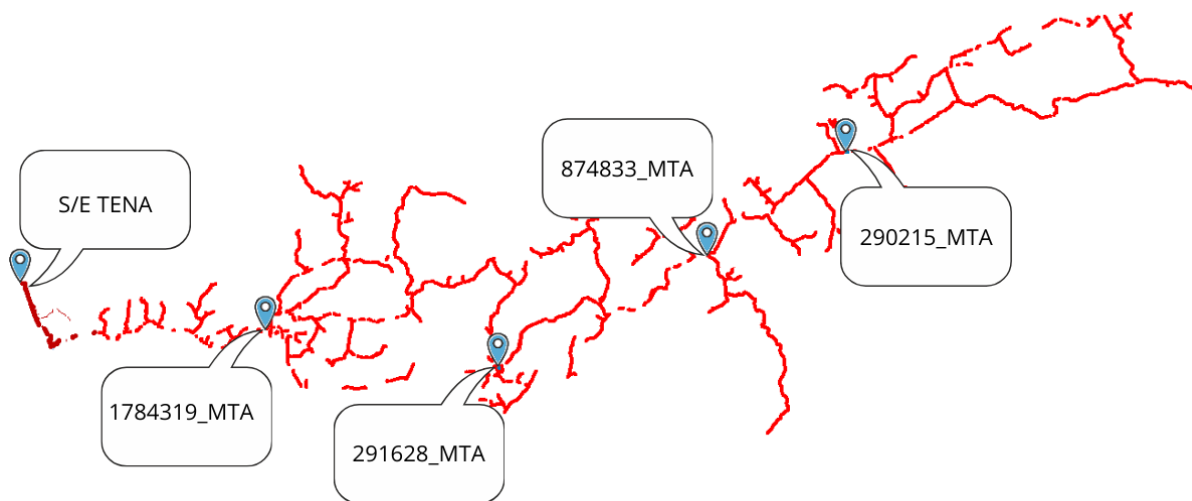


Figura 28. Ubicaciones de bancos de capacitores más representativas - Alimentador Misahuallí.

Fuente: Autor.

La Tabla 23 presenta las configuraciones más representativas identificadas en el análisis exhaustivo, las cuales evidenciaron mejoras relevantes en el factor de potencia del alimentador.

Tabla 23. Configuraciones evaluadas más representativas en el análisis exhaustivo - Alimentador Misahuallí.

Casos	Capacitores	Tramo	Escenario	Capacidad (KVAR)	FP (%)
14	1	1784319_MTA	A	300	92,42
	2	291628_MTA	B	300	
15	1	1784319_MTA	A	300	92,46
	3	874833_MTA	C	300	
16	1	1784319_MTA	A	300	90,28
	4	290215_MTA	D	300	
17	2	291628_MTA	B	300	91,66
	3	874833_MTA	C	300	
18	2	291628_MTA	B	300	89,80
	4	290215_MTA	D	300	
19	3	874833_MTA	C	300	89,51
	4	290215_MTA	D	300	
20	1	1784319_MTA	A	300	96,56
	2	291628_MTA	B	300	
	3	874833_MTA	C	300	
	4	290215_MTA	D	150	

La alternativa seleccionada corresponde a la implementación de cuatro bancos de capacitores trifásicos de 300 [kVAr] de potencia reactiva total ubicados en los tramos 1784319_MTA, 291628_MTA, 874833_MTA, y un banco 150 [kVAr] de potencia total ubicado en el tramo 290215_MTA. Las capacidades indicadas corresponden a los valores totales de cada banco trifásico, definidos a partir del análisis exhaustivo de escenarios, evitando condiciones de sobrecompensación local.

5.4.2. Mejora del factor de potencia con compensación en el Alimentador Misahuallí

El alimentador Misahuallí presenta una demanda reactiva moderada en comparación con otros alimentadores analizados; sin embargo, debido a su gran extensión longitudinal, el efecto acumulado de la potencia reactiva influye negativamente en el fp observado en el escenario de demanda máxima.

Con la aplicación de 4 bancos de capacitores, ubicados estratégicamente a lo largo del alimentador, se logró una mejora apreciable del sistema, Se puede detallar el resumen total de los bancos de

capacitores instalados de 300 [kVAr] en los tramos 1784319_MTA, 291628_MTA, 874833_MTA, y de 150 [kVAr] en el tramo 290215_MTA.

En la Tabla 24 se compara el factor de potencia global del alimentador Misahuallí antes y después de la compensación de potencia reactiva, considerando los valores totales de potencia activa, reactiva y aparente.

Tabla 24. Factor de potencia - comparación directa en el Alimentador Misahuallí.

Configuración	Resumen total	kW	kVAr	kVA	FP (%)
sin compensación	Fuentes (Potencia de equilibrio)	1822,70	1249,80	2210,03	82,47
con compensación	Fuentes (Potencia de equilibrio)	1911,20	514,88	1979,34	96,56

La Figura 29 presenta una comparación gráfica del factor de potencia del alimentador Misahuallí en condiciones sin compensación y con compensación reactiva, permitiendo visualizar el impacto directo de la instalación de los bancos de capacitores.

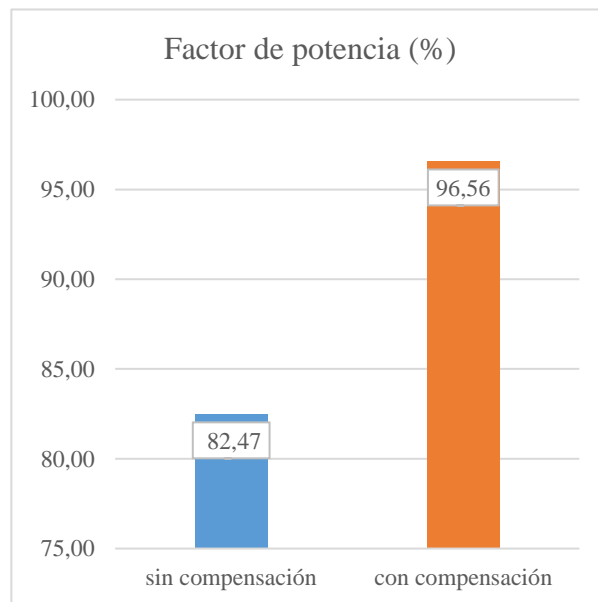


Figura 29. Comparación del Factor de potencia - Alimentador Misahuallí.

Fuente: Autor.

En este escenario se presentaba un factor de potencia inicial de 0,8247 evidentemente muy bajo sin cumplir los valores mínimos establecidos. La implementación virtual de estos bancos de

capacitores de 300 [kVAr] ubicados en los Tramos 1784319_MTA, 291628_MTA, 874833_MTA, y de 150 [kVAr] en el Tramo 290215_MTA seleccionados mediante el análisis exhaustivo, el factor de potencia mejoró a un valor de 0,9656 lo cual es evidente la mejora en un caso especial de ocupar más de un banco de capacitores, cumpliendo así con los valores mínimos establecidos por la normativa vigente.

5.4.3. Perfiles de Voltaje con compensación en el Alimentador Misahuallí

Previo a la compensación, se generó una mejora apreciable en el perfil de voltaje, al comparar los valores antes y después de la compensación, se observa un incremento generalizado de los niveles de voltaje a lo largo del alimentador, con mayor impacto en los tramos intermedios donde se ubican los bancos de capacitores.

A pesar de la mejora que se obtiene con la compensación, el perfil de voltaje presenta decadencia en los tramos finales del alimentador.

Este comportamiento se explica por la extremada longitud del alimentador, la distribución de la carga a lo largo de la red y la naturaleza puntual de los bancos de capacitores, los nodos ubicados más allá del último banco instalado experimentarán caídas de tensión aun cuando exista compensación aguas arriba o en puntos intermedios, ya que no reciben compensación directa.

La Figura 30 muestra la comparación de los perfiles de voltaje en valores por unidad para nodos representativos a lo largo del alimentador Misahuallí, antes y después de la compensación de potencia reactiva.

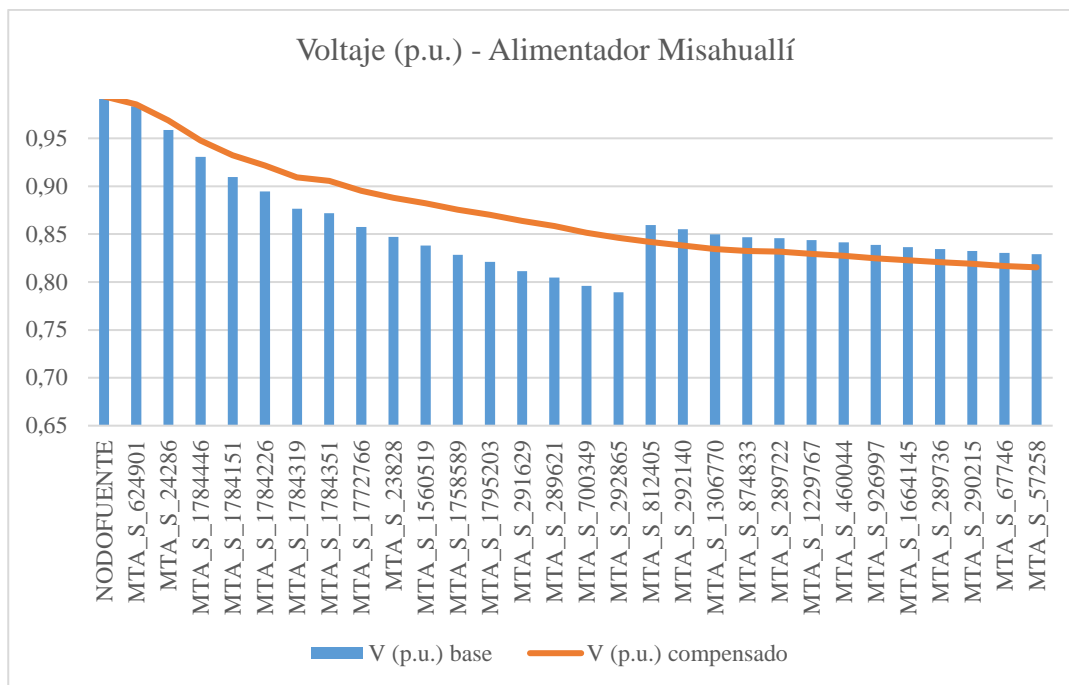


Figura 30. Comparación de Voltaje p.u. a lo largo del Alimentador Misahuallí.

Fuente: Autor.

Con el propósito de efectuar un análisis integral del efecto de la compensación, se evaluaron adicionalmente indicadores estadísticos del perfil de voltaje antes y después de la intervención, considerando los valores mínimo, máximo, promedio y la desviación estándar en los nodos del alimentador.

En la Tabla 25 se presentan los principales indicadores estadísticos del perfil de voltaje del alimentador Misahuallí, comparando las condiciones previas y posteriores a la compensación reactiva.

Tabla 25. Ubicaciones evaluadas más representativas en el análisis exhaustivo - Alimentador Misahuallí.

Indicador	Antes de la compensación	Después de la compensación
Voltaje mínimo (p.u.)	0,7892	0,8154
Voltaje máximo (p.u.)	0,9938	0,9938
Voltaje promedio (p.u.)	0,8585	0,8716
Desviación estándar	0,0509	0,0527

Se evidencia una mejora significativa del voltaje mínimo que pasa de 0,7892 (p.u.) a 0,8154 (p.u.), Los resultados evidencian una disminución apreciable de las caídas de voltaje que se ubican en los tramos más alejados del alimentador; sin embargo, en determinados puntos los voltajes aún se mantienen fuera de los rangos normativos establecidos. El voltaje promedio presenta un aumento de 0,8585 (p.u.) a 0,8716 (p.u.), indicando una mejora global del nivel de tensión del sistema.

El voltaje máximo se mantiene constante en 0,9938 (p.u.) ya que la compensación no genera condiciones de sobrevoltaje en el sistema ni compromete la seguridad operativa del alimentador.

La desviación estándar de los niveles de tensión presenta un incremento el cual refleja una elevada dispersión de los valores de voltaje a lo largo del alimentador, este comportamiento es característico de redes muy extensas y con elevada carga

5.4.4. Pérdidas Técnicas con compensación en el Alimentador Misahuallí

La disminución de la potencia reactiva que circula a lo largo del alimentador se traduce en una reducción moderada de las pérdidas técnicas del sistema, Este efecto está directamente relacionado con la reducción de corriente en un circuito de gran longitud, lo que confirma que, aun con demandas reactivas no elevadas, la compensación puede resultar beneficiosa en alimentadores extensos.

La Tabla 26 presenta el resumen detallado de las pérdidas técnicas del alimentador Misahuallí, permitiendo identificar la variación de las pérdidas en los distintos elementos del sistema como resultado de la compensación implementada.

Tabla 26. Pérdidas Totales - Alimentador Misahuallí.

Configuración	Resumen total	kW	kVAr	kVA	FP (%)
sin compensación	Carga utilizada	1543,52	1053,05	1868,53	82,61
	Carga total	1543,52	1053,05	1868,53	82,61
	Pérdidas en las líneas	215,15	250,47	330,18	65,16
	Pérdidas en los cables	15,70	11,88	19,68	79,74
	Pérdidas de carga del transformador	8,30	12,97	15,40	53,93

	Pérdidas en vacío del transformador	39,96	58,30	70,68	56,54
	Pérdidas Totales	279,10	333,61	434,96	64,17
con compensación	Carga utilizada	1669,30	1144,77	2024,13	82,47
	Condensadores shunt	0,00	-778,89	778,89	0,00
	Carga total	1669,30	365,88	1708,93	97,68
	Pérdidas en las líneas	177,44	206,59	272,33	65,16
	Pérdidas en los cables	12,54	9,49	15,72	79,74
	Pérdidas de carga del transformador	9,20	14,39	17,08	53,88
	Pérdidas en vacío del transformador	41,50	61,05	73,82	56,22
	Pérdidas en el condensador	1,14	0,00	1,14	100,00
	Pérdidas Totales	241,82	291,52	378,76	63,84

Comparando los resultados del flujo de carga sin compensación vs con compensación, se redujo de 279,10 [kW] a 241,82 [kW], se evidencia una disminución de las pérdidas activas del sistema aproximada del 13.36 % respecto del estado inicial, concluyendo que el aporte de la compensación reactiva realiza una mejora de la eficiencia energética del alimentador.

La Figura 31 muestra la comparación de las pérdidas técnicas totales del alimentador Misahuallí en términos de potencia activa, reactiva y aparente, antes y después de la compensación de potencia reactiva.

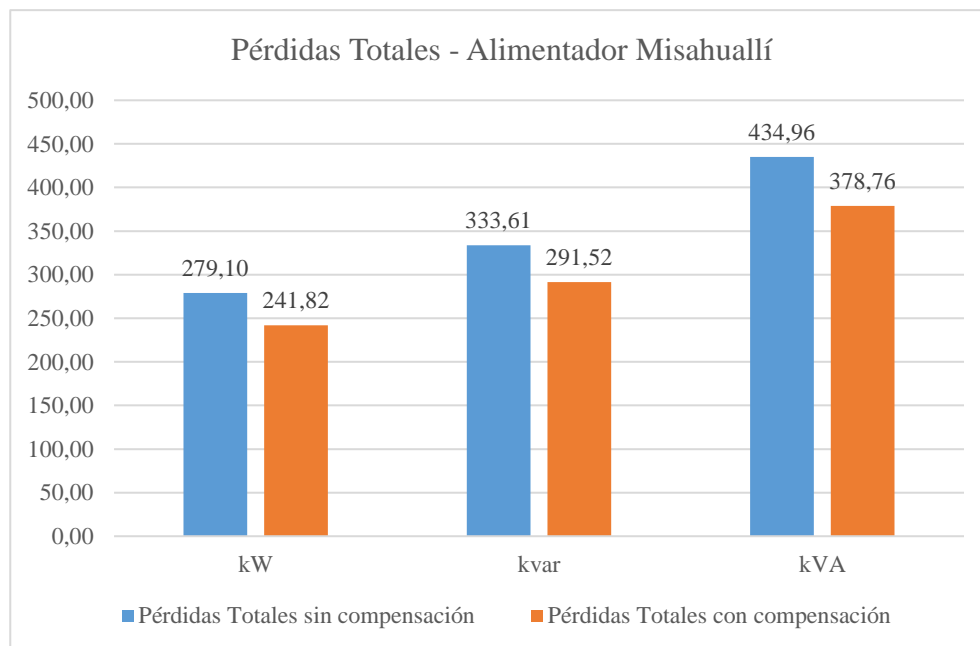


Figura 31. Comparación de Pérdidas Totales - Alimentador Misahuallí.

Fuente: Autor.

5.5. ANÁLISIS INTEGRAL DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Un análisis integral de los resultados correspondientes a los alimentadores Sumaco, Muyuna, Arosemena y Misahuallí nos permite analizar de forma global la influencia de la compensación de potencia reactiva sobre el comportamiento eléctrico del sistema de distribución asociado a las subestaciones Tena y Tena Norte, considerando el escenario de demanda máxima

Esta síntesis facilita la identificación precisa de los alimentadores que requerían intervención, así como la evaluación del impacto de la compensación sobre el fp, los perfiles de voltaje y la tendencia general en la minimización de las pérdidas técnicas.

Tabla 27. Resumen comparativo de resultados por Alimentador.

Alimentador	¿Se compensó?	Capacidad (kVAr)	FP Inicial	FP Final	V min inicial (p.u.)	V min final (p.u.)	Tendencia de pérdidas
Sumaco	Si	300	0,9263	0,9688	0,9055	0,9066	Reducción
Muyuna	Si	300	0,9554	0,9838	0,9352	0,9401	Reducción
Arosemena Tola	No	-	0,9965	-	0,9252	-	Sin cambios
Misahuallí	Si	1050	0,8247	0,9656	0,7892	0,8154	Reducción

5.5.1. Factor de potencia

En los alimentadores donde se aplicó compensación reactiva (Sumaco, Muyuna y Misahuallí), se evidenció una mejora significativa del factor de potencia, alcanzando e incluso superando el valor mínimo reglamentario de 0,96 manteniéndose dentro de los rangos permitidos por la Regulación ARCONEL No. 009/24 para sistemas de distribución en media tensión. Esta mejora permitió disminuir la demanda de potencia reactiva que proveniente desde la subestación, optimizando el aprovechamiento de la capacidad aparente disponible y reduciendo el flujo de la corriente reactiva en los tramos próximos a la subestación dentro de la red de distribución.

Por el contrario, el alimentador Arosemena presentó desde su condición inicial valores adecuados de factor de potencia, por lo que no se justificó la implementación de bancos de capacitores, lo cual confirma la importancia de un análisis individualizado por alimentador y evita intervenciones innecesarias.

5.5.2. Perfiles de voltaje

En los alimentadores compensados, los perfiles de voltaje evidenciaron una mejora generalizada, especialmente en los tramos intermedios y finales, donde previamente se registraban las mayores caídas de tensión en la condición base. El incremento del voltaje mínimo y del valor promedio refleja una mejora de calidad del suministro eléctrico bajo condiciones críticas de operación.

Por otro lado, en el alimentador Misahuallí, la compensación no logró homogeneizar completamente los perfiles de voltaje, lo que se refleja en un aumento de la desviación estándar, este comportamiento responde a la topología radial y a la longitud del alimentador, y no invalida la efectividad de la compensación, este resultado evidencia la necesidad de considerar estrategias complementarias en redes extensas.

Los resultados muestran que la mejora del factor de potencia no siempre se traduce en una recuperación completa de los niveles mínimos de voltaje en todos los nodos del sistema. Esta situación se presenta principalmente en los tramos más alejados de las subestaciones, donde la longitud del alimentador y la impedancia acumulada condicionan el perfil de tensión.

En estos casos, la compensación de potencia reactiva contribuye a reducir la corriente reactiva circulante y las pérdidas técnicas, pero no resulta suficiente, por sí sola, para corregir completamente las caídas de tensión en los tramos más distantes. Esto evidencia que la regulación de voltaje en redes extensas puede requerir, de forma complementaria, la aplicación de otras soluciones técnicas, tales como reguladores de tensión, ajustes de tomas en transformadores o esquemas de compensación adicionales.

5.5.3. Pérdidas técnicas

La disminución del flujo de corriente reactiva provocó una reducción de las pérdidas técnicas en los alimentadores que fueron compensados. En comparación con el escenario base, se evidenció una disminución de las pérdidas activas, lo que confirma que la compensación de potencia reactiva contribuye de manera directa a mejorar la eficiencia energética del sistema de distribución eléctrica.

La magnitud de la reducción de pérdidas varió entre alimentadores, en función de la demanda, la longitud de la red y la ubicación de los bancos de capacitores, siendo más significativa en aquellos con mayores niveles de potencia reactiva inicial.

6. CONCLUSIONES

A partir del desarrollo y evaluación del presente proyecto técnico, se establecen las siguientes conclusiones:

- El análisis exhaustivo de escenarios desarrollado en el presente estudio permitió evaluar de manera sistemática todas las combinaciones técnicamente viables definidas dentro del conjunto de nodos candidatos y capacidades de bancos de capacitores establecidas en la metodología. Para cada alimentador se analizaron múltiples alternativas de ubicación y dimensionamiento, considerando capacidades discretas de 200 y 300 [kVAr], así como ajustes específicos cuando fue necesario evitar condiciones de sobrecompensación, tal como se detalla en la Tabla 8. Este enfoque garantizó una comparación objetiva entre el estado inicial del sistema y los escenarios con compensación de potencia reactiva, permitiendo seleccionar configuraciones que maximizan el desempeño eléctrico global en términos de factor de potencia, perfiles de voltaje y reducción de pérdidas técnicas, en estricto cumplimiento de los criterios normativos y operativos definidos.
- Los resultados obtenidos confirman que la compensación de potencia reactiva mediante bancos de capacitores constituye una alternativa técnica eficaz para optimizar el desempeño

de los sistemas de distribución. Las simulaciones realizadas evidencian que una instalación estratégica de estos equipos permite elevar el factor de potencia hasta valores iguales o superiores a 0,96, en concordancia con la normativa técnica vigente, además de reducir la demanda de potencia reactiva desde la subestación.

- En el alimentador Sumaco, la implementación del banco de capacitores seleccionado permitió incrementar el factor de potencia desde valores inferiores a 0,96 hasta aproximadamente 0,97, lo que representa una mejora del orden del 4 % al 5 % respecto al estado inicial. Esta mejora se tradujo en una disminución significativa de la potencia reactiva demandada desde la subestación. Adicionalmente, se observó una mejora moderada pero consistente en los perfiles de voltaje, con un incremento del voltaje mínimo de 0,9055 p.u. a 0,9066 p.u. y una reducción de la desviación estándar, lo que indica una mayor uniformidad del perfil de tensión. Las pérdidas técnicas presentaron una reducción aproximada del 3,5 %, confirmando la relación directa entre la compensación reactiva y la disminución de las corrientes circulantes.
- En el alimentador Muyuna, la compensación implementada permitió alcanzar valores de factor de potencia superiores a 0,96, con una mejora porcentual comparable a la obtenida en el alimentador Sumaco. Asimismo, se registró una mejora en los perfiles de voltaje y una reducción de las pérdidas técnicas cercana al 3,32 %, lo que ratifica la efectividad de la compensación aplicada bajo el escenario de demanda máxima.
- En el alimentador Misahuallí, caracterizado por su mayor extensión y variabilidad de carga, la configuración final seleccionada, con una capacidad total instalada de 1050 [kVAr], permitió incrementar el factor de potencia hasta 0,9656, cumpliendo con los criterios normativos. La mejora en los perfiles de voltaje fue más significativa en los nodos ubicados en los tramos intermedios del alimentador, mientras que las pérdidas técnicas se redujeron aproximadamente en un 13,36 %, evidenciando un impacto favorable de la compensación distribuida.

- En contraste, el alimentador Arosemena Tola presentó desde el estado inicial valores de factor de potencia superiores al mínimo normativo, perfiles de voltaje dentro de los rangos permitidos y pérdidas técnicas aceptables. En consecuencia, no se justificó técnicamente la implementación de bancos de capacitores, evitando así posibles condiciones de sobrecompensación y la aparición de sobrevoltajes locales.
- El estudio permitió constatar que la compensación distribuida, ubicada en puntos intermedios y finales de los alimentadores, resulta más eficiente que una compensación concentrada, ya que contribuye a mejorar los perfiles de voltaje en una mayor extensión de la red y a reducir las pérdidas técnicas de manera global.
- Finalmente, el software CYME/CYMDIST demostró ser una herramienta confiable y adecuada para el análisis de compensación de potencia reactiva en redes de distribución, ya que sus módulos de flujo de carga y localización de capacitores permitieron reproducir el comportamiento del sistema eléctrico y evaluar de forma técnica y sistemática distintas alternativas de compensación.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar progresivamente bancos de capacitores en los alimentadores Sumaco y Muyuna que presentaron mayores beneficios técnicos priorizando los puntos identificados en este estudio, ya que se comprobó una mejora del fp superior al 4 % y reducción de pérdidas técnicas de hasta 3.5 %, y mejoras en la calidad de voltajes.
- Realizar estudios complementarios considerando escenarios de demanda mínima y media, ya que esto permitiría evaluar el comportamiento del sistema en condiciones no críticas y verificar la necesidad de estrategias de control adicionales para mantener el fp dentro de los límites normativos en todo el rango operativo.

- Para alimentadores con características similares al Arosemena Tola, se recomienda realizar únicamente un monitoreo periódico del factor de potencia y perfiles de voltaje, evitando una instalación innecesaria de compensación que podría conllevar a una sobrecompensación y problemas operativos.
- Finalmente, se recomienda institucionalizar el uso del análisis exhaustivo mediante herramientas de simulación como CYME/CYMDIST como metodología estándar para la planificación y optimización de redes de distribución, dado que permite tomar decisiones técnicas fundamentadas sin intervenir físicamente el sistema.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. A. Yebra Morón, *Sistemas Eléctricos de Distribución*, Primera ed., vol. 1. Barcelona, España: Reverté, S.A., 2009.
- [2] J. V. Chalco Simbaña, “Tratamiento de problemas de optimización en redes eléctricas de distribución radiales y desbalanceadas utilizando métodos iterativos programados en lenguaje Python,” Escuela Politécnica Nacional, 2024. [Online]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25818>
- [3] D. C. Monar Arguello, “Esquema de reconfiguración en la red eléctrica en el sistema de distribución considerando restricciones de voltaje,” Universidad Politécnica Salesiana, 2022. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22569>
- [4] D. R. Obregón Holguín and J. A. Zeas Mora, “Simulación y automatización del control de potencia reactiva para mejoramiento del factor de potencia,” Universidad Politécnica Salesiana, 2018. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15615>
- [5] K. P. Ramírez Encalada, “Óptima compensación de potencia reactiva en La Planta ASME (American Society Of Mechanical Engineer) de la empresa Sertecpet S.A. en la ciudad de Puerto Francisco de Orellana usando búsqueda exhaustiva,” Universidad Politécnica Salesiana, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/30480>
- [6] Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR)., “Sesión Extraordinaria de Directorio de 31 de julio de 2024,” pp. 1–93, 2024.
- [7] J. Méndez, “Corrector de factor de potencia reductor-elevador monofásico,” vol. 1, pp. 1–27, 2004, [Online]. Available: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/mendez_s_j/capitulo1.pdf
- [8] J. Dolores and J. Cervantes, *Sistemas de distribución de energía eléctrica*.
- [9] F. Clavijo, “Análisis de factibilidad para la compensación de reactivo en función del mínimo de pérdidas en redes de distribución,” Universidad Politécnica Salesiana, 2015. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8172>
- [10] A. J. Herrera Guato, “Mejoramiento de los perfiles de voltaje en sistemas de distribución mediante óptima ubicación de reguladores de tensión con cambiadores de derivación usando búsqueda exhaustiva,” 2021. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21341>
- [11] J. C. Vargas Bedón, “Óptima Compensación Fija De Potencia En Redes Eléctricas De Distribución Basada En Escenarios De Demanda Residencial,” Universidad Politécnica Salesiana, 2020.
- [12] R. Peña, H. Santillán, and J. Morales, “Análisis de Estabilidad de Voltaje en un Sistema de Subtransmisión, Mediante Curvas QV – PV y Análisis Modal,” 2021. doi:

10.29166/ingenio.v4i2.3165.

- [13] Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL)., “La Regulación No. ARCONEL 009/24 denominada «Calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica»,” no. February, pp. 4–6, 2024.
- [14] J. J. Arteaga Burgos and R. A. García Mora, “Análisis de compensación reactiva aplicado a un SEP estándar IEEE, mediante el software DigSilent PowerFactory,” Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/8652>
- [15] S. Soto and V. Hinojosa, “Stochastic optimal allocation of reactive power banks for system loss minimization,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 14, no. 4, 2016, doi: 10.1109/TLA.2016.7483543.
- [16] J. A. Rojas Gómez, “Óptima Compensación De La Potencia Reactiva En Redes De Distribución Eléctrica Basado En Simulated Annealing,” Universidad Politécnica Salesiana, 2017. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14229/6/UPS-KT01373.pdf>
- [17] O. D. Montoya, A. Garcés Ruiz, W. J. Gil Gonzáles, and A. Escobar Mejía, *Compensación de Potencia Reactiva en Sistemas de Distribución*. 2020.
- [18] N. R. Changuán Morillo, “Correccion del factor de potencia en las instalaciones de la editora nacional,,” Escuela Politécnica Nacional, 2001.
- [19] E. RTR, “Compensación de energía reactiva en Media Tensión.”
- [20] L. R. Araujo, D. R. R. Penido, S. Carneiro, and J. L. R. Pereira, “A Methodology for Optimization of Unbalanced Distribution Systems,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 11, no. 5, pp. 1182–1189, 2013, doi: 10.1109/TLA.2013.6684393.
- [21] S. R. R., “Estado del arte en la ubicación óptima de capacitores y estudio de optimalidad de la solución mediante búsqueda exhaustiva,” *Ing. e Investig.*, vol. 24, pp. 67–72, 2004, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64324310>
- [22] C. Quezada, J. Torres, and F. Quizhpi, “Optimal Location of Capacitor Banks by Implementing Heuristic Methods in Distribution Networks,” 2019. doi: 10.1109/CHILECON47746.2019.8987997.
- [23] Schneider Electric, “Power Monitoring Expert,” p. 1862, 2022, [Online]. Available: www.schneider-electric.com.mx
- [24] D. F. Cisneros Solórzano and J. A. Gutama Chuñir, “Guía de integración del software Power Monitoring Expert con los relés de protección Schneider P3L30, P5M30, P5F30 en el laboratorio de IEDS de la UPS Sede Cuenca,” Universidad Politécnica Salesiana, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24738>

9. ANEXOS

9.1. Datos reales extraídos del PME – Alimentador Sumaco.

Timest amp	Alimentador Sumaco	Alimentador Sumaco	Alimentador Sumaco	Alimentador Sumaco	Alimentador Sumaco	Alimentador Sumaco	Alimentador Sumaco	Alimentador Sumaco	Alimentador Sumaco
	EEASA.TENN_M_PRIM_079 I a avg	EEASA.TENN_M_PRI M_079 I b avg	EEASA.TENN_M_PRI M_079 I c avg	EEASA.TENN_M_PRI M_079 kVAr a avg	EEASA.TENN_M_PRI M_079 kVAr b avg	EEASA.TENN_M_PRI M_079 kVAr c avg	EEASA.TENN_M_PRI M_079 kW a avg	EEASA.TENN_M_PRI M_079 kW b avg	EEASA.TENN_M_PRI M_079 kW c avg
12/8/20 25 0:15	63,95	44,53	70,41	214,47	153,80	236,11	461,69	312,86	495,68
12/8/20 25 0:30	63,34	44,36	69,98	217,13	152,94	239,72	456,32	312,67	491,59
12/8/20 25 0:45	61,48	43,93	68,95	213,00	152,95	240,36	442,44	309,32	483,21
12/8/20 25 1:00	61,03	43,17	68,22	212,60	151,10	238,68	438,87	303,71	478,31
12/8/20 25 1:15	60,30	42,82	67,76	210,26	152,73	238,27	433,45	299,81	474,40
12/8/20 25 1:30	59,14	42,09	67,01	203,55	149,63	235,58	426,48	294,95	469,54
12/8/20 25 1:45	58,94	42,22	67,12	203,06	149,01	235,27	424,90	296,47	470,62
12/8/20 25 2:00	60,09	42,67	67,38	208,83	153,47	236,71	432,59	298,29	472,47
12/8/20 25 2:15	60,20	42,26	67,35	210,39	151,90	239,50	433,14	295,71	471,43
12/8/20 25 2:30	59,94	42,61	66,72	212,05	154,57	238,89	430,17	297,97	466,33
12/8/20 25 2:45	59,72	42,41	66,29	211,21	153,79	236,19	428,42	296,37	463,47
12/8/20 25 3:00	58,96	42,47	66,31	205,19	153,12	235,13	424,55	297,09	464,13
12/8/20 25 3:15	58,81	42,01	66,12	206,98	150,78	236,08	422,47	294,40	462,32
12/8/20 25 3:30	59,82	43,05	67,05	210,50	157,39	237,83	429,51	300,10	469,17
12/8/20 25 3:45	60,53	43,06	66,86	209,38	154,89	236,06	435,06	300,57	466,88
12/8/20 25 4:00	60,11	42,20	66,45	210,53	149,61	232,96	430,64	295,55	465,04
12/8/20 25 4:15	59,98	42,59	67,37	206,90	149,92	237,38	431,92	299,17	471,72
12/8/20 25 4:30	59,61	42,39	67,49	206,61	148,98	234,02	428,95	298,06	474,31
12/8/20 25 4:45	59,75	42,84	67,43	207,65	149,39	234,02	428,87	301,47	472,89
12/8/20 25 5:00	60,03	43,39	67,80	204,81	152,50	235,62	432,81	304,83	475,34
12/8/20 25 5:15	59,87	43,15	67,62	202,50	149,41	232,09	432,17	304,12	475,28
12/8/20 25 5:30	60,80	43,62	69,32	204,71	150,04	234,20	439,09	307,62	488,49
12/8/20 25 5:45	62,64	43,90	69,93	204,90	147,94	234,79	454,65	310,73	492,66
12/8/20 25 6:00	61,86	45,45	71,03	199,94	149,65	233,76	449,34	322,99	501,77

12/8/20 25 6:15	55,85	41,65	64,15	177,89	139,37	199,94	409,25	297,13	461,73
12/8/20 25 6:30	41,30	29,78	44,73	121,82	88,97	123,67	310,50	219,33	332,88
12/8/20 25 6:45	39,23	27,11	42,07	117,90	77,50	109,62	292,31	199,65	313,97
12/8/20 25 7:00	40,33	26,84	42,75	116,28	79,68	110,83	301,90	195,84	318,47
12/8/20 25 7:15	41,55	26,36	42,54	132,24	81,24	113,93	307,14	191,61	316,62
12/8/20 25 7:30	41,03	28,60	43,45	123,65	93,41	117,54	305,51	206,33	322,81
12/8/20 25 7:45	43,21	28,67	43,74	139,91	91,97	120,25	317,06	206,94	323,34
12/8/20 25 8:00	42,06	28,48	43,28	131,40	89,11	121,28	309,35	205,41	317,59
12/8/20 25 8:15	41,58	28,91	45,72	132,16	85,17	129,64	303,77	209,95	333,62
12/8/20 25 8:30	42,83	31,11	46,10	140,22	86,09	126,06	310,54	228,21	337,63
12/8/20 25 8:45	43,86	29,89	46,79	139,82	88,30	127,90	320,72	217,50	343,89
12/8/20 25 9:00	43,88	31,04	46,66	138,73	92,91	128,16	321,10	225,50	342,52
12/8/20 25 9:15	43,67	31,57	46,62	144,03	98,88	128,86	317,10	227,70	341,90
12/8/20 25 9:30	48,03	30,93	46,96	157,60	97,30	130,19	348,27	222,03	343,43
12/8/20 25 9:45	45,58	31,49	48,68	143,82	94,62	138,99	332,50	227,69	353,69
12/8/20 25 10:00	45,63	31,64	48,41	147,95	94,88	136,18	331,31	228,92	352,39
12/8/20 25 10:15	46,11	32,30	49,54	149,66	101,96	143,19	334,02	230,83	358,74
12/8/20 25 10:30	46,63	32,54	49,26	150,94	101,55	136,91	337,20	232,39	357,79
12/8/20 25 10:45	48,02	32,58	51,23	150,74	100,91	143,75	349,02	232,65	371,33
12/8/20 25 11:00	48,42	34,14	51,51	157,98	109,51	150,42	353,10	244,93	374,66
12/8/20 25 11:15	48,97	34,41	52,16	158,30	111,62	143,92	357,42	246,25	382,41
12/8/20 25 11:30	49,74	34,69	53,25	156,88	106,23	146,94	364,21	250,64	389,83
12/8/20 25 11:45	50,87	35,20	53,03	162,48	108,20	150,79	371,95	253,96	386,63
12/8/20 25 12:00	49,53	35,49	54,90	156,90	106,04	153,93	362,51	257,43	401,08
12/8/20 25 12:15	49,51	36,29	52,97	158,65	110,06	146,11	362,16	263,10	388,17
12/8/20 25 12:30	49,42	34,97	52,23	161,20	105,36	150,76	360,92	254,21	380,76
12/8/20 25 12:45	48,98	33,58	51,53	161,28	107,72	150,90	357,71	241,64	375,74

12/8/20 25 13:00	48,38	33,84	50,65	155,04	107,15	150,65	355,59	244,30	368,59
12/8/20 25 13:15	48,62	33,37	50,33	157,66	106,01	150,45	356,28	240,39	365,52
12/8/20 25 13:30	49,17	35,10	50,05	161,29	109,53	145,19	359,13	253,80	364,64
12/8/20 25 13:45	49,86	35,07	51,23	163,08	112,36	146,77	363,89	251,93	373,73
12/8/20 25 14:00	49,83	35,79	53,96	166,00	113,18	150,67	361,36	257,26	394,74
12/8/20 25 14:15	52,14	34,41	52,26	178,86	102,81	142,67	371,13	246,80	379,30
12/8/20 25 14:30	48,47	34,05	52,77	159,19	103,06	144,46	347,73	243,19	382,40
12/8/20 25 14:45	48,28	34,33	53,42	158,29	105,97	147,97	347,14	244,90	387,01
12/8/20 25 15:00	49,53	34,65	54,38	164,50	108,67	151,96	358,58	249,12	397,44
12/8/20 25 15:15	48,92	33,96	55,42	166,07	104,01	154,05	353,33	245,85	406,68
12/8/20 25 15:30	49,35	34,08	52,90	167,40	104,70	148,25	356,13	246,24	386,89
12/8/20 25 15:45	49,03	34,76	53,13	164,33	114,36	144,34	355,06	247,83	390,74
12/8/20 25 16:00	49,42	35,52	53,40	171,47	118,18	151,38	355,62	253,03	390,92
12/8/20 25 16:15	49,37	35,63	53,06	169,96	112,44	149,24	355,08	255,99	387,86
12/8/20 25 16:30	49,88	35,56	53,01	169,26	111,60	146,12	360,64	256,14	389,43
12/8/20 25 16:45	48,70	35,77	55,01	163,38	110,27	152,73	352,84	258,46	403,74
12/8/20 25 17:00	48,16	35,42	54,22	156,14	107,61	155,27	352,60	257,19	396,82
12/8/20 25 17:15	50,02	35,43	53,30	159,52	112,88	148,41	365,97	254,36	389,93
12/8/20 25 17:30	49,43	35,44	54,14	159,12	106,55	142,72	361,22	257,09	399,31
12/8/20 25 17:45	48,43	35,48	54,97	158,11	102,68	143,63	352,73	258,90	405,75
12/8/20 25 18:00	51,59	35,65	55,72	153,48	98,81	138,38	381,65	261,67	412,82
12/8/20 25 18:15	54,30	39,04	59,52	154,87	104,22	140,57	403,66	288,02	442,07

12/8/20 25 18:30	65,56	49,50	76,15	204,84	149,85	221,30	475,24	354,75	544,09
12/8/20 25 18:45	83,95	60,81	94,95	264,54	190,41	292,15	617,56	438,80	679,41
12/8/20 25 19:00	84,64	61,36	96,73	254,15	189,01	281,22	629,66	445,70	701,17
12/8/20 25 19:15	86,77	61,70	97,35	257,83	192,01	277,51	647,41	448,09	708,39
12/8/20 25 19:30	88,39	62,71	98,92	262,22	190,67	276,63	659,78	457,55	722,17
12/8/20 25 19:45	86,40	62,62	99,28	259,01	188,61	276,66	644,84	458,89	726,31
12/8/20 25 20:00	87,27	61,83	97,82	263,38	188,04	278,87	651,47	452,90	714,28
12/8/20 25 20:15	86,14	60,55	97,10	259,69	182,41	280,90	643,56	443,95	707,41
12/8/20 25 20:30	85,57	59,30	95,56	254,81	179,31	275,08	640,95	434,94	698,07
12/8/20 25 20:45	85,69	59,58	93,18	253,40	180,21	269,97	644,24	438,05	681,50
12/8/20 25 21:00	81,78	57,95	91,94	238,06	175,84	264,19	609,35	421,30	666,64
12/8/20 25 21:15	81,20	57,35	90,21	240,51	173,65	264,38	603,59	417,14	652,10
12/8/20 25 21:30	80,42	55,64	86,12	238,81	170,04	259,36	598,57	404,34	620,38
12/8/20 25 21:45	79,75	55,73	84,99	238,77	170,11	264,54	593,79	405,88	610,46
12/8/20 25 22:00	78,34	53,06	83,60	234,15	168,17	257,56	580,87	381,80	598,97
12/8/20 25 22:15	76,91	53,17	81,12	232,16	172,46	255,32	569,09	381,13	578,99
12/8/20 25 22:30	74,88	52,42	79,66	229,11	170,09	256,16	551,86	375,51	565,86
12/8/20 25 22:45	73,78	50,83	80,46	229,81	167,98	261,80	543,04	363,34	571,71
12/8/20 25 23:00	71,98	49,71	77,27	230,81	167,42	259,33	527,91	354,13	546,09
12/8/20 25 23:15	68,98	49,32	77,29	221,89	167,59	255,20	506,70	352,06	550,04
12/8/20 25 23:30	68,51	47,91	75,42	225,84	165,09	250,72	501,44	340,74	536,18
12/8/20 25 23:45	67,76	47,57	74,45	223,51	163,80	252,82	494,85	337,59	526,23

9.2. Reporte de flujo de carga en caso base – Alimentador Sumaco

Resumen total	kW	kVAr	kVA	FP (%)
Fuentes (Potencia de equilibrio)	1838,95	748,23	1985,34	92,63
Generadores	0,00	0,00	0,00	0,00
Producción total	1838,95	748,23	1985,34	92,63
Carga leída (no regulada)	1724,52	652,65	1843,88	93,53
Carga utilizada (regulada)	1724,81	652,96	1844,27	93,52
Condensadores shunt (regulados)	0,00	0,00	0,00	0,00
Reactancias shunt(reguladas)	0,00	0,00	0,00	0,00
Motores	0,00	0,00	0,00	0,00
Cargas totales	1724,81	652,96	1844,27	93,52
Capacitancia del cable	0,00	-2,83	2,83	0,00
Capacitancia de la línea	0,00	-79,11	79,11	0,00
Capacitancia shunt total	0,00	-81,94	81,94	0,00
Pérdidas en las líneas	72,41	99,72	123,24	58,76
Pérdidas en los cables	0,53	0,63	0,82	64,65
Pérdidas de carga del transformador	7,62	11,82	14,06	54,19
Pérdidas en vacío del transformador	33,63	65,09	73,27	45,90
Pérdidas totales	114,19	177,26	210,86	54,16

Condiciones anormales	Fase	Conteo	Peor caso	Valor
Sobrecarga	A	16	I1541952_MTA	100.07 %
	B	11	1542852_MTA	108.58 %
	C	10	I1686897_MTA	100.07 %
Subtensión	A	1535	IMTA_L_718333	91.02 %
	B	2913	MTA_L_296291	85.85 %
	C	3199	MTA_S_1049386	92.17 %
Sobretensión	A	0	IMTA_L_1150849	101.83 %
	B	0	IMTA_L_1251201	100.24 %
	C	0	IMTA_L_1542207	101.21 %

Costo anual de las pérdidas del sistema	kW	MW-h/año	k\$/año
Pérdidas en las líneas	72,41	634,32	63,43
Pérdidas en los cables	0,53	4,65	0,46
Pérdidas de carga del transformador	7,62	66,75	6,67
Pérdidas en vacío del transformador	33,63	294,62	29,46
Pérdidas totales	114,19	1000,34	100,03

9.3. Reporte de flujo de carga con compensación – Alimentador Sumaco

Resumen total	kW	kVAr	kVA	FP (%)
Fuentes (Potencia de equilibrio)	1834,68	469,06	1893,69	96,88
Generadores	0,00	0,00	0,00	0,00
Producción total	1834,68	469,06	1893,69	96,88
Carga leída (no regulada)	1724,52	652,65	1843,88	93,53
Carga utilizada (regulada)	1724,57	652,68	1843,94	93,53
Condensadores shunt (regulados)	0,00	-271,83	271,83	0,00
Reactancias shunt(reguladas)	0,00	0,00	0,00	0,00
Motores	0,00	0,00	0,00	0,00
Cargas totales	1724,57	380,85	1766,12	97,65
Capacitancia del cable	0,00	-2,84	2,84	0,00
Capacitancia de la línea	0,00	-79,40	79,40	0,00
Capacitancia shunt total	0,00	-82,24	82,24	0,00
Pérdidas en las líneas	67,94	92,68	114,91	59,12
Pérdidas en los cables	0,48	0,57	0,75	64,65
Pérdidas de carga del transformador	7,58	11,75	13,98	54,20
Pérdidas en vacío del transformador	33,79	65,47	73,67	45,86
Pérdidas en el condensador shunt	0,35	0,00	0,35	100,00
Pérdidas totales	110,14	170,47	202,95	54,27

Condiciones anormales	Fase	Conteo	Peor caso	Valor
Sobrecarga	A	16	I1541952_MTA	100.01 %
	B	11	1542852_MTA	108.57 %
	C	10	I1686897_MTA	100.01 %
Subtensión	A	1526	IMTA_L_718333	91.28 %
	B	2668	MTA_L_296291	86.76 %
	C	3144	MTA_L_1874075	91.94 %
Sobretensión	A	0	IMTA_L_1150849	101.84 %
	B	0	IMTA_L_1251201	100.25 %
	C	0	IMTA_L_1542207	100.96 %
Costo anual de las pérdidas del sistema	kW	MW-h/año	k\$/año	
Pérdidas en las líneas	67,94	595,12	59,51	
Pérdidas en los cables	0,48	4,23	0,42	
Pérdidas de carga del transformador	7,58	66,37	6,64	
Pérdidas en vacío del transformador	33,79	295,97	29,60	
Pérdidas en el condensador shunt	0,35	3,10	0,31	
Pérdidas totales	110,14	964,80	96,48	

9.4. Datos reales extraídos del PME – Alimentador Muyuna

Timest amp	Alimentador Muyuna	Alimentador Muyuna	Alimentador Muyuna	Alimentador Muyuna	Alimentador Muyuna	Alimentador Muyuna	Alimentador Muyuna	Alimentador Muyuna	Alimentador Muyuna
	EEASA.TENN_M_PRIM_080 I a avg	EEASA.TENN_M_PRI M_080 I b avg	EEASA.TENN_M_PRI M_080 I c avg	EEASA.TENN_M_PRI M_080 kVAr a avg	EEASA.TENN_M_PRI M_080 kVAr b avg	EEASA.TENN_M_PRI M_080 kVAr c avg	EEASA.TENN_M_PRI M_080 kW a avg	EEASA.TENN_M_PRI M_080 kW b avg	EEASA.TENN_M_PRI M_080 kW c avg
12/8/20 25 0:15	50,38	87,16	66,86	128,99	287,62	169,01	379,32	623,69	493,44
12/8/20 25 0:30	49,32	86,82	65,42	129,19	291,45	173,55	371,22	621,06	481,28
12/8/20 25 0:45	48,64	84,89	63,76	133,59	289,74	169,04	364,40	605,71	469,93
12/8/20 25 1:00	47,49	84,40	62,90	131,38	292,07	169,43	355,67	600,73	463,37
12/8/20 25 1:15	46,10	82,58	60,56	126,24	288,84	168,32	345,73	586,49	444,14
12/8/20 25 1:30	46,26	81,71	59,96	129,07	285,47	164,96	346,33	580,65	440,75
12/8/20 25 1:45	46,06	80,65	60,09	127,59	287,45	167,58	345,03	570,36	440,89
12/8/20 25 2:00	46,05	80,29	60,19	128,82	287,91	162,80	344,54	567,06	443,85
12/8/20 25 2:15	44,93	80,11	59,29	125,98	287,46	166,63	336,29	566,31	435,19
12/8/20 25 2:30	44,32	79,94	58,59	124,30	287,18	168,16	331,83	565,89	428,80
12/8/20 25 2:45	44,53	78,58	57,52	125,36	285,36	164,29	333,12	554,31	421,02
12/8/20 25 3:00	44,77	77,85	57,01	127,42	286,47	159,70	334,37	547,01	418,38
12/8/20 25 3:15	45,24	77,80	57,56	129,56	282,81	164,61	337,80	548,86	421,50
12/8/20 25 3:30	44,48	77,81	57,10	124,08	282,93	162,88	333,04	548,36	417,79
12/8/20 25 3:45	44,66	78,37	56,76	125,81	285,43	159,85	333,04	550,44	414,92
12/8/20 25 4:00	44,89	77,45	57,63	128,77	282,94	166,38	333,84	543,65	419,95
12/8/20 25 4:15	44,46	77,39	55,92	125,75	285,82	163,09	331,77	542,31	407,31
12/8/20 25 4:30	43,38	77,17	56,08	120,38	283,80	160,85	324,60	541,70	409,53
12/8/20 25 4:45	43,65	76,84	56,96	119,91	280,51	161,60	326,51	539,57	416,07
12/8/20 25 5:00	44,04	77,08	55,84	122,67	278,43	156,31	328,97	542,73	408,64
12/8/20 25 5:15	44,93	78,28	57,43	124,78	281,69	157,19	335,64	551,92	421,71
12/8/20 25 5:30	45,74	79,88	59,05	125,94	283,55	161,73	341,93	564,72	433,10
12/8/20 25 5:45	46,94	79,85	59,58	126,09	280,64	156,76	351,60	565,32	438,75
12/8/20 25 6:00	47,67	82,30	60,44	122,22	278,40	155,92	358,68	587,05	445,42
12/8/20 25 6:15	45,91	78,43	59,11	115,77	251,06	146,72	348,21	570,14	440,74
12/8/20 25 6:30	36,70	60,30	48,85	81,29	165,84	97,30	285,27	454,88	376,55

12/8/20 25 6:45	35,78	58,82	49,14	71,43	145,48	83,24	278,96	447,00	381,06
12/8/20 25 7:00	35,67	60,41	48,87	73,09	148,37	91,64	277,11	458,39	375,77
12/8/20 25 7:15	36,72	62,60	49,39	79,54	150,61	90,58	284,83	477,52	381,55
12/8/20 25 7:30	37,55	63,15	51,12	81,05	145,30	90,62	291,13	483,26	395,16
12/8/20 25 7:45	36,59	62,93	51,60	75,71	150,28	97,36	283,61	478,49	396,60
12/8/20 25 8:00	38,05	61,79	49,26	76,04	153,56	93,62	294,46	466,01	376,67
12/8/20 25 8:15	40,15	65,57	53,12	85,72	166,42	95,45	308,35	491,89	406,33
12/8/20 25 8:30	40,60	66,72	51,67	81,72	163,56	99,77	312,58	501,47	392,77
12/8/20 25 8:45	41,63	66,32	52,35	87,36	163,43	95,70	320,38	499,84	400,47
12/8/20 25 9:00	42,03	70,54	54,97	85,74	170,54	100,20	324,09	532,92	420,40
12/8/20 25 9:15	41,75	68,89	56,25	80,84	170,90	101,89	323,08	519,01	430,44
12/8/20 25 9:30	43,60	71,48	58,73	87,40	174,99	95,59	335,57	537,84	450,96
12/8/20 25 9:45	44,10	72,64	59,92	89,33	178,81	106,30	338,70	545,25	456,72
12/8/20 25 10:00	44,29	74,47	59,31	95,57	184,25	107,20	338,85	558,73	451,37
12/8/20 25 10:15	45,66	73,53	59,96	97,79	180,89	107,01	349,02	550,17	455,95
12/8/20 25 10:30	48,24	76,10	60,95	97,47	181,02	103,22	369,53	569,77	463,65
12/8/20 25 10:45	49,27	76,68	62,47	104,09	192,26	107,91	375,74	570,28	474,18
12/8/20 25 11:00	49,52	77,49	66,67	113,28	197,24	116,43	378,71	581,43	510,54
12/8/20 25 11:15	51,40	79,25	69,02	112,60	197,52	122,33	394,40	595,54	528,01
12/8/20 25 11:30	51,05	78,62	66,38	119,10	194,50	120,08	389,07	590,48	506,36
12/8/20 25 11:45	51,15	81,61	65,01	121,46	202,73	121,73	389,25	612,20	494,79
12/8/20 25 12:00	51,60	82,83	66,26	122,70	205,50	126,57	392,82	621,45	503,48
12/8/20 25 12:15	51,01	83,10	67,13	116,44	209,96	134,12	390,16	623,41	509,21
12/8/20 25 12:30	51,07	83,27	66,05	113,72	217,67	127,42	392,23	623,69	502,96
12/8/20 25 12:45	51,04	82,15	66,84	113,09	216,20	132,12	392,84	615,86	509,46
12/8/20 25 13:00	50,52	81,62	64,50	111,74	209,80	127,89	389,37	613,87	491,79

12/8/20 25 13:15	49,62	79,05	64,26	109,83	204,63	125,97	381,90	593,21	489,83
12/8/20 25 13:30	51,11	80,08	65,22	107,65	209,21	126,42	394,49	599,69	496,70
12/8/20 25 13:45	51,38	81,74	65,19	107,85	210,99	127,81	396,09	612,29	495,44
12/8/20 25 14:00	54,05	82,38	66,03	115,15	211,73	126,48	415,34	616,03	501,51
12/8/20 25 14:15	53,02	83,78	65,57	117,44	209,06	119,60	401,50	621,47	494,49
12/8/20 25 14:30	53,95	83,27	67,11	116,12	200,92	124,45	409,24	618,85	505,12
12/8/20 25 14:45	53,08	83,38	68,03	116,52	205,61	126,22	402,55	619,81	512,61
12/8/20 25 15:00	53,52	82,11	68,76	123,56	205,42	132,55	407,74	615,37	521,70
12/8/20 25 15:15	53,41	83,32	68,56	128,22	210,55	130,87	406,39	625,63	521,93
12/8/20 25 15:30	52,87	83,07	68,02	124,97	211,87	128,91	402,43	622,23	517,56
12/8/20 25 15:45	52,11	84,28	68,44	121,35	219,21	130,60	397,48	630,21	521,00
12/8/20 25 16:00	51,59	83,06	67,55	122,90	215,73	127,54	392,94	621,56	515,15
12/8/20 25 16:15	51,35	81,30	67,60	120,16	210,54	126,68	391,11	607,31	514,55
12/8/20 25 16:30	51,76	81,88	67,66	123,45	210,92	126,55	394,16	613,03	516,23
12/8/20 25 16:45	51,93	80,89	66,60	119,02	213,84	120,95	396,78	603,69	509,10
12/8/20 25 17:00	49,67	79,39	65,12	117,16	205,12	121,38	379,81	595,35	498,07
12/8/20 25 17:15	47,45	77,23	64,36	107,20	194,69	115,47	362,84	579,28	491,69
12/8/20 25 17:30	47,44	76,92	62,72	101,50	191,53	119,50	364,64	577,85	477,73
12/8/20 25 17:45	46,28	75,40	61,60	100,62	182,50	116,69	355,24	568,21	469,14
12/8/20 25 18:00	45,76	75,65	61,88	97,85	183,52	115,14	351,39	569,64	471,31
12/8/20 25 18:15	49,30	80,48	66,54	97,54	174,63	123,76	380,13	611,69	505,81
12/8/20 25 18:30	56,78	93,33	75,53	129,89	241,48	154,40	428,62	689,38	563,65

12/8/20 25 18:45	65,77	114,41	87,57	157,81	326,85	193,46	500,91	844,16	655,23
12/8/20 25 19:00	69,20	119,53	91,19	157,56	322,48	195,88	531,24	892,29	686,19
12/8/20 25 19:15	69,50	120,91	93,84	154,90	324,32	192,95	534,89	904,36	708,84
12/8/20 25 19:30	70,72	120,42	94,73	154,33	320,93	193,62	545,11	901,33	715,66
12/8/20 25 19:45	71,96	122,00	93,66	154,29	316,19	183,77	556,40	918,05	710,25
12/8/20 25 20:00	70,99	120,57	93,73	150,17	311,96	188,31	549,97	908,31	710,63
12/8/20 25 20:15	71,06	123,47	94,60	151,31	316,15	188,46	550,55	931,50	717,79
12/8/20 25 20:30	71,48	120,26	94,79	153,10	314,97	185,94	554,08	905,71	721,25
12/8/20 25 20:45	69,05	119,65	93,39	148,05	315,88	189,64	536,21	901,83	710,15
12/8/20 25 21:00	69,56	118,63	92,79	143,51	308,26	181,18	536,65	886,81	700,97
12/8/20 25 21:15	69,13	116,36	91,34	150,30	296,43	179,94	531,22	871,96	689,53
12/8/20 25 21:30	68,12	118,97	92,10	147,85	306,29	186,54	524,34	892,30	695,15
12/8/20 25 21:45	67,40	115,62	92,22	145,89	304,65	184,99	519,79	865,86	698,11
12/8/20 25 22:00	66,30	113,51	89,11	142,59	308,59	174,36	509,32	843,15	672,79
12/8/20 25 22:15	64,76	108,31	85,83	143,55	306,02	178,18	496,39	800,33	645,59
12/8/20 25 22:30	62,80	105,28	83,52	138,46	305,02	176,42	481,04	774,91	627,21
12/8/20 25 22:45	60,24	105,58	82,49	136,15	298,41	172,88	461,13	781,80	621,10
12/8/20 25 23:00	58,55	101,94	78,60	138,49	290,95	179,71	447,16	754,17	588,51
12/8/20 25 23:15	55,78	97,77	74,63	137,31	300,26	176,65	425,19	717,08	558,40
12/8/20 25 23:30	54,99	95,18	72,62	136,63	297,15	169,08	419,39	696,20	544,73
12/8/20 25 23:45	54,34	91,63	72,63	138,48	292,73	175,46	412,51	665,68	542,47

9.5. Reporte de flujo de carga en caso base – Alimentador Muyuna

Resumen total	kW	kVAr	kVA	FP (%)
Fuentes (Potencia de equilibrio)	2196,85	678,89	2299,36	95,54
Generadores	0,00	0,00	0,00	0,00
Producción total	2196,85	678,89	2299,36	95,54
Carga leída (no regulada)	2110,25	597,24	2193,13	96,22
Carga utilizada (regulada)	2110,05	596,96	2192,87	96,22
Condensadores shunt (regulados)	0,00	0,00	0,00	0,00
Reactancias shunt(reguladas)	0,00	0,00	0,00	0,00
Motores	0,00	0,00	0,00	0,00
Cargas totales	2110,05	596,96	2192,87	96,22
Capacitancia del cable	0,00	-32,11	32,11	0,00
Capacitancia de la línea	0,00	-19,83	19,83	0,00
Capacitancia shunt total	0,00	-51,94	51,94	0,00
Pérdidas en las líneas	50,60	75,44	90,84	55,71
Pérdidas en los cables	6,93	3,69	7,85	88,23
Pérdidas de carga del transformador	10,06	16,52	19,34	52,01
Pérdidas en vacío del transformador	19,25	38,22	42,80	44,97
Pérdidas totales	86,84	133,88	159,57	54,42

Condiciones anormales	Fase	Conteo	Peor caso	Valor
Sobrecarga	A	0	I1028214_MTA	99.99 %
	B	0	I1669922_MTA	100.00 %
	C	0	I650869_MTA	99.98 %
Subtensión	A	842	1373547_MTA	94.41 %
	B	715	1618414_MTA	93.96 %
	C	2265	728249_MTA	92.11 %
Sobretensión	A	0	IMTS_L_158964	100.68 %
	B	0	IMTS_L_345297	100.43 %
	C	0	IMTS_L_158964	99.81 %

Costo anual de las pérdidas del sistema	kW	MW-h/año	k\$/año
Pérdidas en las líneas	50,60	443,28	44,33
Pérdidas en los cables	6,93	60,67	6,07
Pérdidas de carga del transformador	10,06	88,12	8,81
Pérdidas en vacío del transformador	19,25	168,61	16,86
Pérdidas totales	86,84	760,68	76,07

9.6. Reporte de flujo de carga con compensación – Alimentador Muyuna

Resumen total	kW	kVAr	kVA	FP (%)
Fuentes (Potencia de equilibrio)	2193,96	400,18	2230,16	98,38
Generadores	0,00	0,00	0,00	0,00
Producción total	2193,96	400,18	2230,16	98,38
Carga leída (no regulada)	2110,25	597,24	2193,13	96,22
Carga utilizada (regulada)	2110,04	596,95	2192,86	96,22
Condensadores shunt (regulados)	0,00	-273,79	273,79	0,00
Reactancias shunt(reguladas)	0,00	0,00	0,00	0,00
Motores	0,00	0,00	0,00	0,00
Cargas totales	2110,04	323,16	2134,64	98,85
Capacitancia del cable	0,00	-32,39	32,39	0,00
Capacitancia de la línea	0,00	-20,00	20,00	0,00
Capacitancia shunt total	0,00	-52,38	52,38	0,00
Pérdidas en las líneas	47,81	71,06	85,65	55,82
Pérdidas en los cables	6,41	3,43	7,27	88,20
Pérdidas de carga del transformador	9,97	16,37	19,17	52,01
Pérdidas en vacío del transformador	19,42	38,56	43,17	44,98
Pérdidas en el condensador shunt	0,33	0,00	0,33	100,00
Pérdidas totales	83,95	129,42	154,26	54,42

Condiciones anormales	Fase	Conteo	Peor caso	Valor
Sobrecarga	A	0	I1028214_MTA	99.99 %
	B	0	I1669922_MTA	100.00 %
	C	0	I650869_MTA	99.98 %
Subtensión	A	231	1373547_MTA	94.89 %
	B	351	1618414_MTA	94.44 %
	C	2079	728249_MTA	92.60 %
Sobretensión	A	0	IMTS_L_158964	100.68 %
	B	0	IMTS_L_345297	100.47 %
	C	0	IMTS_L_158964	99.81 %
Costo anual de las pérdidas del sistema	kW	MW-h/año	k\$/año	
Pérdidas en las líneas	47,81	418,84	41,88	
Pérdidas en los cables	6,41	56,17	5,62	
Pérdidas de carga del transformador	9,97	87,35	8,73	
Pérdidas en vacío del transformador	19,42	170,10	17,01	
Pérdidas en el condensador shunt	0,33	2,93	0,29	
Pérdidas totales	83,95	735,39	73,54	

9.7. Datos reales extraídos del PME – Alimentador Arosemena Tola.

Timestamp	Alimentador Arosemena Tola - EEASA.TENA_M_PRI M_068 l a avg	Alimentador Arosemena Tola - EEASA.TENA_M_PRI M_068 l b avg	Alimentador Arosemena Tola - EEASA.TENA_M_PRI M_068 l c avg	Alimentador Arosemena Tola - EEASA.TENA_M_PRI M_068 kVAr a avg	Alimentador Arosemena Tola - EEASA.TENA_M_PRI M_068 kVAr b avg	Alimentador Arosemena Tola - EEASA.TENA_M_PRI M_068 kVAr c avg	Alimentador Arosemena Tola - EEASA.TENA_M_PRI M_068 kW a avg	Alimentador Arosemena Tola - EEASA.TENA_M_PRI M_068 kW b avg	Alimentador Arosemena Tola - EEASA.TENA_M_PRI M_068 kW c avg
12/6/20 25 0:00	20,17	23,22	22,32	9,31	4,72	-0,48	161,23	184,79	176,51
12/6/20 25 0:15	18,85	21,78	20,96	8,28	4,42	-1,21	151,18	173,74	166,19
12/6/20 25 0:30	15,68	18,11	17,49	6,16	3,56	-2,20	125,78	144,59	138,71
12/6/20 25 0:45	17,02	19,87	18,65	8,03	4,54	-1,70	136,80	158,92	148,02
12/6/20 25 1:00	19,41	22,87	21,94	8,57	2,95	-2,75	156,24	183,34	174,48
12/6/20 25 1:15	15,64	18,31	17,78	5,78	2,15	-2,34	125,86	146,82	141,23
12/6/20 25 1:30	17,53	20,62	20,09	5,79	1,38	-1,76	141,13	165,36	159,62
12/6/20 25 1:45	17,19	20,19	19,59	6,36	2,42	-2,17	138,55	162,02	155,86
12/6/20 25 2:00	16,02	18,79	18,12	5,89	3,12	-1,93	129,37	151,14	144,34
12/6/20 25 2:15	18,16	21,20	20,51	6,78	2,94	-3,65	146,51	170,52	163,27
12/6/20 25 2:30	14,22	16,60	16,09	5,51	2,56	-3,35	114,72	133,48	128,13
12/6/20 25 2:45	15,42	17,70	17,40	4,97	1,80	-3,13	124,53	142,30	138,55
12/6/20 25 3:00	18,59	21,26	21,15	7,52	2,59	-2,66	150,29	171,30	168,80
12/6/20 25 3:15	15,31	17,85	17,55	4,32	0,38	-2,18	123,76	143,64	139,91
12/6/20 25 3:30	15,17	17,33	17,12	4,73	0,66	-3,28	122,66	139,47	136,40
12/6/20 25 3:45	15,84	18,05	17,85	5,90	2,06	-3,42	128,10	145,41	142,39
12/6/20 25 4:00	18,36	21,22	20,86	5,08	1,95	-3,40	148,66	171,12	166,49
12/6/20 25 4:15	17,20	19,72	19,46	4,44	1,21	-3,57	139,44	159,08	155,35
12/6/20 25 4:30	15,86	18,16	18,21	4,02	-0,10	-4,62	128,38	146,33	145,19
12/6/20 25 4:45	20,21	23,08	22,92	5,97	0,89	-6,57	161,39	183,32	180,31
12/6/20 25 5:00	16,12	18,20	18,22	5,24	-1,74	-5,19	127,52	143,26	142,07
12/6/20 25 5:15	17,83	20,73	20,78	2,77	-1,59	-3,87	141,00	163,25	162,02
12/6/20 25 5:30	17,39	20,06	19,91	3,16	-1,71	-4,90	137,25	157,65	154,72
12/6/20 25 5:45	18,14	21,30	20,75	2,69	-1,69	-5,90	142,95	166,98	160,94
12/6/20 25 6:00	20,57	23,77	23,07	5,31	-1,76	-6,24	161,88	186,07	178,63

12/6/20 25 6:15	17,48	20,50	19,96	-7,93	-18,09	-19,45	137,89	160,12	154,28
12/6/20 25 6:30	13,14	15,41	14,48	-25,20	-38,19	-44,76	101,89	116,47	105,19
12/6/20 25 6:45	14,82	17,79	16,49	-26,70	-45,42	-55,54	115,51	134,46	118,40
12/6/20 25 7:00	16,96	20,61	19,08	-35,78	-54,26	-63,28	129,22	153,22	135,75
12/6/20 25 7:15	19,29	22,77	21,60	-37,91	-56,11	-69,77	147,75	170,25	154,79
12/6/20 25 7:30	19,79	22,95	21,86	-37,20	-58,18	-68,92	151,97	170,71	157,34
12/6/20 25 7:45	23,86	27,78	26,19	-39,06	-65,90	-77,37	184,50	208,09	190,53
12/6/20 25 8:00	25,52	30,04	28,66	-39,40	-65,65	-79,96	197,58	226,54	210,04
12/6/20 25 8:15	22,88	27,45	26,26	-32,69	-50,45	-67,55	178,28	210,68	195,35
12/6/20 25 8:30	27,11	31,72	31,06	-38,94	-61,77	-83,74	211,42	242,50	229,60
12/6/20 25 8:45	25,50	29,81	29,15	-37,29	-64,53	-78,01	198,23	225,68	215,32
12/6/20 25 9:00	23,78	28,63	27,86	-36,67	-59,88	-74,22	184,48	217,57	205,86
12/6/20 25 9:15	26,31	31,40	29,50	-36,51	-61,73	-77,63	205,42	240,16	218,91
12/6/20 25 9:30	27,20	31,27	29,88	-34,36	-58,45	-79,71	216,45	243,70	225,43
12/6/20 25 9:45	31,72	35,96	34,24	-33,73	-63,93	-93,17	253,57	281,33	257,86
12/6/20 25 10:00	26,78	30,87	29,16	-33,01	-55,68	-79,49	212,87	240,90	219,03
12/6/20 25 10:15	30,97	36,52	34,01	-43,78	-65,19	-99,20	244,68	284,74	252,68
12/6/20 25 10:30	28,12	33,42	30,77	-40,08	-60,39	-90,19	221,51	259,70	227,72
12/6/20 25 10:45	29,17	34,98	31,62	-37,45	-51,07	-91,05	230,29	274,43	234,43
12/6/20 25 11:00	30,07	37,91	33,39	-34,44	-48,48	-95,57	238,71	299,29	248,68
12/6/20 25 11:15	27,96	37,81	30,08	-31,67	-28,19	-80,19	222,03	301,24	226,21
12/6/20 25 11:30	28,48	39,11	31,94	-35,28	-36,74	-79,01	225,58	310,19	241,99
12/6/20 25 11:45	33,73	44,44	36,59	-39,16	-41,65	-94,38	266,65	351,15	275,07
12/6/20 25 12:00	30,85	41,34	33,18	-42,48	-40,61	-83,98	243,06	326,90	250,34
12/6/20 25 12:15	31,06	42,26	33,28	-38,14	-38,48	-85,53	245,92	334,87	251,05
12/6/20 25 12:30	32,90	44,92	35,73	-43,46	-44,23	-90,22	259,88	355,29	269,93
12/6/20 25 12:45	31,11	42,17	33,23	-39,74	-40,24	-86,25	245,58	333,19	249,66

12/6/20 25 13:00	29,32	39,43	31,01	-37,52	-29,14	-80,11	231,28	312,69	232,99
12/6/20 25 13:15	27,21	36,25	29,17	-30,13	-28,86	-71,14	215,40	287,49	220,61
12/6/20 25 13:30	28,16	38,70	29,69	-32,06	-28,38	-77,19	222,45	306,48	222,22
12/6/20 25 13:45	29,30	40,19	31,01	-31,86	-27,45	-77,56	231,54	318,11	233,17
12/6/20 25 14:00	28,80	40,30	31,31	-26,76	-25,67	-70,72	227,64	318,56	237,32
12/6/20 25 14:15	33,41	46,49	35,93	-28,39	-27,06	-70,19	263,87	366,84	274,61
12/6/20 25 14:30	28,82	38,90	29,92	-23,05	-23,47	-59,67	227,33	306,07	227,70
12/6/20 25 14:45	29,39	40,58	31,86	-22,97	-28,44	-60,65	231,78	318,78	243,17
12/6/20 25 15:00	34,48	47,13	35,98	-25,75	-30,12	-71,00	271,94	370,25	273,67
12/6/20 25 15:15	30,71	41,09	32,89	-23,81	-27,21	-64,24	241,38	321,94	249,92
12/6/20 25 15:30	31,60	43,53	34,39	-26,98	-28,48	-64,62	246,86	339,62	260,84
12/6/20 25 15:45	26,15	35,89	27,33	-20,18	-19,63	-53,83	204,51	280,46	206,70
12/6/20 25 16:00	29,19	41,24	31,47	-20,48	-20,20	-61,31	229,89	324,00	239,65
12/6/20 25 16:15	28,96	40,86	32,03	-20,88	-26,49	-60,26	228,58	321,14	244,98
12/6/20 25 16:30	29,17	40,55	31,08	-19,70	-22,23	-61,67	230,13	319,07	236,78
12/6/20 25 16:45	27,68	38,68	30,29	-18,02	-19,20	-60,14	218,77	304,86	231,07
12/6/20 25 17:00	26,67	38,09	29,80	-21,25	-22,55	-62,64	210,82	300,58	227,03
12/6/20 25 17:15	26,61	37,66	29,37	-25,75	-30,19	-64,18	210,14	296,81	223,14
12/6/20 25 17:30	29,37	40,49	33,13	-33,04	-33,97	-72,11	231,42	318,76	251,88
12/6/20 25 17:45	28,71	37,57	32,21	-28,33	-32,31	-71,56	227,13	295,95	244,64
12/6/20 25 18:00	31,10	40,86	34,45	-37,27	-35,82	-77,39	245,01	321,57	261,52
12/6/20 25 18:15	37,35	48,26	41,32	-1,19	11,35	-31,80	292,58	375,31	318,59

12/6/20 25 18:30	43,69	55,54	48,38	27,26	49,58	7,82	337,17	423,76	369,29
12/6/20 25 18:45	49,00	64,29	55,17	29,60	47,90	12,71	378,39	491,77	420,39
12/6/20 25 19:00	52,53	67,93	58,12	29,67	50,25	10,50	406,48	520,09	442,92
12/6/20 25 19:15	43,15	57,37	47,75	25,51	41,86	8,87	334,19	439,77	363,99
12/6/20 25 19:30	47,01	62,14	51,73	23,67	39,76	8,28	364,20	476,57	394,29
12/6/20 25 19:45	44,76	59,42	49,30	21,97	41,71	5,91	347,19	455,78	376,34
12/6/20 25 20:00	42,12	60,31	49,25	10,24	39,97	5,85	326,12	463,54	376,71
12/6/20 25 20:15	43,60	63,02	50,72	11,99	41,75	5,48	340,38	486,16	389,60
12/6/20 25 20:30	38,79	55,44	45,12	10,99	38,19	5,13	303,00	427,67	346,76
12/6/20 25 20:45	42,40	62,05	49,71	11,10	44,25	3,57	331,16	478,73	382,26
12/6/20 25 21:00	43,50	63,20	50,83	11,12	39,85	3,18	340,11	488,87	391,43
12/6/20 25 21:15	40,31	58,02	47,50	9,01	36,27	1,17	314,93	448,09	365,88
12/6/20 25 21:30	40,42	57,15	47,58	10,66	34,83	0,98	316,43	442,53	367,58
12/6/20 25 21:45	38,70	56,07	45,06	6,17	37,19	-2,82	303,35	434,51	348,37
12/6/20 25 22:00	38,22	56,94	45,31	5,69	35,35	0,57	300,05	442,04	351,17
12/6/20 25 22:15	43,53	63,55	50,91	10,40	43,36	-2,38	343,57	495,35	396,49
12/6/20 25 22:30	39,89	58,04	47,36	8,12	35,86	-2,20	314,75	452,41	368,64
12/6/20 25 22:45	33,74	48,93	40,31	6,59	32,43	-0,57	266,35	381,74	314,43
12/6/20 25 23:00	35,52	51,42	41,98	5,16	37,81	-1,31	281,24	402,09	328,15
12/6/20 25 23:15	31,13	44,86	36,94	4,54	31,28	-3,18	246,85	351,66	289,07
12/6/20 25 23:30	27,75	40,46	33,33	3,32	25,83	-0,70	220,30	318,05	261,30
12/6/20 25 23:45	21,91	32,07	26,46	1,38	20,78	-1,09	174,32	252,63	207,66

9.8. Reporte de flujo de carga sin intervención – Alimentador Arosemena

Resumen total	kW	kVAr	kVA	FP (%)
Fuentes (Potencia de equilibrio)	2084,69	173,90	2091,93	99,65
Generadores	0,00	0,00	0,00	0,00
Producción total	2084,69	173,90	2091,93	99,65
Carga leída (no regulada)	1975,36	126,39	1979,40	99,80
Carga utilizada (regulada)	1963,14	120,18	1966,82	99,81
Condensadores shunt (regulados)	0,00	0,00	0,00	0,00
Reactancias shunt(reguladas)	0,00	0,00	0,00	0,00
Motores	0,00	0,00	0,00	0,00
Cargas totales	1963,14	120,18	1966,82	99,81
Capacitancia del cable	0,00	-24,73	24,73	0,00
Capacitancia de la línea	0,00	-84,82	84,82	0,00
Capacitancia shunt total	0,00	-109,55	109,55	0,00
Pérdidas en las líneas	61,91	76,07	98,08	63,12
Pérdidas en los cables	11,79	8,93	14,79	79,72
Pérdidas de carga del transformador	7,75	12,04	14,32	54,14
Pérdidas en vacío del transformador	40,10	66,24	77,43	51,78
Pérdidas totales	121,55	163,28	203,55	59,71

Condiciones anormales	Fase	Conteo	Peor caso	Valor
Sobrecarga	A	1	651546_MTA	105.56 %
	B	1	650303_MTA	102.82 %
	C	0	I1205427_MTA	99.99 %
Subtensión	A	3987	724497_MTA	92.81 %
	B	5349	IMTA_S_1020593	92.49 %
	C	5031	MTA_S_1224665	91.84 %
Sobretensión	A	0	IMTA_L_866159	101.01 %
	B	0	IMTA_L_651578	100.77 %
	C	0	IMTA_L_548191	100.44 %

Costo anual de las pérdidas del sistema	kW	MW-h/año	k\$/año
Pérdidas en las líneas	61,91	542,30	54,23
Pérdidas en los cables	11,79	103,31	10,33
Pérdidas de carga del transformador	7,75	67,89	6,79
Pérdidas en vacío del transformador	40,10	351,24	35,12
Pérdidas totales	121,55	1064,75	106,47

9.9. Datos reales extraídos del PME – Alimentador Misahuallí

Timest amp	Alimentador Misahuallí - EEASA.TENA_M_PRIM_054 I a avg	Alimentador Misahuallí - EEASA.TENA_M_PRIM_054 I b avg	Alimentador Misahuallí - EEASA.TENA_M_PRIM_054 I c avg	Alimentador Misahuallí - EEASA.TENA_M_PRIM_054 kVAr a avg	Alimentador Misahuallí - EEASA.TENA_M_PRIM_054 kVAr b avg	Alimentador Misahuallí - EEASA.TENA_M_PRIM_054 kVAr c avg	Alimentador Misahuallí - EEASA.TENA_M_PRIM_054 kW a avg	Alimentador Misahuallí - EEASA.TENA_M_PRIM_054 kW b avg	Alimentador Misahuallí - EEASA.TENA_M_PRIM_054 kW c avg
12/8/20 25 0:15	52,70	73,80	61,74	173,78	231,16	194,42	383,37	542,14	449,97
12/8/20 25 0:30	52,36	72,96	61,45	172,69	230,55	195,72	381,80	536,86	448,11
12/8/20 25 0:45	51,62	72,32	60,15	170,41	230,31	191,79	376,82	531,96	439,11
12/8/20 25 1:00	51,33	71,35	60,09	169,66	226,23	193,21	374,70	525,64	438,40
12/8/20 25 1:15	51,66	71,63	59,74	172,54	228,18	192,14	376,37	527,19	435,68
12/8/20 25 1:30	51,46	70,92	59,58	173,09	227,78	192,22	374,54	521,29	434,64
12/8/20 25 1:45	51,25	70,85	59,66	173,88	226,58	193,40	372,23	521,32	434,76
12/8/20 25 2:00	51,43	69,74	59,29	175,38	224,59	193,27	373,21	512,54	431,85
12/8/20 25 2:15	50,60	69,41	58,19	170,33	226,18	190,15	368,44	509,41	424,02
12/8/20 25 2:30	50,77	69,19	58,78	171,46	225,31	192,22	369,71	508,39	428,50
12/8/20 25 2:45	50,40	69,49	58,38	168,86	226,14	189,01	367,26	510,28	426,12
12/8/20 25 3:00	50,33	68,61	57,80	170,17	222,60	186,87	366,11	503,85	421,82
12/8/20 25 3:15	50,49	68,77	57,58	171,87	224,41	187,75	366,97	504,61	419,67
12/8/20 25 3:30	50,38	68,44	57,73	167,85	224,05	188,48	367,53	501,64	420,23
12/8/20 25 3:45	50,49	68,38	57,97	170,01	222,58	188,83	366,40	500,40	421,15
12/8/20 25 4:00	50,27	68,99	57,78	168,37	226,76	185,63	365,05	503,91	421,07
12/8/20 25 4:15	50,39	68,27	57,66	168,09	220,22	183,79	366,77	501,12	421,48
12/8/20 25 4:30	50,47	68,29	58,09	170,06	219,83	184,80	366,84	501,58	424,72
12/8/20 25 4:45	50,41	68,34	57,57	168,01	220,90	182,88	366,47	500,77	420,34
12/8/20 25 5:00	50,81	69,50	58,19	168,22	222,41	181,97	370,00	510,28	426,07
12/8/20 25 5:15	51,85	69,44	58,52	170,25	222,32	183,63	378,28	509,83	428,36
12/8/20 25 5:30	51,73	69,80	59,76	168,23	218,55	184,50	377,91	514,21	438,30
12/8/20 25 5:45	52,15	70,28	59,73	166,84	220,86	183,33	381,78	516,97	438,00
12/8/20 25 6:00	52,39	70,19	59,99	166,07	214,38	179,54	383,88	518,07	441,07
12/8/20 25 6:15	41,56	60,31	48,58	110,39	171,60	126,43	315,10	453,67	366,62
12/8/20 25 6:30	30,03	42,67	36,67	68,89	118,69	91,99	232,94	324,77	280,36

12/8/20 25 6:45	28,50	43,34	37,27	60,78	106,50	89,53	219,97	330,88	283,27
12/8/20 25 7:00	28,99	43,37	36,43	62,68	103,21	85,43	223,24	331,28	276,91
12/8/20 25 7:15	30,59	42,93	37,09	71,73	110,49	87,75	234,67	326,31	282,70
12/8/20 25 7:30	31,16	44,70	39,52	76,80	112,37	86,82	237,58	340,36	302,96
12/8/20 25 7:45	31,42	45,90	40,25	70,90	116,86	93,87	240,90	348,14	306,45
12/8/20 25 8:00	31,69	46,31	42,91	76,34	115,21	97,92	240,68	350,83	326,07
12/8/20 25 8:15	32,63	48,31	44,24	68,94	109,65	103,11	250,08	368,37	334,39
12/8/20 25 8:30	33,29	48,73	43,21	64,94	111,59	95,34	256,00	370,72	327,53
12/8/20 25 8:45	36,24	50,84	44,94	76,25	123,76	99,28	277,88	385,64	341,70
12/8/20 25 9:00	35,67	52,55	44,97	77,27	124,75	105,03	273,04	399,59	340,19
12/8/20 25 9:15	34,91	53,34	45,97	76,05	122,55	101,59	267,16	407,08	349,70
12/8/20 25 9:30	36,53	53,12	46,11	80,35	120,32	96,97	278,46	404,54	351,28
12/8/20 25 9:45	36,67	53,55	47,48	81,34	118,39	104,93	278,76	407,71	358,91
12/8/20 25 10:00	36,28	55,07	49,32	81,57	125,62	117,95	275,62	417,88	369,95
12/8/20 25 10:15	35,80	57,08	48,12	79,08	133,12	119,85	271,70	431,27	358,79
12/8/20 25 10:30	36,58	56,53	47,27	84,74	131,46	117,56	275,68	425,99	351,34
12/8/20 25 10:45	36,99	56,38	48,94	91,91	131,21	119,75	276,78	424,35	363,91
12/8/20 25 11:00	38,21	56,69	50,16	102,07	139,07	129,80	289,43	433,49	377,98
12/8/20 25 11:15	38,70	60,06	49,18	103,33	153,96	126,87	293,33	457,12	371,14
12/8/20 25 11:30	38,35	60,38	49,48	99,30	151,39	124,93	291,28	459,88	373,83
12/8/20 25 11:45	37,74	61,33	51,25	98,18	155,95	131,34	286,64	465,90	386,51
12/8/20 25 12:00	38,15	61,16	50,51	94,33	151,27	129,85	291,42	466,06	380,64
12/8/20 25 12:15	36,55	59,94	50,71	91,63	145,95	134,56	279,18	458,27	381,29
12/8/20 25 12:30	35,68	59,64	50,42	90,95	149,78	134,58	272,41	455,56	379,47
12/8/20 25 12:45	37,69	61,90	49,14	98,10	153,92	123,53	287,75	474,21	373,34
12/8/20 25 13:00	37,51	61,90	48,29	105,21	162,70	131,75	283,78	471,75	363,48

12/8/20 25 13:15	36,80	60,79	49,13	98,33	159,38	133,57	279,80	462,93	369,62
12/8/20 25 13:30	37,07	59,89	49,51	100,93	158,46	139,59	280,70	454,86	370,25
12/8/20 25 13:45	36,96	59,29	49,04	94,41	153,76	136,11	281,70	450,85	367,16
12/8/20 25 14:00	36,11	58,12	48,21	90,16	155,67	134,68	275,10	438,84	359,62
12/8/20 25 14:15	35,92	59,31	48,42	84,62	141,66	129,45	269,48	443,82	355,46
12/8/20 25 14:30	37,85	61,27	49,87	90,28	144,71	126,56	283,34	458,42	367,98
12/8/20 25 14:45	38,66	61,18	48,91	90,03	146,50	126,09	290,42	458,22	360,75
12/8/20 25 15:00	39,22	62,54	51,35	103,86	159,93	132,27	295,90	473,94	385,82
12/8/20 25 15:15	40,72	62,98	50,47	104,57	165,52	133,56	309,84	478,25	380,07
12/8/20 25 15:30	40,30	63,03	49,03	104,07	169,06	129,92	306,08	476,53	368,77
12/8/20 25 15:45	38,63	61,25	50,09	95,96	167,93	133,61	294,77	462,01	376,80
12/8/20 25 16:00	38,13	60,58	49,33	96,85	160,21	127,70	290,44	459,69	372,85
12/8/20 25 16:15	38,71	59,90	49,05	98,62	159,72	122,95	294,38	452,80	370,67
12/8/20 25 16:30	32,44	50,82	38,11	64,59	134,05	83,21	248,04	379,47	290,67
12/8/20 25 16:45	34,88	56,23	46,11	90,85	152,51	125,43	265,25	425,53	346,49
12/8/20 25 17:00	35,43	55,33	47,98	91,17	148,57	126,27	270,61	420,30	363,07
12/8/20 25 17:15	34,21	54,16	47,66	89,93	141,92	123,27	259,89	411,48	360,12
12/8/20 25 17:30	34,59	53,24	45,79	91,04	140,53	117,86	262,87	404,31	346,21
12/8/20 25 17:45	36,28	54,80	46,03	89,59	147,43	114,04	277,69	415,34	349,51
12/8/20 25 18:00	36,22	53,88	48,22	93,25	139,54	118,41	275,72	410,16	366,20
12/8/20 25 18:15	39,04	55,52	48,76	93,17	139,84	114,96	299,27	423,40	371,14
12/8/20 25 18:30	51,47	73,02	60,86	150,65	207,00	161,79	380,48	542,79	451,79

12/8/20 25 18:45	66,39	93,37	79,43	208,09	277,28	231,99	492,38	697,86	588,76
12/8/20 25 19:00	67,27	95,00	81,71	205,72	273,23	227,80	502,99	716,56	612,11
12/8/20 25 19:15	67,46	95,44	82,15	205,43	271,02	227,22	505,59	722,22	616,75
12/8/20 25 19:30	66,88	93,15	82,37	203,44	261,65	226,21	501,44	705,78	619,22
12/8/20 25 19:45	66,96	93,51	83,21	202,81	262,13	230,53	503,00	710,03	625,58
12/8/20 25 20:00	66,87	92,99	82,74	203,92	265,37	230,62	502,69	705,15	622,53
12/8/20 25 20:15	66,43	93,09	80,03	200,43	265,17	224,70	500,53	706,08	601,31
12/8/20 25 20:30	65,01	92,70	79,02	195,08	262,84	224,73	490,60	704,19	593,56
12/8/20 25 20:45	63,70	90,46	78,70	194,67	263,54	223,76	480,34	685,91	592,63
12/8/20 25 21:00	62,94	90,05	77,18	190,77	256,99	214,77	470,30	677,69	577,02
12/8/20 25 21:15	61,29	88,03	76,68	189,10	248,71	214,37	456,44	663,32	573,01
12/8/20 25 21:30	61,67	86,69	75,27	191,92	243,21	206,49	459,34	654,42	564,76
12/8/20 25 21:45	60,29	85,78	74,32	190,16	246,56	204,42	448,59	646,38	558,50
12/8/20 25 22:00	57,99	82,98	71,65	183,77	240,31	202,57	428,97	621,42	533,90
12/8/20 25 22:15	58,47	82,25	70,05	184,57	241,79	200,12	432,73	614,57	521,03
12/8/20 25 22:30	57,56	80,88	68,58	182,44	242,78	198,78	425,00	602,13	508,62
12/8/20 25 22:45	57,32	78,94	67,61	182,74	241,92	195,42	423,17	586,49	502,39
12/8/20 25 23:00	56,75	78,00	65,93	182,43	238,37	194,07	418,92	580,27	489,29
12/8/20 25 23:15	55,34	75,50	64,44	178,75	236,53	193,13	408,76	560,90	478,15
12/8/20 25 23:30	54,82	75,55	62,95	176,87	240,49	194,22	405,32	559,70	465,01
12/8/20 25 23:45	54,19	74,44	61,91	176,38	235,38	191,45	399,10	550,82	456,37

9.10. Reporte de flujo de carga en caso base – Alimentador Misahuallí

Resumen total	kW	kVAr	kVA	FP(%)
Fuentes (Potencia de equilibrio)	1822,70	1249,80	2210,03	82,47
Generadores	0,00	0,00	0,00	0,00
Producción total	1822,70	1249,80	2210,03	82,47
Carga leída (no regulada)	1732,30	1186,74	2099,81	82,50
Carga utilizada (regulada)	1543,52	1053,05	1868,53	82,61
Condensadores shunt (regulados)	0,00	0,00	0,00	0,00
Reactancias shunt(reguladas)	0,00	0,00	0,00	0,00
Motores	0,00	0,00	0,00	0,00
Cargas totales	1543,52	1053,05	1868,53	82,61
Capacitancia del cable	0,00	-31,66	31,66	0,00
Capacitancia de la línea	0,00	-105,19	105,19	0,00
Capacitancia shunt total	0,00	-136,85	136,85	0,00
Pérdidas en las líneas	215,15	250,47	330,18	65,16
Pérdidas en los cables	15,70	11,88	19,68	79,74
Pérdidas de carga del transformador	8,30	12,97	15,40	53,93
Pérdidas en vacío del transformador	39,96	58,30	70,68	56,54
Pérdidas totales	279,10	333,61	434,96	64,17

Condiciones anormales	Fase	Conteo	Peor caso	Valor
Sobrecarga	A	1	976736_MTA	115.20 %
	B	0	I142310_MTS	100.00 %
	C	0	I142310_MTS	100.00 %
Subtensión	A	7317	MTA_S_1049714	78.87 %
	B	9137	650449_MTA	78.53 %
	C	10442	1049715_MTA	77.52 %
Sobretensión	A	0	IMTS_L_141686	101.14 %
	B	0	IMTA_L_649897	100.77 %
	C	0	IMTS_L_141686	100.69 %

Costo anual de las pérdidas del sistema	kW	MW-h/año	k\$/año
Pérdidas en las líneas	215,15	1884,68	188,47
Pérdidas en los cables	15,70	137,49	13,75
Pérdidas de carga del transformador	8,30	72,74	7,27
Pérdidas en vacío del transformador	39,96	350,03	35,00
Pérdidas totales	279,10	2444,95	244,49

9.11. Reporte de flujo de carga con compensación – Alimentador Misahuallí

Resumen total	kW	kVAr	kVA	FP (%)
Fuentes (Potencia de equilibrio)	1911,20	514,88	1979,34	96,56
Generadores	0,00	0,00	0,00	0,00
Producción total	1911,20	514,88	1979,34	96,56
Carga leída (no regulada)	1732,30	1186,74	2099,81	82,50
Carga utilizada (regulada)	1669,30	1144,77	2024,13	82,47
Condensadores shunt (regulados)	0,00	-778,89	778,89	0,00
Reactancias shunt(reguladas)	0,00	0,00	0,00	0,00
Motores	0,00	0,00	0,00	0,00
Cargas totales	1669,30	365,88	1708,93	97,68
Capacitancia del cable	0,00	-31,88	31,88	0,00
Capacitancia de la línea	0,00	-110,63	110,63	0,00
Capacitancia shunt total	0,00	-142,51	142,51	0,00
Pérdidas en las líneas	177,44	206,59	272,33	65,16
Pérdidas en los cables	12,54	9,49	15,72	79,74
Pérdidas de carga del transformador	9,20	14,39	17,08	53,88
Pérdidas en vacío del transformador	41,50	61,05	73,82	56,22
Pérdidas en el condensador shunt	1,14	0,00	1,14	100,00
Pérdidas totales	241,82	291,52	378,76	63,84

Condiciones anormales	Fase	Conteo	Peor caso	Valor
Sobrecarga	A	15	976736_MTA	115.20 %
	B	15	I1562715_MTA	100.00 %
	C	9	I1450983_MTA	100.00 %
Subtensión	A	7070	MTA_S_1504197	81.86 %
	B	8533	648427_MTA	81.62 %
	C	10213	1534854_MTA	79.36 %
Sobretensión	A	0	IMTA_L_718685	101.24 %
	B	0	IMTA_L_649897	100.94 %
	C	0	IMTA_L_718685	100.78 %
Costo anual de las pérdidas del sistema	kW	MW-h/año	k\$/año	
Pérdidas en las líneas	177,44	1554,34	155,43	
Pérdidas en los cables	12,54	109,81	10,98	
Pérdidas de carga del transformador	9,20	80,60	8,06	
Pérdidas en vacío del transformador	41,50	363,55	36,36	
Pérdidas en el condensador shunt	1,14	10,01	1,00	
Pérdidas totales	241,82	2118,31	211,83	