

CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA EXISTENTE Y PARÁMETROS DE LA  
CALIDAD DE LA ENERGÍA DEL TRANSFORMADOR ELÉCTRICO PRINCIPAL DE LA  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER – SEDE BARBOSA

Yeimy Dayanna Ramirez Molano y Sergio Leonardo Paez Moreno

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingenieros Electricistas

Director

Manuel José Ortiz Rangel

Magister en Ingeniería Eléctrica

Codirector

Gabriel Ordóñez Plata

Doctor en Ingeniería Industrial, área Ingeniería Eléctrica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Ingeniería Eléctrica

Bucaramanga

2024

### **Dedicatoria**

A Dios,

Quien me llenó de fuerza, sabiduría y me guió para superar cada uno de problemas a lo largo de este camino.

A mi familia,

Con su amor, apoyo incondicional, comprensión y consejos me ayudaron a seguir adelante para no desistir.

Yeimy Dayanna Ramirez Molano

Dedico la tesis principalmente a Dios, por acompañarme en estos momentos por darme fuerza para cumplir mis metas. Así mismo a mis padres, Mireya Moreno y Leonardo Paez, por ser mis apoyos incondicionales en este proceso tan bonito, no hay palabras para expresar tanto amor brindado, gracias por ser el pilar de mi vida los amo inmensamente.

Sergio Leonardo Paez Moreno

### **Agradecimientos**

La vida son una serie de momentos de varios matices, en algunas ocasiones turbulentos, sin duda alguna este proyecto no fue fácil, pero me permitió conocer más allá de los profesionales a seres humanos grandiosos que estuvieron allí para sostenerme, guiarme y no dejarme claudicar en este proyecto, a todos ustedes mis más sinceras muestras de gratitud.

Al director MIE. Manuel José Ortiz Rangel por aceptar acompañarme en la dirección de este trabajo, por su incondicional colaboración, paciencia y guía, pues en todo momento tuvo una respuesta y amable disposición para brindar su apoyo.

Al codirector el Dr. Gabriel Ordóñez Plata por su colaboración y guía en el desarrollo de este trabajo de grado.

Al coordinador de escuela Dr. José Alejandro Amaya Palacios por su apoyo y colaboración con la adquisición del analizador de redes.

Al Ing. Daniel Masmela y al Ing. Edwin Walteros por su apoyo y colaboración durante todo el proceso en la UIS – Sede Barbosa.

A la Ing. Alejandra Martínez Peñaloza por su apoyo, colaboración y guía con el uso del analizador de redes.

Al señor Ramiro Ballesteros quien hace parte del personal de servicios generales de la sede Barbosa por su acompañamiento, apoyo y colaboración durante las visitas realizadas en la sede.

Yeimy Dayanna Ramirez Molano

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme las oportunidades para ser una mejor persona cada día. Así mismo, a mi familia especialmente a mis padres y hermanos que siempre me han brindado su apoyo incondicional para alcanzar mis metas personales y lograr ser mejor persona cada día. También quiero mencionar una de las personas que me acompañó en este proceso, querida tía Vilma Paez, quien con su amor y cariño me ayudó a alcanzar el sueño de convertirme en profesional. Agradezco profundamente esas llamadas de ánimo en momentos difíciles y esos abrazos desde la distancia, los cuales fueron de suma importancia para lograr mi objetivo profesional.

Le agradezco profundamente al ingeniero Manuel Ortiz e ingeniero Gabriel Ordóñez por su tiempo y dedicación, en la guía de este proceso, gracias por todos sus consejos, los llevare grabados para siempre en mi memoria.

Mis amigos y compañeros de viaje, quiero expresar mi profundo agradecimiento por acompañarme en esta ventura, tuve el privilegio de conocer a personas increíbles, además quiero mencionar a mi compañera Yeimy Ramirez que gracias a su apoyo inquebrantable se logró este sueño tan anhelado.

Por último, agradecer a la Universidad Industrial de Santander por darme la oportunidad de ser profesional y acompañarme en este proceso gratificante de vida. Agradezco a cada directivo por su trabajo y gestión.

Sergio Leonardo Paez Moreno

**Tabla de Contenido**

Introducción .....	14
1. Objetivos .....	16
1.1. Objetivo General .....	16
1.2. Objetivos Específicos.....	16
2. Marco normativo.....	17
3. Recopilación de archivo técnico .....	18
4. Inspección al sistema eléctrico existente .....	19
4.1. Inspección al TGBT .....	21
4.2. Inspección a los TG .....	22
4.3. Inspección a los cuartos técnicos .....	22
4.4. Cajas de paso.....	22
4.5. Cafetería .....	22
4.6. Planta de destilación .....	23
4.7. Vivero .....	23
5. Análisis de variables .....	23
5.1. Tensión.....	26
5.2. Corriente .....	31
5.3. Potencia activa y potencia reactiva .....	34
5.4. Factor de potencia .....	37
5.5. Cargabilidad del transformador .....	40
5.6. Regulaciones y protecciones.....	41
6. Acciones de mejoramiento.....	43

7.	Conclusiones.....	46
8.	Recomendaciones .....	49
	Referencias Bibliográficas .....	51

**Lista de Tablas**

Tabla 1.	Resumen de conexión del analizador de redes. ....	24
Tabla 2.	Cronograma de conexión del analizador de redes .....	24
Tabla 3.	Valor de %THD <sub>v</sub> en cada TG.....	26
Tabla 4.	Resumen de cargabilidad del transformador. ....	41
Tabla 5.	Resumen de conductor y protecciones de TG de cada edificio. ....	42
Tabla 6.	Resumen de conductor y protecciones adicionales en el TGBT. ....	43
Tabla 7.	Resumen del costo final por clasificación de riesgo eléctrico .....	45

**Lista de Figuras**

Figura 1.	Inspección al sistema eléctrico .....	20
Figura 2.	Esquema unifilar de los TG con respecto al transformador.....	21
Figura 3.	Conexión del analizador de redes en el laboratorio uso racional de la energía y energías renovables – 205. ....	23
Figura 4.	Funcionamiento del analizador en los TG principales.....	25
Figura 5.	Gráfica general de %THDv en TGBT .....	27
Figura 6.	Gráfica general de tensión en TGBT .....	27
Figura 7.	Gráfica de %THDv del TG de aulas .....	28
Figura 8.	Gráfica general de tensión en TG de aulas .....	28
Figura 9.	Gráfica de %THDv en TG de biblioteca .....	29
Figura 10.	Gráfica general de tensión en TG de biblioteca.....	29
Figura 11.	Gráfica de %THDv de TG de agroindustrial .....	30
Figura 12.	Gráfica general de tensión en TG de agroindustrial .....	30
Figura 13.	Gráfica general de corriente en TGBT .....	32
Figura 14.	Gráfica general de corriente en TG de aulas.....	33
Figura 15.	Gráfica general de corriente en TG de biblioteca .....	33
Figura 16.	Gráfica general de corriente en TG de agroindustrial.....	34
Figura 17.	Medidor electrónico instalado en la universidad .....	35
Figura 18.	Factura de energía del mes marzo del 2024.....	36
Figura 19.	Gráfica general del FP en TGBT .....	37
Figura 20.	Gráfica general de FP del TG de aulas .....	38
Figura 21.	Gráfica de general de FP del TG de biblioteca .....	39

Figura 22.	Gráfica general de FP del TG de agroindustrial .....	39
Figura 23.	Resumen de ficha DPC por clasificación .....	44
Figura 24.	Resumen de anomalías por clasificación .....	44

### Lista de Apéndices

NOTA: Los apéndices se encuentran adjuntos a este documento

Apéndice 1. Registro de actividad .....	
Apéndice 2. Recopilación archivo técnico .....	
Apéndice 3. Registro de actividad de visitas .....	
Apéndice 4. Actualización diagrama unifilar principal .....	
Apéndice 5. Informe de cumplimiento normativo de TG principales .....	
Apéndice 6. Formato original de las fichas DPC .....	
Apéndice 7. Fichas DPC .....	
Apéndice 8. Documentos Analizador de redes FLUKE 435 Series II .....	
Apéndice 9. Informe tensión de TGBT .....	
Apéndice 10. Informe tensión de TG aulas .....	
Apéndice 11. Informe tensión de TG biblioteca.....	
Apéndice 12. Informe tensión de TG laboratorio de agroindustrial .....	
Apéndice 13. Informe corriente de TGBT .....	
Apéndice 14. Informe corriente de TG aulas.....	
Apéndice 15. Informe corriente de TG biblioteca .....	
Apéndice 16. Informe corriente de TG laboratorio de agroindustrial .....	
Apéndice 17. Facturas de energía de septiembre de 2023 a marzo de 2024 .....	
Apéndice 18. Informe potencia activa y reactiva de TGBT .....	
Apéndice 19. Informe potencia activa y reactiva de TG aulas .....	
Apéndice 20. Informe potencia activa y reactiva de TG biblioteca.....	
Apéndice 21. Informe potencia activa y reactiva de TG laboratorio de agroindustrial.....	

Apéndice 22. Informe factor de potencia de TGBT .....	
Apéndice 23. Informe factor de potencia de TG aulas .....	
Apéndice 24. Informe factor de potencia de TG biblioteca.....	
Apéndice 25. Informe factor de potencia de TG laboratorio de agroindustrial .....	
Apéndice 26. Plantilla regulaciones y protecciones .....	
Apéndice 27. Presupuesto riesgo eléctrico por contacto .....	
Apéndice 28. Presupuesto riesgo eléctrico por protección .....	
Apéndice 29. Presupuesto riesgo eléctrico por mantenimiento .....	
Apéndice 30. Cotización realizada en SURELECSA.....	

## Resumen

**Título:** Caracterización de la demanda existente y parámetros de la calidad de la energía del transformador eléctrico principal de la Universidad Industrial de Santander – Sede Barbosa.<sup>1</sup>

**Autor:** Yeimy Dayanna Ramirez y Sergio Leonardo Páez Moreno.<sup>2</sup>

**Palabras Clave:** Consumo energético, Calidad de la energía, Cargabilidad, Eficiencia energética.

**Descripción:** La Universidad Industrial de Santander – Sede Barbosa, ofrece una gran variedad de programas educativos como el curso introductorio y ciclo básico para ingenierías, cursos de idiomas, música y educación a distancia, sin embargo por la llegada del covid-19 se identificó la necesidad de adaptar las instalaciones a las aulas híbridas y otras cargas adicionales, lo cual podría sobrecargar el sistema eléctrico actual.

Para garantizar la confiabilidad y eficiencia del sistema eléctrico, se realizó un análisis de consumo energético en los tableros generales principales de cada edificio de la universidad, evaluando aspectos como calidad de la energía, balance de cargas, tensión, corriente, potencia activa y reactiva, factor de potencia y cargabilidad del transformador mediante el uso del analizador de redes FLUKE 435 Series II, el cual estuvo conectado por 39 días consecutivos realizando muestreo cada 10 minutos.

En la inspección al sistema eléctrico existente se encontraron diferentes tipos de anomalías que presentan un alto riesgo eléctrico para la universidad y su comunidad en general tanto por contacto, protección y mantenimiento como derivaciones realizadas para dar continuidad a circuitos de uso final que llevan mucho tiempo sin dar solución alguna, empalmes mal elaborados, saturación de los barrajes en los tableros, conductores quemados, bornes de protecciones sulfatadas, entre otras.

---

<sup>1</sup> Trabajo de Grado.

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: Manuel José Ortiz Rangel, Magister en Ingeniería Eléctrica. Codirector: Gabriel Ordóñez Plata, PhD en Ingeniería Industrial.

### Abstract

**Title:** Characterization of the existing demand and energy quality parameters of the main Electrical transformer of the Industrial University of Santander – Barbosa campus.<sup>3</sup>

**Author(s):** Yeimy Dayanna Ramirez and Sergio Leonardo Paez Moreno.<sup>4</sup>

**Key Words:** Energy consumption, Energy quality, Loading capacity, Energy Efficiency.

**Description:** The Industrial University of Santander – Barbosa Campus, offers a wide variety of educational programs such as the introductory course and basic cycle for engineering, language courses, music and distance education, however, due to the arrival of covid-19, the need to adapt facilities to hybrid classrooms and other additional loads, which could overload the current electrical system.

To guarantee the reliability and efficiency of the electrical system, an energy consumption analysis was carried out on the main general Electrical panel of each university building, evaluating aspects such as energy quality, load balance, voltage, current, active and reactive power, power factor and loadability of the transformer through the use of the FLUKE 435 Series II network analyzer, which was connected for 39 consecutive days, sampling every 10 minutes.

In the inspection of the existing electrical system, different types of anomalies were found that present a high electrical risk for the university and its community in general, both due to contact, protection and maintenance and derivations made to provide continuity to end-use circuits that have been without for a long time. Provide any solution, poorly made splices, saturation of the bars in the panels, burned conductors, sulfated protection terminals, among others.

---

<sup>3</sup> Degree Work

<sup>4</sup> Faculty of Engineering Physicochemical, School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Electric Engineering. Director: Manuel José Ortiz Rangel, Master's in Electrical Engineering. Codirector: Gabriel Ordóñez Plata, PhD in Industrial Engineering.

## Introducción

La Universidad Industrial de Santander (UIS), cuenta con sedes en los municipios de Barbosa, Socorro, Málaga y Barrancabermeja en las cuales se ofrece el nivel introductorio para las Ingenierías Eléctrica, Electrónica, Mecánica, Sistemas y Química, la sede Barbosa actualmente cuenta con una población estudiantil de aproximadamente 500 estudiantes pertenecientes al nivel introductorio, ciclo básico de ingeniería (eléctrica, electrónica, civil, industrial, mecánica, sistemas y química), cursos de idiomas, música y del instituto de proyección regional y educación a distancia (IPRED).

Por la llegada del covid-19 la sede UIS – Barbosa ha evolucionado para su funcionamiento, por tal razón se ha visto la necesidad de instalar nuevas cargas no lineales y variantes en el tiempo como son la implementación de aulas híbridas, instalación del ascensor, motores para la planta de destilación, entre otros. Esto con posibles sobrecargas en los tableros de distribución generando problemas de desbalance de cargas, distorsión armónica, entre otros. Por tal motivo es importante realizar el análisis de consumo de energía en el tablero general de baja tensión (TGBT) del transformador eléctrico principal de la sede Barbosa que tiene una capacidad de 300 kVA y los tableros generales de distribución (TGD), considerando variables importantes como calidad de la energía, balance de cargas, tensiones nominales de servicio, potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia y cargabilidad del transformador. Esta información de consumo se recopila y analiza con el fin de identificar diversas características de la carga eléctrica y así identificar la capacidad de crecimiento por posibles incrementos de carga en proyectos futuros.

Además de la detección de anomalías en el funcionamiento que podrían poner en riesgo la integridad del sistema eléctrico y, por ende, la continuidad de las actividades académicas y

administrativas de la comunidad universitaria de la sede como son el disparo de protecciones eléctricas de los tableros por sobrecarga, daños por roedores, ausencia de mantenimiento, entre otros. La identificación de estas anomalías y definición de acciones de mejora complementarias son pasos fundamentales para mantener la confiabilidad y eficiencia a lo largo del tiempo, además de la búsqueda del cumplimiento con las normativas actuales relacionadas con la eficiencia energética y la calidad del suministro eléctrico para asegurar que la universidad esté en correlación con los requisitos legales y regulatorios en su gestión de la energía eléctrica.

El enfoque de este trabajo de grado en la confiabilidad, eficiencia y capacidad de crecimiento del sistema eléctrico de la UIS – sede Barbosa se justifica plenamente en vista de la importancia estratégica que tiene la energía eléctrica en la vida cotidiana de la institución y su proyección a futuro. Este estudio no solo busca abordar desafíos actuales, sino también sentar las bases para un sistema eléctrico más robusto, sostenible y preparado para afrontar las demandas futuras, contribuyendo así al crecimiento integral de la sede y su comunidad.

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo General**

Analizar el consumo de energía eléctrica en los bornes de baja tensión del transformador principal de la Universidad Industrial de Santander – Sede Barbosa.

### **1.2. Objetivos Específicos**

- Recopilar e inspeccionar el archivo técnico del sistema eléctrico instalado y posibles actualizaciones desde el TGBT del transformador hasta los tableros de distribución ubicados en el edificio de aulas, de biblioteca y agroindustrial.
- Analizar las variables de tensión, corriente, potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia y distorsión armónica por medio de un analizador de redes.
- Sugerir acciones de mejoramiento de la calidad del servicio de energía eléctrica.

## 2. Marco normativo

Este capítulo menciona las normas y estándares utilizados para la ejecución de este trabajo de grado, las cuales garantizan la eficiencia, confiabilidad y seguridad del sistema eléctrico instalado como son:

- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE 2013, usado en la elaboración del informe de cumplimiento para cada tablero, así como en la identificación de las diferentes anomalías encontradas durante la inspección al sistema eléctrico existente, es decir en la normativa técnica de las fichas de Diagnóstico, Pronóstico y Control al diagnóstico (Ficha DPC). Es importante resaltar que el análisis del trabajo de grado se ha realizado con el RETIE 2013 el cual se encontraba vigente durante el proceso evidenciado en el presente documento, por tanto la nueva actualización de la Resolución 40117 de 02 de abril del 2024 emitido por el Ministerio de Minas y Energía, en la cual se publicó la más reciente actualización para el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE 2024 no se ha tenido en cuenta.
- Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP de 2016, del cual nos hemos basado para dar cumplimiento normativo en la ficha DPC 20 con lo referente a la instalación de circuitos de iluminación.
- Norma Técnica Colombiana - NTC 2050 de 2020, de esta se usó la Tabla 310-69 la cual establece la capacidad de corriente del conductor para ser usado en el análisis de la distorsión de demanda total (TDD).

- Norma Técnica Colombiana - NTC 5001 de 2008, en la cual se establecen los diferentes criterios para dar cumplimiento a los niveles de distorsión armónica total de tensión (THDv) y la TDD.
- Norma Técnica Colombiana - NTC 3475 de 1996 usada al igual que el RETIE 2013, en la elaboración del informe de cumplimiento de los tableros principales de cada edificio.
- Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG 015 de 2018, de esta se han tenido en cuenta los artículos 1 y 8, que a su vez han sido modificados por la Resolución CREG 199 del 2019, en los cuales se establecen los lineamientos del cobro de energía reactiva inductiva y energía reactiva capacitiva, además se establece que el factor de potencia en el sistema eléctrico colombiano debe ser mayor a 0.90.
- Comisión de Regulación de Energía y Gas - GREG 065 de 2012, la cual establece los límites permitidos para nivel 1 de tensión de distorsión armónica total de tensión (THDv), usada para la realización de informes y análisis de tensión.

### **3. Recopilación de archivo técnico**

Para la recopilación del archivo técnico existente de la UIS – Sede Barbosa se ha realizado una reunión presencial el 08 de septiembre del 2023 y envió de correos electrónicos con la coordinación de planta física, en el Apéndice 1 se encuentran las evidencias de los correos y el formato de registro de actividad.

En este proceso se reunieron planos eléctricos en formato editable (.DWG) en los cuales se encuentran los planos eléctricos con la distribución de circuitos de los edificios de aulas con última fecha de actualización septiembre de 2009, de biblioteca con última fecha de actualización de diciembre del 2011, de laboratorio de agroindustrial con última fecha de actualización de noviembre de 2016 y de la remodelación exterior a los edificios de la sede con última fecha de actualización de diciembre de 2019. Como se evidencia este archivo técnico no cuenta con la incorporación de las nuevas cargas nuevas como aulas híbridas (computadores, proyectores, televisores, etc.), ascensor, planta de destilación, entre otros, cabe resaltar que no se tiene un registro o ficha técnica del mantenimiento a instalaciones eléctricas, es necesario recalcar que como se mencionó en el anteproyecto el análisis para actualización y análisis de los circuitos eléctricos de cada edificio se debe hacer en una segunda etapa de un trabajo de grado posterior.

Los documentos mencionados anteriormente se encuentran en el Apéndice 2, el cual consta de siete planos eléctricos en formato .DWG.

#### **4. Inspección al sistema eléctrico existente**

Con respecto a la inspección al sistema eléctrico existente de la sede Barbosa se realizaron dos visitas, la primera realizada el día 19 de enero del 2024 y la segunda el 08 de marzo, la Figura 1 presenta la inspección realizada en la segunda visita. Además, en el Apéndice 3 se encuentran los formatos diligenciados y firmados por la coordinación de planta física, en las cuales se identificó la ausencia de actualización de diagrama unifilar principal el cual no está debidamente elaborado, pues carece de trazos, convenciones, entre otros. Este se encuentra actualizado en el Apéndice 4.

**Figura 1. Inspección al sistema eléctrico**

Igualmente se elaboró un informe en el cual se detalla el cumplimiento de la normativa RETIE 2013 sección 20.23.1 y la NTC 3475 de 1996 para cada uno de los tableros generales principales de cada edificio (TG) y del tablero general de baja tensión (TGBT), el cual está disponible en el Apéndice 5. Además, se realizó la elaboración de cuatro fichas principales en las que se consigna la descripción del diagnóstico, pronóstico y control al diagnóstico (Ficha DPC), normativa, registro fotográfico y recomendaciones adicionales para el mejoramiento de la anomalía identificada del TGBT y TG principal de cada edificio.

La Figura 2 muestra la ubicación de los TG principales de cada edificio con respecto al transformador.



#### **4.2. Inspección a los TG**

- DPC 03: Tablero general principal del edificio de aulas, cuarto 101.
- DPC 04: Tablero general principal del laboratorio de agroindustrial.

#### **4.3. Inspección a los cuartos técnicos**

- DPC 05: Tableros de distribución regulados, cuarto 313.
- DPC 06: Tablero de control, cuarto 201.
- DPC 07: Rack de comunicaciones, cuarto 214.
- DPC 08: Tablero de distribución regulado, cuarto 101.
- DPC 09: Tablero de distribución normal, cuarto 101.
- DPC 10: Tablero de distribución, cuarto 101.
- DPC 11: Tablero de distribución de los bancos del laboratorio de química y física, sótano – cuarto de almacenamiento de los instrumentos de topografía.
- DPC 12: Tablero de distribución y control del cuarto de bombas.

#### **4.4. Cajas de paso**

- DPC 13: Caja de inspección #3 desde el TGBT al TG de aulas.
- DPC 14: Caja de inspección #4 desde el TGBT al TG de aulas.
- DPC 15: Caja de inspección #5 desde el TGBT al TG de aulas.
- DPC 16: Cajas de inspección #2 y #3 desde la red de la ESSA al patio de la subestación.

#### **4.5. Cafetería**

- DPC 17: Tablero de distribución, cafetería.

#### 4.6. Planta de destilación

- DPC 18: Ducto eléctrico de alimentación de la planta de destilación.
- DPC 19: Tablero de distribución, planta de destilación.

#### 4.7. Vivero

- DPC 20: Tablero de distribución y circuito de iluminación.

### 5. Análisis de variables

Para obtener los datos de la medición se ha realizado el préstamo del Analizador de redes Fluke 435 Series II, el Apéndice 8 presenta la ficha técnica del equipo, la ficha de préstamo de solicitud ante la división de inventarios de la universidad, la constancia de conexión, funcionamiento y desconexión del analizador de redes en la UIS – Sede Barbosa, la capacitación realizada en el uso del analizador se pueden observar en la Figura 3.

**Figura 3. Conexión del analizador de redes en el laboratorio uso racional de la energía y energías renovables – 205.**



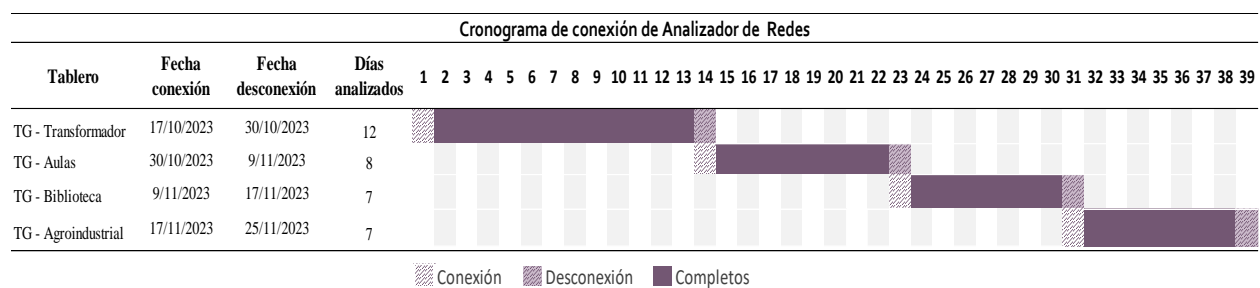
Este se conectó principalmente el TGBT, seguidamente en el TG de aulas, luego al TG de biblioteca y finalmente en el TG del laboratorio de agroindustrial, la Tabla 1 presenta un resumen de la conexión del analizador de redes en cada tablero general.

**Tabla 1. Resumen de conexión del analizador de redes.**

Tablero	Duración de días conectados	Duración del intervalo	Duración en horas por día
TG - transformador	12	10 min	24 horas
TG – aulas	8	10 min	24 horas
TG – biblioteca	7	10 min	24 horas
TG - agroindustrial	7	10 min	24 horas

Adicionalmente, la Tabla 2 presenta el cronograma establecido para la conexión y desconexión durante los 39 días que estuvo en funcionamiento el analizador de redes en la UIS – Sede Barbosa, de estos se analizaron 34 días completos para el análisis de datos.

**Tabla 2. Cronograma de conexión del analizador de redes**

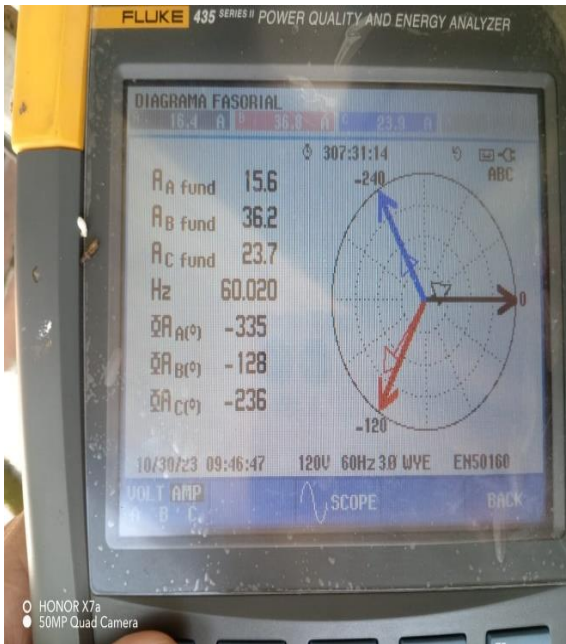


Es importante aclarar que la medición realizada en cada uno de los tableros no se realizó al mismo tiempo ya que no se contaba con el préstamo de un analizador de redes para ser instalado en cada tablero y de esta forma tener la información completa y detallada. Por tanto se usó el mismo analizador para la adquisición de datos de cada tablero tomada de forma consecutiva, con el fin de

tener una primera aproximación al análisis de calidad de la energía de la UIS - Sede Barbosa. La

Figura 4 evidencia el funcionamiento del analizador de redes en cada tablero principal.

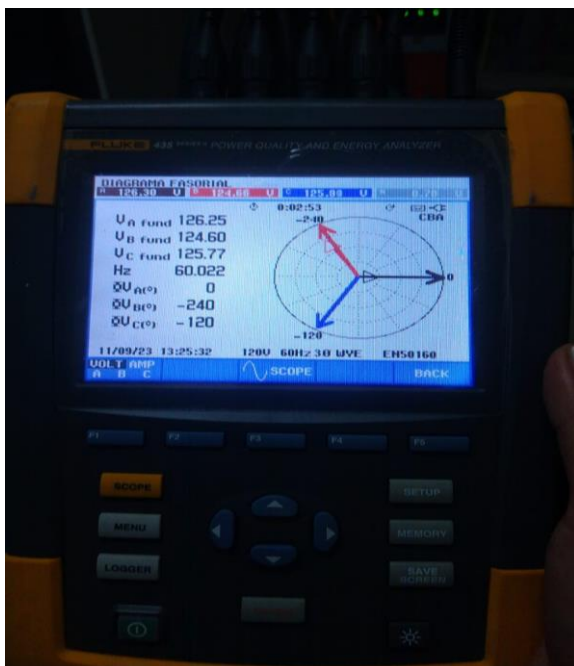
**Figura 4. Funcionamiento del analizador en los TG principales**



TGBT



TG Aulas



TG Biblioteca



TG Lab. De Agroindustrial

### 5.1. Tensión

Con respecto al análisis de tensión se elaboró un informe para cada tablero, en el cual se presenta el valor hora a hora de cada día con su respectivo valor de distorsión armónica (THDv), la gráfica, cabe aclarar que lo mencionado anteriormente es para cada una de sus fases (A, B y C), a su vez se encuentra la Tabla 3 tomada de la Comisión de Regulación de Energía y Gas - GREG 065 de 2012, la cual indica los límites para la distorsión armónica según el nivel de tensión, teniendo en cuenta que el sistema eléctrico de la sede Barbosa es nivel de tensión 1 con una tensión nominal de 127 V.

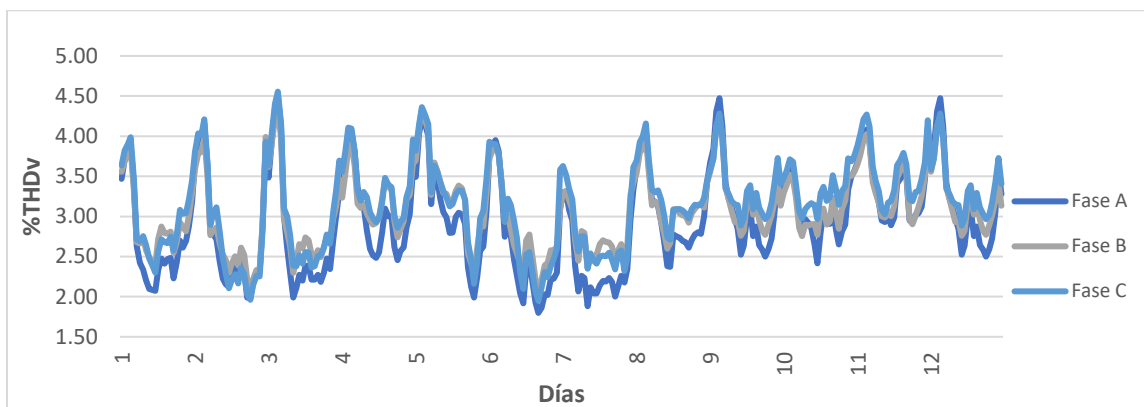
La Tabla 3 presenta los valores mínimos y máximos de %THDv obtenidos durante la medición llevada a cabo en cada TG.

**Tabla 3. Valor de %THDv en cada TG**

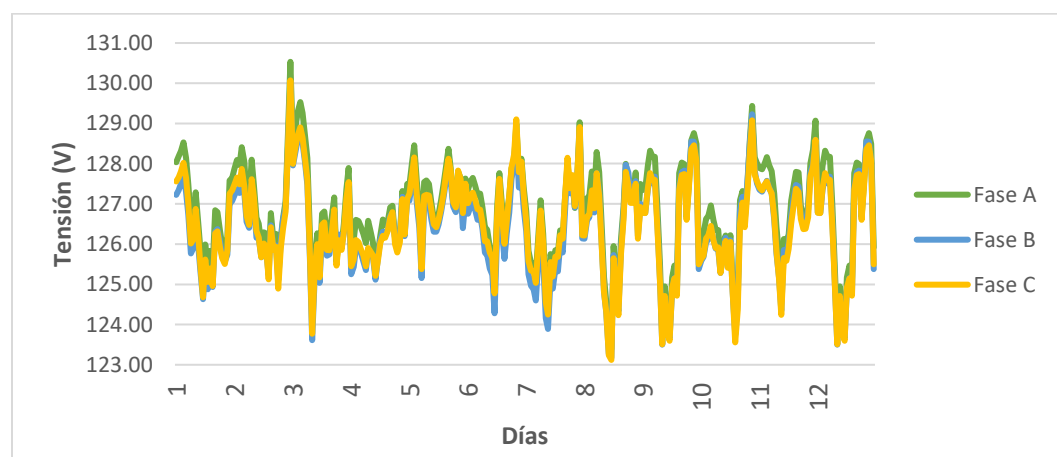
TABLERO	%THDV					
	MINIMO			MAXIMO		
	FASES					
	A	B	C	A	B	C
TGBT	1.80	2.09	1.95	4.51	4.35	4.56
TG - aulas	2.48	2.60	2.75	6.44	5.48	6.18
TG - biblioteca	2.45	2.76	2.64	4.24	13.02	11.49
TG - agroindustrial	1.51	1.26	1.08	2.97	2.94	2.50

Los informes de tensión están distribuidos de la siguiente manera:

- El Apéndice 9 corresponde al TGBT del cual se infiere que los valores analizados de THDv están dentro de los límites establecidos ya que ningún valor excede el 5% como se observa en la Figura 5.

**Figura 5. Gráfica general de %THDv en TGBT**

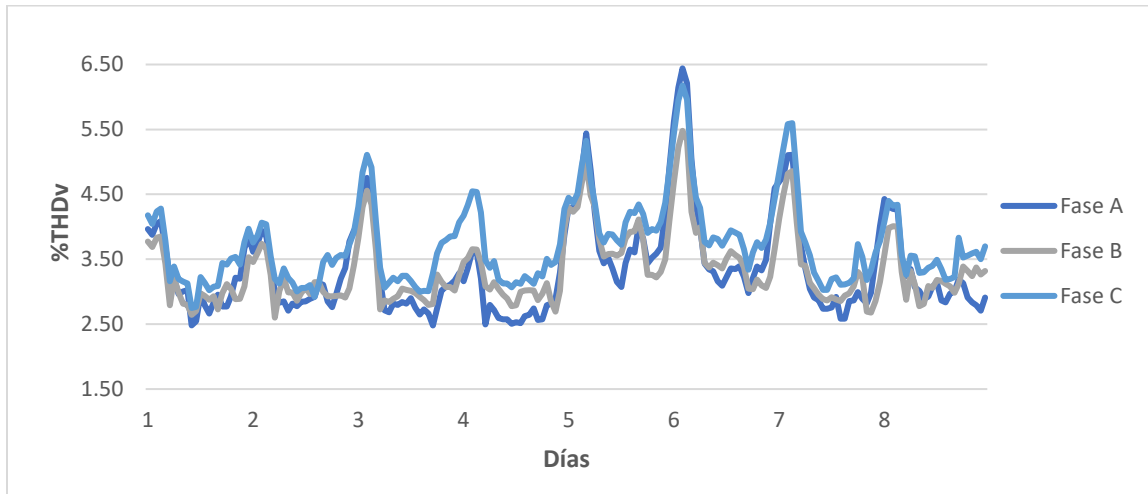
La Figura 6 presenta la gráfica de tensión de los 12 días de medición para cada una de las fases, en el cual se puede evidenciar que el desbalance de estas no excede el  $\pm 5\%$ . Por otro lado se observan las elevaciones y reducciones espontáneas o fluctuaciones que son frecuentemente producidas por las cargas conectadas al sistema eléctrico.

**Figura 6. Gráfica general de tensión en TGBT**

- El Apéndice 10 corresponde a la medición realizada en el TG de aulas, de la cual se infiere que los valores analizados de THDv en cada una de las fases presentan un mayor desbalance entre la hora 1 y hora 5, es decir en la madrugada. Después

de esta el sistema es estable y permanece dentro de los límites establecidos, como se observa en la Figura 7.

**Figura 7. Gráfica de %THDv del TG de aulas**



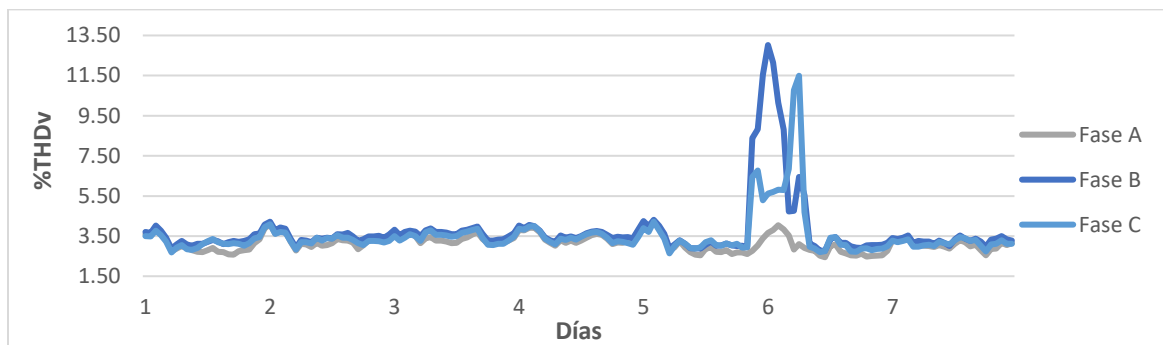
La Figura 8 presenta la gráfica de tensión de los 8 días de medición para cada una de las fases, en el cual se puede evidenciar que el desbalance de estas no excede el  $\pm 5\%$ . Por otro lado se observan las elevaciones y reducciones espontáneas o fluctuaciones que son frecuentemente producidas por las cargas conectadas al sistema eléctrico.

**Figura 8. Gráfica general de tensión en TG de aulas**



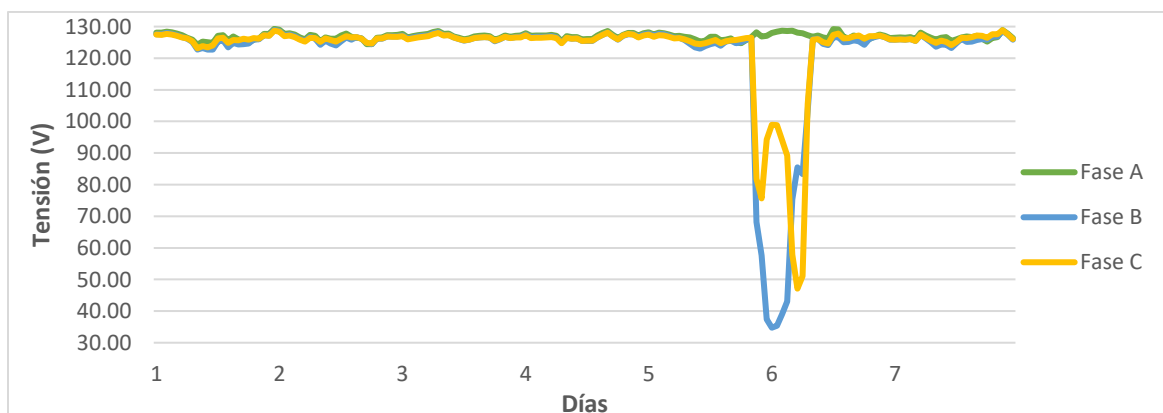
- El Apéndice 11 corresponde a la medición realizada en el TG de biblioteca, del cual se infiere que los valores analizados de THDv están dentro de los límites establecidos como se observa en la Figura 9, excepto por la medición realizada entre el día 14 de noviembre hora 22 hasta el día siguiente 15 de noviembre hora 8 donde el sistema vuelve a estar estable. Estos valores se deben a una interrupción en el sistema eléctrico de la zona por un descarga eléctrica, la cual afecto al transformador dejando la fase A cargada e induciendo corriente por inducción de campos magnéticos a la fase B y fase C.

**Figura 9. Gráfica de %THDv en TG de biblioteca**



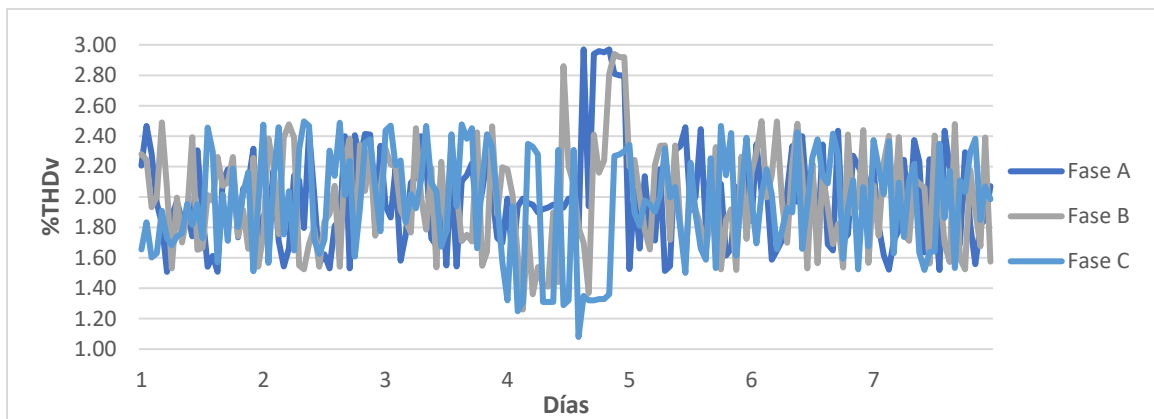
La Figura 10 presenta la gráfica de tensión de los 7 días de medición para cada una de las fases, en el cual se puede ver el comportamiento de la tensión.

**Figura 10. Gráfica general de tensión en TG de biblioteca**



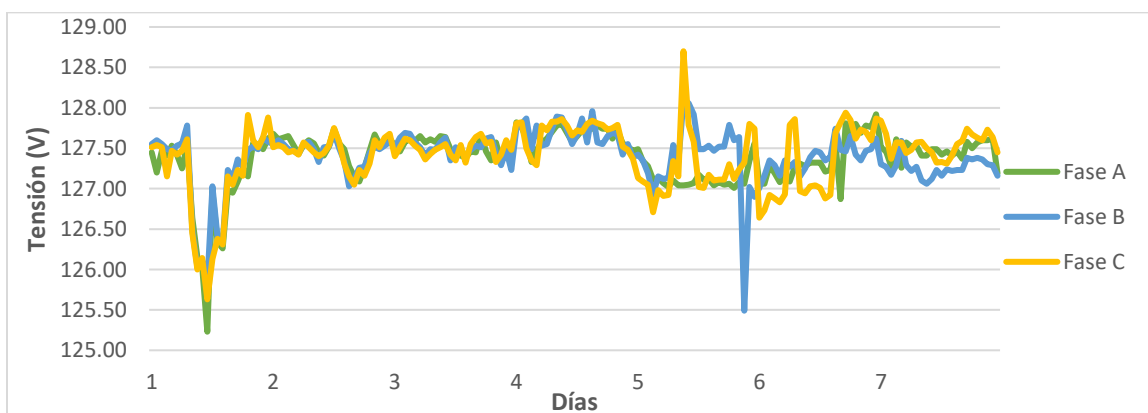
- El Apéndice 12 corresponde a la medición realizada en el TG del laboratorio de agroindustrial, de la cual se infiere que los valores analizados de THDv están dentro de los límites establecidos, ya que ningún valor excede el 5% como se observa en la Figura 11.

**Figura 11. Gráfica de %THDv de TG de agroindustrial**



La Figura 12 presenta la gráfica de tensión de los 7 días de medición para cada una de las fases, en el cual se puede evidenciar que el desbalance de estas no excede el  $\pm 5\%$ . Por otro lado se observan las elevaciones y reducciones espontáneas o fluctuaciones que son frecuentemente producidas por las cargas conectadas al sistema eléctrico.

**Figura 12. Gráfica general de tensión en TG de agroindustrial**



## 5.2. Corriente

En cuanto al análisis de corriente se elaboró un informe para cada tablero, en el cual se presenta el valor hora a hora de cada día con su respectivo valor de distorsión armónica (THDv), la gráfica y la distorsión de demanda total (TDD), la cual se halló teniendo en cuenta la siguiente Formula tomada de la Norma Técnica Colombiana - NTC 5001 de 2008, la cual permite determinar cuál es el porcentaje de corriente con distorsión a través del conductor existente Cu 4/0 que tiene una capacidad de corriente de 400 A según la Tabla 310-69 de la Norma Técnica Colombiana - NTC 2050 de 2020.

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{k \geq 2}^{\infty} I_k^2}}{I_L} \times 100\%$$

Donde,

$I_k$  es la magnitud de corriente armonica individual (A)

$I_L$  es la corriente de carga de demanda maxima en la componente medida (A)

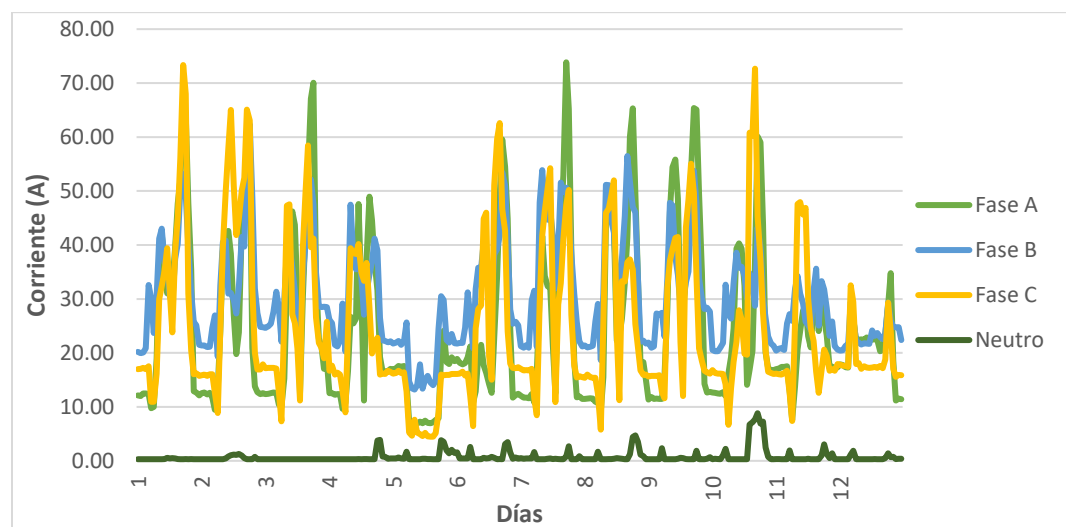
El análisis anterior se realizó para cada fase (A, B y C) y el neutro. A su vez se encuentra el siguiente fragmento “La distorsión total de demanda, TDD, refleja la importancia de las distorsiones armónicas de corriente respecto a la carga máxima del sistema medido, ya que podrían presentarse altas distorsiones de corriente, es decir una medida de THDi elevada, con bajos niveles de carga, que no afectarían en igual proporción al sistema.” tomada de la Norma Técnica Colombiana - NTC 5001 de 2008, de la cual se evalúa si cada fase cumple o no cumple con lo mencionado anteriormente.

Por tanto los valores analizados de THDi para cada tablero con respecto a la capacidad nominal de corriente del conductor la TDD que es menor al 1%, de lo cual se deduce que el

porcentaje de corriente con distorsión por el conductor es mínimo. Los informes de corriente están distribuidos de la siguiente manera:

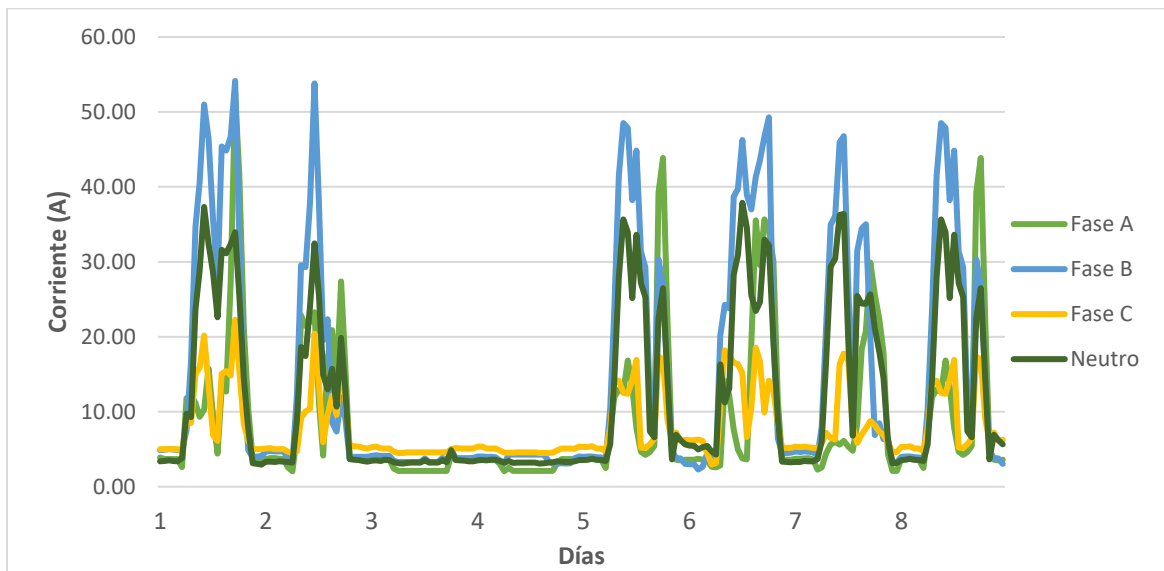
- El Apéndice 13 corresponde a la medición realizada en el TGBT. La Figura 13 presenta la gráfica de corriente de los 12 días de medición para cada una de las fases, en el cual se puede evidenciar el desbalance de corriente entre estas y la presencia de corriente en el neutro.

**Figura 13. Gráfica general de corriente en TGBT**



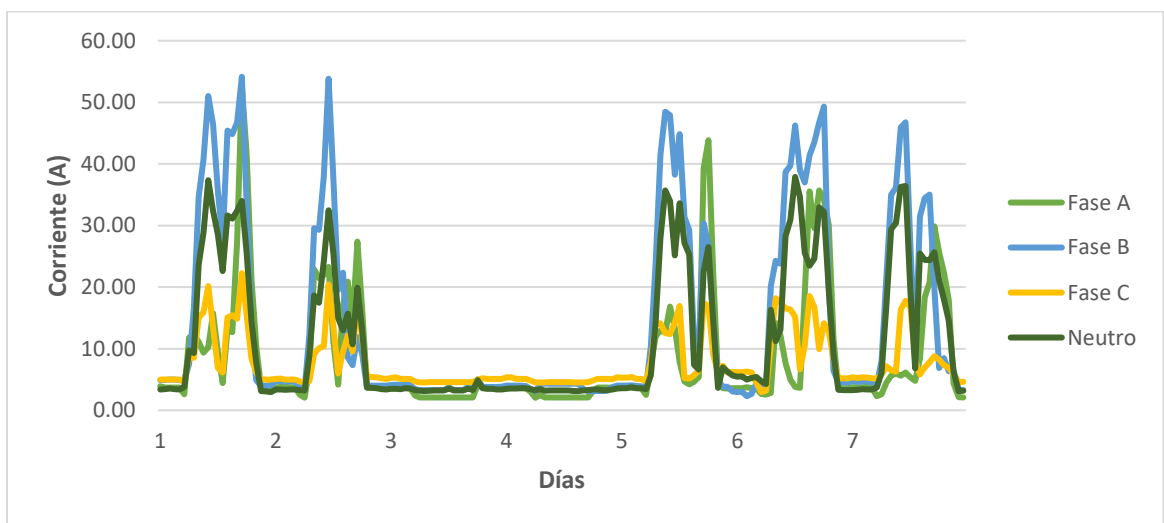
- El Apéndice 14 corresponde a la medición realizada en el TG de aulas. La Figura 14 presenta la gráfica de corriente de los 8 días de medición para cada una de las fases, en el cual se puede evidenciar el desbalance de corriente entre estas y la alta presencia de corriente en el neutro.

**Figura 14. Gráfica general de corriente en TG de aulas**



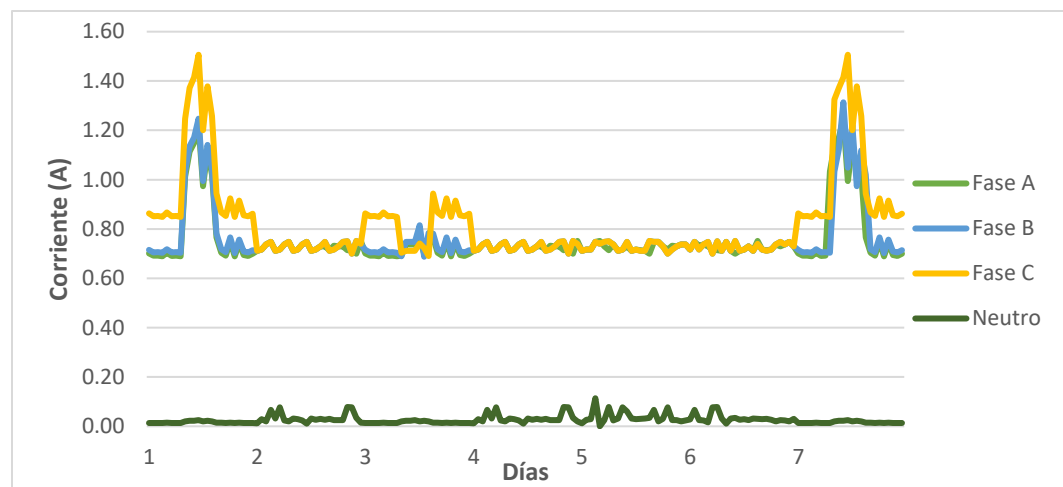
- El Apéndice 15 corresponde a la medición realizada en el TG de biblioteca. La Figura 15 presenta la gráfica de corriente de los 7 días de medición para cada una de las fases, en el cual se puede evidenciar el desbalance de corriente entre las fases y la alta presencia de corriente en el neutro.

**Figura 15. Gráfica general de corriente en TG de biblioteca**



- El Apéndice 16 corresponde a la medición realizada en el TG del laboratorio de agroindustrial. La Figura 16 presenta la gráfica de corriente de los 7 días de medición para cada una de las fases, en el cual se puede evidenciar el desbalance de corriente entre estas y la presencia de corriente en el neutro.

**Figura 16. Gráfica general de corriente en TG de agroindustrial**



### 5.3. Potencia activa y potencia reactiva

Para el análisis de potencia activa y potencia reactiva al igual que en los anteriores capítulos se elaboró un informe para cada tablero, en el cual se indica el consumo hora a hora de potencia activa y potencia reactiva, la gráfica y el consumo de cargas capacitivas e inductivas a través de gráfica. Teniendo en cuenta que “el cobro de energía reactiva se facturará la energía reactiva inductiva superior al 50% de la energía activa y la energía reactiva capacitiva en su totalidad en cada periodo.”<sup>5</sup> Y según lo establecido en capítulo 12 de la Resolución CREG 015 del 2018 por los art. 1 y 8 modificados en la Resolución CREG 199 del 2019.

<sup>5</sup> Tomado de la página de la ESSA, Energía Reactiva

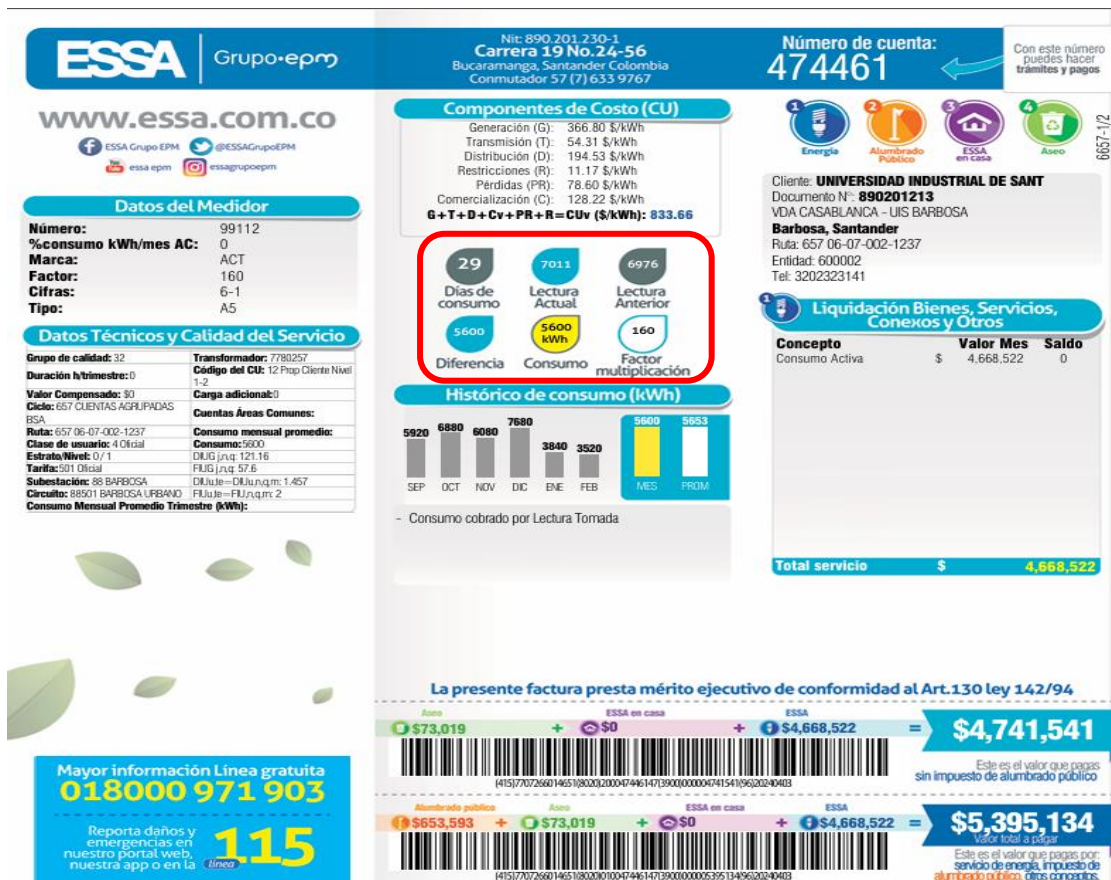
Además, es necesario recalcar que actualmente a la UIS – Sede Barbosa no se le está realizando lectura de energía reactiva reportada en la factura de energía que se realiza mes a mes, ya que el medidor electrónico clase 1 para energía activa y clase 2 para energía reactiva el cual se puede observar en la Figura 17.

**Figura 17. Medidor electrónico instalado en la universidad**



A pesar de contar con un medidor que realiza registro de energía activa y reactiva, el comercializador de energía (ESSA) no está realizando el cobro de esta energía, en el Apéndice 17 se encuentran las facturas de energía desde el mes septiembre del 2023 hasta marzo del 2024 en los cuales se evidencia que el operador de red no está realizando lectura o facturación de energía reactiva puesto que esta no supera el 50% de la energía activa. La Figura 18 presenta la última factura realizada por el operador de red con fecha del 07 de marzo del 2024, en la cual se evidencia lo expuesto anteriormente.

Figura 18. Factura de energía del mes marzo del 2024



Los informes elaborados se encuentran distribuidos de la siguiente forma:

- El Apéndice 18 corresponde a la medición realizada en el TGBT, de la cual se infiere que el consumo de potencia reactiva no excede más del 50% de potencia activa.
- El Apéndice 19 corresponde a la medición realizada en el TG de aulas, de la cual se infiere que el consumo de potencia reactiva no excede más del 50% de potencia activa.
- El Apéndice 20 corresponde a la medición realizada en el TG de biblioteca, de la cual se infiere que el consumo de energía reactiva excede más del 50% de potencia

activa en las horas no hábiles de actividades académicas y administrativas, por tanto hay presencia de cargas inductivas ya que este edificio consta de UPS, aulas de cómputo, entre otros. Por tanto es importante realizar un análisis más detallado de las cargas que lo componen para la búsqueda de una solución ante la presencia de carga inductiva.

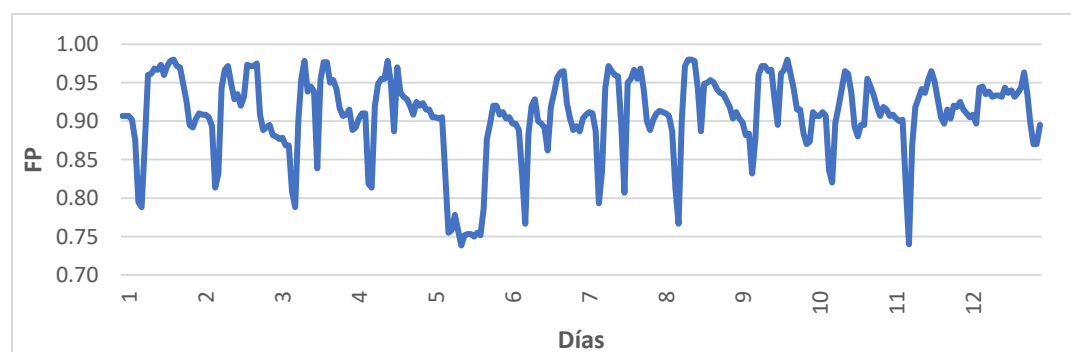
- El Apéndice 21 corresponde a la medición realizada en el TG del laboratorio de agroindustrial de la cual se deduce que el consumo de energía reactiva excede más del 50% de potencia activa.

#### 5.4. Factor de potencia

Al igual que en los anteriores, se ha realizado un informe del factor de potencia hora a hora para cada tablero y la gráfica. Estos informes están distribuidos de la siguiente manera:

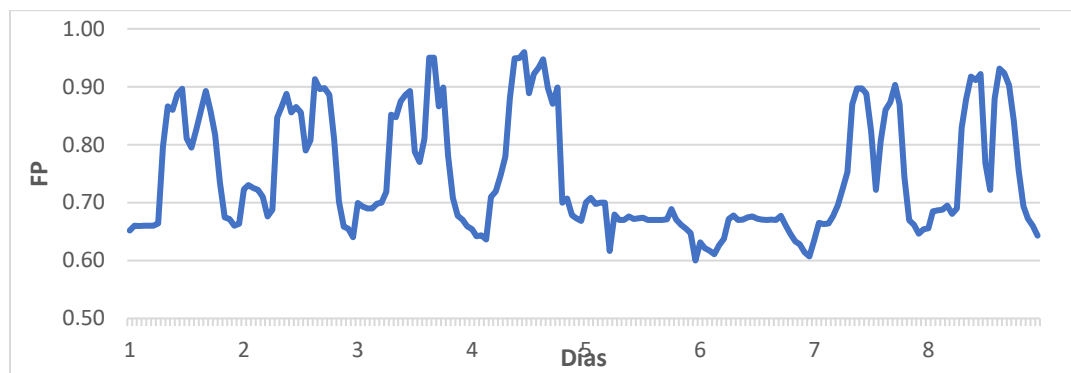
- El Apéndice 22 corresponde a la medición realizada en el TGBT, del cual los días y horas hábiles en las que hay actividades académicas y administrativas en la universidad el factor de potencia se mantiene entre 0.96 y 0.98, mientras en los días no laborales el factor de potencia baja hasta 0.74 como se observa en la Figura 19. Por tanto no se cumple con lo establecido en la Resolución CREG 015 del 2018, donde se establece que el factor de potencia debe ser mayor a 0.90.

**Figura 19. Gráfica general del FP en TGBT**

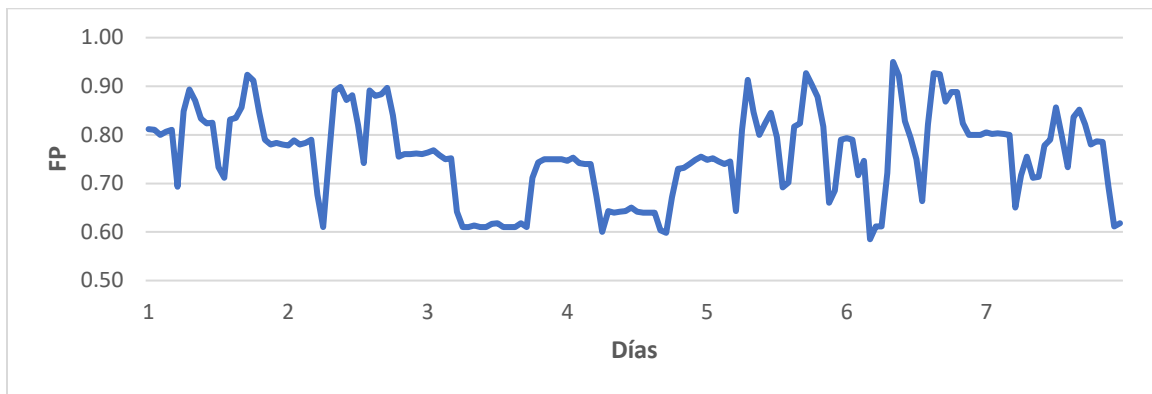


- El Apéndice 23 corresponde a la medición realizada en el TG de aulas, del cual los días y horas no hábiles se encuentra entre el rango de 0.80 y 0.94, mientras en los días hábiles el factor de potencia está en un rango de 0.60 y 0.64 como se observa en la Figura 20. Por lo tanto este tablero no cumple con lo establecido en la Resolución CREG 015 del 2018, donde se establece que el factor de potencia debe ser mayor a 0.90.

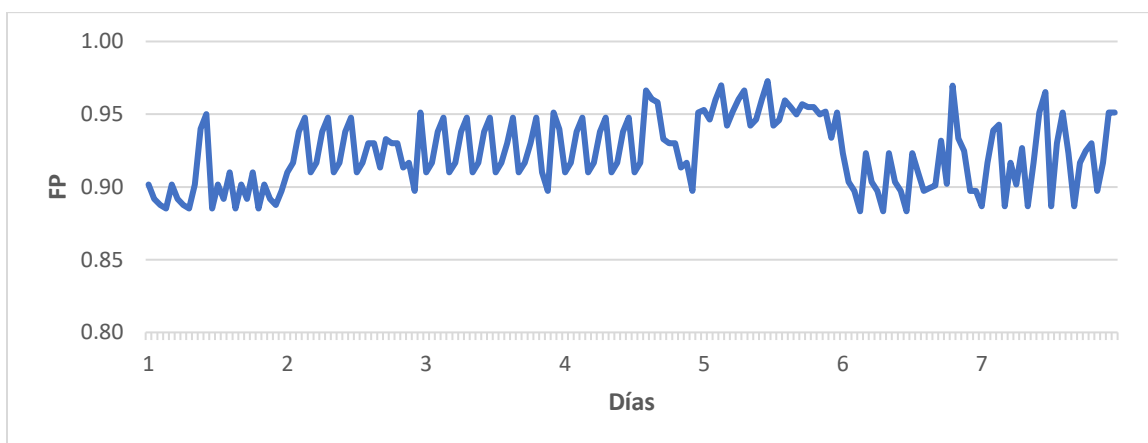
**Figura 20. Gráfica general de FP del TG de aulas**



- El Apéndice 24 corresponde a la medición realizada en el TG de biblioteca, del cual el factor de potencia en días no hábiles entre 0.83 y 0.92 mientras que en las horas en las cuales hay actividades académicas y administrativas en este edificio este se encuentra entre un rango de 0.61 y 0.65 como se observa en la Figura 21. Por lo tanto este tablero no cumple con lo establecido en la Resolución CREG 015 del 2018, donde se establece que el factor de potencia debe ser mayor a 0.90.

**Figura 21. Gráfica de general de FP del TG de biblioteca**

- El Apéndice 25 corresponde a la medición realizada en el TG del laboratorio de agroindustrial, del cual el factor de potencia está entre 0.88 y 0.97 como se observa en la Figura 22. Este laboratorio solo es usado algunos viernes y sábados cuando es necesario en las actividades académicas de los programas ofrecidos por la UIS – sede Barbosa a distancia. Por consiguiente se recomienda realizar un análisis para mejorar el factor de potencia y que este sea mayor a 0.90 según lo establecido por la Resolución CREG 015 del 2018.

**Figura 22. Gráfica general de FP del TG de agroindustrial**

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente con el comportamiento del factor de potencia en los tableros de aulas, biblioteca y agroindustrial estas cargas se compensan de tal forma que los niveles bajos de factor de potencia no se ven altamente reflejados en la medición realizada en el TGBT, considerando que la medición realizada no fue al mismo tiempo pero si se tiene el mismo comportamiento de horario laboral por parte de administrativos y mismo horario de clases durante el semestre.

Como se ha mencionado en el capítulo anterior es importante realizar un análisis más detallado de cada tablero, identificando el tipo de cargas que componen cada uno de estos, para encontrar la mejor solución para la búsqueda de un factor de potencia mayor a 0.90 y lo más cercano a 1, ya que en cuanto mayor sea el factor de potencia más eficiente es el sistema eléctrico y menores son las pérdidas, de esta forma cumplir con la normativa vigente y mejorar la calidad del suministro eléctrico de la comunidad universitaria en general.

### **5.5. Cargabilidad del transformador**

Con respecto a la cargabilidad del transformador, se ha tenido en cuenta los 3 valores mínimo, medio y máximo de potencia activa de la medición realizada en el transformador aplicando la siguiente formula:

$$Cargabilidad = \frac{Pa}{FP * Snom}$$

Donde,

*Pa es la potencia activa medida*

*FP es el FP que corresponde al valor medido de la potencia activa*

*Snom es la potencia aparente nominal del transformador (300 kVA)*

La Tabla 4 presenta un resumen de la cargabilidad del transformador y la capacidad ocupada de este.

**Tabla 4. Resumen de cargabilidad del transformador.**

	S de Consumo [kVA]	FP	Cargabilidad [%]	S ocupada [kVA]	S disponible [kVA]
<b>Máximo</b>	25.53	0.93	9	23.74	276.26
<b>Medio</b>	24.47	0.97	8	23.74	276.26
<b>Mínimo</b>	3.56	0.77	2	0.35	296.44

Como se observa el valor máximo y medio de la potencia aparente ocupada del transformador es igual, estos valores de potencia activa son los que más se repiten en las diferentes zonas horarias para poder determinar un valor más acertado de la cargabilidad del transformador el cual cuenta con una capacidad nominal de 300 kVA, por tanto el transformador se encuentra en un 9% de su ocupación con una capacidad de 276.26 kVA disponibles para la proyección de nuevos proyectos a ser implementados en la UIS – Sede Barbosa.

## 5.6. Regulaciones y protecciones

Por otro lado se elaboró la plantilla de regulaciones y protecciones que se encuentra disponible en el Apéndice 26, en el cual se realizó un estudio de los calibres y protecciones existentes con el fin de identificar si estas protegían la capacidad de corriente del conductor (Cu 4/0 AWG), es necesario recalcar que al no tener conocimiento de las cargas instaladas aguas abajo de cada TG principal de cada edificio no se puede realizar un análisis detallado del conductor y protección para el cumplimiento de este. Por tanto se sugiere realizar un análisis de coordinación de regulaciones y protecciones para cada tablero teniendo en cuenta la carga de cada uno.

La Tabla 5 presenta un resumen del conductor y protecciones existentes para cada TG del edificio de aulas, biblioteca y agroindustrial, en la cual se evidencia que la protección existente para cada tablero es acorde con la capacidad de corriente del conductor seleccionado

**Tabla 5. Resumen de conductor y protecciones de TG de cada edificio.**

<b>Tablero</b>	<b>Calibre del conductor</b>	<b>Protección en TGBT para cada circuito</b>	<b>Protección TG del edificio</b>	<b>Protección dimensionada en la plantilla</b>
TG - transformador	4xCu 4/0 AWG	800 A	-	800 A
TG – aulas	Cu 4/0 AWG	125 A	100 A	3x200 A
TG – biblioteca	Cu 4/0 AWG	175 A	175 A	3x200 A
TG - agroindustrial	Cu 4/0 AWG	70 A	70 A	3x200 A

La Tabla 6 presenta un resumen de las demás protecciones que se encuentran en el TGBT las cuales son usadas para el cuarto de bombas (dos motobombas cada una de 10 HP), alumbrado público y cargas desconocidas. Por otro lado se evidencia que la protección existente para cada tablero es acorde con la capacidad de corriente del conductor seleccionado teniendo en cuenta la Tabla 310-69 de la Norma Técnica Colombiana - NTC 2050 del 2020.

**Tabla 6. Resumen de conductor y protecciones adicionales en el TGBT.**

<b>Nombre del circuito</b>	<b>Calibre del conductor</b>	<b>Protección en TGBT para cada circuito</b>	<b>Protección en circuito final</b>	<b>Protección dimensionada en la plantilla</b>
Bomba de agua	Cu 6	80 A	60 A	3x60 A
AP – aulas	Cu 6	2x30 A	-	2x50 A
AP – sendero	Cu 8	2x30 A	-	2x40 A
AP - portería	Cu 6	2x30 A	-	2x50 A
AP - biblioteca	Cu 8	2x30 A	-	2x40 A
Carga desconocida	Cu 8	3x100 A	-	2x40 A

## 6. Acciones de mejoramiento

En este capítulo se realizó el presupuesto del resumen de anomalías identificadas por medio de las fichas DPC con oportunidad de mejora e inversión, para esto han tenido en cuenta las 20 fichas DPC clasificadas en:

- Riesgo eléctrico por contacto con un total de 7 fichas DPC.
- Riesgo eléctrico por protección con un total de 7 fichas DPC.
- Riesgo eléctrico por mantenimiento con un total de 6 fichas DPC.

La Figura 23 presenta un esquema del resumen de las fichas que comprende cada clasificación y la Figura 24 presenta un resumen de anomalías teniendo en cuenta la clasificación mencionada anteriormente.

**Figura 23. Resumen de ficha DPC por clasificación**



**Figura 24. Resumen de anomalías por clasificación**



Para la ficha DPC 03, en la realización del cambio de TG principal de aulas se recomienda hacer un estudio con un técnico electricista el cual tenga en cuenta la incorporación de las cargas existentes y futuras a conectar para el diseño del tablero. Adicionalmente en el presupuesto

elaborado se incluye la adquisición del Analizador de calidad de energía FLUKE 438-II que se recomienda instalar en los TG principales de cada edificio para un monitoreo y control constante especialmente en el TG de aulas ya que este presenta cargas inductivas que están generando consumo de energía reactiva para buscar una solución óptima y eficiente de esta forma evitar penalización ante el operador de red.

Los presupuestos elaborados para cada clasificación de riesgo eléctrico se encuentran distribuidos de la siguiente forma:

- El Apéndice 27 corresponde al presupuesto de riesgo eléctrico por contacto.
- El Apéndice 28 corresponde al presupuesto de riesgo eléctrico por protección.
- El Apéndice 29 corresponde al presupuesto de riesgo eléctrico por mantenimiento.

La Tabla 7 presenta el resumen del costo total de cada clasificación de riesgo eléctrico, es importante resaltar que la cotización realizada se realizó mediante la distribuidora eléctrica SURTIELÉCTRICOS SANTANDER – SURELECSA la cual se encuentra en el Apéndice 30. La distribuidora realizó la aclaración con respecto a los precios ya que están sujetos a promociones, descuentos, etc. Por tanto es recomendable al realizar la ejecución de este realizar una actualización de precios.

**Tabla 7. Resumen del costo final por clasificación de riesgo eléctrico**

Clasificación de riesgo eléctrico		
Contacto	Protección	Mantenimiento
\$ 14.426.031	\$ 140.307.520	\$ 4.305.481
Total		\$ 159.039.032

## 7. Conclusiones

En este trabajo, se plantearon 3 objetivos específicos que dan solución al objetivo general que es analizar el consumo de energía eléctrica en los bornes de baja tensión del transformador principal de la Universidad Industrial de Santander – Sede Barbosa. Frente a este se logró determinar que el consumo de energía se encuentra en óptimas condiciones, con un factor de potencia mayor a 0.90 en los días y horas hábiles en los que hay actividades académicas, mientras en los demás días y horas el factor de potencia es menor a 0.90, por tanto es importante realizar un análisis más detallado de las cargas que lo componen y de esta forma cumplir con lo establecido en la CREG 015 del 2018. La cargabilidad del transformador se encuentra en 9%, es decir con 23.74 kVA ocupados de la capacidad de este, en otras palabras el transformador se encuentra sobredimensionado generando pérdidas técnicas, las cuales son asumidas por el operador de red; teniendo en cuenta que el medidor se encuentra instalado aguas abajo del transformador. El transformador cuenta con una amplia disponibilidad de ampliación de carga para ser usada en la implementación de nuevos proyectos, proyectados para crecimiento de la universidad y su comunidad en general.

Con lo referente a lo establecido en el primer objetivo específico se encontraron diferentes anomalías como se registran en las fichas DPC, realizando además la elaboración de fichas adicionales las cuales se consideran importantes por el riesgo eléctrico que presentan ante el suministro energético de la universidad y de la comunidad en general, como lo es la realización de empalmes mal elaborados, ausencia de mantenimiento en la infraestructura eléctrica en general, derivaciones provisionales que se han mantenido durante mucho tiempo, entre otros que impiden el cumplimiento del RETIE 2013. Además de la falta de actualización de los cuadros de carga,

diagramas unifilares, planos eléctricos que comprendan la instalación de aulas híbridas y otras cargas adicionales, para esto se planea la ejecución de una segunda fase para dar continuación a este trabajo de grado y así realizar un análisis de cada tablero general principal de cada edificio.

Frente al segundo objetivo específico planteado en el TG principal de edificio de aulas, presentan desbalance entre la hora 1 y hora 5 con un valor máximo de %THDv de 6.11, luego el sistema es estable y permanece dentro de los límites establecidos de las fases, por otro lado hay alta presencia de corriente en el neutro con valores hasta de 18 A, generando desbalance entre las fases como se muestra en la Figura 10, en cuanto a al factor de potencia este es menor al 0.90, es decir no cumple con lo establecido en la Resolución CREG 015 del 2018.

Por consiguiente en el TG principal de edificio de Biblioteca, los valores de THDv están dentro de los límites establecidos por la Comisión de Regulación de Energía y Gas - GREG 065 de 2012, excepto por los valores de medición durante la tormenta eléctrica presentada, por otra parte hay una alta presencia de corriente en el neutro con valores hasta de 37 A, generando desbalance entre las fases como se muestra en la Figura 11, en cuanto a la potencia reactiva se están presentando cargas inductivas hasta penalización de hasta 24 horas en los días que no hay actividades académicas por consiguiente el factor de potencia es bastante bajo con valores de 0.61 con respecto a lo establecido en la Resolución CREG 015 del 2018. Con respecto al TG principal de agroindustrial se debe mejorar el factor de potencia ya que alcanza valores de 0.88 y según la Resolución CREG 015 del 2018 debe ser mayor a 0.90.

Para concluir con el ultimo objetivo específico se clasificaron en el tipo de riesgo las fichas DPC, es importante dar solución a estas lo más pronto posible para evitar inconvenientes por suministro eléctrico durante las actividades académicas y administrativas de la universidad, por otro lado la cotización realizada se realizó mediante la distribuidora eléctrica SURTIELÉCTRICOS SANTANDER – SURELECSA, en la cual se realizó la aclaración los precios están sujetos a promociones, descuentos, etc. Por tanto es recomendable al realizar la ejecución de este realizar una actualización de precios.

Finalmente, con la ejecución de este trabajo de grado hemos puesto en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de nuestro proceso de formación pero en especial de las asignaturas Instalaciones eléctricas, mediciones eléctricas y mediciones eléctricas avanzadas, lo cual contribuye a nuestro fortalecimiento como profesionales al tomar un caso de la vida real del cual hemos aprendido, analizado y dado solución para contribuir con el desarrollo de la sede y comunidad en general.

## 8. Recomendaciones

- 1) Teniendo en cuenta que el análisis de este trabajo de grado se realizó con la normativa vigente durante el proceso de análisis RETIE 2013, para la realización de una segunda fase o implementación de este se debe tener en cuenta los cambios realizados en la nueva actualización en el Reglamento Técnico de Instalaciones Electricas – RETIE 2024.
- 2) Instalar un analizador de redes en cada TG principal y TGBT para realizar control y monitoreo constante para evitar la penalización de energía reactiva.
- 3) Realizar una segunda etapa de este trabajo de grado, en el cual se realice un análisis de las cargas instaladas aguas debajo de cada TG principal de cada edificio con el fin de realizar un análisis detallado para la búsqueda de una solución en la cual se obtenga un factor de potencia mayor a 0.90 según lo estipulado en la normativa vigente y la coordinación de protecciones y regulaciones.
- 4) Adicionalmente en lo mencionado anteriormente realizar un balance de cargas en el tablero de aulas, teniendo en cuenta los porcentajes de THDv hora a hora mostrados en el capítulo 5 inciso 5.1 del presente documento en el cual exceden los valores permitidos en las horas de la madrugada.
- 5) En cuanto a las conexiones realizadas provisionalmente para dar continuidad a estos circuitos de uso final, se recomienda no dejar pasar bastante tiempo con estas conexiones, lo cual debilita el suministro y calidad de energía eléctrica de las instalaciones por lo contrario se debe realizar un estudio por medio de un técnico electricista para dar una pronta solución a este.

- 6) Para la conexión del tablero de cafetería se recomienda tomarla directamente del TG de aulas, posterior al análisis del factor de potencia, tensión y cambio de TG principal de este.
- 7) Para la conexión de la planta de destilación se recomienda llevarla subterránea directamente desde el TGBT o solicitar la factibilidad de servicio con la ESSA.
- 8) Realizar mantenimiento a las instalaciones eléctricas (cajas de paso, tableros, conductores, protecciones, entre otros.) periódicamente por personal autorizado según la normativa vigente, para evitar inconvenientes con el suministro eléctrico y mantener la calidad de la energía y eficiencia energética.
- 9) Se sugiere llevar una ficha o control del mantenimiento realizado a las instalaciones eléctricas, de esta forma llevar un seguimiento a este con el fin de mejorar el suministro eléctrico y evitar inoportunos cortes en las actividades tanto académicas como administrativas de la sede.
- 10) Es importante tener en cuenta que la realización de algún tipo de intervención en los tableros o conexiones eléctricas se deben realizar mediante un estudio previo para la coordinación de este para así evitar futuros inconvenientes, además estas intervenciones las debe realizar un técnico electricista o personal autorizado según la normativa vigente.

### Referencias Bibliográficas

(1996). En *NTC 3475*.

(2013). En *RETIE 2013* (pág. Sección 20.23.1: Tableros de baja tensión).

(2018). En *Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG 015 de 2018*.

(2018). En *CREG 015 del 2018*.

*Comisión de Regulación de Energía y Gas - GREG 065 de 2012*. (2012).

*CREG 199 del 2019*. (2019).

*Norma Técnica Colombiana - NTC 2050*. (2020).

*Norma Técnica Colombiana - NTC 3475*. (1996).

*Norma Técnica Colombiana - NTC 5001*. (2008).

*Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP*. (2016).

(2013). *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE*.

*Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE*. (2024).