

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

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

PROYECTO TÉCNICO CON ENFOQUE GENERAL:

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE SERVICIO PARA EL
INCREMENTO DE LA DEMANDA DE 3,50 MVA PARA LA
FÁBRICA INDUGLOB, MEDIANTE LOS ALIMENTADORES 223 Y
224”**

AUTORES:

**JOHN DANIEL MORA LEMA
PABLO ANDRES SANMARTÍN GONZÁLEZ**

TUTOR:

ING. PABLO DANIEL ROBLES LOVATO, MSc.

CUENCA - ECUADOR

2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, John Daniel Mora Lema con documento de identificación N° 0302367149 y Pablo Andres Sanmartín González con documento de identificación N° 0302217971, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE SERVICIO PARA EL INCREMENTO DE LA DEMANDA DE 3,50 MVA PARA LA FÁBRICA INDUGLOB, MEDIANTE LOS ALIMENTADORES 223 Y 224”**, mismo que 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 aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, julio del 2020



John Daniel Mora Lema
C.I. 0302367149



Pablo Andres Sanmartín González
C.I. 0302217971

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE SERVICIO PARA EL INCREMENTO DE LA DEMANDA DE 3,50 MVA PARA LA FÁBRICA INDUGLOB, MEDIANTE LOS ALIMENTADORES 223 Y 224”**, realizado por John Daniel Mora Lema y Pablo Andres Sanmartín González, obteniendo el *Proyecto Técnico con Enfoque General*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, julio del 2020

PABLO DANIEL
ROBLES
LOVATO

Nombre de reconocimiento (DN): c=EC,
o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=0000269754, cn=PABLO
DANIEL ROBLES LOVATO
Fecha: 2020.08.06 09:09:08 -05'00'

Ing. Pablo Daniel Robles Lovato MsC.

C.I. 0101663342

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, John Daniel Mora Lema con documento de identificación N° 0302367149 y Pablo Andres Sanmartín González con documento de identificación N° 0302217971, autores del trabajo de titulación: **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE SERVICIO PARA EL INCREMENTO DE LA DEMANDA DE 3,50 MVA PARA LA FÁBRICA INDUGLOB, MEDIANTE LOS ALIMENTADORES 223 Y 224”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico con Enfoque General* es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, julio del 2020



John Daniel Mora Lema
C.I. 0302367149



Pablo Andres Sanmartín González
C.I. 0302217971

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios por ser la guía en mi camino, en especial a mis padres: Humberto Mora (+) y Rosa Lema, por haber apoyado durante todo el trayecto de mi vida académica y gracias a ellos estoy en este momento tan importante de mi vida profesional, a pesar de que mi padre se fue al cielo en la trayectoria final de mis estudios universitarios sé que desde el cielo me guio y me dio fuerzas para avanzar. También para mis sobrinos Jostin y Dylan, para que me tomen como un ejemplo de superación.

John Mora Lema

Dedico este logro de manera especial a mis queridos padres Zaida y Milton que con su guía y apoyo han tratado siempre de levantarme sin importar cuantas veces he fallado o decaído, a mis hermanas que siempre han sido el soporte y gran amor de vida; todo lo que soy y he logrado hasta hoy ha sido gracias a Uds. y por Uds.

Pablo Sanmartín González

Agradecimientos

A Dios por darme la vida, sabiduría y fuerzas para superarme, en especial a mis padres:

Humberto Mora (+) y Rosa Lema por su apoyo incondicionalmente.

A todas las personas que hicieron posible este trabajo, de manera especial al Ing. Edgar

González de la EEA por su colaboración para la aprobación de este trabajo, al Ing.

Pablo Robles MsC. director de trabajo de titulación y también al Ing. Galo Ríos director

del trabajo por parte de la EEA.

John Mora Lema

A mis padres Milton y Zaida, por hacer siempre lo que en sus manos ha sido posible para

poder brindarme los recursos y apoyo necesarios para culminar esta meta, a mis

hermanas por siempre estar conmigo y apoyarme siempre; a mis amigos, compañeros y

todos los que estuvieron a lo largo de esta importante etapa de mi vida mil gracias.

Mi gratitud a todo el personal de la Empresa Eléctrica Azogues que de una u otra manera supieron brindarnos su colaboración en la realización de ese trabajo, a los

Ingenieros Pablo Robles y Galo Ríos, nuestros tutores por su guía oportuna.

Pablo Sanmartín González

Resumen

La provisión de servicio eléctrico por parte de una compañía de distribución debe cumplir con ciertos requisitos para garantizar la calidad, confiabilidad, factibilidad y seguridad de este servicio para sus usuarios, sin importar cuán pequeños o grandes sean. Este documento contiene información sobre la simulación de corrimiento de flujos realizada mediante el software CYME con el fin de obtener parámetros tales como: voltaje, potencia y valores estimados de pérdidas económicas; esto para evaluar la viabilidad de prestación de servicio para cargas específicas que se integrarán en un el sistema de distribución de los alimentadores 223 y 224 de la Empresa Eléctrica Azogues. Las simulaciones realizadas y los diferentes resultados obtenidos del análisis se presentarán en su estado actual, y con la adición de una carga de 3.5 MVA de la fábrica INDUGLOB. También se presentará un análisis de los efectos consecuentes de agregar esta carga al nivel de la subestación Azogues 2, así como un análisis similar frente a un crecimiento anual de la demanda del 2.5% hasta el año 2025, esto con el propósito de analizar posibles escenarios futuros para la subestación, los alimentadores y la carga adicional. El objetivo principal de este trabajo es proporcionar conclusiones y recomendaciones sobre la capacidad de los alimentadores y la subestación de la Empresa Eléctrica Azogues para cumplir con los servicios requeridos por la carga de la fábrica INDUGLOB.

Abstract

The provision of electric service by a distribution company must meet certain requirements to ensure the quality, reliability, feasibility and safety of this service for customers, no matter how small or large. This document contains information about the simulation of the flow path carried out by the CYME software in order to obtain parameters such as: voltage, power and estimated values of economic losses; this to evaluate the viability of providing service for specific loads that will be integrated into a distribution system of feeders 223 and 224 of the Azogues Electric Company. The simulations performed and the different results obtained from the analysis will be presented in their current state, and with the addition of a 3.5 MVA load from the INDUGLOB factory. An analysis of the consequent effects of adding this load to the level of the Azogues 2 substation will also be presented, as well as a similar analysis in the face of an annual growth in demand of 2.5% until 2025, this in order to analyze possible future scenarios for the substation, feeders and additional load. The main objective of this work is to provide conclusions and recommendations on the capacity of the feeders and substation of the Azogues Electric Company to meet the services required by the load of the INDUGLOB factory.

Prefacio

Dentro del mercado eléctrico, uno de los principales aspectos que determina el éxito de una empresa distribuidora está reflejado en el nivel de calidad del suministro eléctrico que esta brinda a sus usuarios. La calidad de un servicio se expresa en diferentes parámetros como: caída de voltaje, pérdidas, seguridad del sistema, continuidad, entre otras; por esto, una obligación de cada empresa distribuidora para con sus usuarios, es asegurar constantemente el correcto funcionamiento de los diferentes alimentadores de suministro eléctrico de las que ésta pueda disponer.

Para que un alimentador pueda ser analizado frente al incremento de una carga en su servicio se deberán analizar dos escenarios: el estado actual del alimentador y el comportamiento que este sistema eléctrico de potencia puede llegar a tener al incrementar dicha carga en su topología. Para el análisis de la red de un alimentador es fundamental realizar estudios de flujos potencia; mediante este proceso se darán resultados importantes en cuanto a variaciones de parámetros como: caída de voltaje, potencias y efectos en elementos como: cables, protecciones y otros elementos auxiliares del alimentador que son importantes en su operación.

Una vez efectuado el análisis correspondiente de los resultados se podrán obtener diferentes puntos de vista y conclusiones sobre lo que ocurrirá con los elementos y condiciones de operación del alimentador; esto con el fin de establecer si es o no factible el incremento de cargas y la forma en como estaría afectando esto a los usuarios servidos por el alimentador.

CONTENIDO

Glosario.....	17
1 Información general de los alimentadores 223 y 224, la Subestación Azogues 2 y la Fabrica INDUGLOB	19
1.1 Características de la Subestación Azogues 2	19
1.2 Características del alimentador 223 en su estado actual	25
1.2.1 Topología del alimentador 223	25
1.2.2 Equipos de protección y maniobras del Alimentador 223	26
1.3 Características y requerimientos de la fábrica INDUGLOB.....	26
1.3.1 Sistemas de alimentación en medio voltaje de la fábrica INDUGLOB.....	27
1.4 Características del alimentador 224 en su estado actual	28
2 Análisis de flujos de potencia de los alimentadores 223 y 224 con la carga actual mediante el software CYME	29
2.1 Análisis Alimentador 223	31
2.1.1 Análisis del alimentador 223 sin aumento de cargas importantes o futuras ..	31
2.1.2 Análisis del alimentador 223 con el aumento de las cargas: GRACONSA, S/N y Planta de tratamiento de aguas residuales.....	31
2.2 Análisis del alimentador 224 en su estado actual	34
2.3 Análisis de la subestación Azogues 2 con el incremento de las cargas: GRACONSA, S/N y Planta de tratamiento de aguas residuales en el alimentador 223.....	35
3 Análisis de flujos de potencia de la subestación Azogues 2 y los alimentadores 223 y 224 con una carga adicional de 3.5 MVA de la fábrica INDUGLOB, con el software CYME.....	37
3.1 Análisis del alimentador 223 con la carga de INDUGLOB.....	37
3.1.1 Análisis de las 4 cargas en el alimentador 223 con la inclusión de la carga de INDUGLOB.....	39
3.2 Análisis del alimentador 224 con la carga de INDUGLOB.....	40
3.3 Análisis de la subestación Azogues 2 frente al incremento de 4 cargas incluida INDUGLOB	41
3.3.1 Análisis de la subestación con la carga de INDUGLOB en el alimentador 223.....	42
3.3.2 Análisis de la subestación Azogues 2 con la carga de INDUGLOB en el alimentador 224.....	43
3.4 Análisis del crecimiento de la demanda al 2,5% anual para los alimentadores 223 y 224.....	45
3.4.1 Análisis del crecimiento de la demanda anual del 2,5% en el Alimentador 223 considerando la carga de INDUGLOB en este SEP	45
3.4.2 Análisis del crecimiento de la demanda anual del 2,5% en el Alimentador 224 considerando la carga de INDUGLOB en este SEP	49
3.4.3 Análisis de la subestación Azogues 2 con un crecimiento de la demanda anual del 2,5%	53
4 Análisis comparativo entre los alimentadores 223 y 224.....	57

4.1	Análisis en cuanto a pérdidas por transporte de energía en alimentadores y a nivel de la subestación Azogues 2	57
4.1.1	Análisis del alimentador 223.....	57
4.1.2	Análisis del alimentador 224.....	60
4.1.3	Análisis de la subestación Azogues 2	63
4.2	Análisis en cuanto a caídas de voltaje en las cargas importantes del alimentador 223.....	66
4.2.1	GRACONSA frente a la inclusión de INDUGLOB en el alimentador 223... ..	67
4.2.2	Planta de aguas residuales frente a la inclusión de INDUGLOB en el alimentador 223.....	67
4.2.3	Carga S/N frente a la inclusión de INDUGLOB.....	68
4.3	Análisis de la carga de la fábrica INDUGLOB.....	69
4.4	Análisis del crecimiento de la demanda al 2,5% anual	70
4.4.1	Análisis del alimentador 223 con crecimiento de la demanda anual al 2,5% ..	70
4.4.2	Análisis del alimentador 224 con crecimiento de la demanda anual al 2,5% ..	73
4.4.3	Análisis de la subestación Azogues 2 con crecimiento de la demanda anual al 2,5%	75
4.4.4	Análisis de las cargas importantes con el crecimiento de la demanda del 2,5% anual con la carga de la fábrica INDUGLOB en el alimentador 223 y 224 ..	78
5	Sugerencias y recomendaciones.....	83
6	Bibliografía.....	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Resumen de cargas y pérdidas totales del alimentador 221.....	21
Tabla 2.	Resumen de cargas y pérdidas totales del alimentador 222.....	21
Tabla 3.	Resumen de cargas y pérdidas totales del alimentador 223.....	22
Tabla 4.	Resumen de cargas y pérdidas totales del alimentador 224.....	22
Tabla 5.	Resumen de cargas y pérdidas en la Subestación Azogues 2	23
Tabla 6.	Resumen de costos por pérdidas técnicas presentes para el alimentador 221.....	23
Tabla 7.	Resumen de costos por pérdidas técnicas presentes para el alimentador 222.....	24
Tabla 8.	Resumen de costos por pérdidas técnicas presentes para el alimentador 223.....	24
Tabla 9.	Resumen de costos por pérdidas técnicas presentes para el alimentador 224.....	24
Tabla 10.	Resumen de costos por pérdidas técnicas para la Subestación Azogues 2	25
Tabla 11.	Características y requerimientos de la fábrica INDUGLOB	27
Tabla 12.	Variaciones de voltaje de servicio para rangos A y B mayores a 600 V [5] 29	
Tabla 13.	Variaciones de voltaje de servicio para rangos de bajo, medio y alto voltaje [5].....	30
Tabla 14.	Reporte de carga del alimentador 223 con la inclusión de 3 cargas adicionales	32
Tabla 15.	Resumen de costos por pérdidas y fallas presentes para el alimentador 223 con 3 cargas adicionales	33
Tabla 16.	Resumen de cargas y pérdidas totales de la Subestación Azogues 2 con 3 cargas adicionales en el alimentador 223.	35
Tabla 17.	Resumen de costos por pérdidas y fallas presentes para la subestación Azogues 2 con 3 cargas adicionales	36
Tabla 18.	Reporte de carga del alimentador 223 para 4 cargas adicionales	38
Tabla 19.	Resumen de costos por pérdidas y fallas presentes para el alimentador 223 con 4 cargas adicionales	39
Tabla 20.	Reporte de carga del alimentador 224 con la carga adicional INDUGLOB..	40
Tabla 21.	Resumen de costos por pérdidas y fallas presentes para el alimentador 224 con la inclusión de INDUGLOB	41
Tabla 22.	Reporte de carga de la subestación Azogues 2 con la carga de INDUGLOB en el alimentador 223	42
Tabla 23.	Resumen de pérdidas de la subestación Azogues 2 con INDUGLOB en el alimentador 223	43
Tabla 24.	Reporte de carga de la subestación Azogues 2 con la carga de INDUGLOB en el alimentador 224	44
Tabla 25.	Resumen de pérdidas de la subestación Azogues 2 con INDUGLOB en el alimentador 224	44
Tabla 26.	Reporte de carga del alimentador 223 con crecimiento de la demanda del 2,5% anual y la inclusión de INDUGLOB	46

Tabla 27.	Resumen de costos por pérdidas y fallas presentes para el alimentador 223 con la inclusión de INDUGLOB y un crecimiento de la demanda del 2,5% anual.	46
Tabla 28.	Reporte de carga del alimentador 224 con crecimiento de la demanda del 2,5% anual sin considerarse dentro de este SEP la carga de INDUGLOB	47
Tabla 29.	Resumen de costos por pérdidas y fallas presentes para el alimentador 224 con un crecimiento de la demanda del 2,5% anual sin la carga INDUGLOB	48
Tabla 30.	Reporte de carga del alimentador 224 con crecimiento de la demanda del 2,5% incluyendo la carga de INDUGLOB en este SEP	49
Tabla 31.	Resumen de costos por pérdidas y fallas presentes para el alimentador 224 con la inclusión de INDUGLOB y un crecimiento de la demanda del 2,5% anual.	50
Tabla 32.	Reporte de carga del alimentador 223 con crecimiento de la demanda del 2,5% sin incluir la carga de INDUGLOB en este SEP.....	50
Tabla 33.	Resumen de costos por pérdidas y fallas presentes para el alimentador 223 sin la inclusión de INDUGLOB y un crecimiento de la demanda del 2,5% anual.	51
Tabla 34.	Reporte de carga de la subestación Azogues 2 con un incremento de la demanda del 2,5% anual y la carga de INDUGLOB en el alimentador 223.....	54
Tabla 35.	Resumen de pérdidas de la subestación Azogues 2 con un incremento de la demanda del 2,5% anual y la carga INDUGLOB en el alimentador 223.....	54
Tabla 36.	Reporte de carga de la subestación Azogues 2 con un incremento de la demanda del 2,5% anual y la carga de INDUGLOB en el alimentador 224.....	55
Tabla 37.	Resumen de pérdidas de la subestación Azogues 2 con un incremento de la demanda del 2,5% anual y la carga INDUGLOB en el alimentador 224.....	56

LISTA DE FIGURAS

Imagen 1. Vista panorámica de la Subestación Azogues 2 [6].....	19
Imagen 2. Demanda de potencia proyectada por la fábrica INDUGLOB en el periodo 2020 – 2025 [6]	27
Imagen 3. Puntos de análisis para cada carga a analizar en los alimentadores 223 y 224.....	33
Imagen 4. Resultados de voltajes, potencias y corrientes de las diferentes cargas importantes del alimentador 223 sin la inclusión de la carga de la fábrica INDUGLOB	34
Imagen 7. Resultados de voltajes potencias y corrientes del alimentador 223 con la inclusión de la carga de la fábrica INDUGLOB y un crecimiento de la demanda del 2,5% anual hasta el año 2025	48
Imagen 8. Resultados de voltajes, potencias y corrientes del alimentador 224 con la inclusión de la carga de la fábrica INDUGLOB y un crecimiento de la demanda del 2,5% anual hasta el año 2025	52
Imagen 9. Resultados de voltajes, potencias y corrientes del alimentador 223 sin la inclusión de la carga de la fábrica INDUGLOB y un crecimiento de la demanda del 2,5% anual hasta el año 2025	52
Imagen 10. Comparación de pérdidas en Potencia real, MW-h/año y económicas anuales en el ALMT. 223 con y sin la carga de la fábrica INDUGLOB.	58
Imagen 11. Comparación de cargas con y sin la carga de la fábrica INDUGLOB en el ALMT. 223.....	59
Imagen 12. Comparación de producción en el ALMT. 223 con y sin la carga de la fábrica INDUGLOB	59
Imagen 13. Comparación del factor de potencia en cuanto a carga y producción con y sin la carga de la fábrica INDUGLOB en el ALMT. 223.....	60
Imagen 14. Comparación de pérdidas en el ALMT. 224 con y sin la carga de la fábrica INDUGLOB	61
Imagen 15. Comparación de producción de potencia en el ALMT. 224 con y sin la carga de INDUGLOB	62
Imagen 16. Comparación de cargas en el ALMT. 224 con y sin la carga de INDUGLOB	62
Imagen 17. Comparación del factor de potencia en el ALMT. 224 con y sin la carga de INDUGLOB	63
Imagen 18. Análisis de pérdidas en la subestación Azogues 2 con la carga de INDUGLOB en el ALMT. 223 y el ALMT. 224.....	64
Imagen 19. Niveles de producción de potencia a nivel de la subestación Azogues 2 con la carga de INDUGLOB en el ALMT. 223 y el ALMT. 224 respectivamente.....	65
Imagen 20. Comparación de cargas para la subestación Azogues 2 con la carga de INDUGLOB en los ALMT. 223 y 224	65
Imagen 21. Niveles de factor de potencia de la subestación Azogues 2 con la adición de la carga de INDUGLOB en el ALMT. 223 y el ALMT 224.....	66

Imagen 22. Caída de voltaje antes, en y después de la acometida de la carga GRACONSA con y sin la carga de INDUGLOB en el ALMT. 223	67
Imagen 23. Caída de voltaje antes, en y después de la acometida de la carga Planta de aguas residuales con y sin la carga de INDUGLOB en el ALMT. 223	68
Imagen 24. Caída de voltaje antes, en y después de la acometida de la carga S/N con y sin la carga de INDUGLOB en el ALMT. 223	68
Imagen 25. Caída de voltaje antes, en y después de la acometida de la carga de la fábrica de INDUGLOB en el ALMT. 223 y 224 respectivamente.	69
Imagen 26. Comparación de pérdidas en el ALMT. 223, C.I. y S.I. con C.D. anual del 2,5%	70
Imagen 27. Comparación producción en potencia en el ALMT. 223 C.I. y S.I. con un C.D. anual al 2,5%	71
Imagen 28. Comparación de la carga dentro del SEP del ALMT. 223 con el C.D. del 2,5 % anual C.I. y S.I.....	72
Imagen 29. Comparación del factor de potencia con un C.D. del 2,5% anual en el ALMT. 223, C.I. y S.I.	72
Imagen 30. Comparación de pérdidas en ALMT, 224, C.I. y S.I. con un C.D. anual del 2,5%	73
Imagen 31. Comparación de producción en potencia con C.D. anual del 2,5% en el ALMT. 224, C.I. y S.I.	74
Imagen 32. Comparación de cargas en el ALMT. 224 con un C.D. del 2,5% anual C.I. y S.I.	74
Imagen 33. Comparación de factor de potencia en el ALMT. 224 con un C.D. anual del 2,55%, C.I. y S.I.	75
Imagen 34. Comparación de pérdidas en la subestación Azogues 2 C.I. en ALMT. 223 y en el ALMT. 224 con un C.D. anual del 2,5%	76
Imagen 35. Comparación de producción en potencia en la subestación Azogues 2 C.I. en el ALMT. 223 y en el ALMT. 224 con un C.D. anual del 2,5%	76
Imagen 36. Comparación de cargas de la subestación Azogues 2 con un C.D. anual del 2,5% C.I. en el ALMT 223 y en el ALMT. 224.....	77
Imagen 37. Comparación del factor de potencia en la subestación Azogues, con un C.D. del 2,5% anual C.I. en el ALMT. 223 y en el ALMT. 224	77
Imagen 38. Comparación de la caída de voltaje antes, después y en la acometida de la carga de la fábrica INDUGLOB, con crecimiento de la demanda del 2,5% anual aplicado a los alimentadores 223 y 224.....	79
Imagen 39. Comparación de la caída de voltaje antes, después y en la acometida de la fábrica GRACONSA con un crecimiento de la demanda del 2,5% en el alimentador 223 con y sin la presencia de la carga de la fábrica INDUGLOB.....	80
Imagen 40. Comparación de la caída de voltaje antes, después y en la acometida de la Planta de tratamiento de aguas residuales con un crecimiento de la demanda del 2,5% en el alimentador 223 con y sin la presencia de la carga de la fábrica INDUGLOB	81

Imagen 41. Comparación de la caída de voltaje antes, después y en la acometida de la carga S/N con un crecimiento de la demanda del 2,5% en el alimentador 223 con y sin la presencia de la carga de la fábrica INDUGLOB82

Glosario

Alimentador eléctrico: es un sistema eléctrico de potencia usado para la distribución y comercialización de energía eléctrica; dentro de este sistema se integran equipos de medición, maniobra, protección y aislamiento usados para asegurar la confiabilidad del servicio. [10]

ALMT: alimentador eléctrico.

Atributos de calidad: son indicadores e índices que evalúan el servicio que presta una empresa distribuidora de energía eléctrica tales como: calidad de producto, calidad de servicio técnico y calidad de servicio comercial.

Calidad del servicio eléctrico: se basa en el cumplimiento de condiciones tales como: nivel de voltaje, frecuencia y duración de las interrupciones, y la atención a solicitudes y reclamos de usuarios. [1]

Carga instalada: es la potencia nominal total de todos los equipos eléctricos conectados por parte de un usuario a la red de distribución eléctrica, esto partiendo desde la acometida hacia sus instalaciones internas. [10]

C.D.: crecimiento de la demanda.

C.I.: con la adición da la carga de la fábrica INDUGLOB.

CYME: es un software que mediante su paquete CYMDIST es usado para el análisis de sistemas de distribución. Agrupa todas las herramientas de modelado, corrimiento de flujos, análisis financiero y de fiabilidad, necesarios para realizar los diversos tipos de

simulaciones involucradas en la planificación y evaluación de sistemas de distribución eléctrica. [2]

Demanda declarada: esta se toma como el consumo máximo de potencia real que un usuario realiza por actividades que requieren del servicio eléctrico. [1]

EEA: Empresa Eléctrica Azogues.

Empresa eléctrica distribuidora: organización encargada del funcionamiento de sistemas de distribución, venta y comercialización de energía, y el servicio de alumbrado público en una zona geográfica específica. [1]

Flujo de potencia: estudio que analiza un sistema eléctrico de potencia en estado estacionario, esto con el fin de verificar y mantener la operatividad del sistema de distribución dentro de los rangos óptimos de trabajo en cuanto a caídas de voltaje, potencia o cargabilidad de sus componentes. [10]

Pérdidas eléctricas: es toda potencia que no es aprovechada o se ha perdido debido al transporte o fallas técnicas, dichas pérdidas eléctricas derivan directamente en el aumento del costo del suministro eléctrico. [1]

Sistema de distribución: es el conjunto de equipos usados para facilitar el servicio de comercialización y distribución eléctrica en medio voltaje, dicho conjunto de equipos está comprendido desde la subestación de distribución hasta los elementos de medición de servicio de los diferentes consumidores a los que una empresa distribuidora brinda energía eléctrica. [10]

S.I.: sin la adición de la carga de la fábrica INDUGLOB.

1 Información general de los alimentadores 223 y 224, la Subestación Azogues 2 y la Fabrica INDUGLOB

En el desarrollo de este capítulo, se presenta un resumen de las principales características de la carga de la fábrica INDUGLOB, la subestación Azogues 2 y los alimentadores 223 y 224; esto debido a que, partiendo de la subestación mencionada, la EEA prestará servicio eléctrico a la carga de la fábrica INDUGLOB mediante el sistema de distribución de los alimentadores 223 o 224, dependiendo esto de los resultados y conclusiones que de este proyecto se obtengan.

1.1 Características de la Subestación Azogues 2



Imagen 1. Vista panorámica de la Subestación Azogues 2 [6]

La subestación Azogues 2 está ubicada en el cantón del mismo nombre, en el sector de Virgenpamba perteneciente a la parroquia Borrero; presta servicio alrededor de 34.982 abonados que están ubicados en los cantones de Déleg y Azogues. La subestación tuvo un costo de USD 5,765.278 y cuenta con 7 bahías: 1 de transferencia, 1 de transformador, 4 de líneas y una en reserva. [6]

Transformador:

- Potencia: 16/20 MVA
- Voltaje Nominal: 69/22 kV
- Frecuencia Nominal – Fases: 60 Hz – 3 fases
- Tipo: Acorazado [6]

Como parte del análisis se presenta un resumen de las condiciones actuales de estos alimentadores, aspectos importantes como cargas y pérdidas que actualmente influyen al sistema que conforma la Subestación Azogues 2.

Las Tablas 1, 2, 3 y 4 presentan un resumen de suministro de energía por alimentador, la carga que está instalada actualmente y un resumen de pérdidas por transporte de energía en líneas, cables y transformadores. En la Tabla 5 se presenta un resumen sobre los parámetros operativos actuales a nivel general en la subestación Azogues 2.

Este modelo de tablas será usado en los siguientes casos de análisis de la misma forma al momento de analizar el crecimiento de la demanda y el incremento de cargas nuevas en los alimentadores 223 y 224.

Tabla 1. Resumen de cargas y pérdidas totales del alimentador 221

Alimentador 221				
Fuente: Subestación Azogues 2		Voltaje de fuente: 22 kVLL		
Resumen total	P [kW]	Q [kVAR]	S [kVA]	FP(%)
Cargas del alimentador 221				
Producción total	1.636,86	278,99	1.660,47	98,58
Cargas totales	1.592,79	316,94	1.624,02	98,08
Pérdidas en el alimentador 221				
Pérdidas en las líneas	7,62	10,52	12,99	58,63
Pérdidas en los cables	0,20	0,20	0,28	71,10
Pérdidas de carga del transformador	8,84	35,35	36,44	24,25
Pérdidas en vacío del transformador	27,42	0,00	27,42	100,00
Pérdidas totales	44,07	46,07	77,13	57,14

Tabla 2. Resumen de cargas y pérdidas totales del alimentador 222

Alimentador 222				
Fuente: Subestación Azogues 2		Voltaje de fuente: 22 kVLL		
Resumen total	P [kW]	Q [kVAR]	S [kVA]	FP(%)
Cargas del alimentador 222				
Producción total	1.527,92	204,22	1.541,50	99,12
Cargas totales	1.484,68	258,73	1.507,06	98,52
Pérdidas en el alimentador 222				
Pérdidas en las líneas	6,84	8,47	10,89	62,85
Pérdidas en los cables	0,28	0,17	0,32	85,66
Pérdidas de carga del transformador	4,90	19,60	20,21	24,25
Pérdidas en vacío del transformador	31,21	0,00	31,21	100,00
Pérdidas totales	43,23	28,24	62,63	69,03

Tabla 3. Resumen de cargas y pérdidas totales del alimentador 223

Alimentador 223				
Fuente: Subestación Azogues 2		Voltaje de fuente: 22 kVLL		
Resumen total	P [kW]	Q [kVAR]	S [kVA]	FP(%)
Cargas del alimentador 223				
Producción total	1.270,39	8,02	1.270,41	100,00
Cargas totales	1.234,84	101,19	1.238,98	99,67
Pérdidas en el alimentador 223				
Pérdidas en las líneas	6,07	8,68	10,59	57,34
Pérdidas en los cables	0,25	0,15	0,29	85,03
Pérdidas de carga del transformador	3,79	15,15	15,62	24,25
Pérdidas en vacío del transformador	25,43	0,00	25,43	100,00
Pérdidas totales	35,54	23,99	51,94	68,43

Tabla 4. Resumen de cargas y pérdidas totales del alimentador 224

Alimentador 224				
Fuente: Subestación Azogues 2		Voltaje de fuente: 22 kVLL		
Resumen total	P [kW]	Q [kVAR]	S [kVA]	FP(%)
Cargas del alimentador 224				
Producción total	182,44	1,15	182,45	100,00
Cargas totales	179,19	36,73	182,91	97,96
Pérdidas en el alimentador 224				
Pérdidas en las líneas	0,08	0,11	0,13	57,39
Pérdidas en los cables	0,01	0,00	0,01	84,08
Pérdidas de carga del transformador	0,63	2,51	2,59	24,25
Pérdidas en vacío del transformador	2,55	0,00	2,55	100,00
Pérdidas totales	3,26	2,62	5,28	61,71

Tabla 5. Resumen de cargas y pérdidas en la Subestación Azogues 2

Subestación Azogues 2				
Fuente: Subestación Azogues 2		Voltaje de fuente: 22 kVLL		
Resumen total	P [kW]	Q [kVAR]	S [kVA]	FP(%)
Cargas de la subestación Azogues 2				
Producción total	4.617,61	492,38	4.654,83	99,20
Cargas totales	4.491,51	713,59	4.552,97	98,65
Pérdidas en la subestación Azogues 2				
Pérdidas en las líneas	20,61	27,78	34,60	59,56
Pérdidas en los cables	0,73	0,52	0,90	80,93
Pérdidas de carga del transformador	18,15	72,62	74,85	24,25
Pérdidas en vacío del transformador	86,61	0,00	86,61	100,00
Pérdidas totales	126,10	100,92	196,97	64,02

En cuanto al aspecto económico en adelante para las simulaciones se tomó por pedido de la EEA el costo promedio de venta de energía de 0,10 \$/kWh; en la Tabla 6, 7, 8 y 9 se muestran los costos anuales de pérdidas económicas debido a transmisión de energía dentro de las líneas de transmisión de cada alimentador y un resumen en la Tabla 10 de lo que estaría ocurriendo a nivel de la Subestación Azogues 2.

Tabla 6. Resumen de costos por pérdidas técnicas presentes para el alimentador 221

Costo anual de las pérdidas del sistema	ΔP [kW]	MW-h/año	Miles de dólares/año
Pérdidas en las líneas	7,62	25,65	2,56
Pérdidas en los cables	0,20	0,67	0,07
Pérdidas de carga del transformador	8,84	29,76	2,98
Pérdidas en vacío del transformador	27,42	240,19	24,02
Pérdidas totales	44,07	296,26	29,63

Tabla 7. Resumen de costos por pérdidas técnicas presentes para el alimentador 222

Costo anual de las pérdidas del sistema	ΔP [kW]	MW-h/año	Miles de dólares/año
Pérdidas en las líneas	6,84	23,04	2,30
Pérdidas en los cables	0,28	0,93	0,09
Pérdidas de carga del transformador	4,90	16,50	1,65
Pérdidas en vacío del transformador	31,21	273,41	27,34
Pérdidas totales	43,23	313,89	31,39

Tabla 8. Resumen de costos por pérdidas técnicas presentes para el alimentador 223

Costo anual de las pérdidas del sistema	ΔP [kW]	MW-h/año	Miles de dólares/año
Pérdidas en las líneas	6,07	20,45	2,04
Pérdidas en los cables	0,25	0,84	0,08
Pérdidas de carga del transformador	3,79	12,76	1,28
Pérdidas en vacío del transformador	25,43	222,80	22,28
Pérdidas totales	35,54	256,84	25,68

Tabla 9. Resumen de costos por pérdidas técnicas presentes para el alimentador 224

Costo anual de las pérdidas del sistema	ΔP [kW]	MW-h/año	Miles de dólares/año
Pérdidas en las líneas	0,08	0,26	0,03
Pérdidas en los cables	0,01	0,02	0,00
Pérdidas de carga del transformador	0,63	2,11	0,21
Pérdidas en vacío del transformador	2,55	22,32	2,23
Pérdidas totales	3,26	24,71	2,47

Tabla 10. Resumen de costos por pérdidas técnicas para la Subestación Azogues 2

Costo anual de las pérdidas del sistema	ΔP [kW]	MW-h/año	Miles de dólares/año
Pérdidas en las líneas	20,61	69,39	6,94
Pérdidas en los cables	0,73	2,46	0,25
Pérdidas de carga del transformador	18,15	61,13	6,11
Pérdidas en vacío del transformador	86,61	758,72	75,87
Pérdidas totales	126,10	891,70	89,17

1.2 Características del alimentador 223 en su estado actual

El alimentador 223 de la S/E Azogues 2 de la EEA entró en operación en el año 2010 con una configuración de tipo radial, el área a la que brinda servicio comprende áreas urbanas y rurales de la ciudad de Azogues y parte de la Autopista Azogues – Cuenca. [6]

1.2.1 Topología del alimentador 223

La potencia total actual instalada en el alimentador 223 es de 5.700 kVA y actualmente tiene una demanda de 1.270,41 kVA, esto representa un total de 35,63% de la carga total instalada de la subestación Azogues. Este alimentador está conformado por 234 transformadores: 40 trifásicos y 194 monofásicos actualmente instalados a la red. [6]

En el alimentador el ramal troncal está conformado por conductores de tipo ACSR 3/0 por la fase y ACSR 1/0 para neutro, los ramales de derivación son conductores tipo ACSR 4, ACSR 2 y ACSR 1/0. [6]

1.2.2 Equipos de protección y maniobras del Alimentador 223

Dentro de los sistemas y equipos de protección del alimentador 223 se encuentran diversos elementos que son comunes dentro del sector eléctrico, tales como un interruptor automático en su cabecera, para los tramos de ramal troncal se utilizan fusibles trifásicos y para los tramos de ramales de derivación un total de fusibles monofásicos. Además; el sistema de protección está conformado a lo largo del alimentador por fusibles interruptores, seccionadores e interruptores seccionadores. [6]

1.3 Características y requerimientos de la fábrica INDUGLOB

Esta empresa requiere el suministro de energía eléctrica por parte de la empresa distribuidora de Azogues, a un nivel de medio voltaje de 22 kV y estará ubicada en el sector de Pampa Vintimilla perteneciente a la parroquia Javier Loyola de la ciudad de Azogues, a una altitud promedio de 2.493 msnm.

La fábrica INDUGLOB actualmente se encuentra ubicada en la ciudad de Cuenca, bajo la prestación de servicio eléctrico por parte de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur y según datos de consumo de dos medidores, presenta una demanda total de 2.058,29 kVA, 1.940,00 kW y un factor de potencia de 94,07 %. [6]

Además, según datos proporcionados por la fábrica; su demanda de potencia tiene una proyección de crecimiento como se muestra en la Imagen 2:

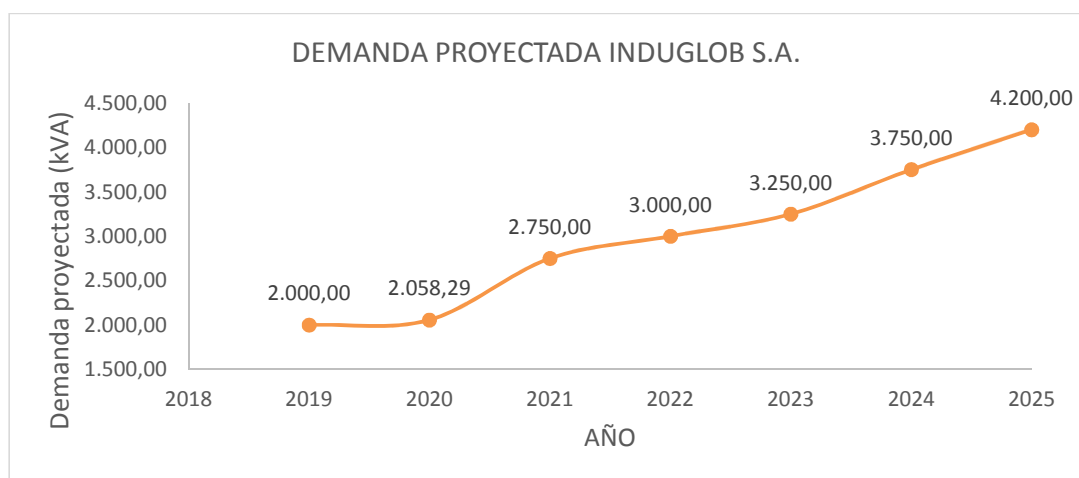


Imagen 2. Demanda de potencia proyectada por la fábrica INDUGLOB en el periodo 2020 – 2025 [6]

Según esta gráfica, la fábrica entrará a operar con una demanda de 2.058,29 kVA en el año 2020; cómo se observa la proyección de la demanda máxima a partir del 2025 estará sobre los 4.200 kVA. [6]

1.3.1 Sistemas de alimentación en medio voltaje de la fábrica INDUGLOB

Tabla 11. Características y requerimientos de la fábrica INDUGLOB

Característica	Requerimiento
Voltaje primaria fase – fase	22 kV
Voltaje primaria fase – neutro	12,7 kV
Derivación alimentador 224	El alimentador provendrá desde el sector de Cojitambo
Derivación alimentador 223	El alimentador proviene desde la vía rápida Azogues-Cuenca
Configuración sistema de alimentación	Líneas aéreas y subterráneas trifásicas, simple circuito
Conductor aéreo empleado	ACSR calibre 3/0 AWG
Conductor subterráneo empleado	Cobre flexible, 99,8% de pureza, calibre 3/0 AWG, aislado para 25 kV – 133% - 90° C, mediante Etileno propileno / polietileno reticulado EPR/XLPE

La ampacidad de los conductores aéreos de los alimentadores 224 y 223 es de 313 A, bajo condiciones de temperatura de operación del conductor de 75 °C, velocidad del viento 0,61 m/s, frecuencia de 60 Hz y una corriente de corto circuito de 12,8 kA para una duración de la falla de 1 segundo a una temperatura inicial de 75 °C y una temperatura final de 645 °C.

Mientras que la ampacidad de los conductores subterráneos para 25 kV es de 250 A, a una temperatura de operación de 90 °C, hasta tres conductores por ducto, con una corriente de corto circuito de 15,3 kA para una duración de la falla de 1 segundo. [6]

1.4 Características del alimentador 224 en su estado actual

En lo que respecta a cargas, las mismas son de carácter monofásico únicamente; cabe resaltar que, en cuanto a cables y equipos de protección y maniobra, estos son de las mismas características que los que se encuentran presentes en el alimentador 223, esto sumado a que éste alimentador es de construcción reciente y no presenta una carga importante, no se ha considerado necesario realizar un análisis más completo.

2 Análisis de flujos de potencia de los alimentadores 223 y 224 con la carga actual mediante el software CYME

Para este y los próximos capítulos en las diferentes simulaciones, la información en cuanto a bases de datos y elementos de cada SEP existentes y próximos a ser incorporados a los diferentes alimentadores y la subestación Azogues 2, fue proporcionada en su totalidad por la EEA.

El análisis efectuado en cuanto a caída de voltaje está basado en la sección 8.2 Límites, de la Regulación Nro. ARCONEL-005/18 vigente en el país para las empresas distribuidoras, además de los estándares ANSI C84.1, IEC 61000-4-15 y la IEEE Std. 1547.

Variaciones de Voltaje

El estándar ANSI C84.1 posee 2 rangos de tolerancia en variación de niveles de voltaje:

- Rango A: Voltaje óptimo de trabajo
- Rango B: Voltaje aceptable pero no óptimo de trabajo

Estos rangos se clasifican por el porcentaje de variación de voltaje según la tabla siguiente:

Tabla 12. Variaciones de voltaje de servicio para rangos A y B mayores a 600 V [5]

<i>Rango</i>	<i>Variación sobre voltaje nominal [%]</i>
A_{\min}	97,5
A_{\max}	105
B_{\min}	95
B_{\max}	105,8

Nota: para el caso de trabajar en voltaje en p.u. se tomará un voltaje base de 120 V equivalente a 1pu.

Es permisible que, para los alimentadores de distribución, los rangos de caídas de voltaje se encuentren en un rango del 3% al 5%, y adicional un 3% en el circuito derivado de los usuarios, es decir con respecto a transformadores que derivan en ramales secundarios, además de los usuarios industriales que pueden o no contar con una subestación propia dependiendo de su carga instalada y el nivel de voltaje que estos requieran. [4]

En base a los estándares mencionados en la regulación ARCONEL 005/18 se establecen los siguientes niveles para clasificar el nivel de voltaje según lo siguiente:

- Bajo voltaje: voltaje menor igual a 0,6 kV;
- Medio voltaje: voltaje mayor a 0,6 y menor igual a 40 kV
- Alto voltaje grupo 1: voltaje mayor a 40 y menor igual a 138 kV;
- Alto voltaje grupo 2: voltaje mayor a 138 kV. [1]

En la Tabla 13 se presentan los valores máximos y mínimos de variaciones en voltaje en un SEP con voltajes mayores a 600 V; considerados en el análisis debido a que la fábrica INDUGLOB trabajará a un nivel de medio voltaje de 22 kV.

Tabla 13. Variaciones de voltaje de servicio para rangos de bajo, medio y alto voltaje [5]

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

Para este caso puntual se establece una variación máxima del $\pm 6\%$ en referencia al voltaje nominal, es decir de 22 kV.

2.1 Análisis Alimentador 223

Para el análisis del alimentador 223 se ha considerado como el estado actual del mismo el aumento de 3 usuarios proyectados por la EEA que se presentaron durante la realización del proyecto; pero, por solicitud de la misma se realiza un análisis previo sin ninguna carga adicional conectada a la fecha de inicio de este proyecto.

2.1.1 Análisis del alimentador 223 sin aumento de cargas importantes o futuras

La Tabla 3 muestra los resultados del reporte de carga de la simulación realizada del consumo de potencia activa y aparente, así como el factor de potencia y pérdidas por transmisión de energía del alimentador 223 mediante el software CYME.

La Tabla 8 presenta un resumen de las pérdidas económicas por transporte de energía, esto a nivel de todo el alimentador 223.

Como ya se mencionó, en los próximos meses se incorporarán 3 cargas dentro del SEP del alimentador 223; dado esto, la EEA ha requerido que se tome ésta configuración como el estado actual del alimentador; por lo que ahora se realizara el análisis del alimentador con dichas cargas.

2.1.2 Análisis del alimentador 223 con el aumento de las cargas: GRACONSA, S/N y Planta de tratamiento de aguas residuales

Aquí se contemplará el ingreso de 3 cargas que están próximas a incorporarse al grupo de usuarios de la EEA en el alimentador 223; sin considerar aun la inclusión de la carga de la fábrica INDUGLOB, dichas cargas se mencionan a continuación:

- Planta de aguas residuales del Gobierno Autónomo Descentralizado de Azogues: potencia de 1 MVA y un factor de potencia 92%
- Fábrica S/N: potencia de 1 MVA y un factor de potencia 92%
- Empresa GRACONSA: potencia de 475 kVA y un factor de potencia de 92%

La Tabla 14 muestra un resumen de las cargas totales, producción en la subestación y pérdidas de potencia producidas a razón de transmisión de energía a nivel del alimentador 223 con la inclusión de 3 cargas adicionales.

Tabla 14. Reporte de carga del alimentador 223 con la inclusión de 3 cargas adicionales

Alimentador 223				
Fuente: Subestación Azogues 2		Voltaje de fuente: 22 kVLL		
Resumen total	P [kW]	Q [kVAR]	S [kVA]	FP(%)
Cargas del alimentador 223				
Producción total	3.585,28	1.062,95	3.739,53	95,88
Cargas totales	3.502,22	1.086,86	3.666,99	95,51
Pérdidas en el alimentador 223				
Pérdidas en las líneas	52,27	75,65	91,95	56,84
Pérdidas en los cables	2,03	1,28	2,40	84,73
Pérdidas de carga del transformador	3,76	15,03	15,49	24,26
Pérdidas en vacío del transformador	25,00	0,00	25,00	100,00
Pérdidas totales	83,05	91,96	134,84	61,59

En cuanto a la Tabla 15, ésta muestra los valores correspondientes a las pérdidas por transmisión de energía dentro de las líneas del alimentador 223, esto en el caso que ya se encuentren las 3 cargas mencionadas dentro de este SEP.

Tabla 15. Resumen de costos por pérdidas y fallas presentes para el alimentador 223 con 3 cargas adicionales

Costo anual de las pérdidas del sistema	P [kW]	MW-h/año	Miles de dólares/año
Pérdidas en las líneas	52,27	175,99	17,60
Pérdidas en los cables	2,03	6,85	0,69
Pérdidas de carga del transformador	3,76	12,65	1,27
Pérdidas en vacío del transformador	25,00	218,96	21,90
Pérdidas totales	83,05	414,45	41,45

Ahora, si bien es importante tener una visión global del alimentador, es imprescindible para cargas importantes conocer la manera en que el SEP se está comportando en cuestiones de voltaje y potencia para asegurar que se brinde un servicio de calidad; por lo que, para cada carga se analizarán 3 puntos que muestran en la Imagen 3.

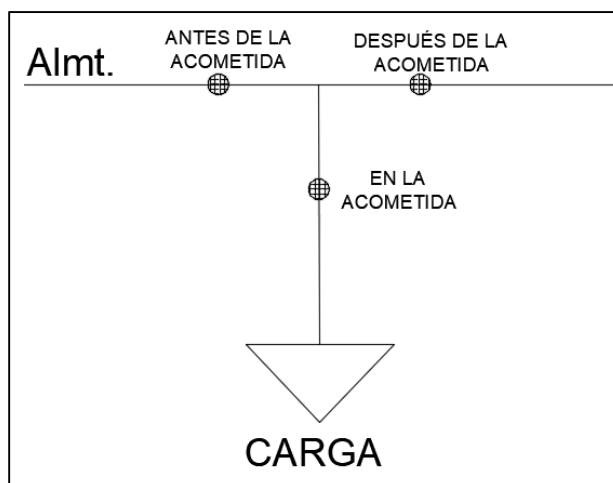


Imagen 3. Puntos de análisis para cada carga a analizar en los alimentadores 223 y 224

2.1.2.1 Análisis de voltaje, corriente y potencias de las cargas del alimentador 223 sin la inclusión de la carga de INDUGLOB

En la Imagen 4 se muestran los resultados de voltaje, corrientes y potencia para las cargas en el punto de conexión de acometida, antes de la acometida y posterior a la acometida, de las cargas mencionadas presentes en el alimentador 223.

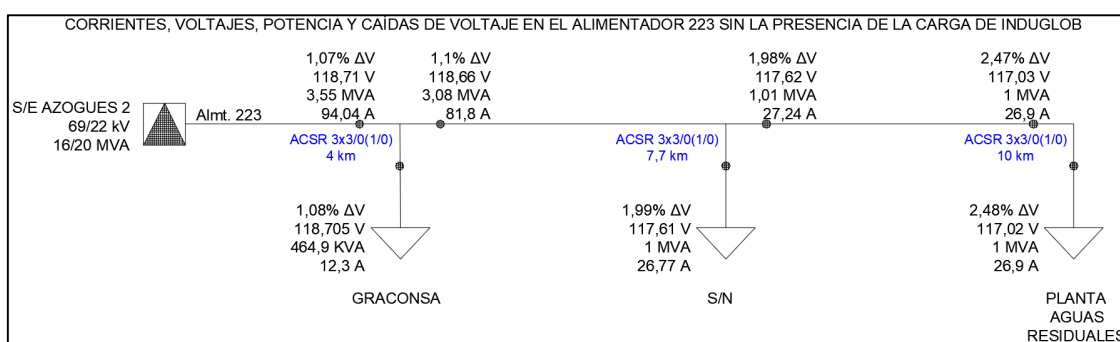


Imagen 4. Resultados de voltajes, potencias y corrientes de las diferentes cargas importantes del alimentador 223 sin la inclusión de la carga de la fábrica INDUGLOB

2.2 Análisis del alimentador 224 en su estado actual

Para el caso de este alimentador, por su reciente construcción y cantidad de cargas hace que el flujo de potencia presente un mínimo de pérdidas por transporte de energía, lo que no influye mayormente en la operación del mismo, esto se muestra en la Tabla 4.

Para el análisis de los costos por pérdidas de transporte de energía en el alimentador 224 en la Tabla 9 se da el resumen de estas en su estado actual.

**2.3 Análisis de la subestación Azogues 2 con el incremento de las cargas:
GRACONSA, S/N y Planta de tratamiento de aguas residuales en el
alimentador 223**

Se presenta para este punto un análisis del alimentador 223 frente al incremento de las cargas: GRACONSA, S/N y Planta de tratamiento de aguas residuales, incorporadas ya al grupo de usuarios a los que la EEA brinda servicio a través de la subestación Azogues 2; este estado en adelante será considerado como el estado actual del alimentador 223.

Tabla 16. Resumen de cargas y pérdidas totales de la Subestación Azogues 2 con 3 cargas adicionales en el alimentador 223.

Subestación Azogues 2				
Fuente: Subestación Azogues 2		Voltaje de fuente: 22 kVLL		
Resumen total	P [kW]	Q [kVAR]	S [kVA]	FP(%)
Cargas de la subestación Azogues 2				
Producción total	6.932,50	1.547,31	7.123,95	97,31
Cargas totales	6.758,88	1.675,35	7.053,52	95,82
Pérdidas en la subestación Azogues 2				
Pérdidas en las líneas	66,80	94,76	115,96	57,61
Pérdidas en los cables	2,52	1,64	3,01	83,56
Pérdidas de carga del transformador	18,12	72,49	74,72	24,25
Pérdidas en vacío del transformador	86,17	0,00	86,17	100,00
Pérdidas totales	173,61	168,89	279,87	62,03

Tabla 17. Resumen de costos por pérdidas y fallas presentes para la subestación Azogues 2 con 3 cargas adicionales

Costo anual de las pérdidas del sistema	P [kW]	MW-h/año	Miles de dólares/año
Pérdidas en las líneas	66,80	224,93	22,49
Pérdidas en los cables	2,52	8,47	0,85
Pérdidas de carga del transformador	18,12	61,03	6,10
Pérdidas en vacío del transformador	86,17	754,88	75,49
Pérdidas totales	173,61	1.049,31	104,93

La Tabla 16 y 17 muestran que las pérdidas en la subestación aumentan en consecuencia del incremento de cargas; aunque el factor de potencia disminuye, aún la subestación está operando dentro de los niveles de calidad, por lo que se no se presentan mayores problemas en cuanto a la prestación de servicio a sus usuarios.

3 Análisis de flujos de potencia de la subestación Azogues 2 y los alimentadores 223 y 224 con una carga adicional de 3.5 MVA de la fábrica INDUGLOB, con el software CYME

En este capítulo se analizará el comportamiento de la subestación Azogues 2 y los alimentadores 223 y 224 con la adición de la carga de INDUGLOB de forma individual en cada alimentador, de tal forma que esto permita realizar una comparación de los resultados de estas simulaciones. Al igual que en la sección **2.1.2 Análisis del alimentador 223 con el aumento de las cargas: GRACONSA, S/N y Planta de tratamiento de aguas residuales**; se analizará que es lo que está ocurriendo con las 3 cargas mencionadas, frente a la presencia de la carga de la fábrica de INDUGLOB en ese alimentador.

3.1 Análisis del alimentador 223 con la carga de INDUGLOB

El análisis del alimentador 223 con la adición de la carga de la fábrica INDUGLOB, tendrá en consideración además la inclusión de 3 cargas que solicitaron el servicio de suministro eléctrico a la distribuidora EEA durante el desarrollo de este proyecto.

El reporte de la Tabla 18 corresponde al flujo de potencia de alimentador 223 con incremento de una carga de 3,5 MVA y las 3 cargas adicionales mencionadas, además adelante se presentará como en el caso anterior un análisis de las cargas de este alimentador como se indica en Imagen 3.

Tabla 18. Reporte de carga del alimentador 223 para 4 cargas adicionales

Alimentador 223				
Fuente: Subestación Azogues 2		Voltaje de fuente: 22 kVLL		
Resumen total	P [kW]	Q [kVAR]	S [kVA]	FP(%)
Cargas del alimentador 223				
Producción total	7.051,04	2.491,01	7.478,12	94,29
Cargas totales	6.793,97	2.273,18	7.164,18	94,83
Pérdidas en el alimentador 223				
Pérdidas en las líneas	218,67	316,93	385,04	56,79
Pérdidas en los cables	10,51	6,80	12,52	83,96
Pérdidas de carga del transformador	3,91	15,64	16,13	24,28
Pérdidas en vacío del transformador	23,97	0,00	23,97	100,00
Pérdidas totales	257,07	339,38	437,67	58,74

Al analizar la Tabla 18 se observa una pérdida del factor de potencia, aumento en pérdidas tanto en potencia real y aparente; con el simple análisis de estos valores se tendría un indicador de que el aumento de la carga de 3.5MVA de INDUGLOB sumado a las otras cargas será significativo para el SEP del alimentador 223. Lo que derivaría necesariamente en la toma de acciones como la repotenciación del alimentador, o por el contrario no usar este alimentador como el punto de suministro de servicio a la fábrica INDUGLOB.

En cuanto al aspecto económico, al incluir la carga de la fábrica INDUGLOB en el alimentador 223 se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 19.

Tabla 19. Resumen de costos por pérdidas y fallas presentes para el alimentador 223 con 4 cargas adicionales

Costo anual de las pérdidas del sistema	ΔP [kW]	MW-h/año	Miles de dólares/año
Pérdidas en las líneas	218,67	736,29	73,63
Pérdidas en los cables	10,51	35,40	3,54
Pérdidas de carga del transformador	3,91	13,18	1,32
Pérdidas en vacío del transformador	23,97	210,00	21,10
Pérdidas totales	257,07	994,88	99,49

3.1.1 Análisis de las 4 cargas en el alimentador 223 con la inclusión de la carga de INDUGLOB

Para las cargas: INDUGLOB, GRACONSA, S/N y Planta de tratamiento de aguas residuales, en la Imagen 5 se presenta los resultados de voltaje, corriente y potencia para cada carga en los 3 puntos que se muestra en la Imagen 3, esto con el fin de poder realizar una comparación de los resultados con y sin la presencia de la carga de INDUGLOB en el alimentador 223.

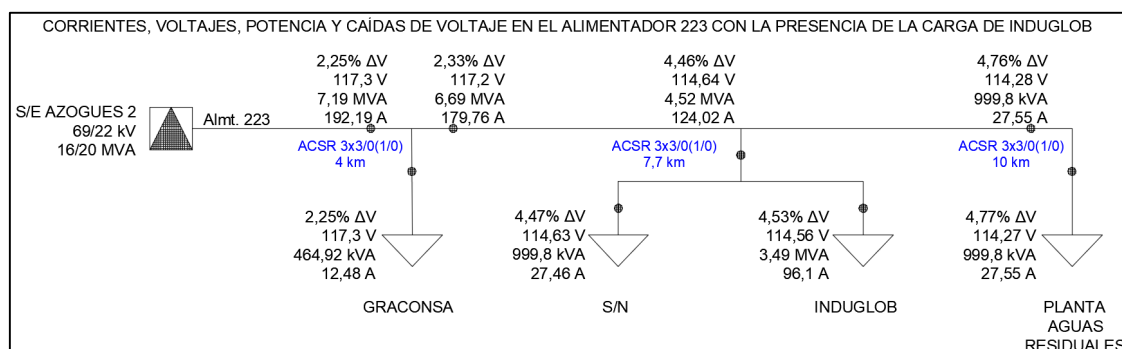


Imagen 5. Resultados de voltajes potencias y corrientes de las diferentes cargas importantes del alimentador 223 con la inclusión de la carga de la fábrica INDUGLOB

3.2 Análisis del alimentador 224 con la carga de INDUGLOB

Los resultados de sumar la carga de la fábrica INDUGLOB al SEP del alimentador 224; se presentarán en 2 puntos de análisis: en los puntos antes de la acometida y en el punto de conexión de la acometida de la fábrica; esto debido a que la fábrica en el caso de encontrarse en el alimentador 224, sería el último punto de conexión en este alimentador. Posteriormente se realizará un análisis comparativo entre los alimentadores 223 y 224.

En la Tabla 20 se presenta un reporte de carga del alimentador 224 con la presencia de la carga de INDUGLOB.

Tabla 20. Reporte de carga del alimentador 224 con la carga adicional INDUGLOB

Alimentador 224				
Fuente: Subestación Azogues 2		Voltaje de fuente: 22 kVLL		
Resumen total	P [kW]	Q [kVAR]	S [kVA]	FP(%)
Cargas del alimentador 224				
Producción total	3.554,49	1.293,18	3.782,43	93,97
Cargas totales	3.471,54	1.227,33	3.682,11	94,28
Pérdidas en el alimentador 224				
Pérdidas en las líneas	73,71	107,46	130,31	56,57
Pérdidas en los cables	6,07	4,32	7,45	81,46
Pérdidas de carga del transformador	0,69	2,75	2,83	24,25
Pérdidas en vacío del transformador	2,49	0,00	2,49	100,00
Pérdidas totales	82,96	114,53	141,42	58,66

La Tabla 21 muestra el resumen de costos por pérdidas a nivel del alimentado 224 con la presencia de la carga de la fábrica INDUGLOB.

Tabla 21. Resumen de costos por pérdidas y fallas presentes para el alimentador 224 con la inclusión de INDUGLOB

Costo anual de las pérdidas del sistema	ΔP [kW]	MW-h/año	Miles de dólares/año
Pérdidas en las líneas	73,71	248,21	24,82
Pérdidas en los cables	6,07	20,44	2,04
Pérdidas de carga del transformador	0,69	2,32	0,23
Pérdidas en vacío del transformador	2,49	21,78	2,18
Pérdidas totales	82,96	292,74	29,27

Ahora, en la Imagen 6 presentan los valores de voltajes, corrientes y potencias de la carga de la fábrica INDUGLOB en los puntos ya detallados en la Imagen 3.

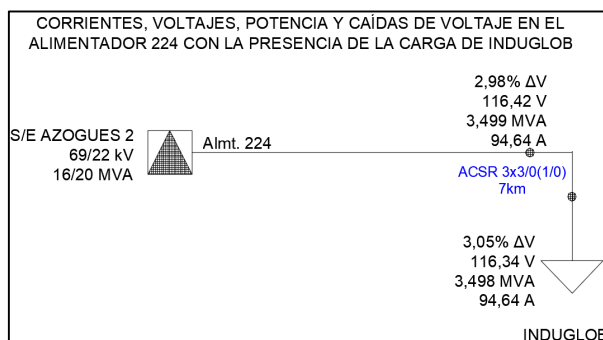


Imagen 6. Resultados de voltajes, potencias y corrientes del alimentador 224 con la inclusión de la carga de la fábrica INDUGLOB

3.3 Análisis de la subestación Azogues 2 frente al incremento de 4 cargas incluida INDUGLOB

En esta sección se analizará el comportamiento de la subestación en cuanto a potencia, pérdidas y factor de potencia, esto para mostrar cual será la situación de ésta frente al

incremento cargas, para lo que se analizarán dos escenarios: con la carga de INDUGLOB en el alimentador 223 y con dicha carga en el alimentador 224, esto con el fin de poder comparar en cuál de estos casos es conveniente opere la subestación Azogues 2.

3.3.1 Análisis de la subestación con la carga de INDUGLOB en el alimentador 223

La Tabla 22 muestra que disminuye el factor de potencia y aumentan las pérdidas de la subestación y esto es normal, ya que se incrementaría significativamente la carga de la misma.

Tabla 22. Reporte de carga de la subestación Azogues 2 con la carga de INDUGLOB en el alimentador 223

Subestación Azogues 2 con la carga INDUGLOB en el alimentador 223				
Fuente: Subestación Azogues 2		Voltaje de fuente: 22 kVLL		
Resumen total	P [kW]	Q [kVAR]	S [kVA]	FP(%)
Cargas de la subestación Azogues 2				
Producción total	10.398,26	2.975,37	10.862,54	95,73
Cargas totales	10.050,63	2.885,58	10.478,17	95,92
Pérdidas en la subestación Azogues 2				
Pérdidas en las líneas	233,21	336,03	409,05	57,01
Pérdidas en los cables	10,99	7,17	13,13	83,71
Pérdidas de carga del transformador	18,28	73,11	75,36	24,26
Pérdidas en vacío del transformador	85,15	0,00	85,15	100,00
Pérdidas totales	347,62	416,30	582,69	59,66

Tabla 23. Resumen de pérdidas de la subestación Azogues 2 con INDUGLOB en el alimentador 223

Costo anual de las pérdidas del sistema	ΔP [kW]	MW-h/año	Miles de dólares/año
Pérdidas en las líneas	233,21	785,24	78,52
Pérdidas en los cables	10,99	37,02	3,70
Pérdidas de carga del transformador	18,28	61,55	6,16
Pérdidas en vacío del transformador	85,15	745,93	74,59
Pérdidas totales	347,62	1.629,74	162,97

Como se observa en la Tabla 23 el aumento del costo de las pérdidas anuales es muy significativo, al ser comparado con el valor de las pérdidas ocasionadas cuando no se encuentra la carga de INDUGLOB en ninguno de los alimentadores de la subestación Azogues 2.

3.3.2 Análisis de la subestación Azogues 2 con la carga de INDUGLOB en el alimentador 224

Si se observa la Tabla 24 y 25, las pérdidas al tener la carga de INDUGLOB en el alimentador 224 son menores que en el caso de estar dicha carga en el alimentador 223, en el caso del factor de potencia este se mantiene con una variación mínima. Al aumentar la carga de cualquier forma para la subestación no es relevante que ésta se ubique en cualquiera de los alimentadores, esto hablando del tema de la distribución de energía únicamente.

Tabla 24. Reporte de carga de la subestación Azogues 2 con la carga de INDUGLOB en el alimentador 224

Subestación Azogues 2 con la carga INDUGLOB en el alimentador 224				
Fuente: Subestación Azogues 2		Voltaje de fuente: 22 kVLL		
Resumen total	P [W]	Q [kVAR]	S [kVA]	FP(%)
Cargas de la subestación Azogues 2				
Producción total	10.304,55	2.839,34	10.723,93	96,09
Cargas totales	10.051,24	2.889,86	10.480,18	95,91
Pérdidas en la subestación Azogues 2				
Pérdidas en las líneas	140,44	202,10	246,14	57,06
Pérdidas en los cables	8,57	5,96	10,45	82,04
Pérdidas de carga del transformador	18,19	72,73	74,97	24,26
Pérdidas en vacío del transformador	86,12	0,00	86,12	100,00
Pérdidas totales	253,32	280,80	417,67	60,65

Tabla 25. Resumen de pérdidas de la subestación Azogues 2 con INDUGLOB en el alimentador 224

Costo anual de las pérdidas del sistema	ΔP [kW]	MW-h/año	Miles de dólares/año
Pérdidas en las líneas	140,44	472,88	47,29
Pérdidas en los cables	8,57	28,89	2,89
Pérdidas de carga del transformador	18,19	61,23	6,12
Pérdidas en vacío del transformador	86,12	754,34	75,43
Pérdidas totales	253,32	1.317,34	131,73

Los resultados en cuanto a costos por pérdidas en el caso de que la carga INDUGLOB esté en el alimentador 224 son menores ante el caso de que la carga se conecte en el alimentador 223, estos se encuentran a una diferencia de aproximadamente \$30.000 anuales.

3.4 Análisis del crecimiento de la demanda al 2,5% anual para los alimentadores 223 y 224

Se partirá considerando un incremento de la demanda anual sugerido por la EEA de un 2,5% hasta el año 2025 en los alimentadores y la subestación; esto es de importancia debido a las diferencias entre los alimentadores; ya que, el alimentador 224 es aún nuevo y no tiene una demanda que puede considerarse alta.

Para esta sección se realizarán dos análisis principales: un crecimiento de la demanda con la carga de la fábrica INDUGLOB conectada al alimentador 223 esto tomando en cuenta ya las 3 cargas adicionales: Planta de tratamiento de aguas residuales, fabrica GRACONSA y fábrica S/N, y un segundo análisis con la carga de la fábrica INDUGLOB conectada al alimentador 224.

3.4.1 Análisis del crecimiento de la demanda anual del 2,5% en el Alimentador 223 considerando la carga de INDUGLOB en este SEP

Se expone un resumen de cargas y pérdidas del alimentador 223 ante un crecimiento de la demanda de un 2,5% anual con la inclusión de la fábrica INDUGLOB y las otras 3 cargas que se mencionan anteriormente y que formaran parte del SEP del alimentador 223 para ese entonces. Además, se muestra el estado del alimentador 224 con igual crecimiento de la demanda, pero sin incluir la carga de INDUGLOB en ese SEP.

La Tabla 26 muestra un considerable aumento de cargas y como es consecuente el factor de potencia disminuye frente al aumento de las pérdidas; adelante se analizará lo que ocurre en las acometidas consideras importantes para así poder brindar una mejor conclusión.

Tabla 26. Reporte de carga del alimentador 223 con crecimiento de la demanda del 2,5% anual y la inclusión de INDUGLOB

Alimentador 223				
Fuente: Subestación Azogues 2		Voltaje de fuente: 22 kVLL		
Resumen total	P [kW]	Q [kVAR]	S [kVA]	FP(%)
Cargas del alimentador				
Producción total	8.023,81	2.898,10	8.531,15	94,05
Cargas totales	7.680,79	2.544,19	8.091,20	94,93
Pérdidas en el alimentador				
Pérdidas en las líneas	300,19	435,07	528,58	56,79
Pérdidas en los cables	14,82	9,61	17,66	83,91
Pérdidas de carga del transformador	5,66	22,61	23,31	24,27
Pérdidas en vacío del transformador	22,35	0,00	22,35	100,00
Pérdidas totales	343,02	467,29	591,9	57,95

Tabla 27. Resumen de costos por pérdidas y fallas presentes para el alimentador 223 con la inclusión de INDUGLOB y un crecimiento de la demanda del 2,5% anual.

Costo anual de las pérdidas del sistema	ΔP [kW]	MW-h/año	Miles de dólares/año
Pérdidas en las líneas	300,19	1.010,81	101,08
Pérdidas en los cables	14,82	49,91	4,99
Pérdidas de carga del transformador	5,66	19,05	1,90
Pérdidas en vacío del transformador	22,35	195,76	19,58
Pérdidas totales	343,02	1.275,53	127,55

Estos resultados se analizarán adelante en una comparación del crecimiento de la demanda frente a la ausencia de la carga de la fábrica INDUGLOB en el alimentador 223, además de analizar qué es lo que ocurre a nivel de la subestación Azogues 2 en estos escenarios.

Ahora la Tabla 28 muestra el estado del alimentador 224 con el crecimiento de la demanda anual del 2,5% sin considerar la carga de INDUGLOB dentro de este SEP:

Tabla 28. Reporte de carga del alimentador 224 con crecimiento de la demanda del 2,5% anual sin considerarse dentro de este SEP la carga de INDUGLOB

Alimentador 224				
Fuente: Subestación Azogues 2		Voltaje de fuente: 22 kVLL		
Resumen total	P [kW]	Q [kVAR]	S [kVA]	FP(%)
Cargas del alimentador 224				
Producción total	211,26	11,01	211,55	99,86
Cargas totales	207,68	46,38	212,80	97,60
Pérdidas en el alimentador 224				
Pérdidas en las líneas	0,11	0,15	0,18	57,29
Pérdidas en los cables	0,01	0,01	0,01	81,75
Pérdidas de carga del transformador	0,89	3,57	3,68	24,25
Pérdidas en vacío del transformador	2,57	0,00	2,57	100,00
Pérdidas totales	3,58	3,73	6,45	55,45

En cuanto el aspecto económico respecto a pérdidas por transporte de energía y debido al crecimiento de la demanda del alimentador 224 se presenta la siguiente tabla.

Tabla 29. Resumen de costos por pérdidas y fallas presentes para el alimentador 224 con un crecimiento de la demanda del 2,5% anual sin la carga INDUGLOB

Costo anual de las pérdidas del sistema	ΔP [kW]	MW-h/año	Miles de dólares/año
Pérdidas en las líneas	0,11	0,36	0,04
Pérdidas en los cables	0,01	0,03	0,00
Pérdidas de carga del transformador	0,89	3,01	0,30
Pérdidas en vacío del transformador	2,57	22,52	2,25
Pérdidas totales	3,58	25,90	2,59

De igual forma que en los casos anteriores se realiza un análisis sobre qué es lo que está ocurriendo a nivel de las cargas importantes, para así poder verificar parámetros de calidad de servicio.

3.4.1.1 Análisis de voltajes, corrientes, y potencias del alimentador 223 con un crecimiento de la demanda del 2,5% anual y la inclusión de la carga INDUGLOB

Se analizan los valores de corriente, voltaje y potencia en los puntos antes de la acometida, en el punto de conexión y posterior a este para la carga INDUGLOB

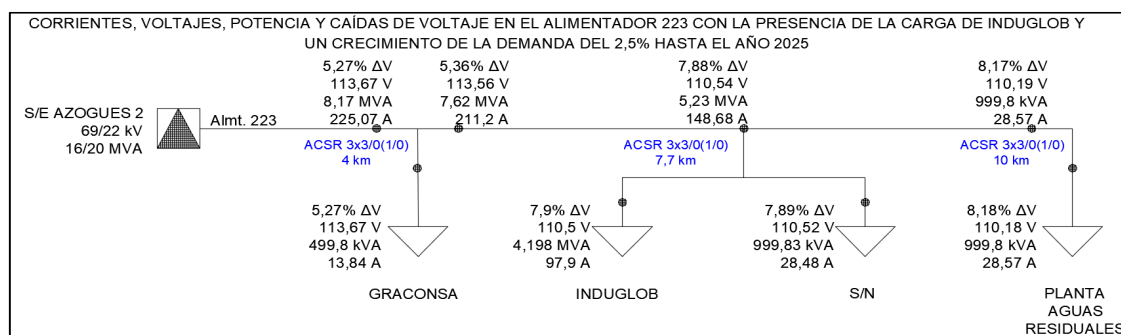


Imagen 7. Resultados de voltajes potencias y corrientes del alimentador 223 con la inclusión de la carga de la fábrica INDUGLOB y un crecimiento de la demanda del 2,5% anual hasta el año 2025

3.4.2 Análisis del crecimiento de la demanda anual del 2,5% en el Alimentador 224 considerando la carga de INDUGLOB en este SEP

Al igual que en el caso anterior se presenta un resumen de cargas y pérdidas ante un crecimiento de un 2,5% anual para el alimentador 224 con la inclusión de la carga de la fábrica INDUGLOB en este SEP.

Tabla 30. Reporte de carga del alimentador 224 con crecimiento de la demanda del 2,5% incluyendo la carga de INDUGLOB en este SEP

Alimentador 224				
Fuente: Subestación Azogues 2		Voltaje de fuente: 22 kVLL		
Resumen total	P [kW]	Q [kVAR]	S [kVA]	FP(%)
Cargas del alimentador 224				
Producción total	4.281,83	1.595,99	4.569,60	93,70
Cargas totales	4.158,63	1.471,19	4.411,19	94,27
Pérdidas en el alimentador 224				
Pérdidas en las líneas	110,72	161,42	195,74	56,57
Pérdidas en los cables	9,12	6,49	11,20	81,46
Pérdidas de carga del transformador	0,96	3,85	3,97	24,25
Pérdidas en vacío del transformador	2,40	0,00	2,40	100,00
Pérdidas totales	123,21	171,77	213,31	57,76

En cuanto al aspecto económico por causa de pérdidas en el análisis del crecimiento de la demanda, al agregar la de la fábrica INDUGLOB en el SEP del alimentador 224 se presentan los valores de la Tabla 31.

Tabla 31. Resumen de costos por pérdidas y fallas presentes para el alimentador 224 con la inclusión de INDUGLOB y un crecimiento de la demanda del 2,5% anual.

Costo anual de las pérdidas del sistema	P [kW]	MW-h/año	Miles de dólares/año
Pérdidas en las líneas	110,72	372,83	37,28
Pérdidas en los cables	9,12	30,72	3,07
Pérdidas de carga del transformador	0,96	3,24	0,32
Pérdidas en vacío del transformador	2,40	20,99	2,10
Pérdidas totales	123,21	427,78	42,78

Luego de esto en la Tabla 32 se presenta el estado del alimentador 223 con el crecimiento de la demanda, pero sin inclusión de la carga de INDUGLOB en este SEP.

Tabla 32. Reporte de carga del alimentador 223 con crecimiento de la demanda del 2,5% sin incluir la carga de INDUGLOB en este SEP

Alimentador 223				
Fuente: Subestación Azogues 2		Voltaje de fuente: 22 kVLL		
Resumen total	P [kW]	Q [kVAR]	S [kVA]	FP(%)
Cargas del alimentador 223				
Producción total	3.823,06	1.114,79	3.982,28	96,00
Cargas totales	3.731,34	1.119,25	3.895,59	95,78
Pérdidas en el alimentador 223				
Pérdidas en las líneas	59,78	86,51	105,16	56,85
Pérdidas en los cables	2,34	1,47	2,76	84,76
Pérdidas de carga del transformador	5,19	20,73	21,37	24,27
Pérdidas en vacío del transformador	24,41	0,00	24,41	100,00
Pérdidas totales	91,72	108,71	153,69	59,68

En lo referente al aspecto económico por causa de pérdidas técnicas activas por transporte de energía en el análisis del crecimiento de la demanda, para el alimentador 223 se tienen los resultados en la Tabla 33.

Tabla 33. Resumen de costos por pérdidas y fallas presentes para el alimentador 223 sin la inclusión de INDUGLOB y un crecimiento de la demande del 2,5% anual.

Costo anual de las pérdidas del sistema	P [kW]	MW-h/año	Miles de dólares/año
Pérdidas en las líneas	59,78	201,31	20,13
Pérdidas en los cables	2,34	7,88	0,79
Pérdidas de carga del transformador	5,19	17,46	1,75
Pérdidas en vacío del transformador	24,41	213,80	21,38
Pérdidas totales	91,72	440,44	44,04

En la Imagen 8 se exponen los valores en cuanto a potencia, voltaje y corriente respecto a la carga de INDUGLOB en los puntos según la Imagen 3 indica para el alimentador 224, también se analizará cómo afecta la presencia de esta carga en el alimentador 223 por lo que se analizaran las 3 cargas adicionales de ese alimentador.

3.4.2.1 Análisis de voltajes, corrientes, y potencias del alimentador 224 con un crecimiento de la demanda del 2,5% anual y la inclusión de la carga INDUGLOB

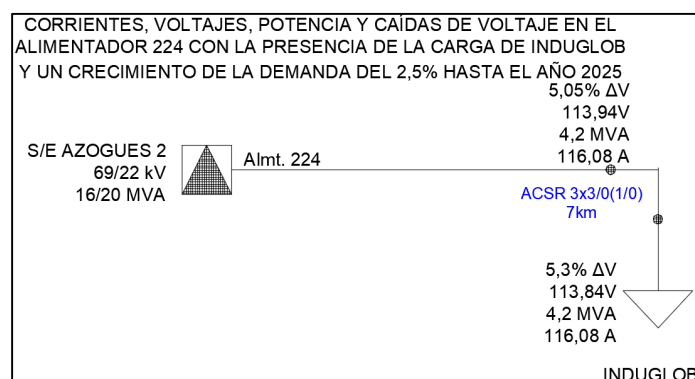


Imagen 8. Resultados de voltajes, potencias y corrientes del alimentador 224 con la inclusión de la carga de la fábrica INDUGLOB y un crecimiento de la demanda del 2,5% anual hasta el año 2025

3.4.2.2 Análisis de voltajes, corrientes, y potencias del alimentador 223 con un crecimiento de la demanda del 2,5% anual y sin la inclusión de la carga INDUGLOB

La Imagen 9 presenta los valores de voltaje, corriente y potencias correspondientes al alimentador 223 en los puntos indicados en la Imagen 3 para cada una de las cargas.

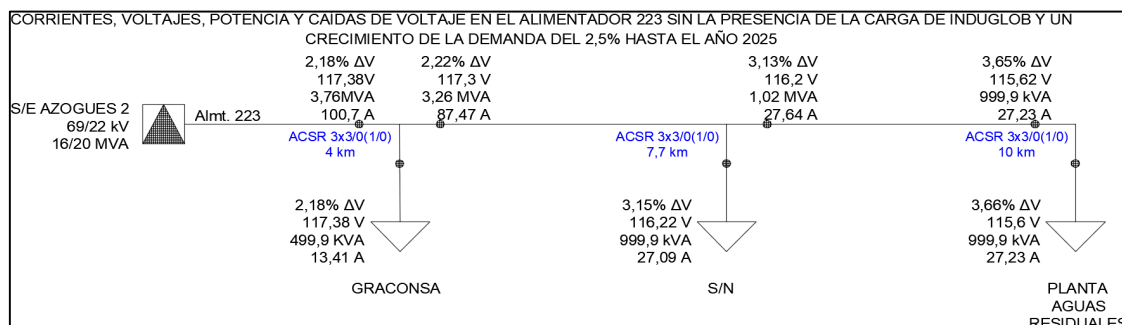


Imagen 9. Resultados de voltajes, potencias y corrientes del alimentador 223 sin la inclusión de la carga de la fábrica INDUGLOB y un crecimiento de la demanda del 2,5% anual hasta el año 2025

3.4.3 Análisis de la subestación Azogues 2 con un crecimiento de la demanda anual del 2,5%

Se analizará el comportamiento de la subestación Azogues 2 frente al crecimiento de la demanda del 2.5% anual hasta el año 2025, esto se realizará en 2 aspectos, el primero cuando el incremento se produce con la carga de la fábrica INDUGLOB en el alimentador 223 y el segundo cuando ocurre en el alimentador 224, se menciona que para esto ya están incluidos los valores del crecimiento de la demanda de los alimentadores 221 y 222, esto porque sus cambios afectan directamente a la subestación Azogues 2.

3.4.3.1 Crecimiento de la demanda en la subestación Azogues 2 con la carga de INDUGLOB en el alimentador 223

Al igual que en los análisis anteriores se presentarán las pérdidas en potencia y económicas, además del reporte de carga para la subestación tanto en consumo como en producción.

Como era esperado, la Tabla 34 muestra que las cargas y pérdidas de la subestación aumentan considerablemente, ya que se incrementaría significativamente la carga de la subestación; apriori se compara lo que pasa con la subestación al tener un crecimiento de la demanda anual del 2,5% y estar la carga de INDUGLOB en el alimentador 223 o en el alimentador 224, para así tener una visión más amplia de las decisiones que se deben tomar.

Tabla 34. Reporte de carga de la subestación Azogues 2 con un incremento de la demanda del 2,5% anual y la carga de INDUGLOB en el alimentador 223

Subestación Azogues 2 con la carga INDUGLOB en el alimentador 223				
Fuente: Subestación Azogues 2		Voltaje de fuente: 22 kVLL		
Resumen total	P [kW]	Q [kVAR]	S [kVA]	FP(%)
Cargas de la subestación 223				
Producción total	11.222,11	3.351,01	11.762,72	95,40
Cargas totales	10.791,35	3.133,44	11.257,41	95,86
Pérdidas en la subestación 223				
Pérdidas en las líneas	313,15	452,11	550,00	56,94
Pérdidas en los cables	15,25	9,94	18,21	83,76
Pérdidas de carga del transformador	18,74	74,95	77,26	24,26
Pérdidas en vacío del transformador	83,61	0,00	83,61	100,00
Pérdidas totales	430,76	536,99	729,07	59,08

La Tabla 35 muestra el aumento en el costo de las pérdidas anuales de la subestación Azogues 2 dadas a causa del transporte de la misma.

Tabla 35. Resumen de pérdidas de la subestación Azogues 2 con un incremento de la demanda del 2,5% anual y la carga INDUGLOB en el alimentador 223

Costo anual de las pérdidas del sistema	ΔP [kW]	MW-h/año	Miles de dólares/año
Pérdidas en las líneas	313,15	1.054,45	105,45
Pérdidas en los cables	15,25	51,36	5,14
Pérdidas de carga del transformador	18,74	63,11	6,31
Pérdidas en vacío del transformador	83,61	732,44	73,24
Pérdidas totales	430,76	1.901,36	190,14

3.4.3.2 Crecimiento de la demanda en la subestación Azogues 2 con la carga de INDUGLOB en el alimentador 224

Aquí al igual que en el análisis de la sección anterior se presentarán el estado de la carga y pérdidas para la subestación, frente al crecimiento de la demanda del 2,5% anual con la carga de la fábrica INDUGLOB en el SEP del alimentador 224.

Tabla 36. Reporte de carga de la subestación Azogues 2 con un incremento de la demanda del 2,5% anual y la carga de INDUGLOB en el alimentador 224

Subestación Azogues 2 con la carga INDUGLOB en el alimentador 224				
Fuente: Subestación Azogues 2		Voltaje de fuente: 22 kVLL		
Resumen total	P [kW]	Q [kVAR]	S [kVA]	FP(%)
Cargas de la subestación Azogues 2				
Producción total	11.091,93	3.152,68	11.571,90	95,85
Cargas totales	10.792,84	3.133,31	11.260,19	95,85
Pérdidas en la subestación Azogues 2				
Pérdidas en las líneas	183,36	264,82	322,13	56,92
Pérdidas en los cables	11,88	8,28	14,49	81,97
Pérdidas de carga del transformador	18,34	73,35	75,61	24,26
Pérdidas en vacío del transformador	85,50	0,00	85,50	100,00
Pérdidas totales	299,08	346,44	497,74	60,09

Como era esperado, las cargas y pérdidas de la subestación disminuyen considerablemente en este caso, esto en comparación de estar la carga de la fábrica INDUGLOB en el alimentador 223 y realizar el crecimiento de la demanda del 2,5% anual.

Tabla 37. Resumen de pérdidas de la subestación Azogues 2 con un incremento de la demanda del 2,5% anual y la carga INDUGLOB en el alimentador 224

Costo anual de las pérdidas del sistema	ΔP [kW]	MW-h/año	Miles de dólares/año
Pérdidas en las líneas	183,36	617,42	61,74
Pérdidas en los cables	11,88	40,02	4,00
Pérdidas de carga del transformador	18,34	61,76	6,18
Pérdidas en vacío del transformador	85,50	748,96	74,90
Pérdidas totales	299,08	1.468,15	146,82

La Tabla 37 expone una diferencia de aproximadamente \$45.000 por año en las pérdidas por razones de transporte de energía frente a los datos obtenidos en la Tabla 35 correspondiente al caso de que la carga se conecte en alimentador 224.

4 Análisis comparativo entre los alimentadores 223 y 224

Para este capítulo se realizará una comparación de los resultados obtenidos mediante un análisis de diagramas de barras.

Se realizarán diferentes escenarios de comparaciones como: aspecto económico, caídas de voltaje, pérdidas técnicas de potencia activa por transporte de energía y como un adicional también se presentará las variaciones en las acometidas de las 3 cargas que están por conformar el alimentador 223; esto con y sin la adición de la carga de la fábrica INDUGLOB; esto debido a que estas cargas han sido consideradas como el estado actual del alimentador 223.

4.1 Análisis en cuanto a pérdidas por transporte de energía en alimentadores y a nivel de la subestación Azogues 2

Se iniciará con el análisis de los alimentadores 223, 224 y un análisis general de lo que ocurre a nivel de subestación con y sin la presencia de la carga de la fábrica INDUGLOB.

4.1.1 Análisis del alimentador 223

La Imagen 10 muestra una comparación de las pérdidas del alimentador 223 con y sin la presencia de la carga de la fábrica INDUGLOB en este SEP.

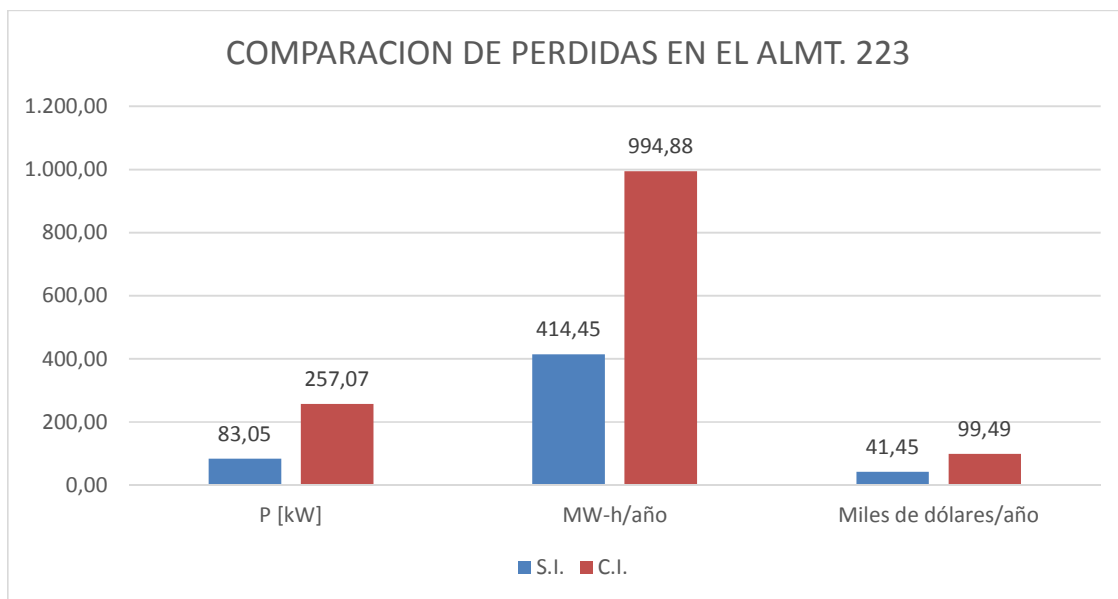


Imagen 10. Comparación de pérdidas en Potencia real, MW-h/año y económicas anuales en el ALMT. 223 con y sin la carga de la fábrica INDUGLOB.

La Imagen 10 muestra que la presencia de la carga de la fábrica INDUGLOB en el alimentador 223 duplica las pérdidas económicas ocasionadas en alimentador al no estar esta carga en el SEP de este alimentador.

En cuanto a producción, cargas y factor de potencia las Imágenes 11, 12 y 13 muestran el estado con y sin la inclusión la carga de la fábrica INDUGLOB en el SEP del alimentador 223.

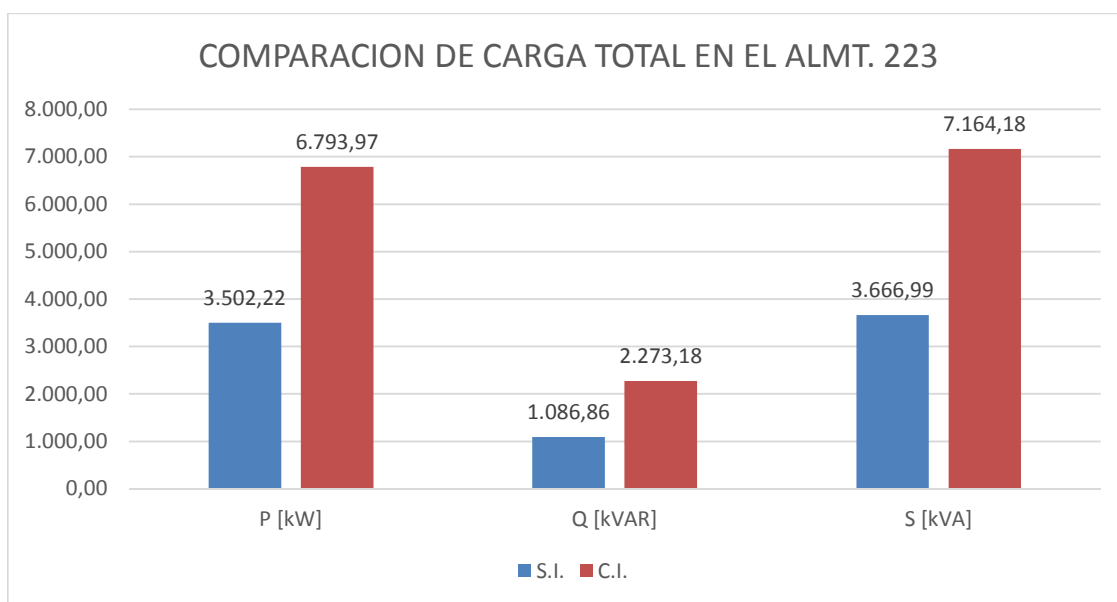


Imagen 11. Comparación de cargas con y sin la carga de la fábrica INDUGLOB en el ALMT. 223

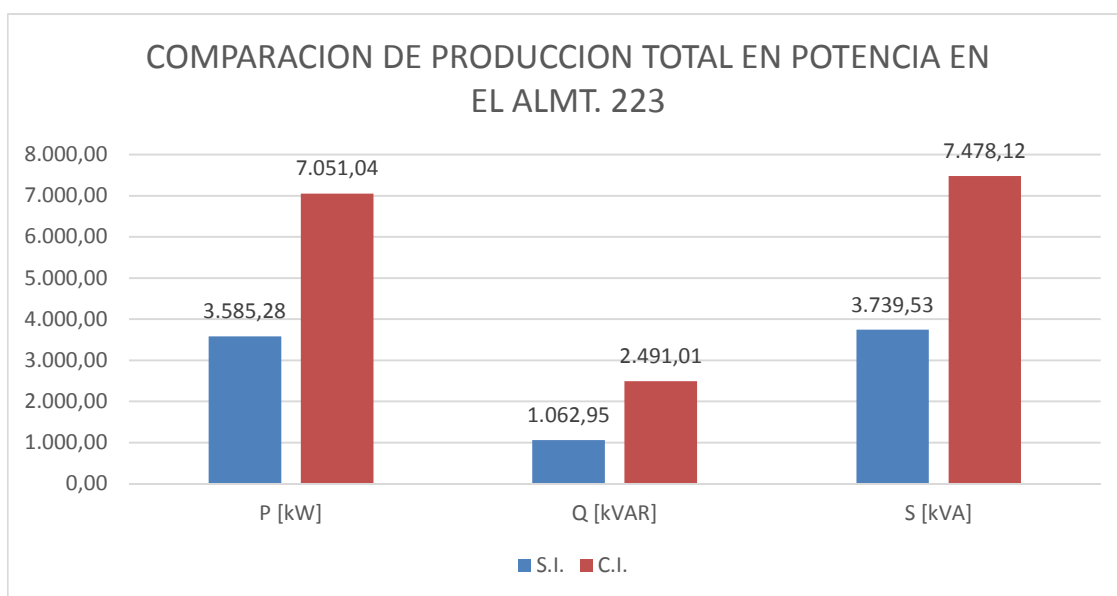


Imagen 12. Comparación de producción en el ALMT. 223 con y sin la carga de la fábrica INDUGLOB

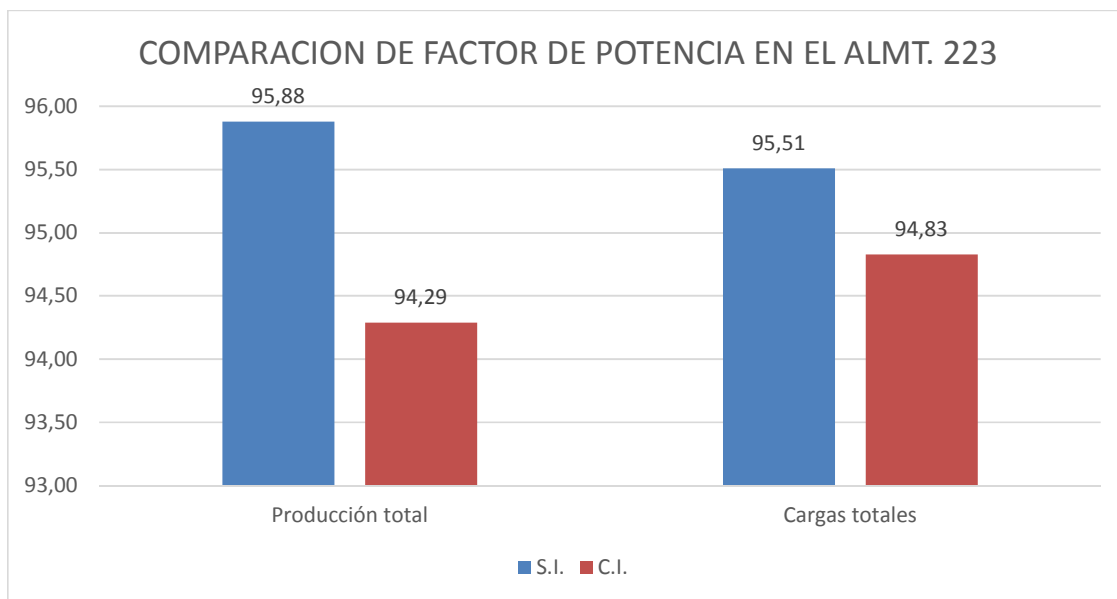


Imagen 13. Comparación del factor de potencia en cuanto a carga y producción con y sin la carga de la fábrica INDUGLOB en el ALMT. 223

La inclusión de la carga de la fábrica INDUGLOB en el alimentador 223 reduce el factor de potencia, esto debido a que el incremento de ésta produce también un incremento de la potencia reactiva por las pérdidas que se producen en este SEP lo que afecta directamente al factor de potencia.

En cuanto a producción el incremento; aunque es muy amplio, el margen de diferencia es comprensible; esto debido a la magnitud de la carga de la fábrica INDUGLOB para el alimentador 223.

4.1.2 Análisis del alimentador 224

En la Imagen 14 se presenta una comparación de las pérdidas con y sin presencia de la carga de la fábrica INDUGLOB en el alimentador 224.

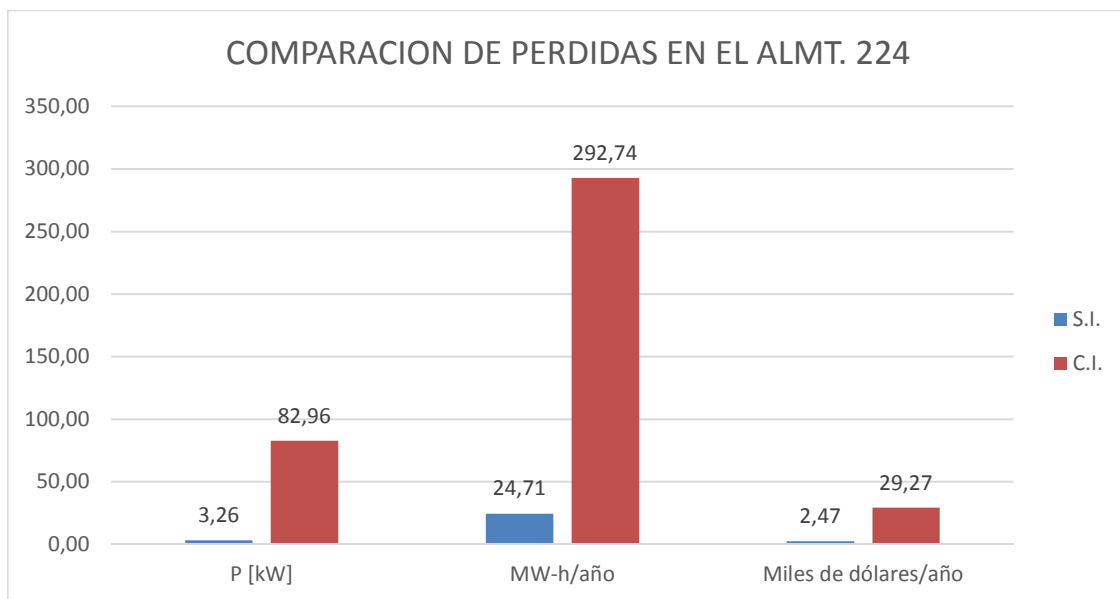


Imagen 14. Comparación de pérdidas en el ALMT. 224 con y sin la carga de la fábrica INDUGLOB

Las pérdidas con y sin la presencia de la carga de la fábrica INDUGLOB en el alimentador 224 son notorias, pero esto es comprensible ya que debido a que este SEP tiene pocas cargas por ser nuevo, la inclusión de una carga como la de INDUGLOB afecta de manera considerable a este sistema de distribución.

Ahora la Imagen 15, 16 y 17 muestran la comparación de la producción, cargas y el factor de potencia del alimentador 224 ante la presencia o no de la carga de INDUGLOB.

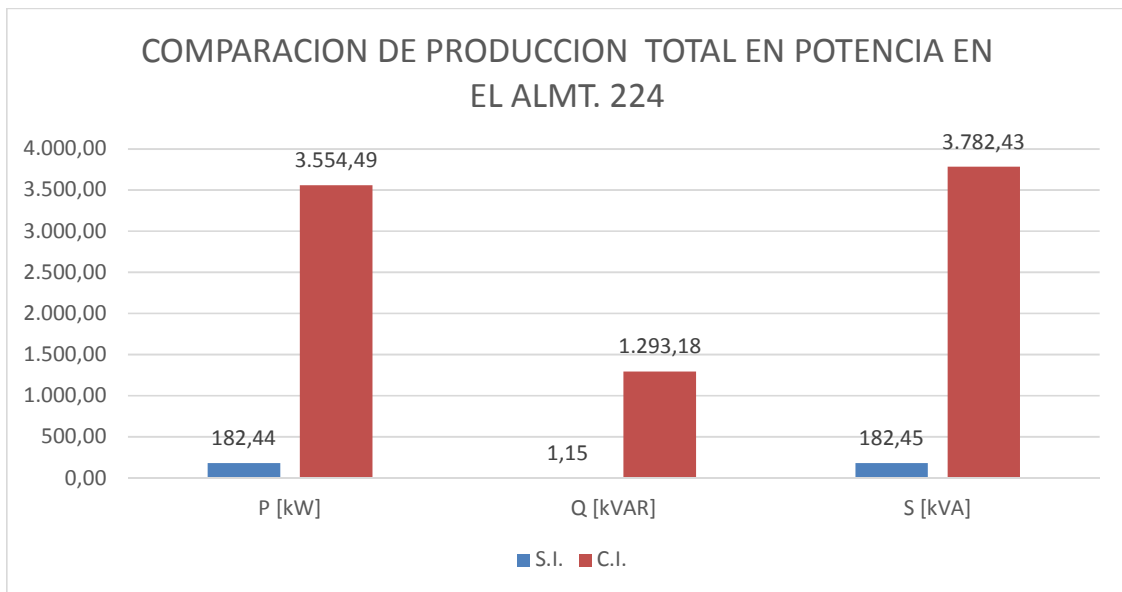


Imagen 15. Comparación de producción de potencia en el ALMT. 224 con y sin la carga de INDUGLOB

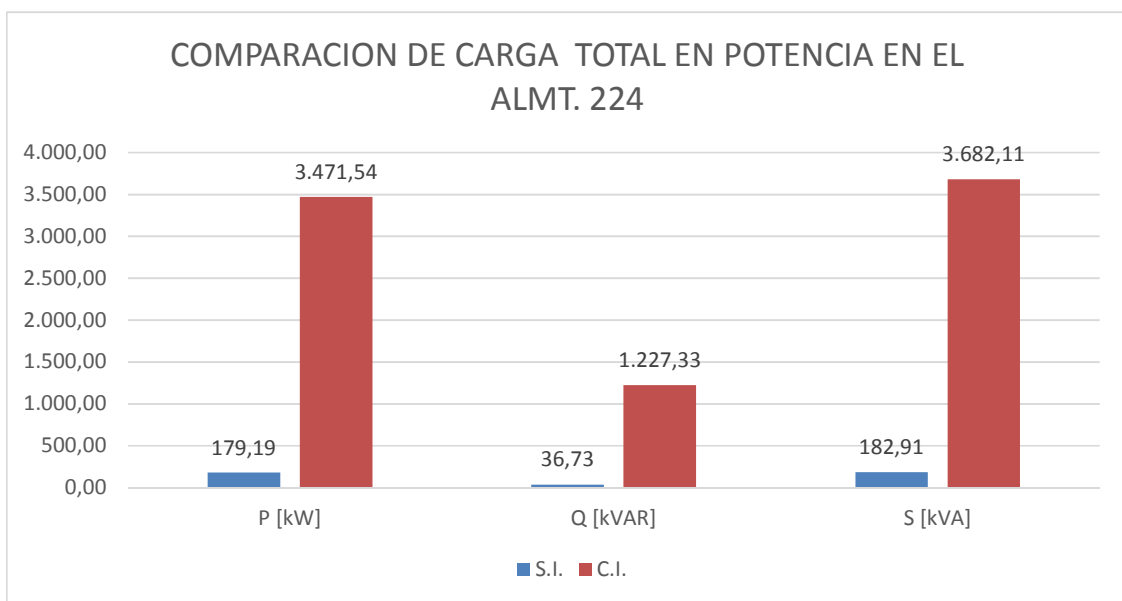


Imagen 16. Comparación de cargas en el ALMT. 224 con y sin la carga de INDUGLOB

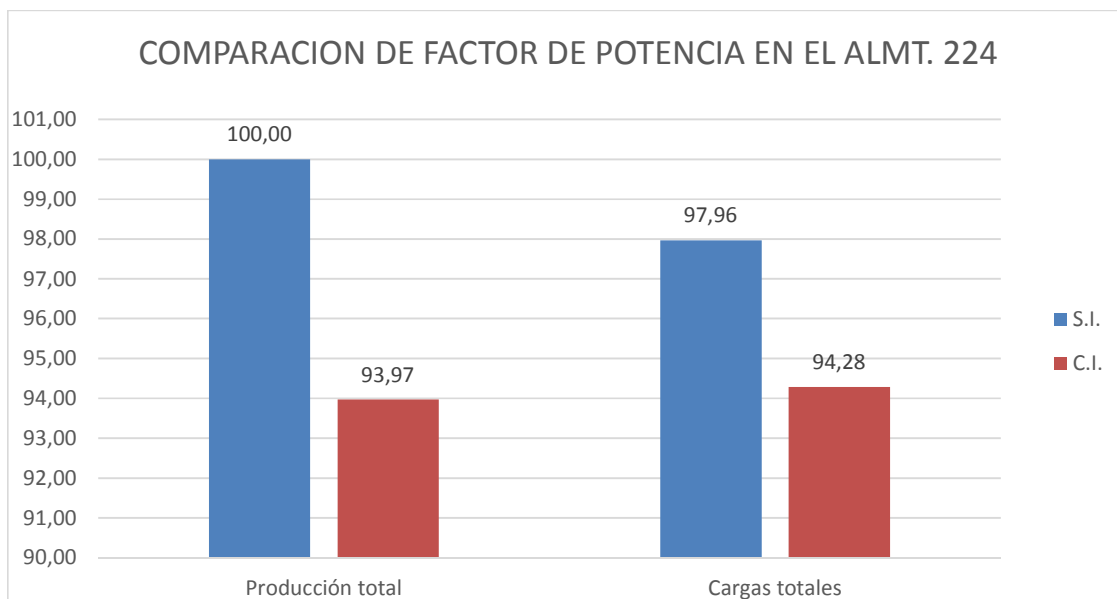


Imagen 17. Comparación del factor de potencia en el ALMT. 224 con y sin la carga de INDUGLOB

Las Imágenes 15 y 16 muestran una comparación de la potencia producida y consumida con y sin la carga de la fábrica INDUGLOB en el alimentador 224, se presenta un aumento normal ante la presencia de la carga en el alimentador debido a la magnitud de ésta en comparación al estado anterior; en consecuencia, se da una disminución en el factor de potencia por la elevación de pérdidas de energía en este SEP.

4.1.3 Análisis de la subestación Azogues 2

Para este punto se realiza un análisis comparativo sobre pérdidas, cargas, potencia producida y factor de potencia en la subestación en dos escenarios: con la carga de INDUGLOB en el alimentador 223 y con la carga de INDUGLOB en el alimentador 224, esto con el fin de determinar en cuál de estos es conveniente colocar la carga mencionada.

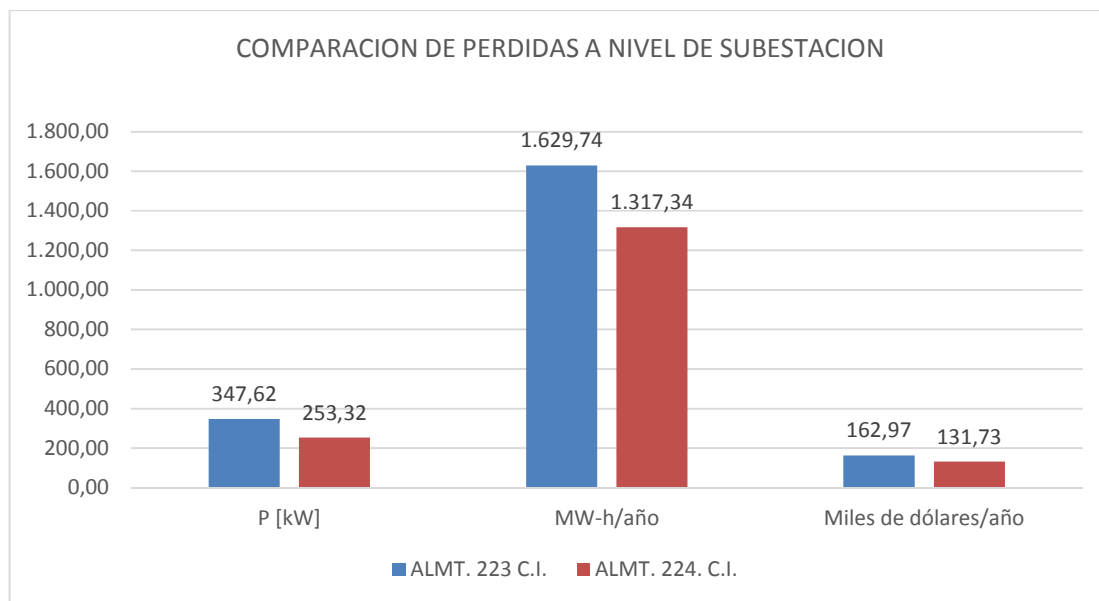


Imagen 18. Análisis de pérdidas en la subestación Azogues 2 con la carga de INDUGLOB en el ALMT. 223 y el ALMT. 224

En cuanto a pérdidas es evidente que para la EEA es factible colocar la carga de la fábrica INDUGLOB en el alimentador 224, tanto el aspecto técnico como el económico, en el caso de que la carga de INDUGLOB este en el alimentador 223 las pérdidas económicas llegan a sobrepasar por aproximadamente \$30.000 a las pérdidas del alimentador 224.

Éste sería ya un precedente para la toma de decisiones de la EEA para la carga de INDUGLOB, ya que a un futuro la repotenciación de estos alimentadores implicaría una mayor inversión económica por efectos de pérdidas ya producidas.

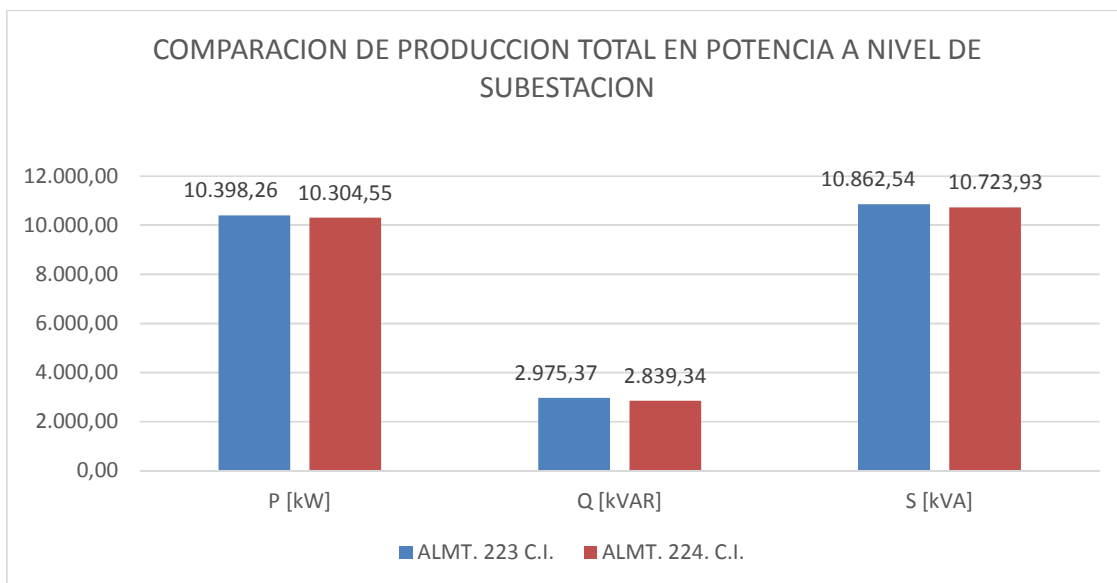


Imagen 19. Niveles de producción de potencia a nivel de la subestación Azogues 2 con la carga de INDUGLOB en el ALMT. 223 y el ALMT. 224 respectivamente

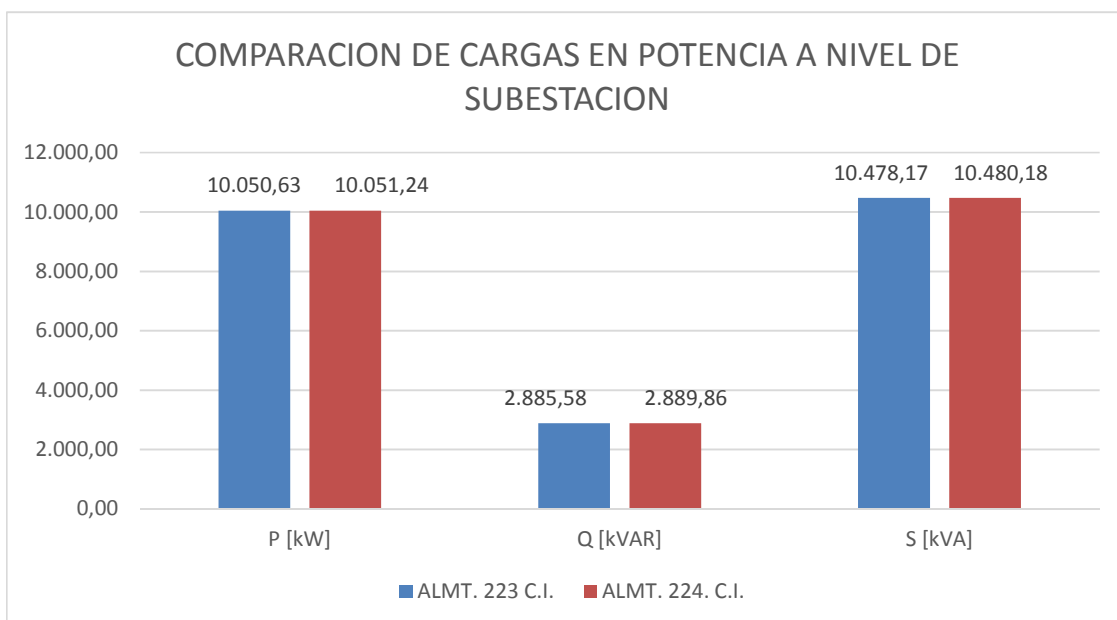


Imagen 20. Comparación de cargas para la subestación Azogues 2 con la carga de INDUGLOB en los ALMT. 223 y 224

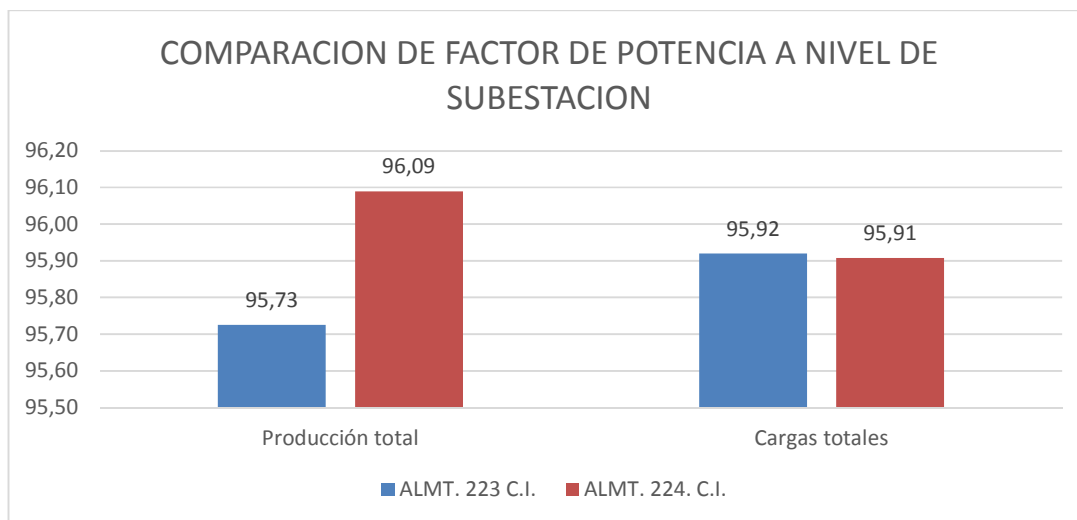


Imagen 21. Niveles de factor de potencia de la subestación Azogues 2 con la adición de la carga de INDUGLOB en el ALMT. 223 y el ALMT 224

En cuanto a potencia producida y cargas a nivel de la subestación Azogues 2 estas no tienen una mayor variación; esto es comprensible debido a que para la subestación no son más que cargas adicionales. En el caso del factor de potencia éste es mucho mejor en el caso de que la carga de la fábrica INDUGLOB sea instalada en el alimentador 224; esto es consecuentemente lógico ya que en este alimentador las pérdidas son menores en comparación a las del alimentador 223.

4.2 Análisis en cuanto a caídas de voltaje en las cargas importantes del alimentador 223

Para este se punto se analizará los cambios en los niveles de caída de voltaje y corrientes en los puntos de interés de las diferentes cargas que se consideran importantes dentro del alimentados 223; con el fin de estudiar cual es comportamiento y como varían estos valores ante la presencia o no de la carga de INDUGLOB en este alimentador.

4.2.1 GRACONSA frente a la inclusión de INDUGLOB en el alimentador 223

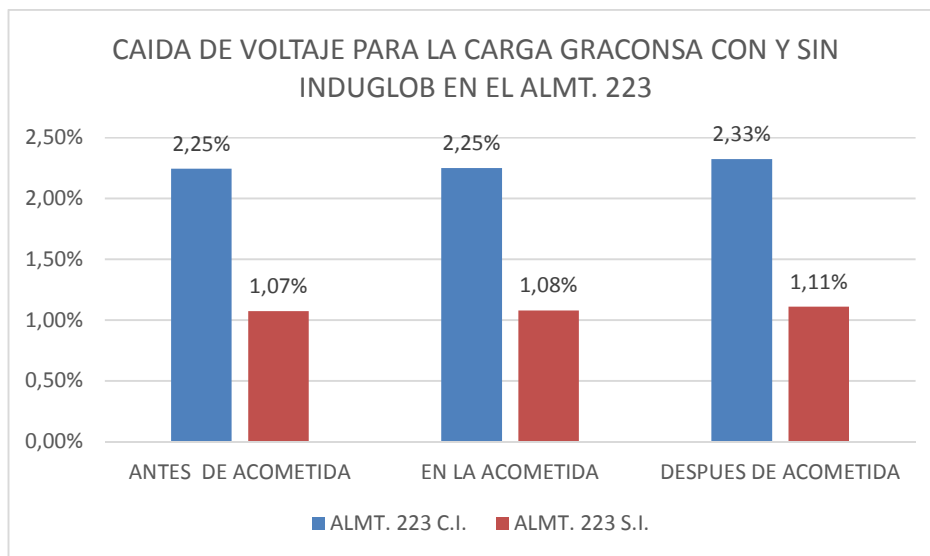


Imagen 22. Caída de voltaje antes, en y después de la acometida de la carga GRACONSA con y sin la carga de INDUGLOB en el ALMT. 223

La Imagen 22 muestra, caídas de voltaje del 2,25 – 2,33% con la inclusión de la carga de INDUGLOB en el alimentador 223; aún se trabajaría dentro de los niveles de calidad establecidos en la regulación ARCONEL; por lo que para la carga de GRACONSA no existirían mayores problemas en este sentido.

4.2.2 Planta de aguas residuales frente a la inclusión de INDUGLOB en el alimentador 223

En la Imagen 23 se muestra una caída de voltaje mayor en un 2,29% en el caso de que la carga de INDUGLOB este en el alimentador 223, la caída de voltaje se aproxima al 5% aún se estaría operando en los rangos permitidos.

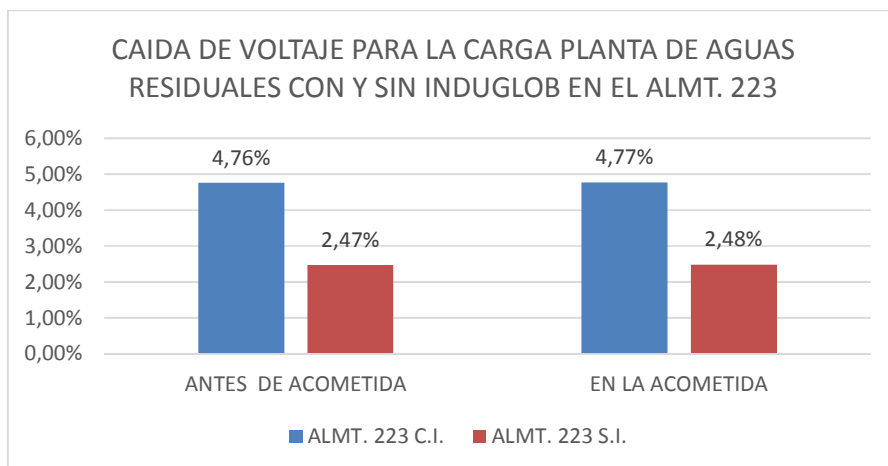


Imagen 23. Caída de voltaje antes, en y después de la acometida de la carga Planta de aguas residuales con y sin la carga de INDUGLOB en el ALMT. 223

4.2.3 Carga S/N frente a la inclusión de INDUGLOB

En cuanto a las carga S/N se da una caída de voltaje de 4,47% ante la presencia de la carga de INDUGLOB, lo que no representaría un mayor inconveniente para la operación de esta carga.

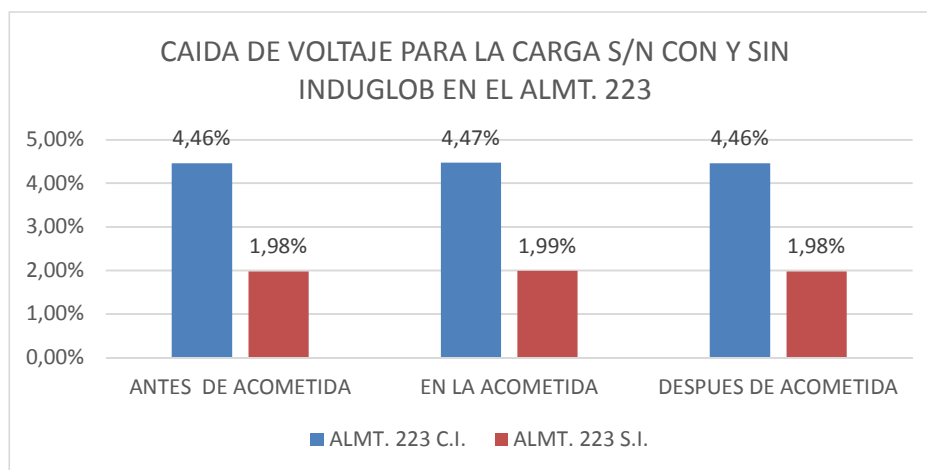


Imagen 24. Caída de voltaje antes, en y después de la acometida de la carga S/N con y sin la carga de INDUGLOB en el ALMT. 223

4.3 Análisis de la carga de la fábrica INDUGLOB

En este punto se analizará el comportamiento de la caída de voltaje y corriente de la carga de la fábrica INDUGLOB, esto cuando la carga está en el alimentador 223 y de igual manera cuando está conectada al alimentador 224 respectivamente; con el fin de determinar los parámetros de calidad y otras condiciones en los puntos antes de la acometida, en el punto de conexión y el punto posterior a ésta carga.

Cabe recalcar que la carga de INDUGLOB si se colocara en el alimentador 224 este será el último punto de conexión de ese alimentador por lo que el análisis para el punto posterior a la acometida de la carga ya no es necesario.

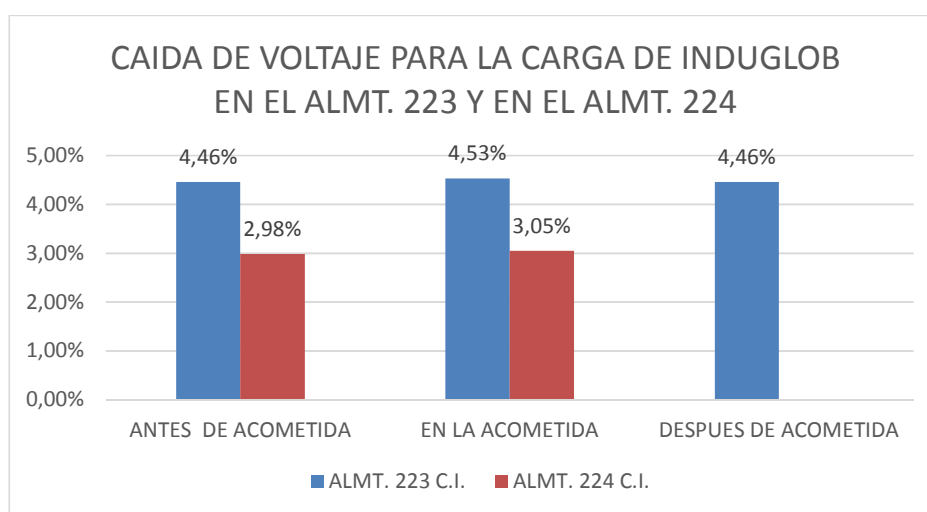


Imagen 25. Caída de voltaje antes, en y después de la acometida de la carga de la fábrica de INDUGLOB en el ALMT. 223 y 224 respectivamente.

Según la Imagen 25 la caída de voltaje en el alimentador 224 es menor un 1,5% aproximadamente en el caso de estar ahí incluida la carga de INDUGLOB; esto es

importante ya que tanto para la fábrica como usuarios como para la distribuidora es imprescindible recibir y brindar un servicio con la mayor calidad posible.

4.4 Análisis del crecimiento de la demanda al 2,5% anual

Se analizará que es lo que ocurre en cuanto a: pérdidas, caídas de voltaje y la carga de la fábrica INDUGLOB en los alimentadores 223 y 224 respectivamente y se aplica un crecimiento de la demanda del 2,5% anual hasta el año 2025 a cada alimentador para los casos en el que estén con la carga de INDUGLOB o no.

Además, se observará los efectos de estos cambios a nivel de la subestación y acometidas de: INDUGLOB, GRACONSA, Planta de aguas residuales y S/N.

4.4.1 Análisis del alimentador 223 con crecimiento de la demanda anual al 2,5%

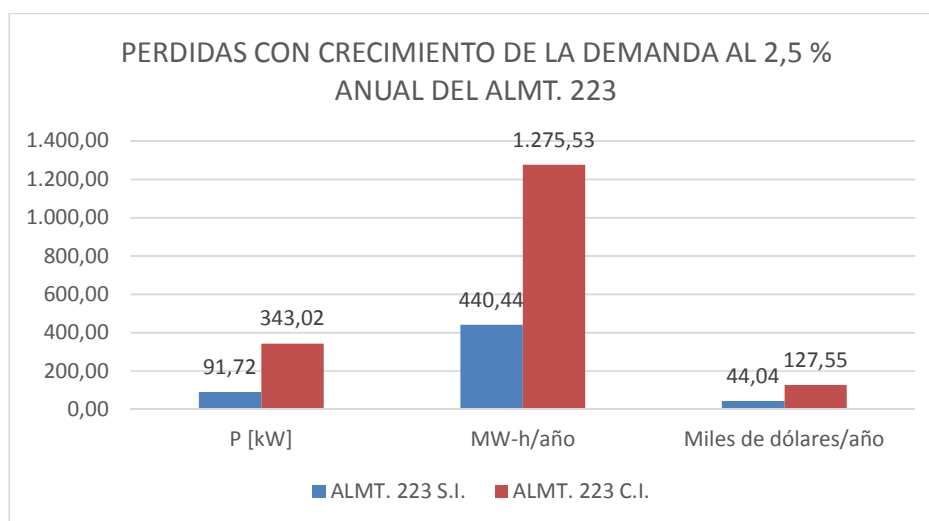


Imagen 26. Comparación de pérdidas en el ALMT. 223, C.I. y S.I. con C.D. anual del 2,5%

Al analizar la Imagen 26 se observa que es muy notorio el nivel de pérdidas tanto de potencia, consumo y económicas al estar presente la carga de la fábrica INDUGLOB en el alimentador 223 lo que para la distribuidora es ya un motivo para tomar decisiones a futuro, con la intención de asegurar tanto la calidad del servicio a sus usuarios como la parte económica de sí misma.

La Imagen 27, 28 y 20 muestran una comparación en cuanto a producción, cargas y factor de potencia al implementar un crecimiento de la demanda del 2,5% anual hasta el 2025 en el alimentador 223, esto con y sin la inclusión de la carga de la fábrica INDUGLOB en este SEP.

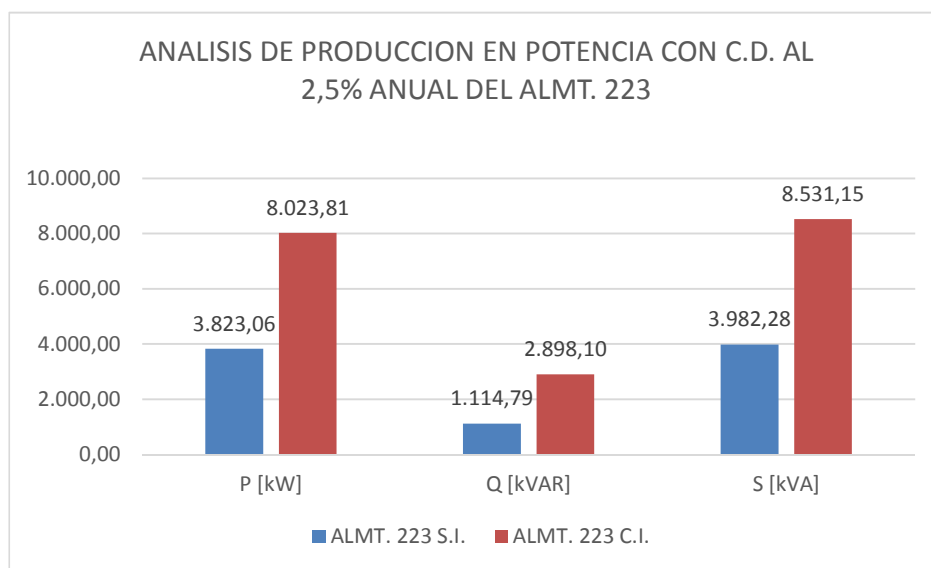


Imagen 27. Comparación producción en potencia en el ALMT. 223 C.I. y S.I. con un C.D. anual al 2,5%

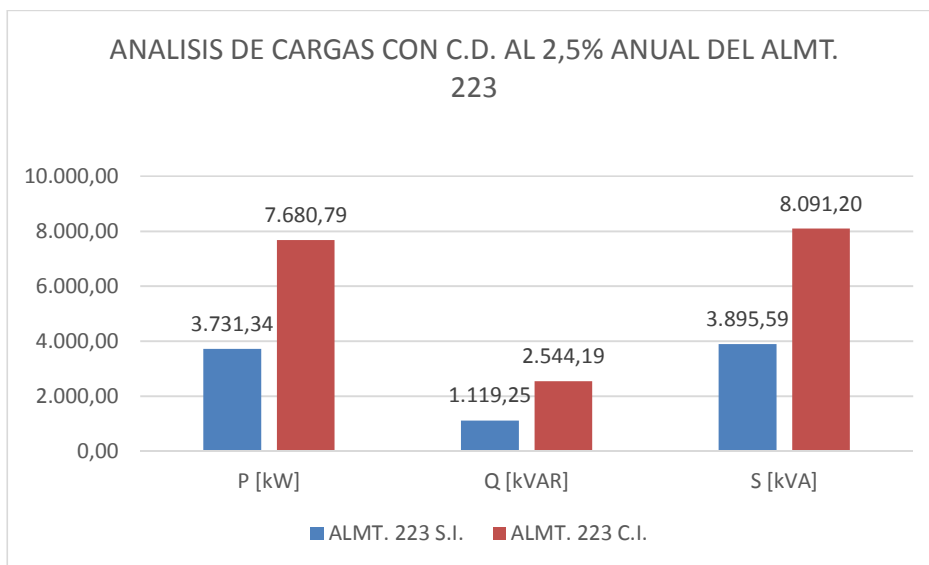


Imagen 28. Comparación de la carga dentro del SEP del ALMT. 223 con el C.D. del 2,5 % anual C.I. y S.I.

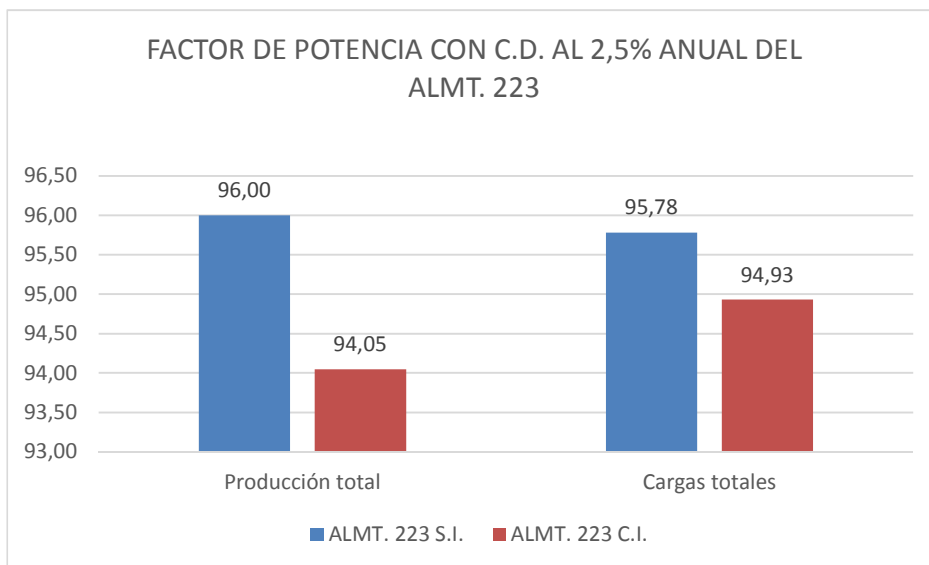


Imagen 29. Comparación del factor de potencia con un C.D. del 2,5% anual en el ALMT. 223, C.I. y S.I.

Para el caso de la producción y cargas al agregar una carga considerada importante como lo es INDUGLOB hará que los resultados varíen de manera considerable; esto por la misma

dimensión que INDUGLOB representa para cualquier alimentador a la que vaya a agregarse.

En cuanto al factor de potencia se observa en la Imagen 29 que se reduce proporcional al nivel de pérdidas de potencia mostradas en la Imagen 28.

4.4.2 Análisis del alimentador 224 con crecimiento de la demanda anual al 2,5%

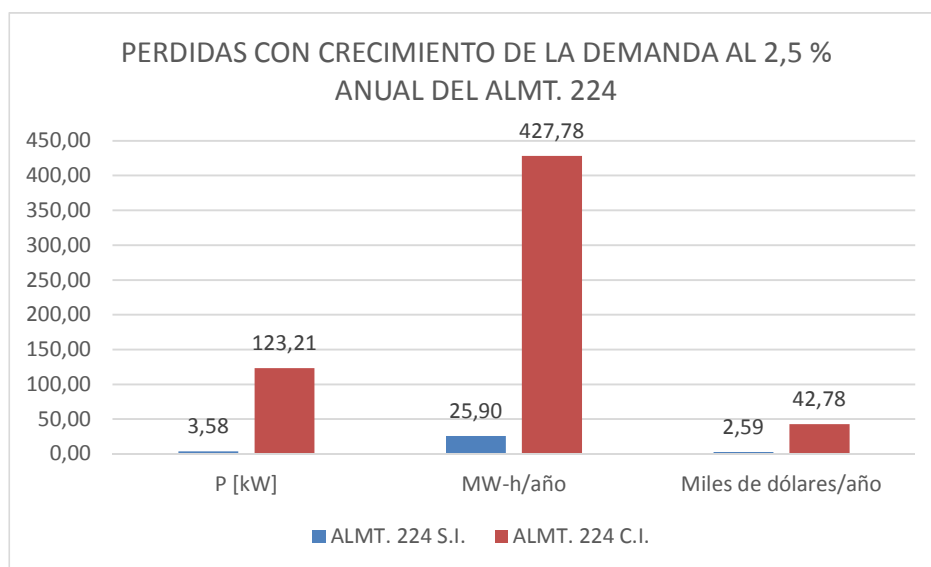


Imagen 30. Comparación de pérdidas en ALMT, 224, C.I. y S.I. con un C.D. anual del 2,5%

Las pérdidas para el alimentador 224 tienden a ser muy altas en la comparación de estar o no la carga de INDUGLOB en este SEP; esto se debe a que, el crecimiento de un momento a otro en este alimentador hace que las proyecciones también sean muy altas; esto por ser nuevo aún para un análisis en cuanto su tiempo de existencia respecta.

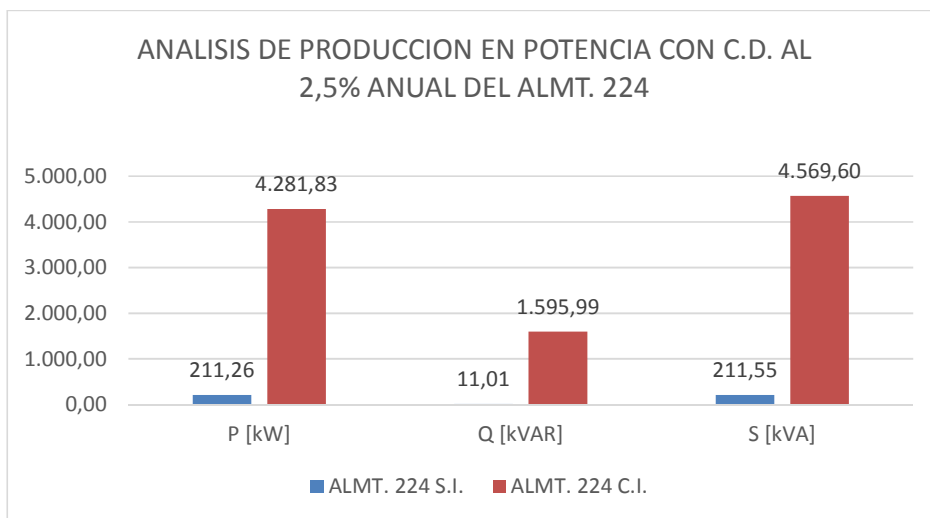


Imagen 31. Comparación de producción en potencia con C.D. anual del 2,5% en el ALMT. 224, C.I. y S.I.

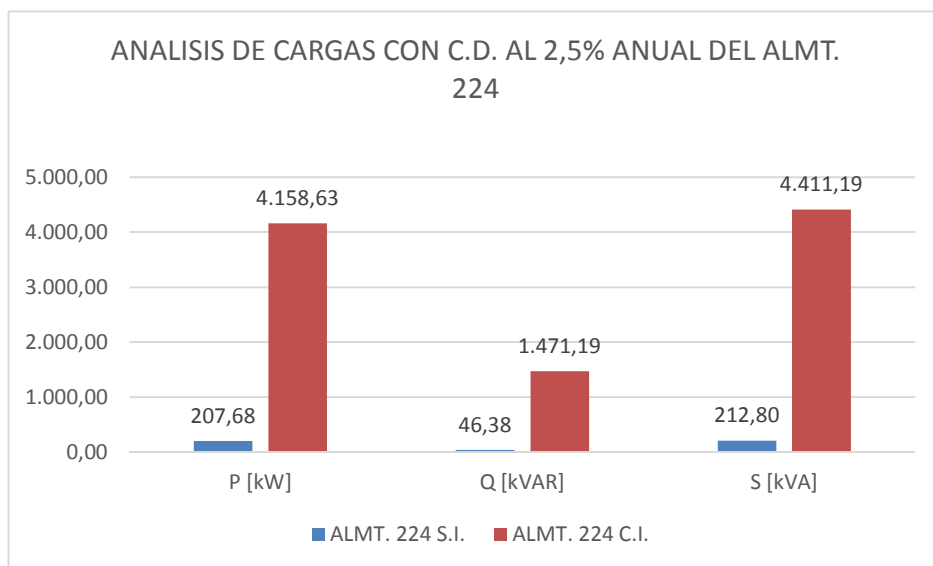


Imagen 32. Comparación de cargas en el ALMT. 224 con un C.D. del 2,5% anual C.I. y S.I.

Como en el caso del alimentador 223 los resultados varían mucho en cuanto a producción y cargas; pero en este SEP varían de manera más notoria por el nivel de carga que actualmente éste posee ya que es un alimentador de reciente construcción.

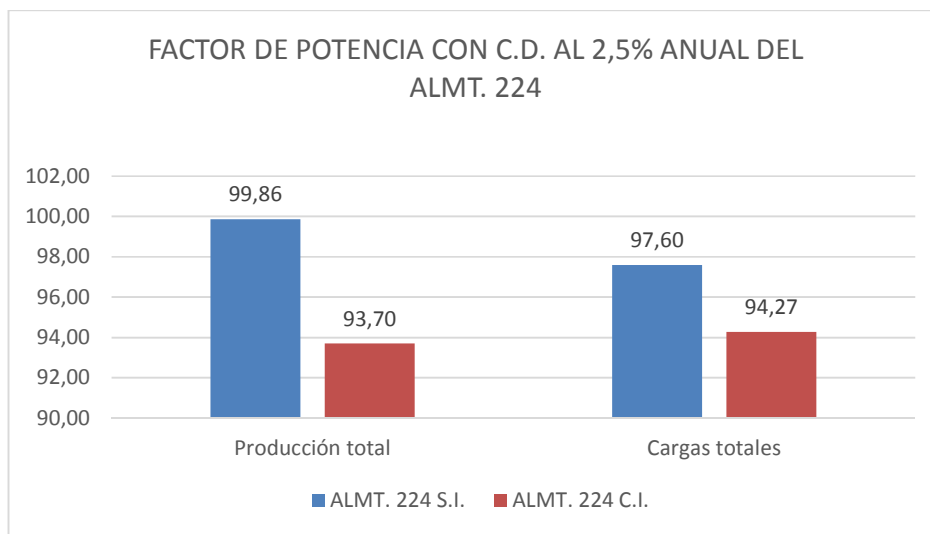


Imagen 33. Comparación de factor de potencia en el ALMT. 224 con un C.D. anual del 2,55%, C.I. y S.I.

El factor de potencia varía de manera similar a la del alimentador 223; esto no significaría en sí una falla; sino que en un futuro los desbalances de cargas podrían aumentar las pérdidas presentes en este SEP.

4.4.3 Análisis de la subestación Azogues 2 con crecimiento de la demanda anual al 2,5%

En esta sección se analizará lo que ocurre con la subestación al aplicar un crecimiento de la demanda del 2,5% anual para todos sus alimentadores; más adelante se muestran resultados de: pérdidas, cargas, producción y factor de potencia a nivel de la subestación en general.

Según la Imagen 34 las pérdidas de la subestación Azogues 2 tienden a ser mayores en el caso de que la carga de la fábrica INDUGLOB esté en el alimentador 223, esto es un resultado coherente en comparación a los resultados obtenidos anteriormente.

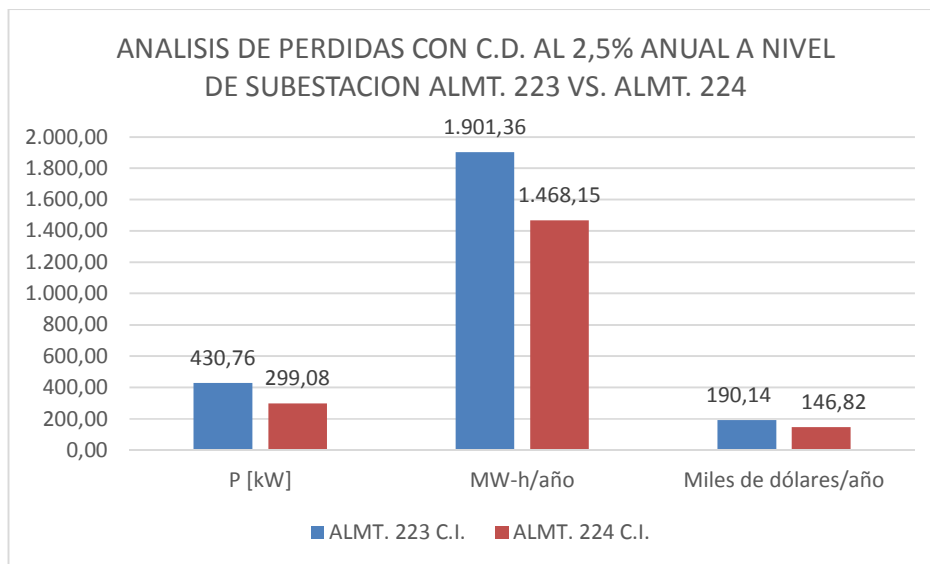


Imagen 34. Comparación de pérdidas en la subestación Azogues 2 C.I. en ALMT. 223 y en el ALMT. 224 con un C.D. anual del 2,5%

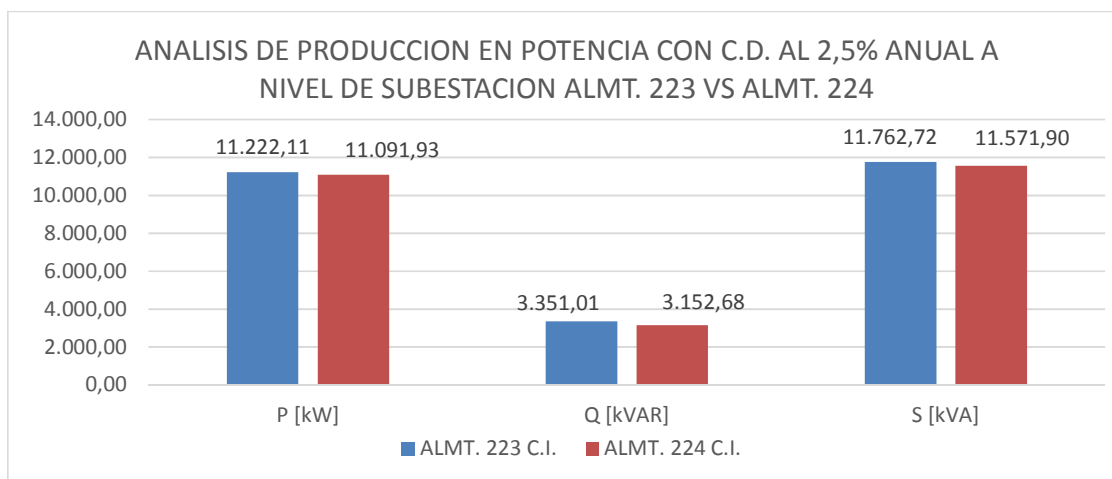


Imagen 35. Comparación de producción en potencia en la subestación Azogues 2 C.I. en el ALMT. 223 y en el ALMT. 224 con un C.D. anual del 2,5%

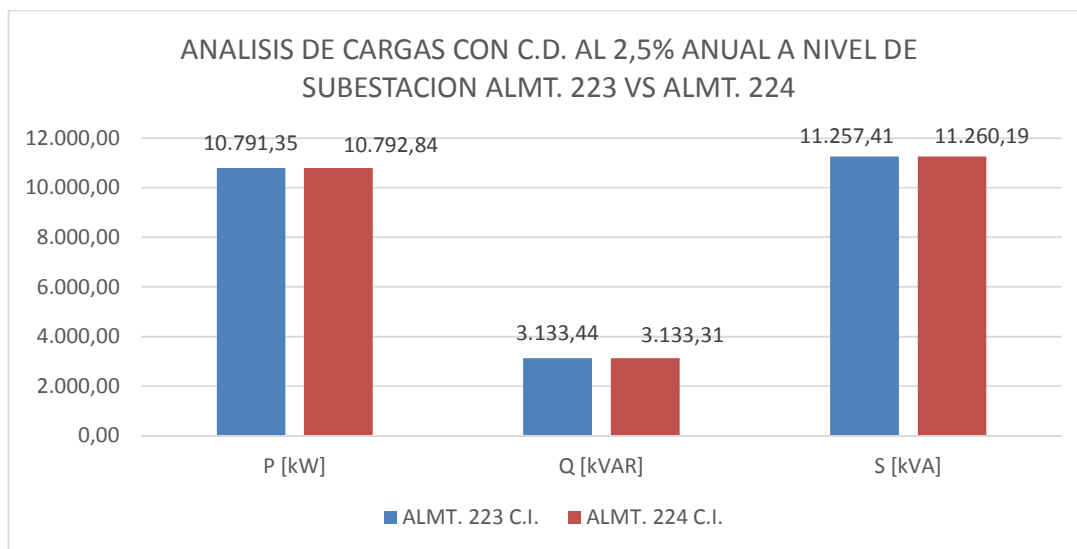


Imagen 36. Comparación de cargas de la subestación Azogues 2 con un C.D. anual del 2,5% C.I. en el ALMT 223 y en el ALMT. 224

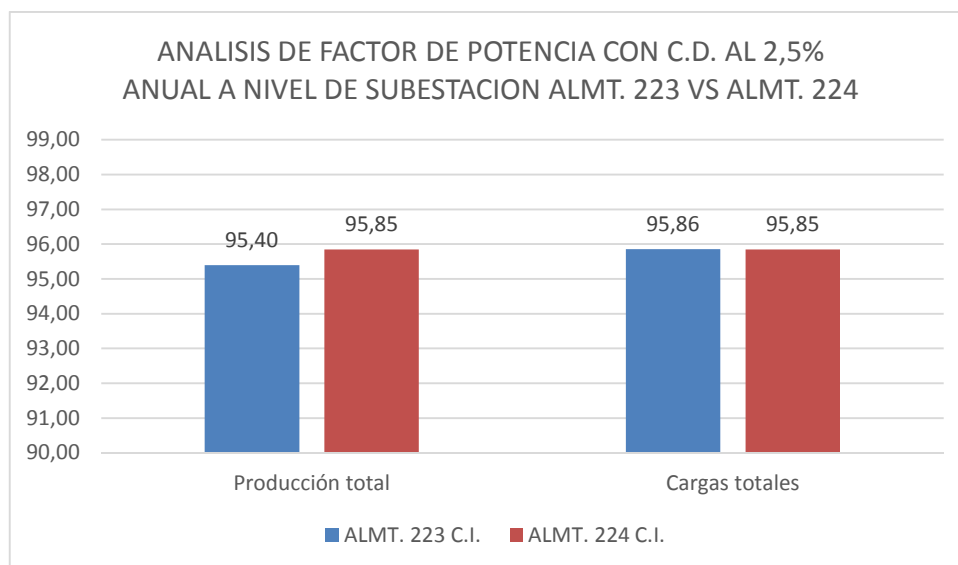


Imagen 37. Comparación del factor de potencia en la subestación Azogues, con un C.D. del 2,5% anual C.I. en el ALMT. 223 y en el ALMT. 224

En cuanto a cargas y producción no hay variación frente a casos anteriores, la presencia de cargas nuevas para la subestación Azogues 2 representa solo una carga más, independiente del alimentador en la que se encuentra conectada.

De igual forma el factor de potencia varía independiente de que la carga se encuentre en el alimentador 223 o en el alimentador 224, con la ventaja de que la variación no supera el 1%.

4.4.4 Análisis de las cargas importantes con el crecimiento de la demanda del 2,5% anual con la carga de la fábrica INDUGLOB en el alimentador 223 y 224

Como parte final de este trabajo se analizarán los resultados de las cargas: GRACONSA, S/N, Planta de tratamiento de aguas residuales e INDUGLOB en cuanto a caídas de voltaje; esto tomando en cuenta que la carga de INDUGLOB no esté conectada al alimentador 223, tomando en cuenta un crecimiento de la demanda anual del 2,5% anual hasta el año 2025 en los alimentadores 224 y 223.

4.4.4.1 Análisis de la carga de la fábrica INDUGLOB cuanto está en el alimentador 223 y 224 aplicando un crecimiento anual del 2,5% en estos

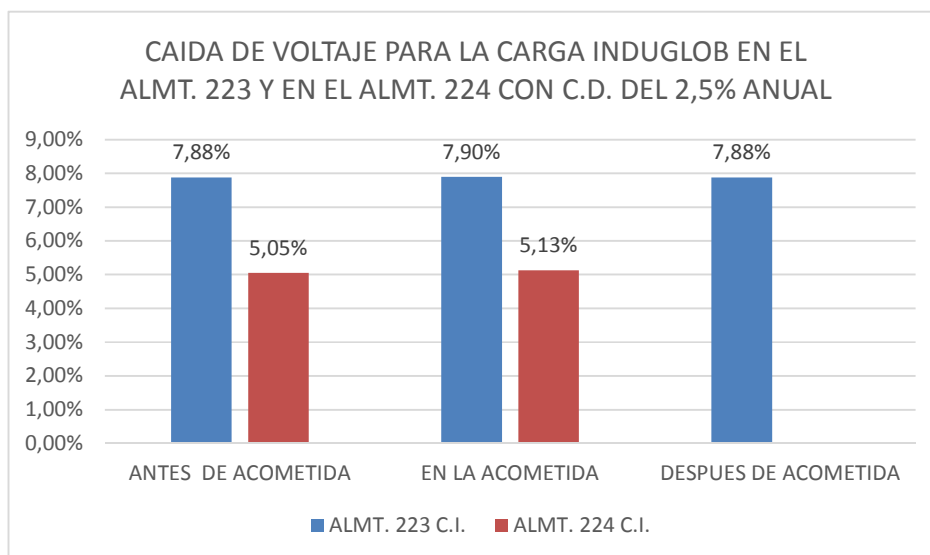


Imagen 38. Comparación de la caída de voltaje antes, después y en la acometida de la carga de la fábrica

INDUGLOB, con crecimiento de la demanda del 2,5% anual aplicado a los alimentadores 223 y 224

La caída de voltaje que se produciría al estar la carga en el alimentador 223 supera el 6% que es el máximo valor permitido; por lo que, se sugiere tomar el alimentador 224 como fuente para la prestación de servicio a la carga INDUGLOB.

Ahora se analizan las 3 cargas incluidas en el alimentador 223 frente a la presencia de la carga de INDUGLOB en éste alimentador.

4.4.4.2 Análisis de la carga de la fábrica GRACONSA aplicando en el alimentador 223 un crecimiento anual del 2,5% con y sin la inclusión de la fábrica INDUGLOB

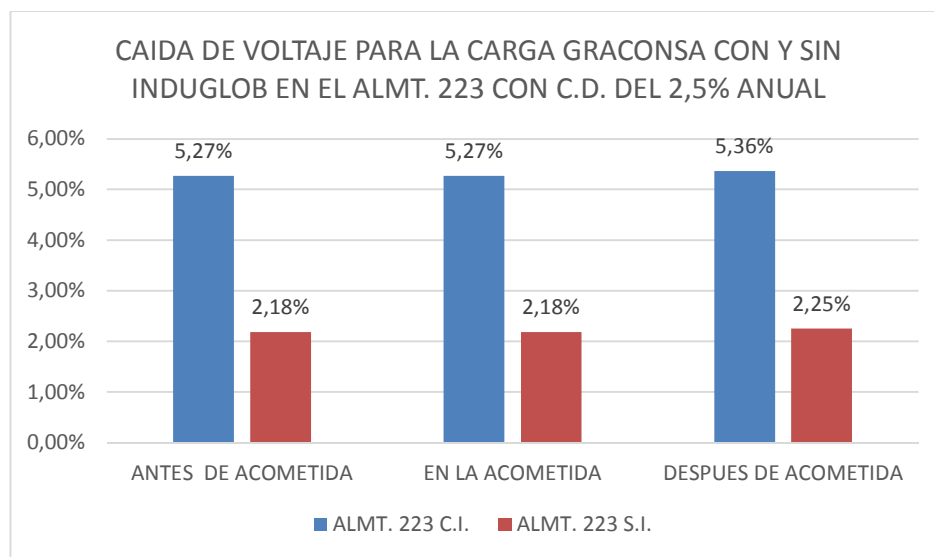


Imagen 39. Comparación de la caída de voltaje antes, después y en la acometida de la fábrica GRACONSA con un crecimiento de la demanda del 2,5% en el alimentador 223 con y sin la presencia de la carga de la fábrica INDUGLOB

Como resultado relevante se expone la duplicación de la caída de voltaje para la carga GRACONSA; pero aun este valor se encuentra por debajo de los rangos permitidos.

4.4.4.3 Análisis de la carga de la Planta de tratamiento de aguas residuales aplicando en el alimentador 223 un crecimiento anual del 2,5% con y sin la inclusión de la fábrica INDUGLOB

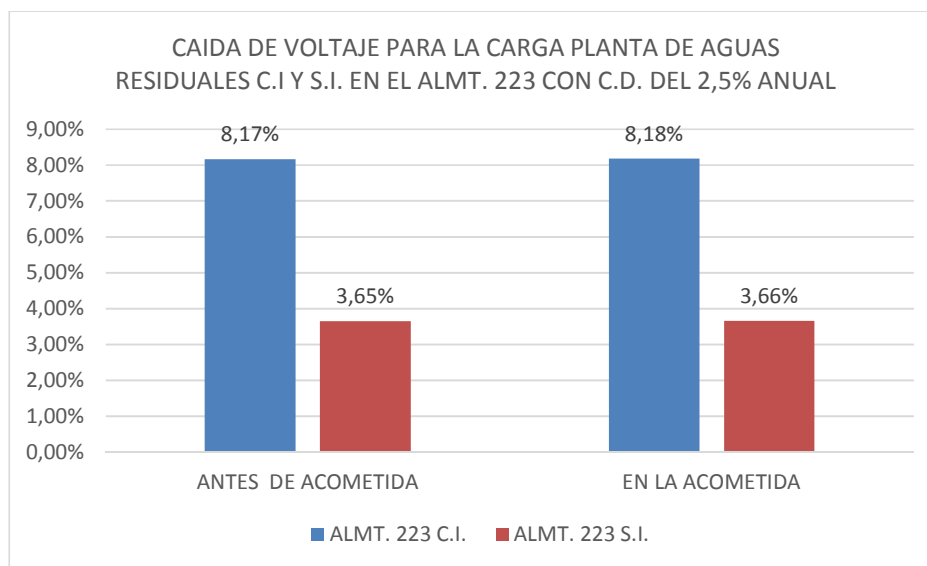


Imagen 40. Comparación de la caída de voltaje antes, después y en la acometida de la Planta de tratamiento de aguas residuales con un crecimiento de la demanda del 2,5% en el alimentador 223 con y sin la presencia de la carga de la fábrica INDUGLOB

Para la carga de la Planta de tratamiento de aguas residuales la presencia en un futuro de la carga INDUGLOB sería perjudicial; la caída de voltaje que se daría en ese caso provocaría que la calidad de servicio sea deficiente y sea expuesta la carga a una alta frecuencia de fallas del sistema de distribución, esto debido principalmente a la gran distancia a la que se encuentra esta carga desde la subestación y las cargas presentes en el recorrido del alimentador 223.

4.4.4.4 Análisis de la carga de la carga S/N aplicando en el alimentador 223 un crecimiento anual del 2,5% con y sin la inclusión de la fábrica INDUGLOB

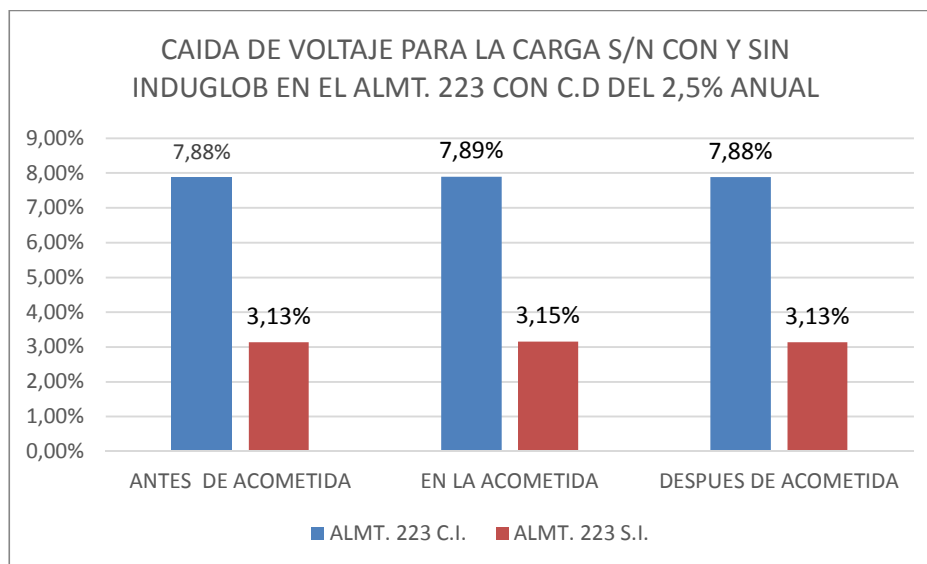


Imagen 41. Comparación de la caída de voltaje antes, después y en la acometida de la carga S/N con un crecimiento de la demanda del 2,5% en el alimentador 223 con y sin la presencia de la carga de la fábrica INDUGLOB

De igual forma que en el caso de la Planta de tratamiento de aguas residuales los porcentajes de caída de voltaje sobrepasan los valores permitidos por lo que no es aconsejable colocar o mantener en un futuro la carga de la fábrica INDUGLOB en el alimentador 223 para la carga S/N.

5 Sugerencias y recomendaciones

Respecto a la ubicación de la carga de la fábrica INDUGLOB en los alimentadores 223 y 224, se obtuvieron diversos resultados en las simulaciones realizadas a través del software CYME DIST; de los cuales se dan las siguientes sugerencias y recomendaciones con el fin de asegurar la calidad del servicio que se prevé prestar a la carga de la fábrica INDUGLOB.

- Debido a costos por pérdidas económicas anuales, para la EEA es recomendable que la carga de la fábrica INDUGLOB se conecte al alimentador 224; ya que, de desconectarse en los resultados obtenidos para el caso en que la carga de la fábrica INDUGLOB esté en el alimentador 223 los costos sobrepasan por \$30.000 anuales aproximadamente a los costos en el caso en que dicha carga se conecte al alimentador 224.
- En cuanto a los niveles de caída de voltaje, para los casos en que la carga de la fábrica INDUGLOB esté en el alimentador 224 o 223 se presentan en ambos casos valores que se encuentran dentro de los rangos establecidos en la Tabla 13, es decir el sistema operaría aún dentro del rango definido por la regulación ARCONEL 005/18; aunque se debe aclarar que se presentan valores más aceptables para el caso en el que la carga de INDUGLOB esté conectada al alimentador 224, ya que en este caso estos no sobrepasan el 3%.

Por lo ya mencionado se aconseja que como una forma de mejorar la confiabilidad del sistema respecto a la caída de voltaje se use el alimentador 224 como el sistema de alimentación principal a la carga de la fábrica INDUGLOB; esto con el fin de

evitar que los niveles de corriente de corto circuito se eleven como consecuencia de satisfacer la potencia ante la caída de voltaje. Además, así se podría disminuir la frecuencia de la ocurrencia de eventos de falla por mala operación de los equipos de protección ante la elevación de las corrientes de cortocircuito.

- En cuanto al análisis de crecimiento de la demanda estas simulaciones arrojaron resultados importantes a considerar como el incremento considerable de la caída de voltaje en las acometidas analizadas; en el caso específico de la carga de INDUGLOB, que fue el objeto principal de este proyecto, se observa una caída que ya no sería sostenible para que la EEA pueda asegurar un servicio de calidad a este usuario, esto en el caso de que esta carga sea colocada en el alimentador 223.
- Para la carga GRACONSA se observa que con el crecimiento de la demanda y, aunque la carga de la fábrica INDUGLOB esté conectada al alimentador 223 la carga no tendría mayores problemas ante porcentajes de caída de voltaje.
- En el caso específico de las caídas de voltaje de las cargas: Planta de tratamiento de aguas residuales y carga S/N aquí es imposible que la fábrica INDUGLOB y estas 2 cargas trabajen al mismo tiempo en el alimentador 223. Dado esto se recomienda que ente cualquier proyección la carga de INDUGLOB sea colocada en el alimentador 224.

- Un aumento en el nivel de voltaje a la salida de la subestación Azogues 2 sería recomendable, esto por ser un aspecto importante ya que al elevar el voltaje se permitiría disminuir la corriente para transmitir energía y esto a su vez podría dar paso a mantener la potencia de las cargas según las necesidades de los usuarios.
- La elevación del voltaje en las redes de distribución permitiría reducir las pérdidas por transmisión de energía eléctrica; lo que a su vez se expresa en la reducción de los costos por pérdidas para la EEA lo que representaría un beneficio una vez considerada la inversión en el replanteo y mejoramiento de la red de distribución que la elevación de voltaje implicaría.
- La variación de corriente en el SEP del alimentador 223 podría ocasionar que se tenga que rediseñar el sistema de protecciones del mismo, lo que para la EEA sería un aspecto económico importante a tomar en cuenta; ya que como distribuidora debe emplear y recomendar el uso de equipos de calidad y que estén acorde a las exigencias actuales de las normas que regulan la calidad de servicio y responsabilidades de usuarios.
- Para la prestación del servicio a la fábrica INDUGLOB, se recomienda usar como fuente de servicio principal al alimentador 224; es indispensable que se tenga una fuente alterna de suministro energía además de las que la propia fábrica puede tener

como auxiliares en sus instalaciones interiores, esta fuente alterna debe estar en coordinación de reconexión con el alimentador 224.

En este caso por la ubicación y al no existir otras fuentes cercanas se recomienda usar temporalmente el alimentador 223, esto mientras no se vea afectada la calidad del servicio por factores como un crecimiento de la demanda o el incremento de la tasa de falla de este alimentador.

- Revisar y verificar las corrientes presentadas al momento de realizar la coordinación del reconectador para la fábrica INDUGLOB ya que podrían existir alteraciones en estos valores debido a que cuando se fue entregada esta información por parte del personal de control de la Subestación Azogues 2 no se tomó en cuenta la presencia de ninguna de las cargas proyectadas sobre las cuales se basó este proyecto; y ante la presencia de solo una de estas los valores podrían variar considerablemente; lo que es un aspecto fundamental a considerar al momento de realizar una coordinación de protecciones.
- El análisis del factor de potencia a nivel de alimentadores 223 y 224 frente a la presencia de la carga de la fábrica INDUGLOB, es un aspecto importante en el escenario en el que la carga se instala en el alimentador 223; esto es lógico ya que aquí es cuando la caída de voltaje es mayor, lo que lleva a que la potencia real disminuya considerablemente afectando directamente al factor de potencia. En el

- caso de que la empresa distribuidora no tenga un plan alternativo a los ya presentados, se debería pensar en la colocación de bancos de condensadores que ayuden a mitigar las pérdidas y eleven el factor de potencia a un nivel de trabajo aceptable.
- Durante el transcurso de este trabajo se observó que constantemente se agregan cargas al SEP de los alimentadores analizados por lo que como realizadores y con la experiencia obtenida en el tiempo de desarrollo de este proyecto, se aconseja que al momento de realizar la incorporación de las cargas presentadas en este análisis se realice un análisis comparativo de la demanda, caída de voltaje, corrientes y pérdidas de los alimentadores y la subestación Azogues 2 a nivel general para una mayor confiabilidad y seguridad en los trabajos futuros.

6 Bibliografía

- [1] ARCONEL «REGULACIÓN NO ARCONEL 05/18 CALIDAD DEL SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA», 2019
- [2] ANÁLISIS DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN, CYME INTERNATIONAL T&D, POWERING BUSINESS WORLDWIDE.
- [3] IEC 61000 – 4 – 15, ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) – TESTING AND MEASUREMENT TECHNIQUES – FLICKER METER. (THE INTERNATIONAL ELECTRO TECHNICAL COMMISSION, AMENDMENT 1, 2003)
- [4] ANSI C84.1 – 2011. AMERICAN NATIONAL STANDARD FOR ELECTRIC POWER SYSTEMS AND EQUIPMENT – VOLTAGE RATINGS (60 Hz)
- [5] IEEE STANDARD COMMITTEE. (2009). IEEE APPLICATION GUIDE FOR IEEE STD 1547, IEEE STANDARD FOR INTERCONNECTING DISTRIBUTED RESOURCES WITH ELECTRIC POWER SYSTEMS. IEEE STD 1547. 2, 2008, 1-207.
- [6] EEA, MEMORIA EJECUTIVA OBRAS: SUBESTACIÓN AZOGUES 2 – INTEGRACION DE LOS SISTEMAS DE SUBTRANSMISIÓN AZOGUES – CENTROSUR – CELEC EP HIDROAZOGUES;
- [7] OZAY, N., GUVEN, A. N., TURELI, A., & DEMIROGLU, M. (1995). TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF CONVERSION TO A HIGHER VOLTAGE DISTRIBUTION. IEE PROCEEDINGS-GENERATION, TRANSMISSION AND DISTRIBUTION, 142(5), 468-472.
- [8] ESCUDERO ASTUDILLO, M. A., & ROJAS ESPINOZA, J. L. (2011). DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE CONFIABILIDAD DEL ALIMENTADOR NO. 122 PARA LA EMPRESA ELÉCTRICA AZOGUES CA USANDO EL MÉTODO DE SIMULACIÓN DE MONTECARLO (BACHELOR'S THESIS).
- [9] GONZALEZ, D. M., ROBITZKY, L., LIEMANN, S., HÄGER, U., MYRZIK, J., & REHTANZ, C. (2016, NOVEMBER). DISTRIBUTION NETWORK CONTROL SCHEME FOR POWER FLOW REGULATION AT THE

INTERCONNECTION POINT BETWEEN TRANSMISSION AND DISTRIBUTION SYSTEM. IN INNOVATIVE SMART GRID TECHNOLOGIES-ASIA (ISGT-ASIA), 2016 IEEE (PP. 23-28). IEEE.

[10] GRAINGER JOHN; STEVENSON WILLIAM, ANÁLISIS DE SISTEMAS DE POTENCIA, TERCERA EDICIÓN, MCGRAW-HILL

[11] GEOPORTAL EEA