

Propuesta de un plan para la utilización racional de la energía eléctrica en las sedes de la Universidad Industrial de Santander en Bucaramanga y su área metropolitana.

Enver Francisco Carreño Contreras

**Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas
Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de
Telecomunicaciones
Bucaramanga
2009**

Propuesta de un plan para la utilización racional de la energía eléctrica en las sedes de la Universidad Industrial de Santander en Bucaramanga y su área metropolitana.

Enver Francisco Carreño Contreras

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de ingeniero Electricista.

Director

Prof. Gabriel Ordóñez Plata

Codirector

Ing. Iván Augusto Rojas

**Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas
Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de
Telecomunicaciones
Bucaramanga
2009**

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por permitirme culminar esta etapa de mi vida, a pesar de todos los inconvenientes el nunca me desamparó y siempre veló por ayudarme en esta tarea.

Agradezco a la Universidad Industrial de Santander, por todo el conocimiento y experiencia adquiridos para poder obtener un título que me acredita como profesional.

Al doctor Gabriel Ordóñez Plata y al Ingeniero Iván Rojas, por el tiempo y la dedicación prestada en la dirección de este proyecto.

Dedicatoria

A mi familia, que siempre con sus palabras me motivaron a continuar con mi carrera, a mis padres Leo y Olga, a mis hermanos Juliana, Víctor y Juancho quienes deseaban siempre lo mejor para mí, a mi tía Gloria quien con su sacrificio me demostró lo valioso que es trabajar por los demás, a mi abuela Omy la incansable señora del fútbol quien con su esfuerzo me demostró que todo se puede en la vida y a Vanessa mi esposa que en estos 2 años de unión me ha enseñado cosas muy valiosas.

A Dios quien me dio todo lo que soy, el que siempre estará ahí en los buenos y en los malos momentos, el que cuando estuve solo, siempre me confortó y acompañó para lograr todas mis metas.

A toda la gente que me acompañó en esta etapa, mis alumnos de patinaje quienes siempre esperaban palabras de aliento mías y quienes sin darse cuenta me empujaban a nunca desfallecer en la vida.

ABREVIATURAS

URE:	Uso Racional de la Energía Eléctrica
UPME:	Unidad de Planeación Minero energética
ESSA:	Empresa Electrificadora de Santander
FP:	Factor de potencia
V:	Tensión
I:	Intensidad de corriente eléctrica
W:	watt (unidad de medida potencia activa)
VA:	volt-ampere (unidad de medida de potencia aparente)
CREG:	Comisión de Regulación de Energía y Gas
C.A:	Corriente alterna
TRF:	Transformador
IEEE:	Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronic Engineer)
M.T:	Media Tensión
B.T:	Baja Tensión
RETIE:	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas
SIG:	Sistema de Información Geográfica
FPE:	Factor de potencia efectivo
IPSE:	Instituto de planificación de soluciones energéticas
ECOPETROL:	Empresa colombiana de petróleo
DNP:	Departamento nacional de planeación
MHCP:	Ministerio de hacienda y crédito público
FIDE:	Fideicomiso para el ahorro de la energía de México
EVE:	Ente Vasco de la energía
ESCOS:	Empresas de servicios energéticos

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. USO RACIONAL DE LA ENERGÍA	7
2.1. Definiciones dentro del URE	8
2.2. Situación actual del URE en Colombia	9
2.3. Necesidad de instalaciones eléctricas adecuadas	10
3. PROPUESTA DE UN PLAN PARA LOGRAR LA UTILIZACIÓN RACIONAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA UIS	12
3.1. Prediagnóstico	13
3.2. Auditoria del sistema eléctrico	15
3.2.1 Revisión de proyectos realizados previamente	18
3.2.1.1. Levantamiento de redes eléctricas de media tensión del campus central de la UIS.	18
3.2.1.2. Estudio de instalaciones y redes de edificios de Livianos, Camilo Torres y sala de Posgrados	18
3.2.1.3. Aplicación de análisis exergético en circuitos eléctricos de la sede UIS Bucarica	21
3.2.1.4. Aplicación de análisis exergético en la sede del Parque Tecnológico de Guatiguará	23
3.2.1.5. Levantamiento, rediseño y cantidad de obra en edificio de Biblioteca Central UIS	25
3.2.1.6. Aplicación de análisis exergético en edificio de la Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas y Planta de Aceros de la UIS	26
3.2.1.7. Estudio y rediseño de instalaciones de los edificios Jorge Bautista Vesga e Ingeniería Química	27
3.2.1.8. Diseño de instalaciones eléctricas para	

cargas sensibles y protección contra rayos de edificio de Administración, Laboratorio de Pesados y edificio Luis Arias	29
3.2.1.9. Estudio y rediseño de las instalaciones eléctricas de la sede UIS Bucarica.	30
3.2.1.10. Mantenimiento preventivo de las subestaciones de la UIS	31
3.2.2 Nuevas mediciones realizadas	32
3.2.2.1. Revisión del sistema eléctrico del edificio del CENTIC	33
3.2.2.2. Revisión del sistema eléctrico del Auditorio Luis A. Calvo	47
3.2.2.3. Revisión del sistema eléctrico de la Facultad de Salud	58
3.2.2.4. Revisión de la sede del Parque Tecnológico de Guatiguará	63
3.3. Análisis económico	71
3.3.1 Obras a realizar en las instalaciones eléctricas actuales	
3.3.1.1. Desinstalación de transformador de Planta de Aceros	72
3.3.1.2. Desinstalación de transformador (A) de Guatiguará	74
3.3.1.3. Compensación de reactivos	75
3.3.1.3.1. Compensación de reactivos de la subestación del auditorio Luis A. Calvo	78
3.3.1.3.2. Compensación de reactivos de la subestación del edificio de Administración	79
3.3.1.3.3. Compensación de reactivos de la subestación de la subestación Civil	80

3.3.1.3.4. Compensación de reactivos de la subestación Eléctrica Antigua	81
4. PLAN TECNICO – FINANCIERO	82
4.1. Proyectos de ahorro energético a corto plazo	84
4.1.1. Campaña de uso racional de la energía eléctrica en la UIS	84
4.1.2. Balanceo de cargas en los circuitos eléctricos	85
4.1.3. Compensación de reactivos	86
4.1.4. Plan de mantenimiento de las subestaciones	86
4.1.5. Desconexión de transformadores	88
4.2. Proyectos de ahorro energético a mediano plazo	89
4.2.1. Contratación de recurso humano calificado	89
4.2.2. Inversión de una nueva subestación principal	89
4.2.3. Modernización de los sistemas de aire acondicionado	90
4.2.4. Mejora y actualización de subestaciones eléctricas según RETIE	90
4.2.5. Mejoras en las redes de media tensión del campus central de la UIS	91
5. CONCLUSIONES	92
BIBLIOGRAFIA	95

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Modelo Colombia URE	10
Fig. 2. Etapas de desarrollo de la propuesta para la utilización adecuada de la energía eléctrica en la UIS.	12
Figura 3. Transformador (A) del edificio CENTIC (fuente autor)	35
Figura 4. Perfil de tensiones por fase del CENTIC TRF(A)	35
Figura 5. Perfil de corrientes por fase del CENTIC TRF (A)	37
Figura 6. Comparación de potencia aparente del CENTIC TRF(A)	39
Figura 7. Comparación del factor de potencia trifásica del CENTIC TRF(A)	41
Figura 8. Perfil de distorsión total armónica en tensión y corriente del TRF(A)	43
Figura 9. Transformador B del edificio CENTIC (fuente autor)	44
Figura 10. Perfil de tensiones de fase del CENTIC, TRF (B)	44
Figura 11. Perfil de corrientes de fase del CENTIC, TRF (B)	45
Figura 12. Perfil de pot. aparente trifásica del CENTIC, TRF (B)	46
Figura 13. Perfil de distorsión armónica en tensión y corriente del CENTIC, TRF (B)	47
Figura 14. Transformador A del Auditorio Luís A. Calvo.	48
Figura 15. Perfil de tensiones de fase Luis A. Calvo, TRF (A)	49
Figura 16. Perfil de corrientes de fase Luis A. Calvo, TRF (A)	51
Figura 17. Perfil de Potencia Aparente trifásica del Luis A. Calvo, TRF (A)	51
Figura 18. Perfil de factor de potencia del Luis A. Calvo TRF (A)	52
Figura 19. Perfil del factor de potencia, transformador (A) Luis A. Calvo	53
Figura 20. Perfil de tensiones por fase del Luis A. Calvo, TRF (B)	54
Figura 21. Perfil de corrientes por fase del Luis A. Calvo TRF (B)	56
Figura 22. Perfil de la potencia aparente del Luis A. Calvo TRF (B)	56
Figura 23. Factor de potencia trifásica del Luis A. Calvo TRF (B)	57
Figura 24. Distorsión armónica en tensión y corriente del TRF (B) Luis. A. Calvo	58
Figura 25. Perfil de Tensiones de Fase Facultad de Salud TRF (A)	59
Figura 26. Perfil de Corrientes de Fase Facultad de Salud TRF (A)	60
Figura 27. Perfil de Potencia Aparente Facultad de Salud TRF (A)	60
Figura 28. Perfil de Tensiones de Fase Facultad de Salud TRF (B)	61
Figura 29. Perfil de Corrientes de Fase Facultad de Salud TRF (B)	62
Figura 30. Perfil de Potencia Aparente Facultad de Salud TRF (B)	63
Figura 31. Perfil de Tensiones de Fase sede Guatiguará subestación (A)	65
Figura 32. Perfil de Corrientes de Fase Sede Guatiguará TRF (A)	66
Figura 33. Perfil de Potencia Aparente Sede Guatiguará TRF (A)	67

Figura 34. Perfil de distorsión armónica en tensión y corriente de Guatiguará TRF (A)	67
Figura 35. Perfil de Tensiones de Fase Sede Guatiguará TRF (B)	68
Figura 36. Perfil de Corrientes de Fase Sede Guatiguará TRF (B)	69
Figura 37. Perfil de Potencia Aparente Sede Guatiguará TRF (B)	70
Figura 38. Perfil de distorsión armónica en tensión y corriente, Guatiguará TRF (B)	70

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1.	Potencia aparente efectiva	38
Ecuación 2.	Corriente equivalente trifásica	38
Ecuación 3.	Tensión equivalente trifásica	38
Ecuación 4.	Potencia aparente aritmética	38
Ecuación 5.	Definición 1. de potencia aparente de fase	39
Ecuación 6.	Definición 2. de potencia aparente de fase	39
Ecuación 7.	Factor de potencia	40
Ecuación 8.	Factor de potencia efectivo	40
Ecuación 9.	Ahorro económico anual	72

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Proyectos de grado realizados en la UIS sobre instalaciones eléctricas y uso racional de la energía eléctrica	17
Tabla 2. Principales conclusiones del proyecto de levantamiento de redes de media tensión.	20
Tabla 3. Análisis del circuito de mayor carga en Guatiguará.	24
Tabla 4. Características de los transformadores del CENTIC	33
Tabla 5. Tensiones promedio requeridas en el lado de alta tensión del TRF-CENTIC (A).	37
Tabla 6. Características de los transformadores Luis A. Calvo	48
Tabla 7. Tensiones promedio requeridas en el lado de alta tensión del TRF-LUIS A. CALVO (A).	50
Tabla 8. Tensiones promedio requeridas en el lado de alta tensión del TRF-LUIS A. CALVO (B).	55
Tabla 9. Características de los transformadores de la facultad de Salud.	58
Tabla 10. Características de transformadores de la Sede Guatiguará.	64
Tabla 11. Construcción de la red de baja tensión Química-Aceros	73
Tabla 12. Construcción de la red de baja tensión sede Guatiguará	74
Tabla 13. Costo de la potencia reactiva (kVAr/H)	76
Tabla 14. Instalación de banco de condensadores del TRF (B) del Luis A. Calvo.	78
Tabla 15. Instalación bancos de condensadores Subestación administración TRF (A).	79
Tabla 16. Instalación bancos de condensadores Subestación Civil.	80
Tabla 17. Instalación bancos de condensadores Subestación Livianos.	81

TITULO: PROPUESTA DE UN PLAN PARA LA UTILIZACIÓN RACIONAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LAS SEDES DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER EN BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA.

AUTOR: Enver Francisco Carreño Contreras

PALABRAS CLAVES: uso racional, sistemas eléctricos, monitorización, mantenimiento preventivo.

DESCRIPCIÓN

Hasta el momento se han realizado en la Universidad Industrial de Santander un total de doce trabajos de grado basados en rediseño de instalaciones, aplicación de programas de uso racional de la energía con diferentes enfoques y planteamiento de programas de mantenimiento preventivo de instalaciones eléctricas en las sedes de la universidad en Bucaramanga y su área metropolitana. Desafortunadamente las propuestas realizadas en estos trabajos no han tenido el apoyo y continuidad necesarios para su implementación, por tal motivo y teniendo en cuenta algunos problemas que actualmente se han presentado en las redes eléctricas en la Universidad, se vió la necesidad de recopilar toda la información de estos trabajos de grado para proponer un plan de implementación estableciendo prioridades. Simultáneamente se realizaron mediciones de variables eléctricas en algunos subsistemas que aún no se habían monitorizado y de otros que se han modificado sustancialmente. Con este análisis se propone un plan técnico-financiero con las posibles soluciones al corto, mediano y largo plazo para el mejoramiento del uso de la energía eléctrica en las sedes de la Universidad Industrial de Santander ubicadas en Bucaramanga y su área metropolitana.

Este trabajo de grado se enmarca dentro de los lineamientos de un programa de ahorro de la energía eléctrica teniendo en cuenta conceptos como: compensación de reactivos, mejoras en las instalaciones eléctricas para cumplir con la normatividad vigente, balance de las cargas eléctricas, eficiencia de transformadores y programas de concientización del uso adecuado de la energía eléctrica, entre otros.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Físico mecánicas. Ingeniería Eléctrica. Gabriel Ordóñez P.

TITLE: OFFER OF A PLAN FOR THE RATIONAL UTILIZATION OF THE ELECTRICAL ENERGY IN THE BUILDINGS OF THE INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER IN BUCARAMANGA AND HIS METROPOLITAN AREA.

AUTHOR: Enver Francisco Carreño Contreras

KEY WORDS: rational use, electrical systems, monitoring, preventive maintenance.

DESCRIPTION

Up to the moment there has been realized in the Industrial University of Santander a whole of twelve works of degree based on redesign of facilities, application of programs of rational use of the energy with different approaches and exposition of programs of preventive maintenance of electrical facilities in them sedate of the university in Bucaramanga and his metropolitan area.

Unfortunately the offers realized in these works have not had the support and continuity necessary for his implementation, for such a motive and bearing in mind some problems that nowadays they have presented in the electrical Networks in the University, one saw the need to compile all the information of these works of degree to propose a plan of implementation establishing priorities.

Simultaneously there were realized measurements of electrical variables in some subsystems that still yet had not been monitored and of others that have been modified substantially. With this analysis technician - financier proposes a plan himself with the possible solutions to the short, medium and long term for the improvement of the use of the electric power in them sedate of the Industrial University of Santander located in Bucaramanga and his metropolitan area.

This work of degree places inside the limits of a program of saving of the electric power bearing concepts in mind as: compensation of reagents, improvements in the electrical facilities to fulfill with in force normatividad, balance of the electrical loads, efficiency of transformers and programs of concientización of the suitable use of the electric power, between others.

*Project of Degree

** Physicist's Faculty mechanics. Electrical engineering. Gabriel Ordóñez P.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el consumo de la energía eléctrica se ha ido incrementando a un ritmo superior al crecimiento económico, lo cual requiere de un análisis que permita responder las siguientes preguntas: ¿Como se está utilizando la energía? ¿Qué se está produciendo con esta energía? y ¿Cuánto dinero se está invirtiendo por este concepto?; ya que en la facturación de la energía eléctrica se invierte una buena parte del presupuesto de cada empresa.

Dada la necesidad de una mejor administración de los recursos energéticos, la energía eléctrica se debe ver como un producto de la cadena de producción que comienza en las centrales generadoras, pasando por kilómetros de líneas de transmisión para finalmente llegar al consumidor final.

Por este motivo, la reducción de consumos y por consiguiente de los costos de la energía eléctrica en la industria es objeto de cuidadosa atención. Esto se ha venido logrando con la monitorización de variables que permiten implementar proyectos de ahorro y uso racional de la energía, para establecer un programa sostenible.

Además, en la ponderación de los costos unitarios de cada producto (bien o servicio) que comercializa cualquier empresa, uno de los aspectos y rubros de mayor peso se le atribuye a los consumos de energía que se requieren para transformar la materia prima en el producto final.

De ahí la importancia de un uso adecuado de la energía eléctrica, motivo por el cual se están emprendiendo planes y programas energéticos con la finalidad de reducir el uso inadecuado que se tiene en algunos casos de ella.

En este sentido el país está tomando conciencia de la importancia del adecuado uso de la energía, motivo por el cual el gobierno colombiano está insistiendo en la necesidad de cumplir el decreto Número 3683 de 2003, por el cual se reglamenta la Ley 697 de 2001 relacionada con los programas de uso racional de la energía, la estructura institucional, los estímulos, los mecanismos de participación y de financiación, las obligaciones de las empresas y otras entidades y los derechos de los consumidores en la cadena energética.

En el caso de la Universidad Industrial de Santander se ha presentado un incremento continuo e importante de cargas eléctricas, especialmente con características no lineales sin un adecuado plan de expansión y mantenimiento del sistema eléctrico, lo cual ha llevado a incrementos de desbalances en algunos sistemas, crecimiento de los niveles de distorsión armónica tanto en tensión como corriente, circulación de corrientes elevadas por los conductores de neutro, deterioro de bancadas de condensadores de compensación. Adicionalmente, aún se mantienen instalados permanentemente en el sistema algunos transformadores de distribución con poca carga eléctrica o en vacío, lo cual genera pérdidas de energía importantes.

Durante este tiempo se han realizado diferentes estudios sobre el sistema eléctrico de la UIS y sus sedes (Parque Tecnológico de Guatiguará, Sede Bucarica, Biblioteca Central, Edificaciones de

Administración, Edificio Luís Arias, Laboratorio de Livianos, Camilo Torres, Fisicoquímicas, Planta de Aceros entre otras), pero desafortunadamente no han sido articulados dentro de un plan macro que permita establecer prioridades y evaluar su posible realización, motivo por el cual se presentan aún problemas en el sistema eléctrico y en algunos casos inadecuado uso de la energía eléctrica; motivo por el cual se decidió la realización de este trabajo de grado.

Con la realización de este proyecto se espera tener dos impactos dentro de la comunidad UIS: el primero es lograr que la Administración de la universidad y específicamente la División de Planta Física disponga de un plan que permita adecuar el sistema eléctrico de acuerdo a las necesidades de la comunidad universitaria y enfocado al uso adecuado de la energía eléctrica y en segundo término continuar con la concientización en la comunidad UIS de la importancia del ahorro de energía para garantizar un desarrollo sostenible.

El objetivo general de este trabajo de grado es establecer un plan técnico-financiero con las posibles soluciones a corto, mediano y largo plazo para el mejoramiento del uso de la energía eléctrica en las sedes de la Universidad Industrial de Santander ubicadas en Bucaramanga y su área metropolitana.

Para lograr el objetivo general se han planteado los siguientes objetivos específicos:

- Recopilar la información relevante de los trabajos de grado realizados anteriormente en la UIS relacionados con el sistema

eléctrico de las sedes de Bucaramanga y su área metropolitana, para utilizar esta información y los estudios realizados en ellos como soporte de un plan de uso racional de la energía eléctrica.

- Realizar mediciones de las diferentes variables eléctricas en las edificaciones y sedes que requieren de revisión del sistema eléctrico y complementar la información con la que se tiene de proyectos anteriores.
- Proponer un plan técnico - financiero al corto, mediano y largo plazo para el uso racional de la energía eléctrica en la UIS; para su ejecución y seguimiento.

2. USO RACIONAL DE LA ENERGIA

La eficiencia energética y la conservación de la energía son dos conceptos relacionados entre si pero diferentes. La eficiencia energética es obtenida cuando se reduce el consumo de energía por unidad de producto. La conservación de energía, por su parte se obtiene al reducir el consumo total de la energía, medido en términos físicos (puede darse mediante la eficiencia energética o mediante la reducción del número de unidades consumidoras) [Bonilla, W. 2006].

La industria ve al uso racional de la energía (URE) como la solución a sus problemas de eficiencia y sostenibilidad, porque les permitirá mejorar la administración de sus recursos energéticos y reducir los costos de producción. Esto se hace manteniendo e incluso aumentando la producción.

Un plan URE puede iniciarse de dos formas: la primera de alto costo y rápida ejecución con la compra de equipos de alta tecnología y consumo reducido y el cambio de las instalaciones eléctricas y la segunda la vía económica, realizando cambios en los hábitos en el uso final de la energía con la tecnología existente, unido a un cambio gradual de los equipos existentes por otros de alta tecnología y menor consumo energético.

En este capítulo se define la terminología básica sobre el uso racional y eficiente de la energía eléctrica URE, y se realiza un resumen del estado actual del URE en Colombia. También se discute la importancia de adecuadas instalaciones eléctricas para lograr los objetivos que se buscan con el URE.

2.1 Definiciones dentro del URE

A continuación se describen algunas definiciones de términos relacionados con el uso racional de la energía eléctrica.

Auditoria energética: consiste en revisar los procedimientos llevados a cabo para administrar la energía, para que al terminar con la auditoria se puedan contestar preguntas como: ¿Dónde se consume la energía?, ¿Qué cantidad de energía se consume?, ¿Cuál es el costo de ésta?, ¿Qué cambios pueden realizarse para mejorar las operaciones? [Bonilla, W, 2006].

Diagnóstico energético: es una herramienta técnica utilizada en la evaluación del uso eficiente de la energía. Sin embargo no se podrán alcanzar ahorros significativos sin la implementación de un programa de ahorro programado de energía dentro de la empresa [CARDENAS, C, 2005].

Uso racional de la energía: “Aprovechamiento de la energía en todas y cada una de las cadenas energéticas, desde la selección de la fuente energética, su producción, la transformación, el transporte, la distribución y el consumo (incluyendo la reutilización cuando sea posible), buscando en todas y cada una de las actividades de la cadena el desarrollo sostenible” [ley 697 de 2001].

Uso eficiente de la energía: “ Utilización de la energía de tal manera que se obtenga la mayor eficiencia energética, bien sea de una forma original de energía y/o durante cualquier actividad de producción, transformación, transporte, distribución y consumo de las diferentes formas de energía, dentro del marco del desarrollo sostenible y

respetando la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables” [ley 697 de 2001].

2.2 Situación actual del URE en Colombia

En Colombia se promulgó la ley 697 de 2001 donde se declara al “uso racional y eficiente de la energía” un asunto de interés público, social y de conveniencia nacional, con la promulgación de esta ley se sentaron las bases jurídicas para que el Estado Colombiano pueda organizar, fomentar e impulsar el criterio URE y promover la utilización de energías alternativas en Colombia.

Consumir los recursos energéticos de forma eficiente, aumenta la competitividad del país, garantizan el aporte del sector energético a la balanza comercial y a los ingresos de la nación.

Para lograr la implementación del programa URE en Colombia existen ciertos instrumentos de apoyo para su aplicación, como son los instrumentos legales con la promulgación de la ley 697 de 2001, y sus diversos programas PROURE, CONOCE; creados en la misma, asimismo existen instrumentos económicos con incentivos del mismo tipo para aquellas empresas que implementen el programa de URE y existen también instrumentos culturales los cuales enfocan su interés en las entidades encargadas del sistema educativo colombiano para que las personas cambien su actitud frente al inadecuado uso de la energía eléctrica y sus consecuencias.

En la Figura 1, se presenta el modelo URE Colombia, donde se observa la interrelación de las entidades nacionales y las extranjeras.

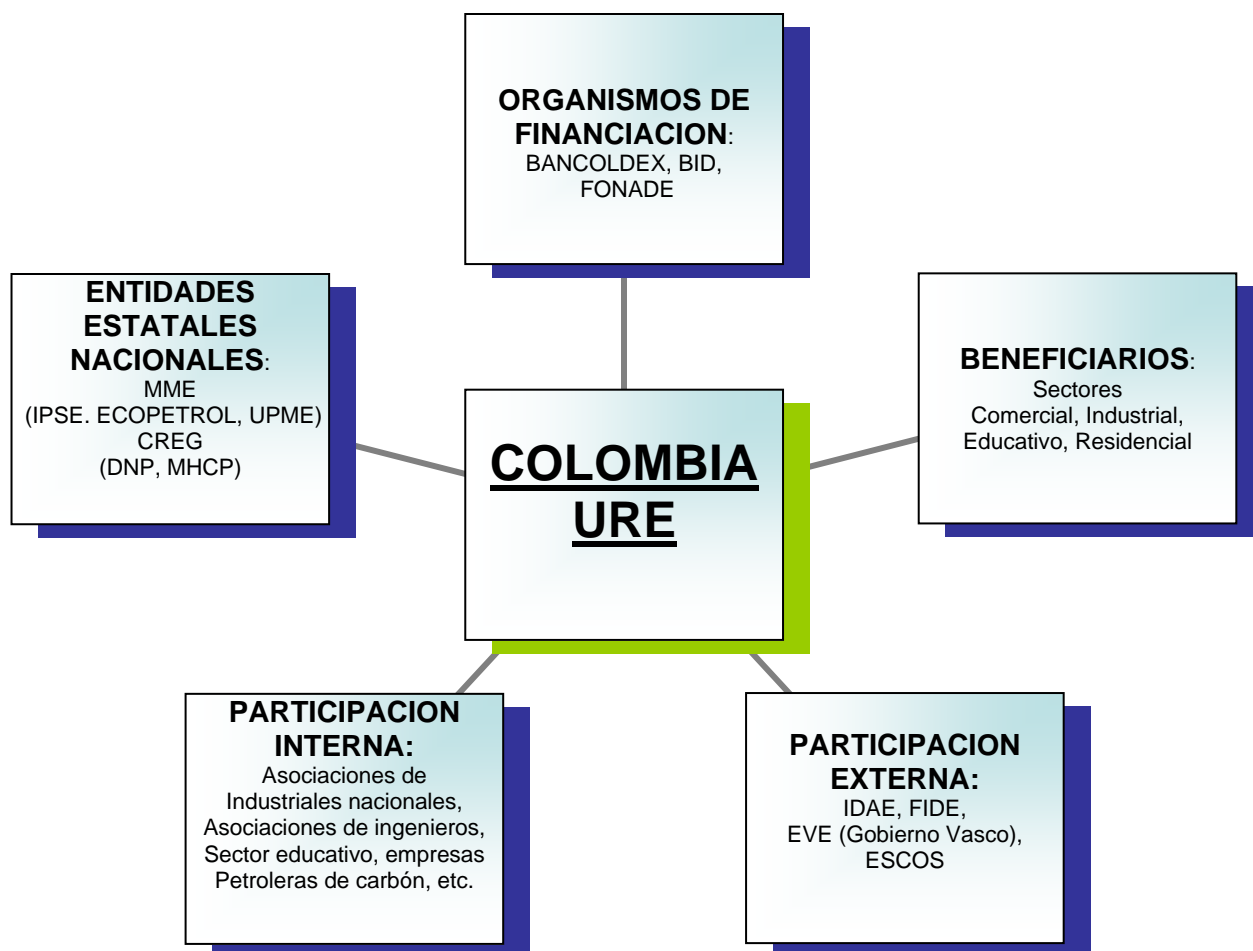


Fig. 1. Modelo Colombia URE (fuente ministerio Comercio, Industria y Turismo).

2.3. Necesidad de instalaciones eléctricas adecuadas

A partir del 6 de agosto de 2008 se expide por parte del gobierno nacional la resolución número 18 1294 de Agosto de 2008, en la cual se modifica el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, dentro del cual se incluyen temas referentes al URE en Colombia; además presenta unos objetivos específicos entre los cuales se encuentra establecer claramente las responsabilidades que deben

cumplir todos los actores relacionados con la generación, transporte, distribución y comercialización de la electricidad, incluyendo entre estos a los dueños de las instalaciones eléctricas que en nuestro caso es la Universidad, por tanto debemos proponer adoptar de manera gradual y constante todas las recomendaciones consignadas dentro del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas [RETIE,2008].

La Universidad Industrial de Santander se ha propuesto dentro de sus metas para el mejoramiento del nivel académico e institucional, la adquisición de equipos de tecnología actual, para sus investigaciones y actividades diarias, los cuales son alimentados con energía eléctrica, pero en este afán por entrar en la actualización de sus equipos, no se ha tenido en cuenta que para la instalación de nuevas cargas eléctricas al sistema, este se debe mejorar y cumplir con las normas técnicas colombianas para su correcto funcionamiento.

Es por este motivo es que dentro de tantas investigaciones llevadas a cabo dentro de la Universidad, un alto porcentaje sea para revisar sus sistemas eléctricos y conocer su estado actual, encontrándose gran cantidad de problemas tales como: mal estado de sus instalaciones eléctricas actuales, el sobredimensionamiento de algunos sistemas eléctricos en especial de los transformadores, un nivel de regulación de tensión alto en algunos sistemas eléctricos y finalmente la falta de cumplimiento del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, cuyo objeto fundamental es “establecer las medidas tendientes a garantizar la seguridad de las personas, la vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico” [RETIE, 2008].

3. PROPUESTA DEL PLAN PARA LOGRAR LA UTILIZACIÓN RACIONAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA UIS

Uno de los aspectos fundamentales en cualquier plan de URE, es disponer de adecuadas instalaciones eléctricas, dentro de las cuales se puedan aplicar recomendaciones para el ahorro energético, por lo cual es necesario realizar un análisis de las redes existentes y establecer las posibles deficiencias que impiden un adecuado uso de la energía eléctrica.

Para el planteamiento de la propuesta de un plan que permita lograr la utilización racional de la energía eléctrica en la UIS en Bucaramanga y su área metropolitana, se establecieron cuatro etapas, columna vertebral del desarrollo del trabajo de grado, las cuales se muestran en la Figura 2.

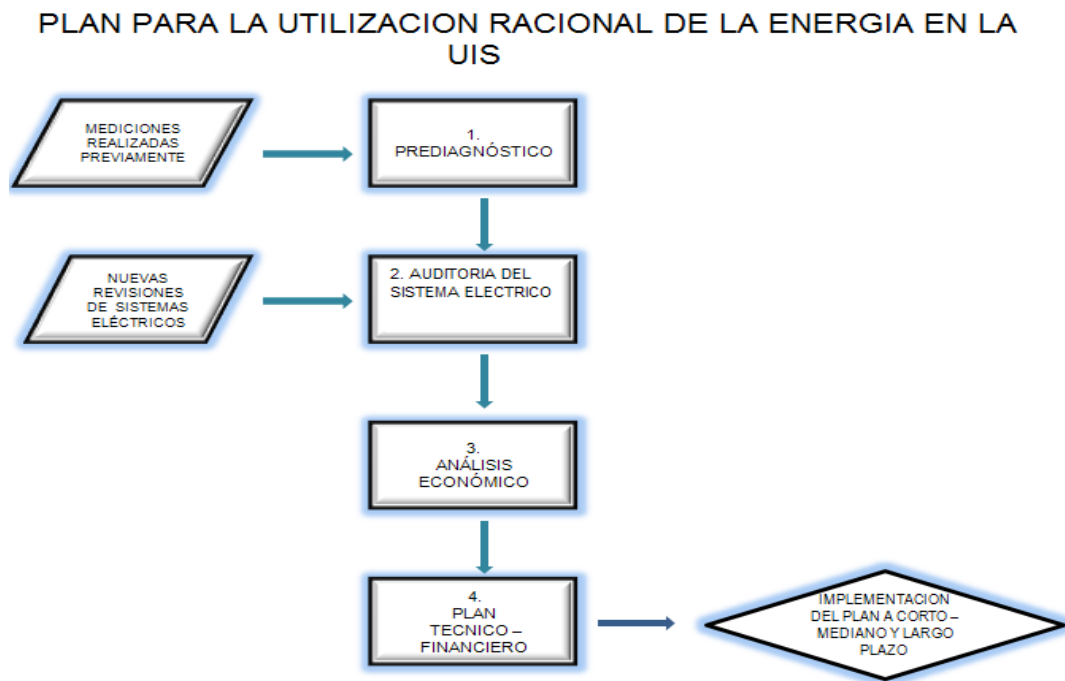


Fig. 2. Etapas de desarrollo de la propuesta para la utilización adecuada de la energía eléctrica en la UIS.

En la Figura 2, se observan las etapas propuestas para el desarrollo del plan del uso racional de energía eléctrica en la UIS y en cada una de ellas se establecen tareas específicas para finalmente proponer el plan técnico-financiero aplicable en las sedes de la UIS de Bucaramanga y su área metropolitana.

3.1. Prediagnóstico

Etapa inicial donde se realizaron encuestas a nivel administrativo para conocer los problemas del sistema eléctrico de la UIS, inicialmente con el jefe de la División de Planta Física Ingeniero Iván Augusto Rojas, con el encargado de las sedes UIS Bucarica y Guatiguará, Ingeniero Luis Eduardo Prada y con el jefe de mantenimiento Tecnológico Ingeniero José A. Amaya.

Después de estas reuniones se encontraron necesidades urgentes para el mejoramiento del sistema eléctrico de la UIS, entre las cuales se destaca la necesidad de construir una nueva subestación para reemplazar la subestación de eléctrica antigua y además realizar el cambio de nivel de tensión del sistema eléctrico de la UIS, actualmente se encuentra como un usuario no-regulado de nivel de tensión 13,2 kV.

Esta problemática se hizo más evidente a partir del proyecto realizado por Sergio A. Ramírez en el año 2006 [RAMÍREZ, S. 2006], (levantamiento de las redes eléctricas de media tensión de la UIS), dentro del cual se presenta la cantidad de obra y presupuesto para la realización de la subestación. Durante la realización de este trabajo de grado, las directivas de la Universidad decidieron el cambio de la subestación principal y las instalaciones eléctricas de la red de media

tensión, proyecto que se está ejecutando bajo la supervisión de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la UIS. Por este motivo este aspecto de la nueva subestación no se abordará en el presente trabajo.

Adicionalmente se recibió información de problemas en los sistemas eléctricos de los edificios de Luis A. Calvo, CENTIC del campus central UIS y problemas dentro de las sedes del área metropolitana. Estos problemas son considerados como los más relevantes por los ingenieros antes mencionados.

También se solicitaron los datos de facturación de energía eléctrica de la sede principal de la UIS de los últimos meses para revisar el consumo de energías activa y reactiva dentro de las edificaciones de la UIS, y se entrevistaron docentes de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones, para conocer algún otro problema en algún sistema eléctrico de la universidad. Se recibió información adicional de la problemática en el edificio del CENTIC donde se presenta un alto nivel de distorsión armónica en las señales de tensión y corriente debido a las cargas no lineales instaladas.

Con relación al CENTIC, durante la realización del presente proyecto se llevó a cabo paralelamente otro trabajo de grado, para diagnosticar los problemas del sistema eléctrico de este edificio y con base en esta información dar algunas recomendaciones para mejorar el funcionamiento del sistema eléctrico de la edificación.

También se plantea necesidad de revisar el sistema eléctrico de la Facultad de Salud.

Para continuar con el prediagnóstico se recopiló la información consignada en los proyectos de grado realizados en la Universidad desde el año 2000 hasta el 2007, relacionados con las instalaciones eléctricas de la UIS, donde se encontraron planteamientos de los diferentes autores, los cuales realizaron revisiones de más del 90% de las instalaciones eléctricas de la UIS en Bucaramanga y su área metropolitana. Esta revisión arrojó datos importantes los cuales se analizarán en detalle en la siguiente etapa de desarrollo del proyecto.

Finalmente en esta etapa también se realizó una inspección visual de algunas edificaciones para conocer su estado actual y tener un mejor dimensionamiento de la problemática de la UIS.

3.2. Auditoria del sistema eléctrico

En esta etapa se revisó la información concerniente a estudios previos realizados en los sistemas eléctricos de las edificaciones de la Universidad, en total 10 proyectos de grado, además se complementó la información con nuevas monitorizaciones de algunos puntos del sistema eléctrico, que reflejan nuevos problemas y requieren de un análisis adicional.

Los objetivos de la auditoria del sistema eléctrico son: identificar las posibles áreas de ahorro potencial de energía eléctrica, determinar los volúmenes de ahorro alcanzables y las medidas correctivas o preventivas para lograrlo, analizar la relación beneficio-costos, para priorizar la implementación y desarrollar un plan de acción para la realización de los proyectos de mejoramiento del sistema eléctrico incluyendo fechas, metas y responsabilidades.

Con la revisión de la información se realizó un diagnóstico energético que permite establecer los potenciales de ahorro de energía eléctrica clasificados en:

a. proyectos de ahorro de energía eléctrica que definen un balance global de esta energía y potencialidades de ahorro que no requieren inversión.

b. Proyectos de ahorro de energía eléctrica que definen un balance específico de esta energía y los potenciales de ahorro con inversión.

Toda la información detallada de los proyectos de grado realizados después del año 2003, sobre uso racional de la energía eléctrica en la UIS se encuentran en la base de datos de la Biblioteca central de la UIS en archivos en formato (PDF) y los estudios realizados en años anteriores se encuentran en libros impresos en el catálogo bibliográfico de la biblioteca de la universidad.

En la Tabla 1 se resumen los proyectos de grado especificando: título, autor y algunas recomendaciones y conclusiones.

TABLA 1. Proyectos de grado realizados en la UIS sobre instalaciones eléctricas y uso racional de la energía eléctrica

TITULO DEL PROYECTO	AUTOR	OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES
1. LEVANTAMIENTO DE REDES ELÉCTRICAS DE MEDIA TENSIÓN DEL CAMPUS UIS	SERGIO RAMÍREZ 2007	Revisión de los sistemas eléctricos de las subestaciones de la Universidad donde midieron los sistemas de puestas a tierra, se revisó la condición actual de los transformadores y el estado actual de las subestaciones.
2. ESTUDIO DE INSTALACIONES Y REDES DE EDIFICIOS DE LIVIANOS, CAMILO TORRES Y POSGRADOS	JOSE ESPARZA 2006	Revisión de las instalaciones eléctricas de las edificaciones referenciadas, donde revisan la regulación del sistema eléctrico, sus acometidas eléctricas, y el balance de las cargas.
3. APLICACIÓN DE ANÁLISIS EXERGÉTICO EN CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE LA SEDE UIS BUCARICA	CRISTIAN DÍAZ 2006	Revisión del sistema eléctrico especialmente el sistema de refrigeración y de iluminación del edificio.
4. APLICACIÓN DE ANÁLISIS EXERGÉTICO EN LA SEDE DEL PARQUE TECNOLÓGICO DE GUATIGUARÁ	CAROLINA GONZÁLES 2006	Se monitorizó la subestación eléctrica revisando el balance de cargas, condiciones de seguridad de las subestaciones y la revisión de los sistemas de puestas a tierra.
5. LEVANTAMIENTO, REDISEÑO Y CANTIDAD DE OBRA EN EDIFICIO DE BIBLIOTECA CENTRAL UIS	RAFAEL ÁLVAREZ 2006	Revisión del sistema de iluminación, sistema de alarma contra incendios, revisión de problemas de alta corriente circulante por el conductor neutro y problemas de cargas desbalanceadas.
6. APLICACIÓN DE ANÁLISIS EXERGÉTICO EN EL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS, Y PLANTA DE ACEROS DE LA UIS	GUSTAVO THERAN JUAN C. POSADA 2006	Revisión de la subestación y su transformador de distribución, el sistema de aire acondicionado y los tableros de distribución.
7. ESTUDIO Y REDISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS JORGE BAUTISTA VESGA E INGENIERÍA QUÍMICA	CARLOS CALA ELKIM ANTIDORO 2006	Algunos recintos no cumplen con los niveles mínimos de iluminación, Los tableros generales de subcometidas requieren de urgente revisión y el mejoramiento de los sistemas de puestas a tierra.
8. DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA CARGAS SENSIBLES Y PROTECCIÓN CONTRA RAYOS DE ADMINISTRACIÓN, PESADOS Y LUÍS ARIAS	VLADIMIR CALDERÓN NILSON SÁNCHEZ 2007	Planteamiento de un nuevo diseño con cuadros de carga y cálculos requeridos, diseño de protección contra rayos en cada edificio y el replanteamiento de acometidas nuevas para alimentar equipos sensibles con tablero general
9. ESTUDIO Y REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA SEDE UIS BUCARICA	ALVIN QUINTERO DIOFER GOMEZ 2007	Se encuentran problemas en el sistema de puestas a tierra, recomiendan revisión en los niveles de iluminación de algunos recintos, deterioro del cableado trenzado presente en los circuitos del edificio.
10. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS SUBESTACIONES DE LA UIS	ELOY ESCOBAR 2007	Propone un plan de mantenimiento preventivo en las subestaciones de la universidad con su aplicación a corto, y mediano y largo plazo.

3.2.1. Proyectos realizados previamente

En los últimos 10 años se han realizado un total de 10 proyectos de grado de Ingeniería Eléctrica referentes a revisión de sistemas eléctricos de las edificaciones de las sedes de la UIS, los cuales permiten dimensionar el problema del uso dado al recurso energético en la UIS, a continuación se resumen estos proyectos en orden de importancia para el plan URE.

3.2.1.1. Levantamiento de redes eléctricas de media tensión del campus central de la UIS.

Este proyecto fue realizado en el año 2006 por Sergio Andrey Ramírez Aponte y su objetivo general fue: “Registrar y almacenar la información de las redes eléctricas de media tensión con sus diferentes atributos para su empleo en el sistema de información geográfica (SIG) de la UIS” [RAMIREZ, S, 2007].

Es el proyecto con mayor información de las instalaciones eléctricas de media tensión de la UIS y en él se fundamenta parte de este trabajo, en este proyecto se realizaron las revisiones de todas las subestaciones eléctricas del campus central de la UIS, teniendo en cuenta las siguientes características:

- Medición de la resistencia de aislamiento de los transformadores.
- Medición de la resistencia de puestas a tierra de cada subestación.
- Prueba de rigidez dieléctrica al aceite de los transformadores.

- Características generales de las subestaciones como condiciones físicas actuales, condiciones de seguridad para el operario, estado de las protecciones y estado actual de los conductores.
- Cantidad de obra y presupuesto para subsanar desperfectos y mantenimiento de las subestaciones o su mejoramiento.
- Revisión de las redes de media tensión al interior de la universidad.

Conociendo las características del trabajo de grado realizado en el año 2006, se presentan a continuación las conclusiones más importantes consignadas en el mismo.

Subestación del edificio de Eléctrica Antigua: es la subestación eléctrica más importante ya que a esta llega la acometida principal de media tensión de la Universidad, y de esta parten las acometidas subterráneas que alimentan un gran porcentaje de subestaciones de la universidad excepto las edificaciones de Ciencias Humanas, Coliseo y CENIVAM. De esta revisión se concluyó que es prioritario construir una nueva subestación eléctrica cambiando el nivel de tensión pasando de 13,2 kV a un nivel de tensión de 34,5 kV para lograr un ahorro económico considerable en el pago de la energía eléctrica, una inversión recuperable aproximadamente en 12 meses.

A raíz de este proyecto y por varios problemas eléctricos que se han presentado en la UIS, la Administración de la universidad decidió priorizar el cambio de esta subestación eléctrica y en la actualidad se está realizando el diseño del sistema de media tensión de la UIS donde se incluye el diseño de esta subestación.

Se realizó además la revisión de todas las subestaciones de la UIS, las conclusiones más relevantes se consignan en la Tabla 2.

Tabla 2. Principales conclusiones del proyecto de levantamiento de redes de media tensión.

Subestación Eléctrica Antigua: realizar una limpieza y remoción de escombros, instalar un banco de capacitores de compensación, mejorar el sistema de puesta a tierra.
Subestación Civil: instalar un banco de capacitores de compensación.
Subestación Química: rebobinado del transformador 13200/220-127 V
Subestación Aceros: desconectar el transformador principal y conectar esta carga a otra subestación para disminuir las pérdidas anuales.
Subestación Luís A. Calvo: reparar el transformador A ya que su nivel de resistencia de aislamiento es muy bajo y compensar los reactivos del transformador B.
Subestación CENTIC: realizar un balance de cargas en las fases, rebobinar uno de los transformadores por que la relación de transformación no esta acorde con los requerimientos de la carga y compensar los reactivos del otro transformador.
Subestación Administración: rediseño de la planta de emergencia, se deben compensar los reactivos consumidos y realizar un cambio de barraje principal ya que no está adecuadamente dimensionado.
Subestación Coliseo: se deben balancear las cargas de las luminarias.
Subestación Ciencias Humanas: se debe cambiar el totalizador instalado actualmente por uno de mayor capacidad de corriente.

3.2.1.2. Estudio de instalaciones y redes de edificios de Livianos, Camilo Torres y sala de Posgrados

Este trabajo de grado fue realizado en el año 2005, por José David Esparza, Fabio Alexis Prieto y Jaime Alirio Torres y su objetivo principal fue: “Evaluar las instalaciones eléctricas de los edificios de Camilo Torres, Laboratorio de Livianos y sala de Posgrados, para presentar las recomendaciones técnicas pertinentes para el mejoramiento del sistema eléctrico de dichas edificaciones” [ESPARZA et al, 2005].

El proyecto se desarrolló en cuatro etapas: la primera fue la revisión de las edificaciones identificando su distribución y revisando los planos existentes, la segunda etapa consistió en el análisis de los datos obtenidos y la actualización de los planos existentes ya que se encontraron cambios en el sistema eléctrico, además se realizaron las monitorizaciones del sistema eléctrico y de los niveles de iluminación en todas las zonas de los edificios, la tercera parte consistió en realizar el rediseño del sistema eléctrico que se encontró en deficientes condiciones y finalmente se realizó el cálculo de la mano de obra y presupuesto de las obras a realizar dentro de las edificaciones.

Dentro de este proyecto se llevó a cabo una actualización de los planos eléctricos que se encontraban consignados en la división de Planeación de la universidad, se monitorizó el comportamiento de la carga en las edificaciones ya que se presentaban problemas en su sistema eléctrico, además se midieron los niveles de iluminación de las diferentes áreas de los edificios y se realizaron los cálculos de regulación de las acometidas principales y sus diferentes circuitos ramales. Con todos estos estudios se presentó finalmente un rediseño de las redes eléctricas y del alumbrado interno teniendo en cuenta las especificaciones de la Empresa Electrificadora de Santander, en sus normas para el cálculo y diseño de sistemas de distribución.

3.2.1.3. Aplicación de análisis exergético en circuitos eléctricos de la sede UIS Bucarica

Este proyecto fue realizado por Cristian Andrés Díaz Duran en el año 2007 y su objetivo principal fue: “realizar el análisis de los circuitos de

energía eléctrica de baja tensión de la sede administrativa UIS Bucarica con un enfoque termoeconómico” [DÍAZ. C, 2007].

El proyecto se divide en cinco (5) capítulos dentro de los cuales se desarrollo todo el análisis termoeconómico en la sede Bucarica.

En el capitulo uno se encuentran los objetivos y la metodología utilizada, dentro del capítulo dos se encuentran las definiciones de la teoría del costo exergético, en el siguiente capítulo se caracteriza la infraestructura energética de la red de baja tensión para realizar el análisis exergético, el capítulo cuatro describe la aplicación del análisis termoeconómico en los circuitos de mayor consumo de esta sede mostrando la aplicación de los modelos de balances energéticos y el cálculo de las irreversibilidades de los elementos que lo conforman así como la oportunidad de ahorro energético que se puede lograr. Finalmente en el último capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones para el desarrollo de futuros trabajos de este tipo.

Se realizaron en la edificación mediciones de variables como temperatura, humedad, niveles de iluminación, así como niveles de corriente y tensión eléctrica en los sistemas eléctricos, de aire acondicionado y de iluminación, con esta información se realizaron los balances exergéticos de estos sistemas, y se determinaron los circuitos de mayor carga e irreversibilidad teniendo en cuenta el análisis exergético.

Una vez realizados los estudios se propuso un plan de URE para la sede dentro del cual se plantearon las siguientes propuestas para el ahorro energético:

- Cambio de los sistemas de refrigeración teniendo en cuenta su capacidad de trabajo.
- Cambio del modo Stand-By de los sistemas de computación de las diferentes oficinas de la sede.
- Disminución de la altura en el montaje de las luminarias a una distancia de 2,5 metros para un mejor aprovechamiento de la iluminación.

3.2.1.4. Aplicación de análisis exergético en la sede del Parque Tecnológico de Guatimar

Este proyecto fue realizado por Carolina González y Pedro Leonardo Salazar en el año 2007 y el objetivo principal fue: “Realizar el análisis exergético en el Parque Tecnológico de Guatimar para encontrar las posibles áreas de ahorro energético según las leyes de la termodinámica” [GONZALES & SALAZAR, 2007].

En el primer capítulo se plantean los conceptos fundamentales de la termodinámica y del análisis exergético, en el capítulo dos se realiza la revisión del sistema eléctrico de la sede para seleccionar el circuito de mayor carga para realizar el análisis exérgico en el capítulo tres se realizan las auditorias energética y exergética de los diferentes componentes del sistema eléctrico y del circuito seleccionado como son

el transformador de distribución, los conductores, el sistema de refrigeración y de iluminación, las neveras y las cámaras de bioseguridad.

Una vez terminados los estudios iniciales de los capítulos anteriores, se tienen las bases para realizar el análisis termoeconómico de los componentes eléctricos del sistema y poder plantear el plan URE en el circuito de mayor índice de carga y en la subestación eléctrica.

Dentro del trabajo de grado se establecieron áreas de aplicación para ahorro de energía las cuales se indican en la Tabla 3.

Tabla 3. Análisis de elementos del circuito de mayor carga en Guatiguará.

<u>Elemento analizado</u>	<u>Problemas encontrados</u>	<u>Soluciones propuestas</u>
<u>Transformador de distribución</u>	Sobredimensionamiento de los transformadores, inadecuada compensación del banco de condensadores.	Desconectar uno de los dos transformadores y dejar el otro de respaldo o para operaciones de mantenimiento y compensar dependiendo de la carga instalada.
<u>iluminación</u>	Encontraron los niveles de deterioro del sistema de iluminación muy altos	Mejorar el programa de mantenimiento para el cambio de las luminarias antes de que terminen el tiempo de vida útil.
<u>Cámaras de bioseguridad</u>	No se encontraron problemas.	Seguir con el manejo adecuado hasta ahora
<u>Aires acondicionados</u>	La selección de los equipos de aire acondicionado no es la adecuada, el mantenimiento preventivo que se les da a los equipos no se realiza en forma continua.	Revisar y rediseñar las separaciones de los laboratorios para evitar fugas de aire frío, implementar un programa de mantenimiento preventivo en los equipos de aire acondicionado.

3.2.1.5. Levantamiento, rediseño y cantidad de obra en edificio de Biblioteca Central de la UIS

Este proyecto fue realizado por Alberto Monterroza, Rafael Álvarez, Fernando González, en el año 2006 y su objetivo principal fue: “plantear mejoras de las instalaciones eléctricas en el edificio de Biblioteca Central de la UIS para cumplir con los requisitos de seguridad eléctrica para estos lugares especiales en acorde con las normas existentes” [MONTERROZA, et al, 2006].

Este proyecto se divide en siete capítulos, en el primero presentan todo el marco teórico con la terminología utilizada y los equipos necesarios para realizar las mediciones, en el segundo se realiza el levantamiento de todos los circuitos eléctricos de la edificación incluyendo: subestación eléctrica, redes de comunicaciones, circuitos ramales. En los capítulos tres hasta el sexto se revisan a fondo los sistemas de iluminación, redes eléctricas y se plantean las reformas en el sistema eléctrico de cada piso dentro de la Biblioteca, para terminar se presentan la cantidad de obra y presupuesto necesarios para llevar a cabo las mejoras en la edificación.

Con la realización del proyecto se encontraron problemas dentro de los circuitos eléctricos tales como:

- Fallas en el sistema de iluminación debido a su baja eficiencia y un inadecuado programa de cambio de luminarias antes de su deterioro.

- Se encontraron los circuitos ramales sobrecargados presentando un inminente riesgo de incendio por sobrecalentamiento.
- Los tableros de distribución internos están en mal estado, ya sea por su avanzado estado de deterioro o por el desorden encontrado.
- La tubería no cumple con las exigencias de capacidad de los conductores.
- Se hace necesaria la instalación de una alarma contra incendios ya que esta edificación es una bodega de libros y material inflamable.

3.2.1.6. Aplicación de análisis exergético en el edificio de la facultad de ingenierías Físico Mecánicas, y la Planta de Aceros de la UIS.

Este proyecto fue realizado por Gustavo Therán y Juan Carlos Posada en el año 2006 y su objetivo principal fue: “Proponer un programa de uso racional y eficiente de la energía a partir del enfoque termoeconómico de los edificios Jorge Bautista Vesga (Laboratorio de Pesados) y Planta de Aceros” [THERAN & POSADA, 2006].

El proyecto está dividido en 6 capítulos, las dos primeras partes abarcan temas como la introducción y el marco teórico, seguidamente realizan la caracterización del sistema eléctrico, para lo cual se escogen los circuitos con mayores pérdidas energéticas; en el capítulo cuatro plantean la auditoria energética y para concluir realizan el análisis termoeconómico calculando rendimientos y costos exergéticos de acuerdo con la teoría termoeconómica para finalmente realizar la propuesta del plan URE para estas edificaciones.

La propuesta de uso racional de la energía planteada en este proyecto tiene dos componentes:

- Propuesta a nivel de procedimiento
- Propuesta a nivel de cambio de tecnología

La primera propuesta se basa en acciones tendientes a educar a los usuarios de la universidad y de capacitar al personal técnico de Planta Física para realizar sus labores teniendo en cuenta aspectos relacionados con el URE, adicionalmente se propone la implantación de políticas de gestión energética, aplicando un sistema de administración energética (SAE), cuyo objetivo primordial es coordinar de forma sistémica los recursos de la universidad para optimizar el uso de la energía en sus instalaciones eléctricas y mantener mediante la información y capacitación la cultura del uso eficiente de los recursos.

Dentro de la propuesta de cambio de tecnología se enfatiza en los sistemas de aire acondicionado y de iluminación de las edificaciones para el mejoramiento del uso del recurso energético.

3.2.1.7. Estudio y rediseño de instalaciones eléctricas de los edificios Jorge Bautista Vesga e Ingeniería Química

Este proyecto fue realizado por Carlos Iván Cala Molina, Jaime Andrés Consuegra y Elkim Antídoro Ortega Beltrán en el año 2006 y su objetivo fue: “evaluar las instalaciones eléctricas de los edificios de Ingeniería Química y Jorge Bautista Vesga, presentando las recomendaciones técnicas y económicas pertinentes para el mejoramiento de dichas instalaciones” [CALA, et al, 2006].

El proyecto se dividió en cuatro etapas para su desarrollo; la primera fue la obtención de datos, realizando las monitorizaciones de los sistemas eléctricos, revisando las facturaciones eléctricas y el comportamiento general de la carga instalada, la segunda parte consistió en llevar a cabo el análisis de los datos obtenidos, la tercera parte se centro en el rediseño de las instalaciones eléctricas y finalmente se elaboraron las cantidades de obra y su respectivo presupuesto.

Con la realización del proyecto se encontraron problemas dentro de los circuitos eléctricos tales como:

- Una regulación de tensión deficiente en el edificio Jorge Bautista Vesga, aproximadamente del 4%, por lo que los autores recomiendan el cambio de la acometida,
- Se concluyó que las instalaciones de ambas edificaciones y sus tableros generales de acometidas requieren una reforma urgente, debido a su estado actual y falta de algunas protecciones.
- Se encontró que los niveles de iluminación son irregulares en la gran mayoría de los recintos, lo cual requiere de la instalación de luminarias adicionales para cumplir con los niveles de iluminación y uniformidad recomendados por las normas de iluminación.

Es de resaltar que durante el año 2008, se remodeló el edificio de Ingeniería Química, con lo cual se resolvieron la mayoría de los problemas de iluminación.

3.2.1.8. Diseño de instalaciones eléctricas para cargas sensibles y protección contra rayos de edificio de Administración, Laboratorio de Pesados y edificio Luís Arias

Este proyecto fue realizado por Nilson Alberto Sánchez y Vladimir Calderón Saavedra en el año 2007 y su objetivo principal fue: “Levantamiento, evaluación y diseño de correctivos de las instalaciones eléctricas orientadas a la alimentación de cargas sensibles, en las edificaciones de Administración, Laboratorio de Pesados (Civil) y Luís Arias de la Universidad Industrial de Santander” [SANCHEZ & CALDERON, 2007].

La elaboración del proyecto se llevó a cabo en cuatro etapas, primero se realizó la obtención de datos, seguido de su análisis, luego se plantea el rediseño de las instalaciones para cargas sensibles y finalmente se presentan las cantidades de obra con su respectivo presupuesto. Como valor agregado se presentó una actualización de los planos existentes en el Sistema de Información Geográfica de la UIS.

Con la realización del proyecto se encontraron problemas dentro de los circuitos eléctricos tales como:

- Las instalaciones eléctricas de los edificios de Civil, Administración y Luís Arias, por ser antiguas no están diseñadas para el manejo especial de cargas sensibles por tanto ameritan una urgente reforma.

- Se debe rediseñar los sistemas de puestas a tierra para cargas sensibles ya que los actualmente instalados son inadecuados.
- No existe una protección para descargas eléctricas externas en ninguna de las edificaciones.

3.2.1.9. Estudio y rediseño de las instalaciones eléctricas de la sede UIS Bucarica

Proyecto realizado por Alvin Quintero y Diofer Gómez en el año 2007, su objetivo principal fue: “Evaluar el estado de las instalaciones eléctricas del edificio de la sede UIS Bucarica y presentar las recomendaciones técnicas pertinentes para el mejoramiento de las mismas, así como las topologías de puntos de la red eléctrica existente”[QUINTERO & GOMEZ, 2007].

Para la realización del proyecto se llevaron a cabo las siguientes tareas en el sistema eléctrico de la edificación:

- Actualización de los planos eléctricos existentes
- Monitorización del sistema eléctrico para conocer su estado actual
- Revisión de los niveles de iluminación en cada una de las locaciones
- Realización de los cálculos de regulación para las redes basados en la información recolectada
- Finalmente se presentó la mano de obra y presupuesto para el mejoramiento de las instalaciones eléctricas

En el trabajo de grado, se revisó todo el sistema eléctrico de la sede, incluyendo iluminación, cableado eléctrico, puestas a tierra y estado actual de la subestación eléctrica. Con este análisis detallado de la edificación se plantean rediseños en los sistemas eléctricos y unas recomendaciones para el ahorro energético de la edificación como se muestra a continuación:

- Mejorar el sistema de compensación de potencia no activa instalado actualmente, ya que la generación de esta potencia no es regular en el tiempo y el banco de capacitores no actúa adecuadamente en algunos intervalos de tiempo.
- Cambio del sistema de aire acondicionado actual, ya que son sistemas con un tiempo de uso alto y consumo energético similar, por unos aires eficientes y de menor consumo energético.
- Cambio en las luminarias de tipo incandescente por luminarias de tipo fluorescente, ya que estas últimas son más eficientes y de menor consumo energético.
- Mejoramiento y rediseño del sistema de puesta a tierra de la edificación.

3.2.1.10. Mantenimiento preventivo de las subestaciones de la UIS

Este proyecto de grado fue realizado por Eloy Escobar en el año 2000 y su objetivo principal fue:” Proponer un plan de mantenimiento preventivo en las subestaciones de la universidad con su aplicación a corto, y mediano y largo plazo” [ESCOBAR. E, 2001].

Este proyecto realiza un análisis completo del mantenimiento y tiene diversas áreas de aplicación en las subestaciones eléctricas. En el se propone una metodología para el mantenimiento preventivo de las subestaciones de la UIS, la cual será utilizada como guía para una parte de la propuesta que se presentara a la División de Planta Física de la Universidad en este trabajo, con algunas adecuaciones y consideraciones para su aplicación.

Se realizó la revisión de cada una de las subestaciones, analizando características tales como: tipo del transformador, protecciones, estado general del cableado, revisión de bancada de transformadores (si existe) y su estado de mantenimiento, como estas revisiones se realizaron en el año 2000 y el sistema eléctrico ha cambiado durante el transcurso de los últimos años, dichas mediciones están desactualizadas y se tendrá en cuenta únicamente la información sobre el plan de mantenimiento preventivo propuesto en este trabajo de grado.

3.2.2. Nuevas mediciones realizadas

Una vez revisada la información disponible sobre trabajos de grado relacionados con los sistemas eléctricos de las edificaciones de la UIS y sus sedes en el área metropolitana, se procede a consultar cuales edificaciones presentan problemas en sus sistemas eléctricos o que anteriormente no han sido analizados y de esta manera saber donde hay posibles potenciales de ahorro de energía eléctrica para iniciar su estudio e inclusión dentro del programa de uso racional de energía eléctrica en la UIS.

3.2.2.1. Revisión del sistema eléctrico del edificio del CENTIC

El edificio CENTIC cuenta con una subestación eléctrica tipo encapsulada ubicada en el primer piso de la edificación al costado norte, con dos transformadores, el transformador (A), de una capacidad de 500 kVA que suministra la energía a todos los circuitos de iluminación y equipos de cómputo, el segundo (B), de una capacidad de 500 KVA suministra la energía eléctrica a el sistema de aire acondicionado del edificio.

Las características de los transformadores se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Características de los transformadores del CENTIC

Características	Transformador (A)	Transformador (B)
Potencia	500 kVA	500 kVA
Relación de transformación	13200/228-131 V	13200/216-124 V
Grupo de conexión	DY 5	DY 5
Tipo de seccionador	Seccionador bajo carga	Seccionador bajo carga
Totalizador	640-1600 A	640-1600 A
Calibre de la acometida	Cu 4(3#500+1#500 MCM THHN+1#3/0 AWG)	Cu 4(3#500+1#500 MCM THHN+1#3/0 AWG)
Numero de taps	5 (13530 V)	5 (13200 V)

Adicionalmente se tiene instalado un banco de condensadores de 125 kVAr el cual se encuentra actualmente en funcionamiento.

Utilizando un analizador de redes marca Power Vista, se realizaron las monitorizaciones de las señales de tensión y corriente para establecer el estado actual del sistema eléctrico del edificio, utilizando esta herramienta de monitorización se obtuvieron los siguientes datos del sistema eléctrico:

- Diagrama fasorial trifásico
- Demanda de potencia activa y reactiva
- Detalles de la distorsión armónica total en tensión y corriente

Adicionalmente a esta información y para establecer las características de este sistema eléctrico se procesan los datos adquiridos con el equipo analizador de redes, para establecer por ejemplo: si el valor efectivo de factor de potencia esta de acuerdo a los niveles óptimos recomendados; si los niveles de distorsión armónica en señales de tensión y corriente permanecen dentro de los límites estipulados por la normatividad internacional en instalaciones eléctricas; si la regulación de tensión de la instalación eléctrica cumple con las normas vigentes y en general si los indicadores están dentro de los límites establecidos como adecuados. Adicionalmente se observaron las condiciones actuales de la subestación eléctrica, para así proponer los posibles ahorros de energía eléctrica e incluirlos dentro del plan URE de la UIS.

Análisis de las variables eléctricas del transformador (A)

Este transformador alimenta los sistemas de iluminación, equipos de cómputo y tomacorrientes, tiene una capacidad de 500 kVA y su fotografía se muestran a en la Figura 3.



Figura 3. Transformador (A) del edificio CENTIC (fuente autor)

A continuación se presenta el análisis detallado de la información adquirida con el analizador de redes, incluyendo los gráficos obtenidos del sistema eléctrico.

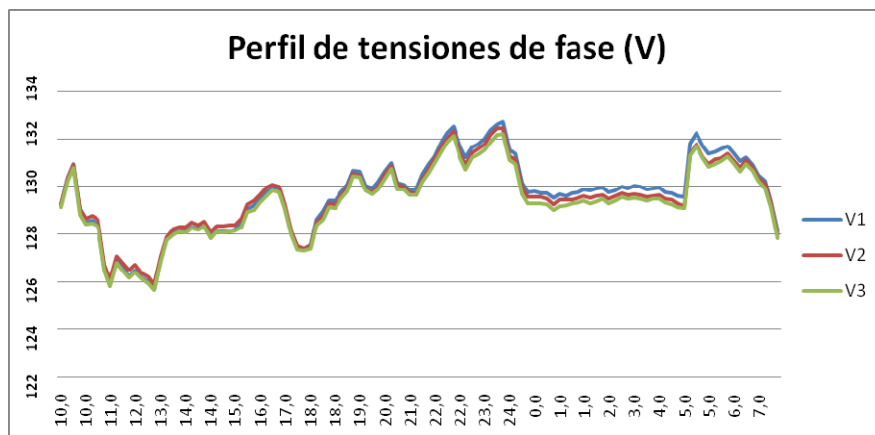


Figura 4. Perfil de tensiones por fase del CENTIC transformador (A)

Según los datos obtenidos del perfil de la tensión en las tres fases mostradas en la Figura 4, se observa que la tensión promedio es de 129,5 V, una tensión promedio elevada para las especificaciones de

tensión nominal de los equipos instalados en el secundario del transformador (computadores y sistemas de computación que es de 120 v).

Los transformadores de distribución tiene una serie de tomas (taps) en los devanados para permitir pequeños cambios en la relación de espiras del transformador, en este caso se encuentra una diferencia de 2,5% de la tensión nominal entre cada tap.

Se revisó la posición del tap del transformador, encontrándose en la posición 1, la cual es la posición de mayor nivel de tensión de entrada 13530 V. Por este motivo se calculó el nivel de tensión que se esta suministrando por el lado de alta tensión así:

- Calculamos la relación de vueltas del transformador ($a = V_p / V_s$), para este valor del tap ($a=103,28$), utilizando el valor promedio de la tensión encontrada en la monitorización y la relación de espiras del transformador, hallamos que el valor de tensión suministrado por el devanado primario del transformador es:

$$V_p = (129,5 \times 103,28) = 13375 \text{ v.}$$

Para tener un nivel de tensión en el lado de baja del transformador aproximado de $120 \pm 5\%$ voltios y teniendo en cuenta las posiciones del tap del transformador, la tensión promedio suministrada por el lado de alta tensión debería estar entre 13003 – 10624 voltios, como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Tensiones promedio requeridas en el lado de alta tensión del TRF-CENTIC (A).

tap	nivel de tensión	tension de 120 ± 5%	tension primaria requerida
1	13500		13003 - 11764
2	13200		12700 - 11471
3	12870	114 v - 126 v	12373 - 11194
4	12540		12058 - 10909
5	12210		11743 - 10624

Además se encontró que la tensión máxima registrada durante el tiempo de la monitorización fue de 134 Voltios. El desbalance en tensión según el estándar IEEE 519 debe estar entre el 0,5% y el 2%, el valor encontrado en el análisis fue del 0,91 %, lo que indica que el desbalance en tensión esta dentro de los valores permitidos.

Con relación al perfil de corrientes mostrado en la figura 5, hay una diferencia en magnitud promedio entre las fases 1 y 3 de 169 amperes, el desbalance en corriente según el estándar IEEE 446 de 1995 debe estar en valores entre 0% y el 20% para tensiones menores a 62 KV, el valor de desbalance en corriente encontrado en el análisis fue de 24,06%, lo que se recomienda es redistribuir las cargas del sistema eléctrico.

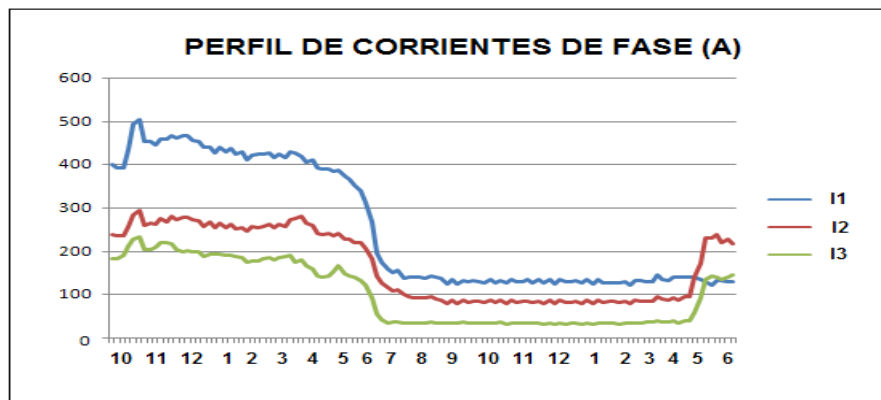


Figura 5. Perfil de corrientes por fase del CENTIC transformador (A)

Presentamos dos formas de calcular la potencia aparente, utilizando los algoritmos propuestos en el estándar IEEE 1459 del 2000 “definiciones de mediciones de potencia eléctrica” el estándar IEEE 1459, la primera manera de calcular la potencia aparente trifásica (S_e) es utilizando la ecuación 1, en esta ecuación debemos tener en cuenta las corrientes circulantes por el neutro:

$$\| S_e = 3V_e I_e \quad \text{ecuación 1.}$$

Donde I_e y V_e se definen como se muestra en las siguientes ecuaciones:

$$\| I_e = \sqrt{\frac{I_a^2 + I_b^2 + I_c^2 + I_n^2}{3}} = \sqrt{(I^+)^2 + (I^-)^2 + 4(I^0)^2} \quad \text{ecuación 2.}$$

$$\| V_e = \sqrt{\frac{1}{18}[3(V_a^2 + V_b^2 + V_c^2) + V_{ab}^2 + V_{bc}^2 + V_{ca}^2]} = \sqrt{(V^+)^2 + (V^-)^2 + \frac{(V^0)^2}{2}} \quad \text{ecuación 3.}$$

La segunda manera de calcular la potencia aparente es utilizando la ecuación de la potencia aparente aritmética según el estándar IEEE 1459 de 2000, se gráfica esta potencia aparente para compararla con la manera como se calculó con la ecuación 1, utilizando la ecuación 4:

$$S_A = S_a + S_b + S_c \neq \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{ecuación 4.}$$

Donde S_a , S_b y S_c se definen como lo muestran las siguientes ecuaciones:

$$S_a = V_{atn}I_a; \quad S_b = V_{btn}I_b; \quad S_c = V_{ctn}I_c \quad \text{ecuación 5.}$$

$$S_a^2 = P_a^2 + Q_a^2; \quad S_b^2 = P_b^2 + Q_b^2; \quad S_c^2 = P_c^2 + Q_c^2 \quad \text{ecuación 6.}$$

Vemos que la diferencia entre las dos maneras de calcular la potencia utilizando las ecuaciones 1 y 2 es mínima, además se cumple lo expuesto en la norma IEEE 1459 donde para sistemas desbalanceados la potencia aparente aritmética (S_A) es menor que la potencia aparente trifásica (S_e), el comportamiento es similar durante el tiempo que se realizó la monitorización, el promedio de las potencias presenta una diferencia de aproximadamente 3 kVA.

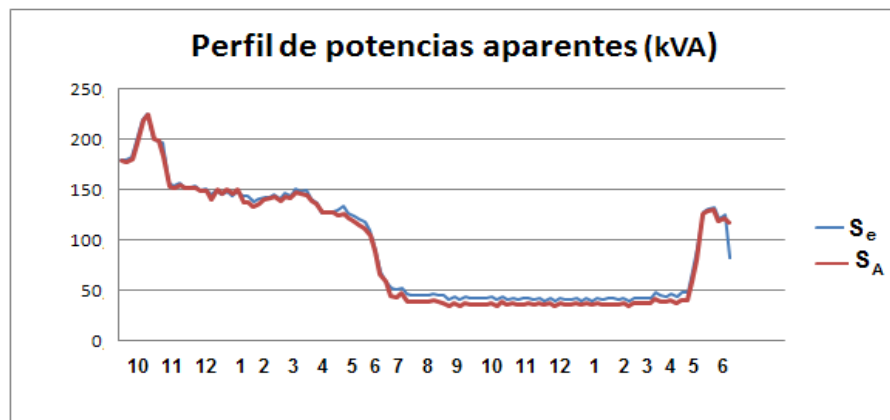


Figura 6. Comparación de potencias aparentes del CENTIC transformador (A)

Analizando la gráfica de la potencia podemos observar que el punto de potencia aparente máxima se registro a las 11:00 am con un valor aproximado de 225 kVA, lo que representa un factor de demanda de 45% del valor nominal del transformador, lo que indica que el transformador tiene una disponibilidad de 275 kVA, suficiente capacidad

para satisfacer la demanda actual y posibles ampliaciones del sistema eléctrico.

Esta medición se realizó durante un día normal de trabajo, donde se encontraba la demanda actual a plena carga, ya que en ese momento se encontraban las salas de computadores con una ocupación aproximada del 90%, según la información de la administración del edificio.

Aplicamos dos maneras de calcular el factor de potencia trifásico en el presente caso de análisis, la primera es utilizando la potencia activa total y la potencia aparente total, como se muestra en la ecuación 7:

$$\| P_F = \frac{P}{S} \quad \text{ecuación 7.}$$

La segunda forma de calcular el factor de potencia es según la norma IEEE 1459 de 2000, donde se plantea el cálculo del factor de potencia efectivo F_{PE} expresado en la ecuación 8:

$$\| P_{Fe} = P/S_e \quad \text{ecuación 8.}$$

En la figura 7 se muestran las dos formas utilizadas para calcular el factor de potencia utilizando las ecuaciones 3 y 4, la diferencia promedio entre los dos factores de potencia es de 0,07 lo que no representa un valor considerable para el análisis, por tanto se utilizará para los análisis siguientes, la fórmula expresada en la ecuación 7 que utiliza la potencia activa trifásica y la potencia aparente total.

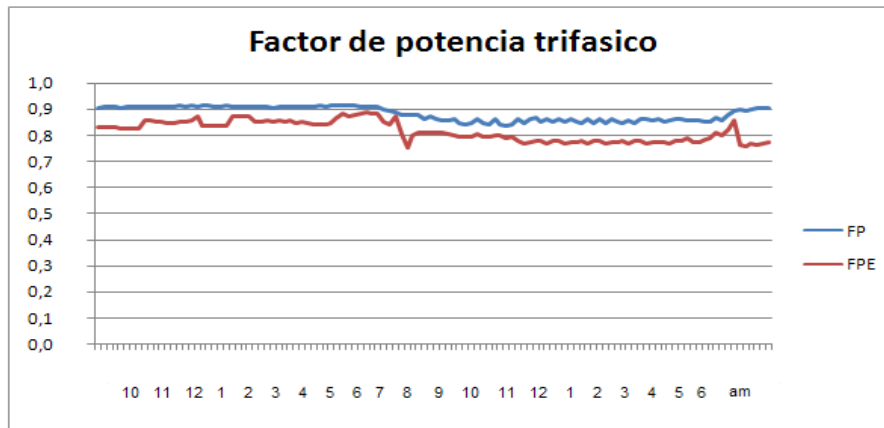


Figura 7. Comparación del factor de potencia trifásica del CENTIC transformador (A)

Con relación al perfil del factor de potencia mostrado en la figura 7, se muestra que entre las 9 de la noche y las 6 de la mañana se encuentra por debajo del valor penalizable (0,9), debido al bajo consumo de potencia activa en esas horas y al consumo de reactivos propios del transformador, pero en general en las horas laborales el factor de potencia tiene un valor superior a 0,9 por lo tanto no hay cobro de reactivos.

Siguiendo con el análisis del sistema eléctrico se deben tener en cuenta los niveles de distorsión armónica en tensión y en corriente, los cuales contribuyen a hacer el sistema eléctrico menos eficiente.

Distorsión armónica total

El grado al cual pueden tolerarse los armónicos está determinado por la susceptibilidad de la carga (o fuente de potencia) a ellos. El tipo de equipo menos susceptible es aquel en el cual la principal función es el calentamiento, como en un horno o fogón. El tipo más susceptible de equipo es aquel cuyo diseño o constitución supone una entrada de frecuencia fundamental sinusoidal (casi) perfecta.

En el sistema eléctrico del edificio CENTIC se encuentran instaladas en un alto porcentaje cargas sensibles por esto analizaremos la distorsión armónica total en tensión y corriente tomando como referencia los límites de distorsión armónica estipulados en el estándar IEEE 519 de 1992.

Distorsión armónica en tensión:

Para analizar la distorsión armónica de la señal de tensión se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las componentes armónicas más comunes en el sistema de potencia son las impares de bajo orden.
- La magnitud de las componentes armónicas decrece rápidamente a medida que crece su orden. Para todos los propósitos prácticos, las componentes armónicas de orden mayor a 40 no requieren ser consideradas.
- Los límites para la distorsión armónica de tensión se presentan según el nivel de tensión (baja, media, alta).

Distorsión armónica en corriente:

Los límites se orientan para usuarios conectados a los sistemas de distribución. Las armónicas generadas por el cliente se miden por la distorsión armónica de la corriente de carga medida en el punto de conexión. Teniendo en cuenta los niveles de distorsión armónica estipulados en la normatividad expuesta, realizamos la revisión de los datos obtenidos en el transformador (A) y se encontró lo siguiente:

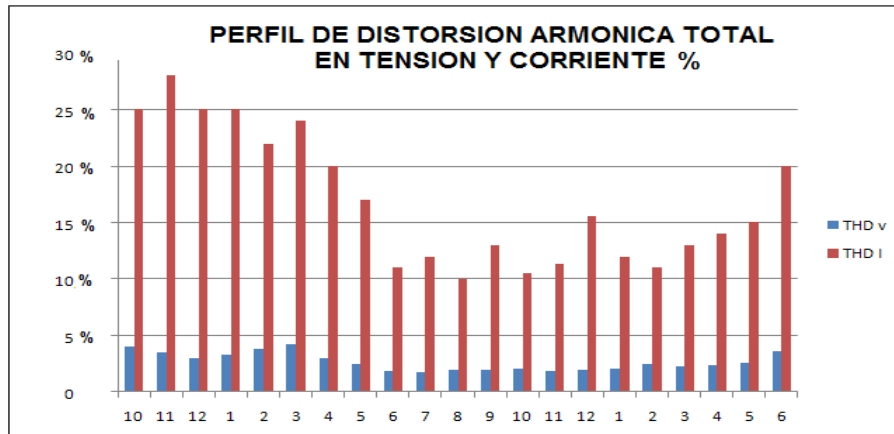


Figura 8. Perfil de distorsión total armónica en tensión y corriente del transformador (A)

En horas de trabajo normal los límites de distorsión armónica en corriente están por encima del 20% que es un valor superior a los límites estipulados en el estándar IEEE 519.

Cabe resaltar que durante la realización de este trabajo de grado, se llevó a cabo paralelamente un proyecto de grado donde se realiza un análisis más detallado del sistema eléctrico del CENTIC por esto no se trató mas a profundidad el problema de este edificio.

Análisis de las variables eléctricas del transformador (B)

Este transformador suministra la energía eléctrica los sistemas de aire acondicionado, tiene una capacidad de 500 kVA y su fotografía se presenta a continuación en la figura 9.



Figura 9. Transformador B del edificio CENTIC (fuente autor)

El análisis detallado de la información obtenida en el analizador de redes, incluyendo los gráficos obtenidos del sistema eléctrico se presenta a continuación:

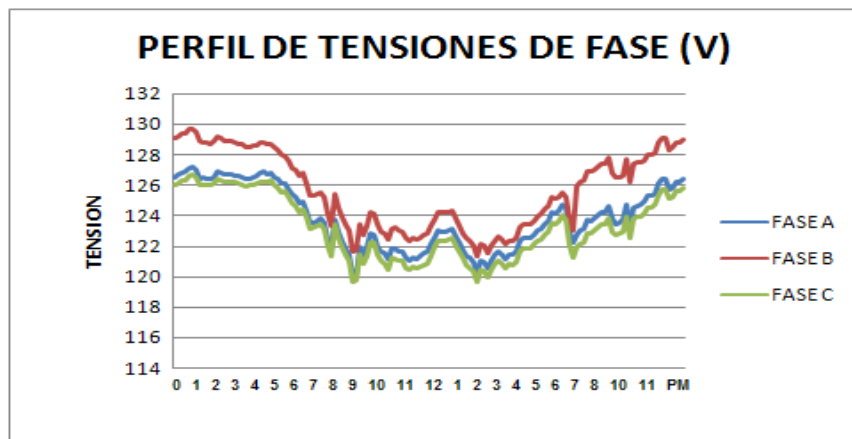


Figura 10. Perfil de tensiones de fase del CENTIC, transformador (B)

Analizando los datos obtenidos del perfil de tensiones de las tres fases mostradas en la figura 10, se observa que la tensión promedio es de 124,2 V, lo cual es un nivel de tensión promedio de operación aceptable

y dentro de los niveles estipulados según norma de la Empresa Electrificadora de Santander del año 2005. El desbalance en tensión según la el estándar IEEE 519 debe estar entre el 0,5% y el 2%, el valor encontrado en el análisis fue del 0,90 %, lo que indica que el desbalance en tensión esta dentro de los valores permitidos.

Con relación al perfil de corrientes mostrado en la figura 11, hay una diferencia en magnitud promedio entre las fases 1 y 2 de 79,4 amperes.

El desbalance en corriente según el estándar IEEE 446 de 1995 debe estar en valores entre 0% y el 20% para tensiones menores a 62 KV, el valor de desbalance en corriente encontrado en el análisis fue de 10,95%, lo que indica que el desbalance en corriente del sistema se encuentra dentro de los niveles estipulados.

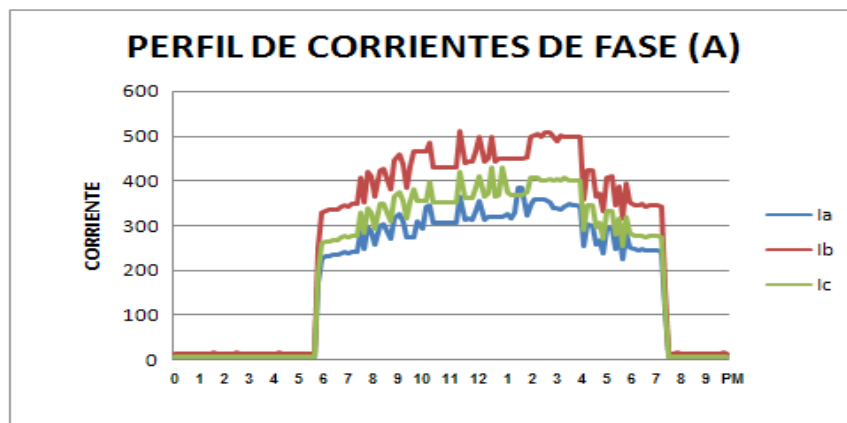


Figura 11. Perfil de corrientes de fase del CENTIC, transformador (B)

Se presenta la gráfica de la potencia aparente trifásica en la figura 12, en esta podemos observar que el punto de potencia aparente máxima se registro a las 16:20 horas, con un valor aproximado de 163,2 kVA, lo que representa un factor de demanda de 32.64% del valor nominal del

transformador, lo que indica que el transformador tiene una disponibilidad de 336,8 kVA suficiente capacidad para satisfacer la demanda actual y posibles ampliaciones del sistema eléctrico.

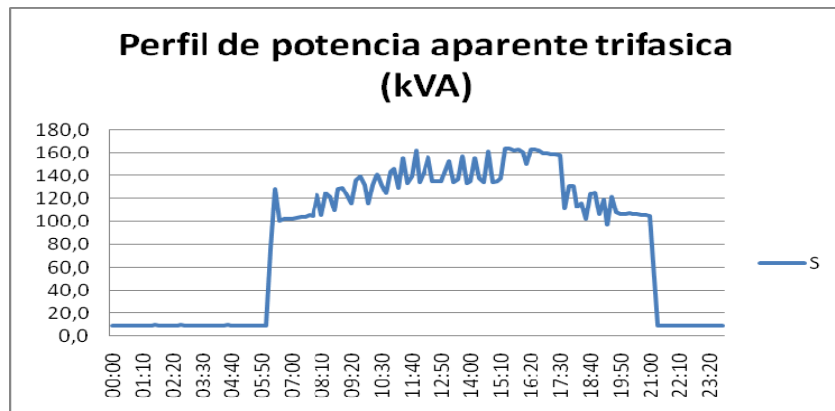


Figura 12. Perfil de potencia aparente trifásica del CENTIC, transformador (B)

Esta medición de la potencia se realizó durante un día normal de trabajo, donde se encontraba la demanda actual a plena carga, ya que en ese momento se encontraban las salas de computadores con una ocupación aproximada del 88%, según la información de la administración del edificio.

Teniendo en cuenta los niveles de distorsión armónica estipulados en la normatividad expuesta, realizamos la revisión de los datos obtenidos en el transformador (B) y se encontró lo siguiente, según se muestra en la Figura13, en horas de trabajo normal los límites de distorsión armónica en corriente están por encima el 15% que es un valor superior a los límites estipulados en el estándar IEEE 519. Además se encontró que el armónico individual de mayor magnitud fue el de quinto orden.

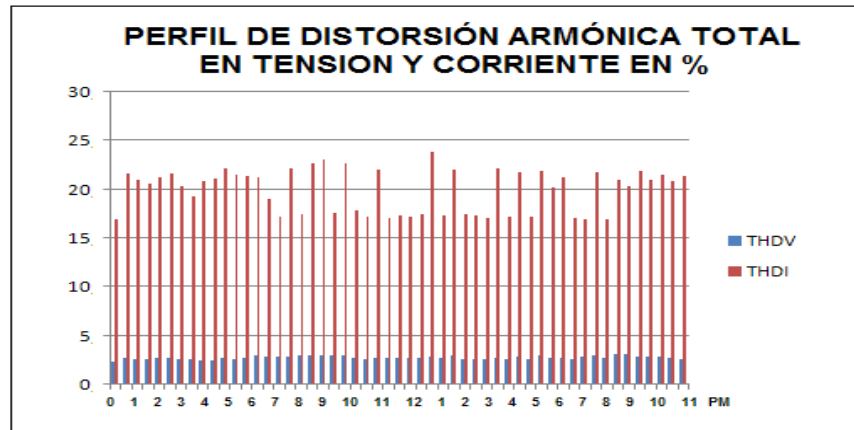


Figura 13. Perfil de distorsión armónica en tensión y corriente del CENTIC, transformador (B)

Cabe resaltar que durante la realización de este trabajo de grado, se llevó a cabo paralelamente un proyecto de grado donde se realiza un análisis más detallado del sistema eléctrico del CENTIC por esto no se trató mas a profundidad el problema de este edificio.

3.2.2.2. Revisión del sistema eléctrico de el Auditorio Luis A. Calvo

El auditorio Luis A. Calvo cuenta con una subestación eléctrica tipo interior ubicada en el sótano de la edificación, con dos transformadores, el transformador (A) de 100 KVA que suministra la energía eléctrica a todos los circuitos de iluminación y tomacorrientes de la edificación, el segundo (B) transformador tiene una capacidad de 150 KVA el cual suministra la energía eléctrica a el sistema de aire acondicionado del auditorio.

Las características de los transformadores se muestran en la tabla 6, donde se consignan la potencia, la relación de transformación, el grupo de conexión, el tipo de seccionador, el calibre de la acometida y el número de taps que dispone el transformador.

Tabla 6. Características de los transformadores del Auditorio Luís A. Calvo

Características	Transformador (A)	Transformador (B)
Potencia	100 kVA	150 kVA
Relación de transformación	13200/220-127 V	11400/440-254 V
Grupo de conexión	DY 1	DY 5
Tipo de seccionador	Caja Cortacircuitos	Caja Cortacircuitos
Totalizador	250-600 A	125-400 A
Calibre de la acometida	Cu 2(3#300+1#300 MCM THW)	Cu 2(3#300+1#3/0 AWG THW)
Numero de taps	5 (13200 V)	5 (11685V)

Análisis de las variables eléctricas del transformador (A)

Este transformador suministra la energía eléctrica a los sistemas de iluminación y tomacorrientes, tiene una capacidad de 100 kVA y su fotografía se muestra a continuación en la figura 14.



Figura 14. Transformador A del Auditorio Luís A. Calvo (fuente autor)

A continuación se presenta el análisis detallado de la información obtenida en el analizador de redes, incluyendo los gráficos obtenidos del sistema eléctrico.

Según los datos obtenidos del perfil de la tensión en las tres fases mostradas en la Figura 15, se observa que la tensión promedio es de 126 V, lo que corresponde a una elevación de 5% del valor nominal recomendado (120 V) para los equipos instalados en el lado de baja tensión del transformador (tomacorrientes y sistemas de iluminación).

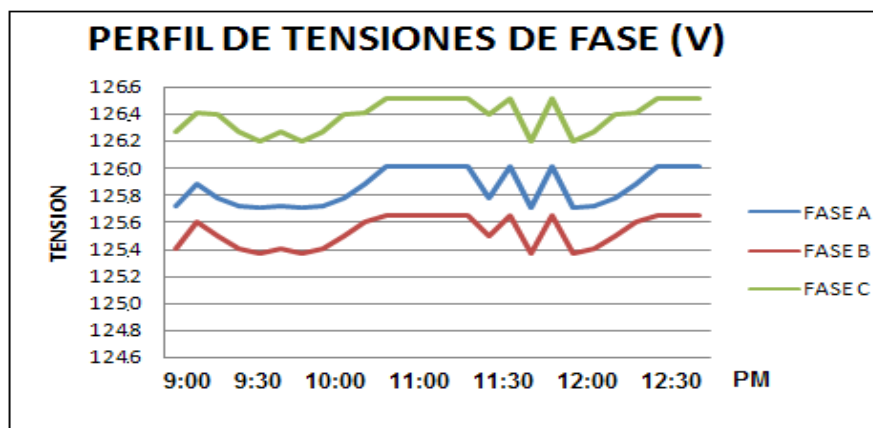


Figura 15. Perfil de tensiones de fase Luis A.Calvo, transformador (A)

Los transformadores de distribución tiene una serie de tomas (taps) en los devanados para permitir pequeños cambios en la relación de espiras del transformador, en este caso se encuentra una diferencia de 4,4% del voltaje nominal entre cada tap.

Se revisó la posición del tap del transformador, encontrándose en la posición 1, la cual es la posición de mayor nivel de tensión de entrada 13200 V. Por este motivo se calculó el nivel de tensión que se esta suministrando por el lado de alta tensión así:

- Calculamos la relación de vueltas del transformador ($a = V_p / V_s$), para este valor del tap ($a=103,93$), utilizando el valor promedio de la tensión encontrada en la monitorización y la relación de espiras del transformador, hallamos que el valor de tensión suministrado por el devanado primario del transformador es $V_p = (126 \times 103,93) = 13095 \text{ v}$.

Para tener un nivel de tensión en el lado de baja del transformador aproximado de $120 \pm 5\%$ voltios y teniendo en cuenta las posiciones del tap del transformador, la tensión promedio suministrada por el lado de alta tensión debería estar entre 13096 – 9953 voltios, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Tensiones promedio requeridas en el lado de alta tensión del TRF-LUIS A. CALVO (A).

tap	nivel de tensión	tension de $120 \pm 5\%$	tension primaria requerida
1	13200		11848 - 13096
2	12672		11374 - 12572
3	12144	114 v - 126 v	10900 - 12048
4	11616		10426 - 11524
5	11088		9953 - 11000

El desbalance de tensión según el estándar IEEE 519 debe estar entre el 0,5% y el 2%, el valor encontrado en el análisis fue del 0,185 %, lo que indica que el desbalance en tensión esta dentro de los valores permitidos.

El desbalance en corriente según el estándar IEEE 446 de 1995 debe estar en valores entre 0% y el 20% para tensiones menores a 62 KV, el valor de desbalance en corriente encontrado en el análisis fue de

18,34%, aunque el valor encontrado en el análisis no supera los niveles máximos de desbalance en corriente, cabe recomendar que se deben redistribuir las cargas del sistema eléctrico.

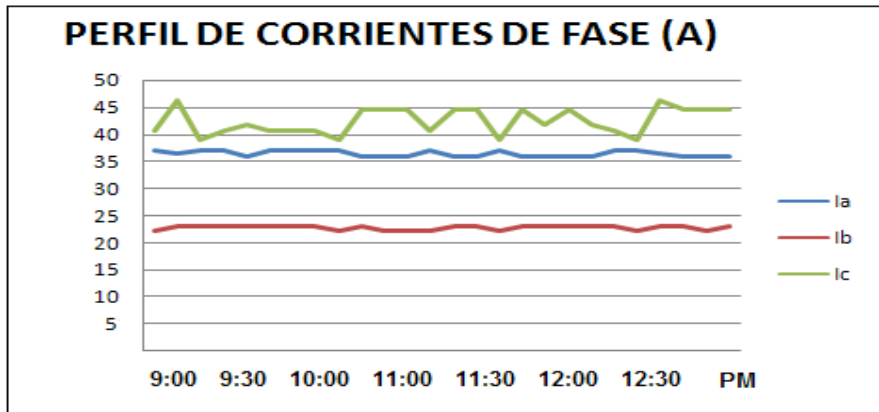


Figura 16. Perfil de corrientes de fase Luis A. Calvo, transformador (A)

Se observa en la figura 16, que existe una diferencia en magnitud promedio entre las fases 1 y 3 de 18 amperes, lo que es una diferencia pequeña y se puede considerar normal para el sistema eléctrico.

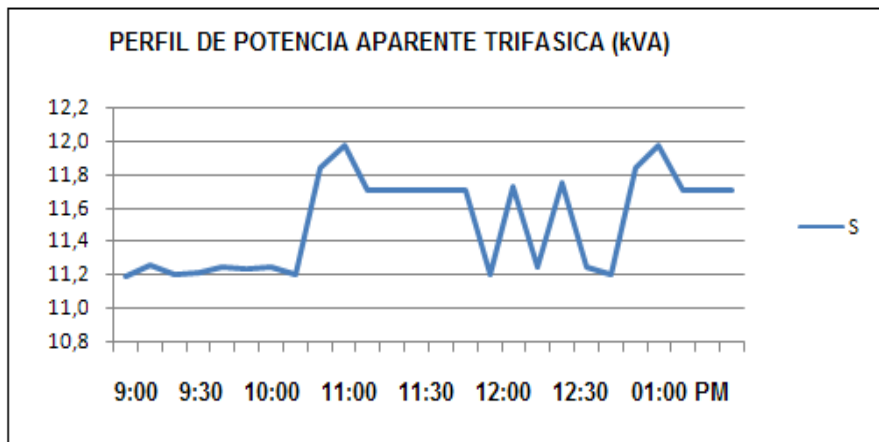


Figura 17. Perfil de Potencia Aparente trifásica del Luis A. Calvo, transformador (A)

La potencia aparente trifásica se presenta en la Figura 17, analizando la gráfica observamos que el punto de potencia aparente máxima se registro a las 10:00 pm con un valor aproximado de 12,0 kVA, lo que representa un factor de demanda de 17% del valor nominal del transformador, lo que indica que el transformador tiene una disponibilidad de 83% kVA suficiente capacidad para satisfacer la demanda actual y posibles ampliaciones del sistema eléctrico.

Esta medición se realizó durante una actividad normal dentro del auditorio, en horas de la mañana, encontrándose encendidas el 70% de las luminarias aproximadamente y estando conectados algunos equipos electrónicos para la realizar la actividad.

El perfil del factor de potencia se presenta en la Figura 18, Se observa que durante el desarrollo de la actividad normal del auditorio el factor de potencia se mantiene en un valor óptimo (superior a 0,9).

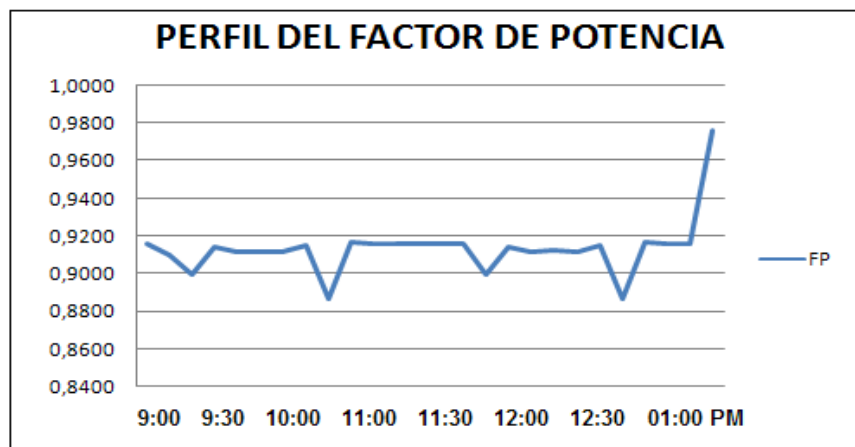


Figura 18. Perfil de factor de potencia del Luis A. Calvo, transformador (A)

Teniendo en cuenta los niveles de distorsión armónica estipulados en la normatividad expuesta, realizamos la revisión de los datos obtenidos en el transformador (A) y se encontró lo siguiente:

Los valores de la distorsión armónica total en tensión se mantiene por debajo del 4% y en la distorsión armónica total en corriente se mantiene por debajo del 15%, estos niveles no superan los límites estipulados por el estándar IEEE 519 de 1992, pero se encuentran cercanos a superarlos, por esto se recomienda la redistribución de las cargas del auditorio.

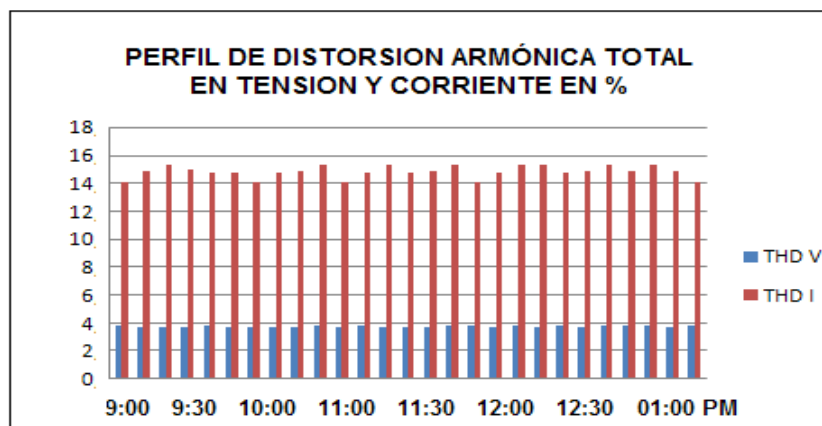


Figura 19. Perfil del factor de potencia, transformador (A) Luis A. Calvo.

Análisis de las variables eléctricas del transformador (B)

Este transformador suministra la energía eléctrica al sistema de aire acondicionado, tiene una capacidad de 150 kVA y suministra por el lado de baja una tensión de 440 V.

A continuación se presenta el análisis detallado de la información obtenida en el analizador de redes, incluyendo los gráficos obtenidos del sistema eléctrico.

Se instaló el analizador de redes a las 8 de la mañana, cuando ya se encontraba el sistema de aires acondicionado encendido, se llevaba a cabo una presentación en esas horas del día, la monitorización se realizó todo el día pero los datos relevantes para nuestro análisis solamente se registraron en horas de la mañana, el resto del día el sistema de aire acondicionado se mantuvo apagado.

Según los datos obtenidos de las tensiones de línea del sistema trifásico mostradas en la Figura 20, se observa que la tensión promedio es de 465,5 V.

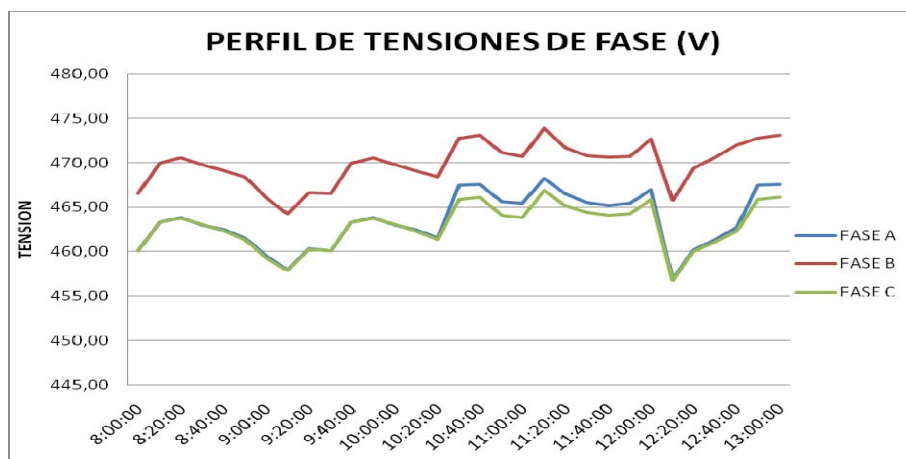


Figura 20. Perfil de tensiones por fase del Luis A. Calvo transformador (B)

Los transformadores de distribución tiene una serie de tomas (taps) en los devanados para permitir pequeños cambios en la relación de espiras del transformador, en este caso se encuentra una diferencia de 2,5% del voltaje nominal entre cada tap.

Se revisó la posición del tap del transformador, encontrándose en la posición 2, en la cual el nivel de tensión de entrada 11685 Voltios, por

este motivo se calculó el nivel de tensión que se está suministrando por el lado de alta tensión así:

- Calculamos la relación de vueltas del transformador ($a = V_p / V_s$), para este valor del tap ($a=26.5$), utilizando el valor promedio de la tensión encontrada en la monitorización y la relación de espiras del transformador, hallamos que el valor de tensión suministrado por el devanado primario del transformador es $V_p = (465,5 \times 26,5) = 12335 \text{ v}$.

Para tener un nivel de tensión en el lado de baja del transformador aproximado de $440 \pm 5\%$ voltios y teniendo en cuenta las posiciones del tap del transformador, la tensión promedio suministrada por el lado de alta tensión debería estar entre 12568 – 10288 voltios, como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Tensiones promedio requeridas en el lado de alta tensión del TRF-LUIS A. CALVO (B).

tap	nivel de tensión	tension de $440 \pm 5\%$	tension primaria requerida
1	11970		11371 - 12568
2	11685		11100 - 12269
3	11400	418 - 462 v	10830 - 11970
4	11115		10559 - 11670
5	10830		10288 - 11371

Por el análisis realizado anteriormente se recomienda mover la posición del tap de la posición 2 (11685 V) a la posición 1 (11970 V) para que el nivel de tensión de operación del secundario se encuentre entre 440 V $\pm 5\%$.

El desbalance de tensión según el estándar IEEE 519 debe estar entre el 0,5% y el 2%, el valor encontrado en el análisis fue del 0,484 %, lo que indica que el desbalance en tensión esta dentro de los valores permitidos.

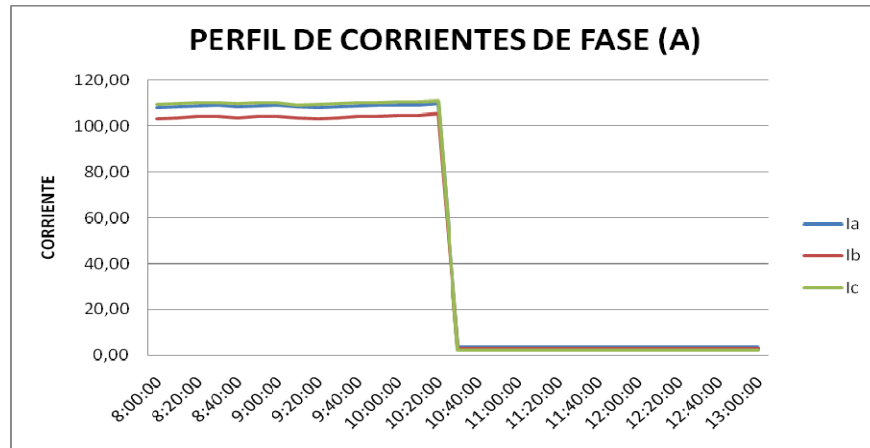


Figura 21. Perfil de corrientes por fase del Luis A. Calvo transformador (B)

De la Figura 21, se observa que el sistema de aire acondicionado fue encendido antes de las 8:00 AM, funcionando hasta las 10:30 AM, además que la diferencia promedio entre las fases es mínima y el nivel de desbalance en corriente encontrado fue de 1.62%.

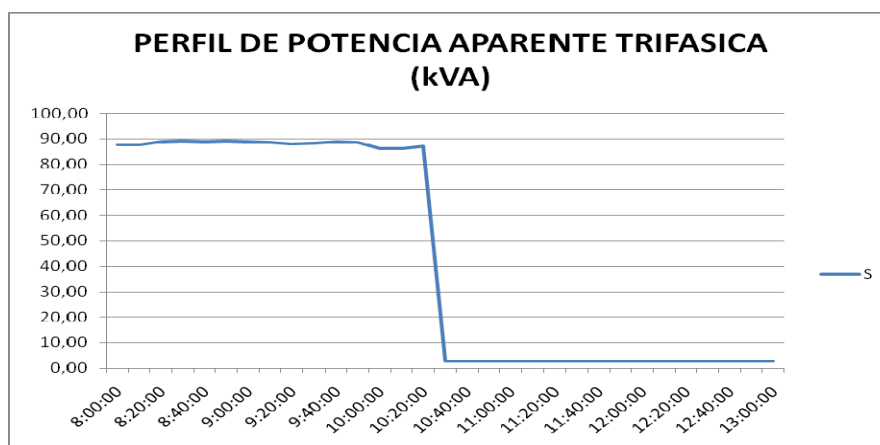


Figura 22. Perfil de la potencia aparente del Luis A. Calvo transformador (B)

Analizando la Figura 22, de la potencia aparente podemos observar que el punto de potencia aparente máxima se registro en las horas de uso del sistema de aire acondicionado, con un valor aproximado de 90 kVA, lo que representa un factor de demanda de 60% del valor nominal del transformador, lo que indica que el transformador tiene una disponibilidad de 60 kVA.

Según los datos del perfil del factor de potencia mostrados en la Figura 23, se concluye que el factor de potencia mientras se encuentra el sistema de aire acondicionado trabajando se encuentra por debajo del valor penalizable (0,89) por lo que se sugiere instalar bancos de capacitores para mejorar el factor de potencia.

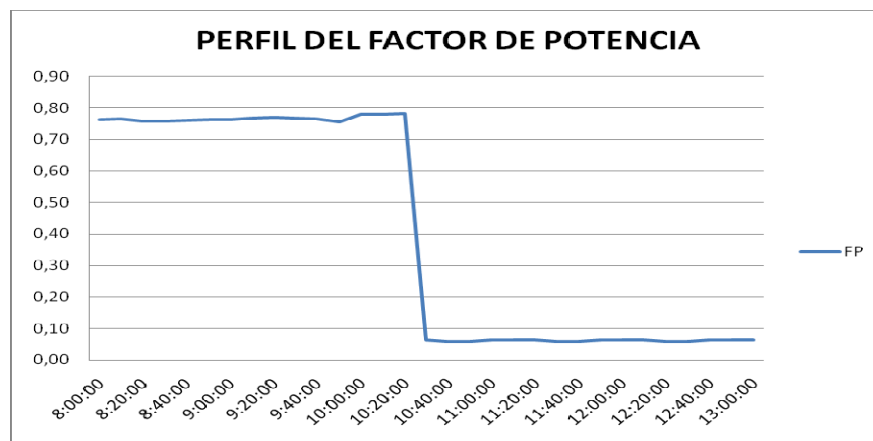


Figura 23. Factor de potencia trifásica del Luis A. Calvo transformador (B)

Se observa que durante el funcionamiento del sistema de aire acondicionado el nivel de distorsión armónica en tensión se mantiene por encima del 5% el cual supera los niveles máximos de distorsión armónica permitidos por el estándar IEEE 519 de 1992 y la distorsión armónica en corriente se encuentra en 11% aproximadamente, lo que no supera los límites estipulados.

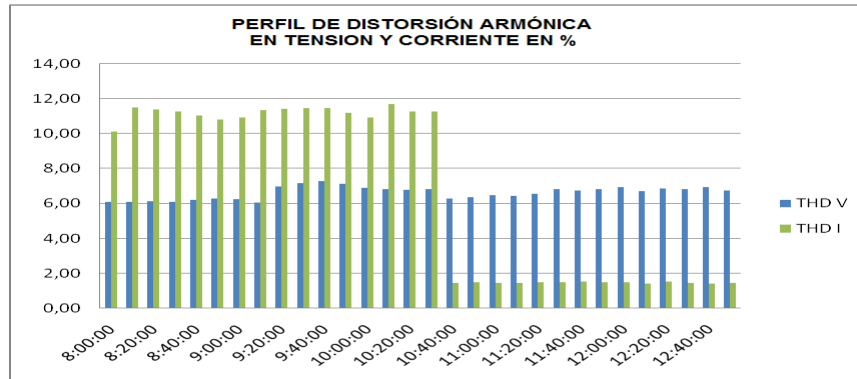


Figura 24. Distorsión armónica en tensión y corriente del transformador (B) Luis. A. Calvo

3.2.2.3. Revisión del sistema eléctrico de la Facultad de Salud

La Facultad de salud cuenta con una subestación eléctrica tipo interior ubicada en el sótano de la edificación, con dos transformadores, TRF(A) de 225 kVA y el TRF(B) de 100 kVA.

Las características de los transformadores se presentan en la tabla 9.

Tabla 9. Características de los transformadores de la facultad de Salud.

Características	Transformador (A)	Transformador (B)
Potencia	225 kVA	100kVA
Relación de transformación	13200/216-124 V	13200/216-124 V
Grupo de conexión	DY 5	DY 5
Tipo de seccionador	Seccionador bajo carga	Seccionador bajo carga
Totalizador	640-1600 A	640-1600 A
Calibre de la acometida	Cu 4(3#500+1#500 MCM THHN+1#3/0 AWG)	Cu 4(3#500+1#500 MCM THHN+1#3/0 AWG)
Numero de taps	5 (13530 V)	5 (13200 V)

Análisis de las variables eléctricas del transformador (A)

Este transformador suministra la energía eléctrica a las cargas comunes de la edificación, tiene una capacidad de 250 kVA, a continuación se presenta el análisis detallado de la información obtenida en el analizador de redes, incluyendo los gráficos obtenidos del sistema eléctrico.

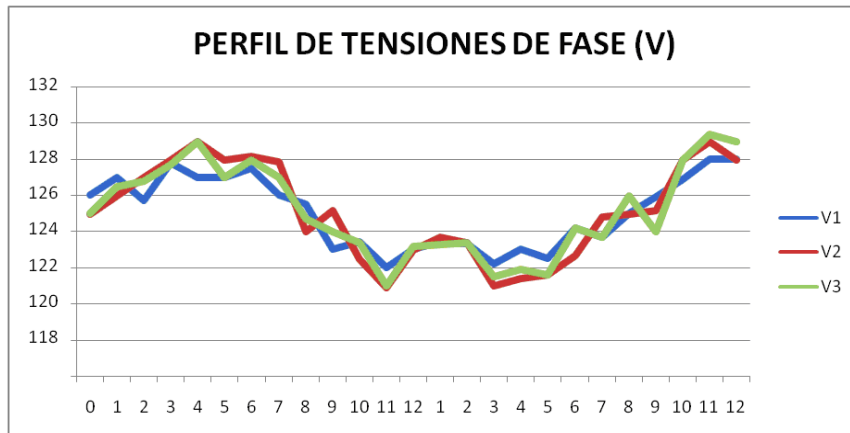


Figura 25. Perfil de Tensiones de Fase Facultad de Salud transformador (A)

Según perfiles de tensión por fase que se muestran en el gráfico 25, observamos que la tensión promedio es de 125,1 Voltios. El desbalance en tensión según el estándar IEEE 519 debe estar entre el 0,5% y el 2%, el valor encontrado en el análisis fue del 0,69 %, lo que indica que el desbalance en tensión está dentro de los valores permitidos.

El desbalance en corriente según el estándar IEEE 446 de 1995 debe estar en valores entre 0% y el 20% para tensiones menores a 62 KV, el valor de desbalance en corriente encontrado en el análisis fue de 4,37%, el valor encontrado en el análisis no supera los niveles máximos

de desbalance en corriente. La diferencia de corriente entre las fases es de 38 A.

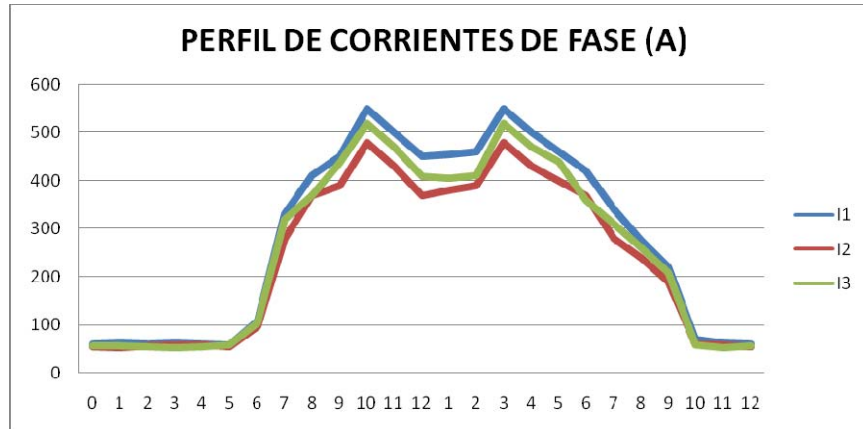


Figura 26. Perfil de Corrientes de Fase Facultad de Salud transformador (A)

Analizando el grafico 27 del perfil de potencia aparente, podemos observar que el punto de potencia aparente máxima se registro a las 3 pm, con un valor aproximado de 205 kVA, lo que representa un factor de demanda de 82% del valor nominal del transformador, lo que indica que el transformador tiene una disponibilidad de 45 kVA, que es una disponibilidad pequeña y que no podrá satisfacer posibles mejoras y ampliaciones del sistema eléctrico de la Facultad de Salud.

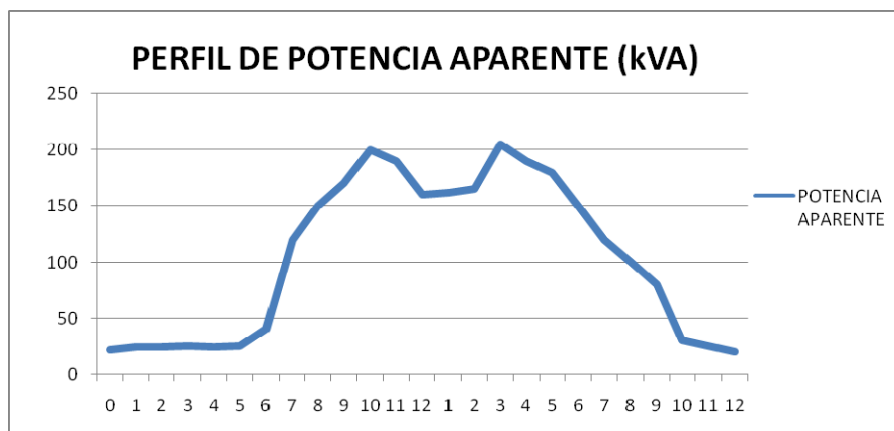


Figura 27. Perfil de Potencia Aparente Facultad de Salud transformador (A)

Análisis de las variables eléctricas del transformador (B)

Este transformador suministra la energía eléctrica a las cargas comunes de la edificación, tiene una capacidad de 100 kVA.

A continuación se presenta un análisis detallado de las mediciones realizadas en el sistema eléctrico.

Según los perfiles de tensión por fase mostrados en el gráfico 28, observamos que la tensión promedio es de 124,9 V, El desbalance en tensión según el estándar IEEE 519 debe estar entre el 0,5% y el 2%, el valor encontrado en el análisis fue del 0,7 %, lo que indica que el desbalance en tensión esta dentro de los valores permitidos.

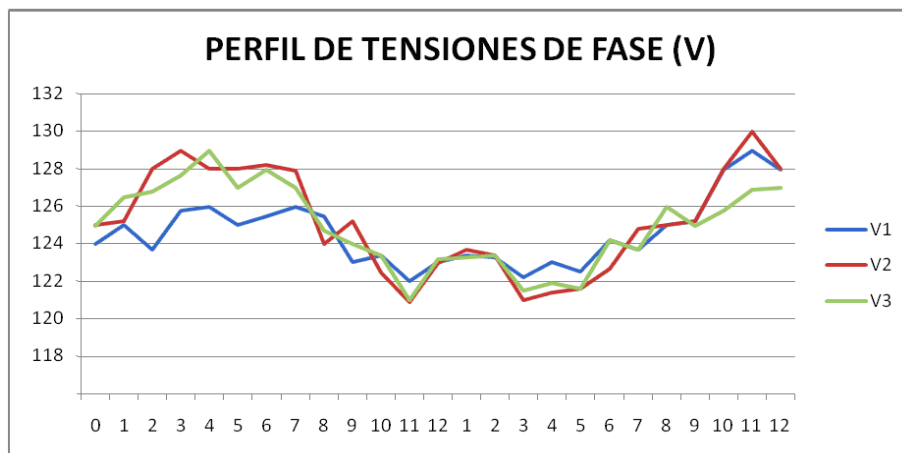


Figura 28. Perfil de Tensiones de Fase Facultad de Salud transformador (B)

Se observa en la figura 29, que el perfil de corrientes muestra que existe una diferencia en magnitud promedio entre las fases 1 y 2 de 40,6 amperes aproximadamente. La diferencia de corriente entre las fases es de 38 A.

El valor de desbalance en corriente calculado en el análisis fue de 4,15%, el valor encontrado en el análisis no supera los niveles máximos de desbalance en corriente.

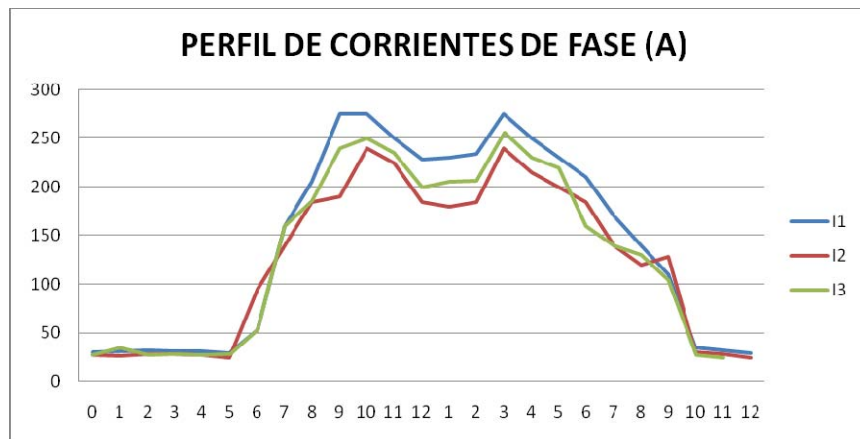


Figura 29. Perfil de Corrientes de Fase Facultad de Salud transformador (B)

El perfil de la potencia aparente trifásica mostrado en la gráfica 30, se construyó a partir de las potencias activas y reactivas por fase, utilizando los algoritmos propuestos en el estándar IEEE 1459 del 2000 “definiciones de mediciones de potencia eléctrica”.

Analizando la Figura 30 del perfil de potencia aparente, podemos observar que el punto de potencia aparente máxima se registro a las 3:15 pm , con un valor aproximado de 67 kVA, lo que representa un factor de demanda de 67% del valor nominal del transformador, lo que indica que el transformador tiene una disponibilidad de 33 kVA.

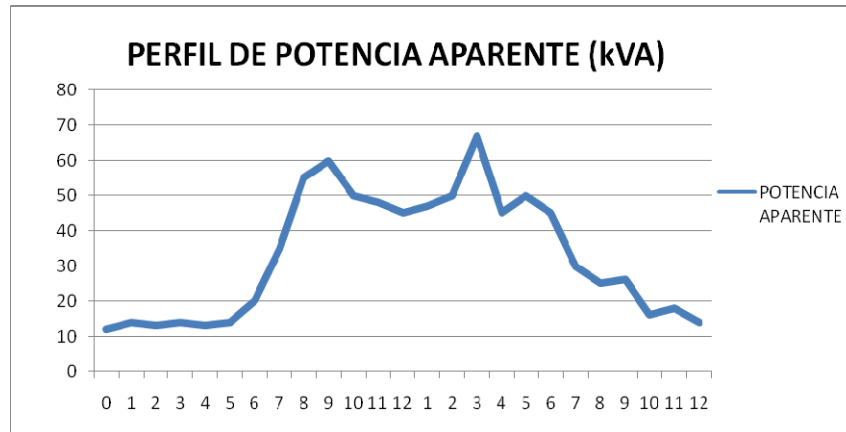


Figura 30. Perfil de Potencia Aparente Facultad de Salud transformador (B)

Cabe anotar que durante la realización de la monitorización del edificio de la Facultad de Salud, la División de Planta Física contrató un estudio para revisar el sistema eléctrico, encontrar posibles fallas y realizar el diseño eléctrico para la construcción de una nueva subestación eléctrica.

3.2.2.4. Revisión del sistema eléctrico de la Sede Guatiguará

La Sede de Guatiguará cuenta con dos subestaciones eléctricas tipo interior ubicadas la primera (A) en la entrada principal cerca al edificio administrativo en el costado oriental, con un transformador de una capacidad de 300 kVA y que suministra la energía eléctrica a cargas comunes (alumbrado, tomacorrientes comunes, tomacorrientes regulados) y sistemas de aires acondicionados del edificio de administración.

La segunda subestación eléctrica (B) está ubicada en el costado norte de la sede y esta suministra la energía eléctrica a todos los equipos sensibles de la sede como computadores, equipos de medición, calibración y equipos de laboratorio.

Las características de los transformadores se presentan en la tabla 10.

Tabla 10. Características de los transformadores de la Sede Guatiguará.

Características	Subestación (A)	Subestación (B)
Potencia	300 kVA	300 kVA
Relación de transformación	13200/220-127 V	13200/220-127 V
Grupo de conexión	DY 5	DY 5
Tipo de seccionador	Seccionador bajo carga	Seccionador bajo carga
Totalizador	800 A	800 A
Numero de taps	5 (13200 V)	5 (13200 V)

Análisis de las variables eléctricas del Subestación (A)

Este transformador suministra la energía eléctrica a las cargas comunes de la edificación y el alumbrado de las áreas abiertas, tiene una capacidad de 300 kVA, a continuación se presenta el análisis detallado de la información obtenida en el analizador de redes, incluyendo los gráficos obtenidos del sistema eléctrico.

Según los datos obtenidos del perfil de la tensión en las tres fases mostradas en la Figura 31, se observa que la tensión promedio es de 127,4 V, una tensión promedio elevada para las especificaciones de tensión nominal de los equipos instalados en el secundario del transformador (computadores y sistemas de computación que es de 120 v).

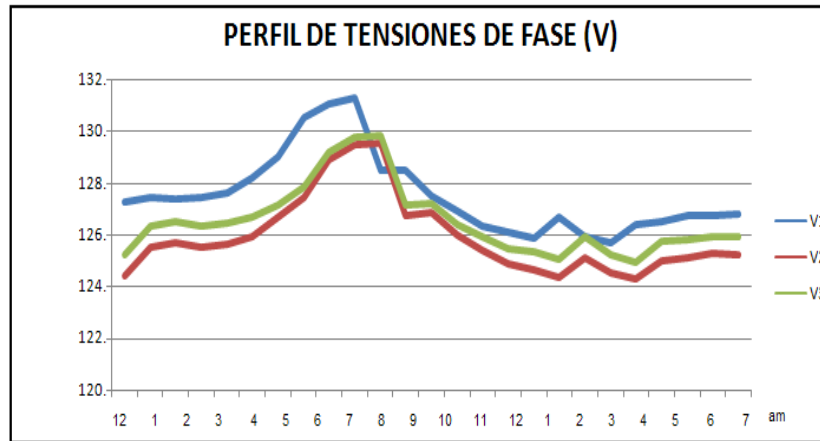


Figura 31. Perfil de Tensiones de Fase sede Guatiguará subestación (A)

Se revisó la posición del tap del transformador, encontrándose en la posición 3 (13200 V). Por este motivo se calculó el nivel de tensión que se esta suministrando por el lado de alta tensión así:

- Calculamos la relación de vueltas del transformador ($a = V_p / V_s$), para este valor del tap ($a=103,93$), utilizando el valor promedio de la tensión encontrada en la monitorización y la relación de espiras del transformador, hallamos que el valor de tensión suministrado por el devanado primario del transformador es $V_p = (127.4 \times 103,93) = 13241 \text{ v}$.

Con los datos obtenidos en el análisis anterior se recomienda cambiar la posición del tap de la posición 3 (13200 V) a la posición 2 (13530 V) y de esta manera tener una tensión promedio de operación en el lado de baja tensión de 124,2 V, ya que esta subestación alimenta equipos con tensión de operación recomendada de 120 voltios (computadores, iluminación residencial, tomacorrientes comunes).

El desbalance en tensión según el estándar IEEE 519 debe estar entre el 0,5% y el 2%, el valor encontrado en el análisis fue del 0,512 %, lo que indica que el desbalance en tensión esta dentro de los valores permitidos.

Analizando el perfil de corrientes mostrados en la figura 32, se muestra que existe una diferencia en magnitud promedio entre las fases 1 y 2 de 25 amperes aproximadamente. El valor de desbalance en corriente calculado en el análisis fue de 19.07%, aunque el valor encontrado en el análisis no supera los límites estipulados en la normatividad, se recomienda redistribuir las cargas del sistema eléctrico para reducir la diferencia de magnitud entre las fases.

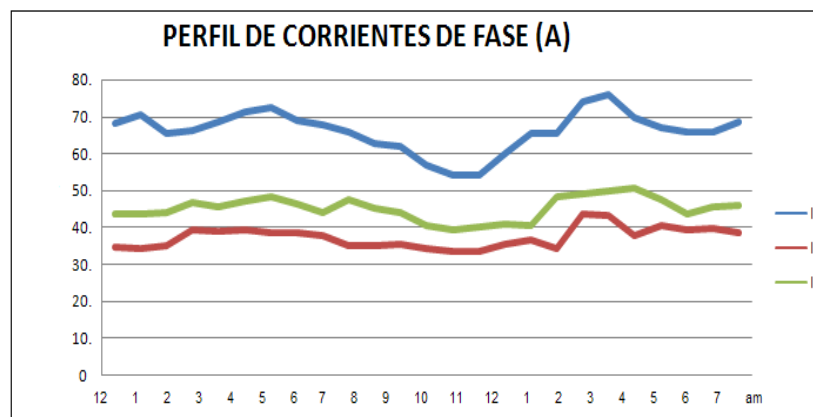


Figura 32. Perfil de Corrientes de Fase Sede Guatiguará transformador (A)

Según el grafico 33 del perfil de potencia aparente, podemos observar que el punto de potencia aparente máxima se registro a las 3 pm , con un valor aproximado de 20,2 kVA, lo que representa un factor de demanda de 6,6% del valor nominal del transformador, lo que indica que el transformador tiene una disponibilidad de 280 kVA.

Teniendo en cuenta que la capacidad del transformador es de 300 kVA se observa que la carga total instalada es pequeña y se debe buscar una alternativa para que el uso del transformador genere menor cantidad de perdidas en el núcleo por calentamiento.

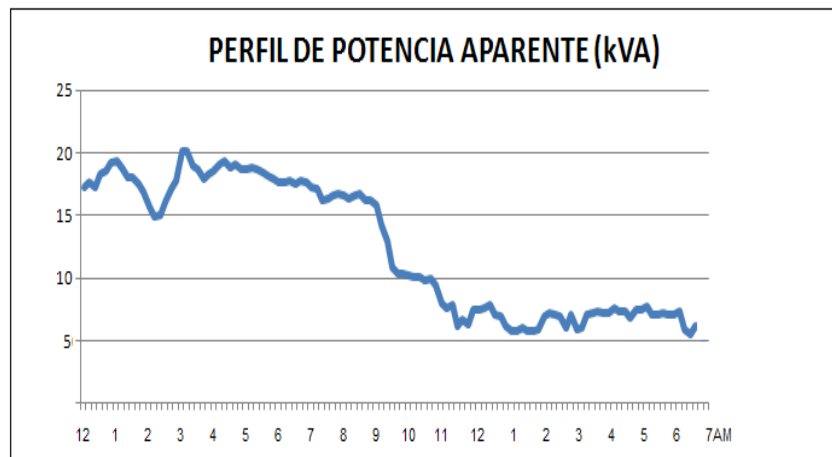


Figura 33. Perfil de Potencia Aparente Sede Guatiguará subestación (A)

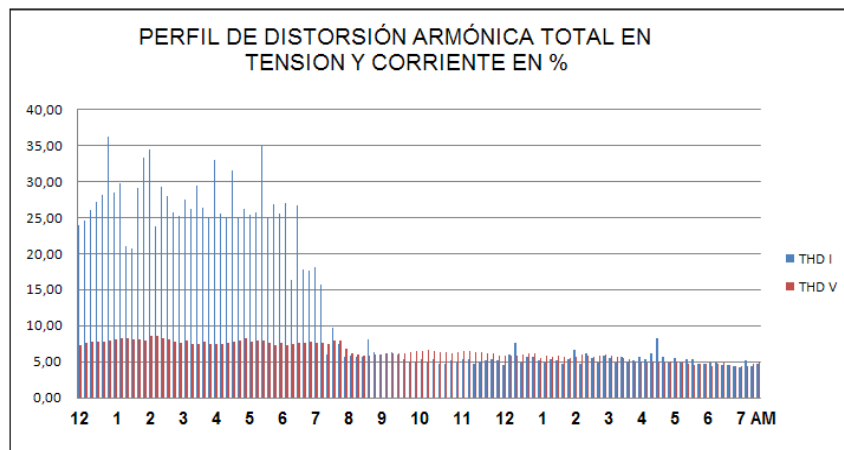


Figura 34. Perfil de distorsión armónica en tensión y corriente de Guatiguará subestación (A)

Según la Figura 34, los niveles de distorsión armónica total en tensión durante toda la monitorización se mantienen en un nivel por encima del 5% que es el nivel máximo estipulado en el estándar IEEE 519, los

niveles de distorsión armónica total en corriente y el armónico de orden quinto, superan el límite permitido por la normatividad (15%).

Análisis de las variables eléctricas del transformador (B)

Este transformador suministra la energía eléctrica a las cargas sensibles de la sede como equipos de medida, equipos de computación, tiene una capacidad de 300 kVA.

A continuación se presenta el análisis detallado de la información obtenida en el analizador de redes, incluyendo los gráficos obtenidos del sistema eléctrico.

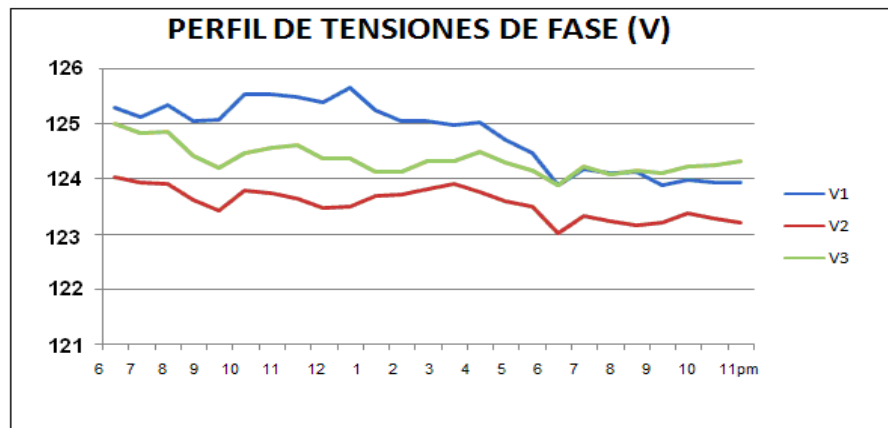


Figura 35. Perfil de Tensiones de Fase Sede Guatiguará subestación (B)

Según los perfiles de tensión por fase mostrados en el gráfico 35, observamos que la tensión promedio es de 124,5 V, Además se encontró que la tensión máxima registrada durante el tiempo de la monitorización fue de 125,7 voltios.

El desbalance de tensión según el estándar IEEE 519 debe estar entre el 0,5% y el 2%, el valor encontrado en el análisis fue del 0,2501 %, lo que indica que el desbalance en tensión esta dentro de los valores permitidos.

Según el perfil de corrientes mostrado en la figura 36, se observa que existe una diferencia en magnitud promedio entre las fases 1 y 2 de 2,5 amperes aproximadamente, el desbalance en corriente según el estándar IEEE 446 de 1995 debe estar en valores entre 0% y el 20% para tensiones menores a 62 KV, el valor de desbalance en corriente encontrado en el análisis fue de 5.773%,

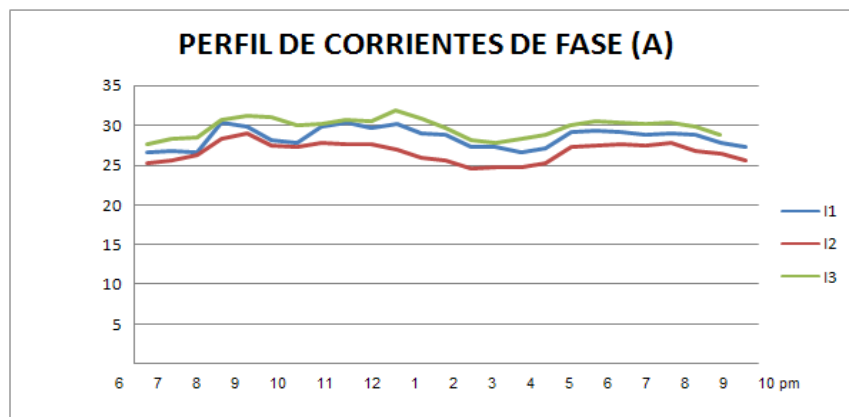


Figura 36. Perfil de Corrientes de Fase Sede Guatiguará subestación (B)

Analizando la gráfica 37, del perfil de potencia aparente, podemos observar que el punto de potencia aparente máxima se registro a las 8:00 pm , con un valor aproximado de 41 kVA, lo que representa un factor de demanda de 13,3% del valor nominal del transformador, lo que indica que el transformador tiene una disponibilidad de 259 kVA.

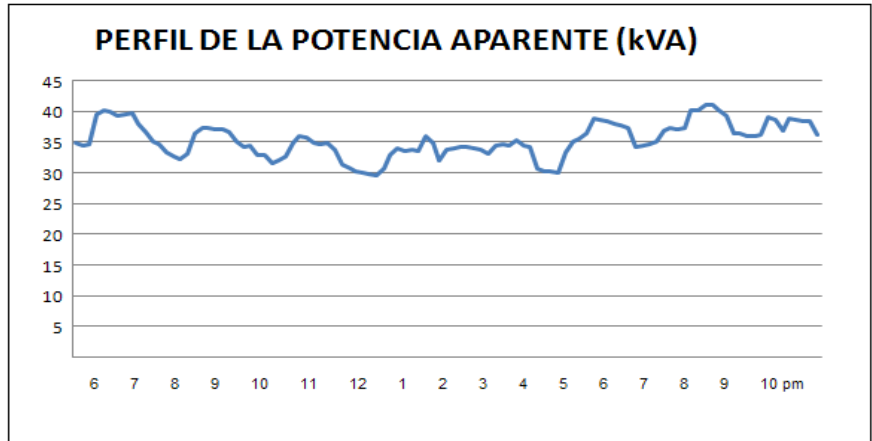


Figura 37. Perfil de Potencia Aparente Sede Guatiguará subestación (B)

Teniendo en cuenta que la capacidad del transformador es de 300 kVA se observa que la carga total instalada es pequeña y se debe buscar una alternativa para que el uso del transformador genere menor cantidad de pérdidas en el núcleo por calentamiento.

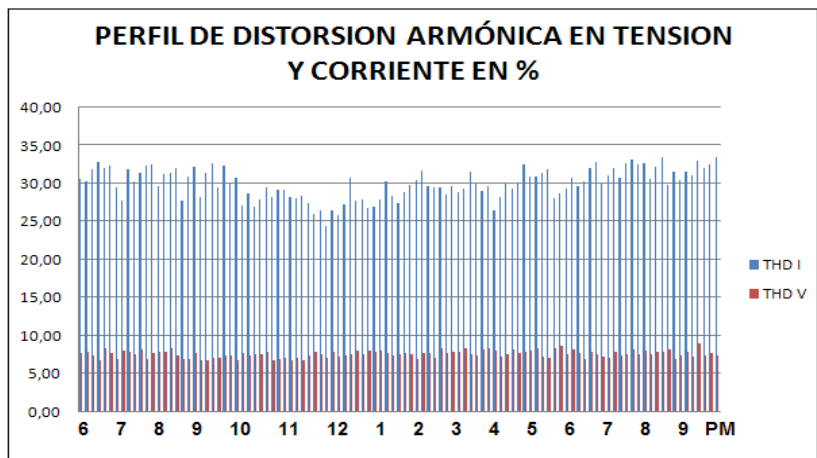


Figura 38. Perfil de distorsión armónica en tensión y corriente, Guatiguará subestación (B)

Según la Figura 38, los niveles de distorsión armónica total en tensión durante toda la monitorización se mantienen en un nivel por encima del

5% máximo estipulado en el estándar IEEE 519, los niveles de distorsión armónica total en corriente y el armónico de orden quinto, superan los niveles permitidos por la normatividad ya que se encuentran en un valor promedio de 29%.

3.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para la implementación del plan URE de la UIS, se deben realizar una serie de mejoras en el sistema eléctrico y así poder obtener una eficiencia energética la cual requiere de una inversión, sobre la cual se debe calcular su rentabilidad económica, para esto en el siguiente apartado se incluye un indicador para medir la rentabilidad de las mejoras en el sistema eléctrico, conociendo la inversión a realizar y el ahorro económico estimado.

Una vez conocidas todas las posibles áreas de ahorro energético dentro de las edificaciones de la UIS, se procede a realizar un cálculo inicial en cada reforma planteada, teniendo los datos requeridos a continuación.

- Inversión (INV): Costo de los equipos a adquirir, trabajos de mano de obra a aplicar dentro del proyecto.
- Disminución anual de los costos energéticos (DACE): estimación de los ahorros energéticos, como consecuencia de la implantación de la mejora.
- Aumento de los costos de mantenimiento y operación (ACMO): estimación del incremento de los costos de mantenimiento y operación debidos a la mejora eléctrica aplicada.

- Ahorro económico anual (AEA): estimación del ahorro económico anual final, se define por la ecuación 5:

$$AEA = DACE - ACO \quad \text{ecuación 5.}$$

Una vez conocidos los tópicos para desarrollar el análisis económico de las mejoras a realizar en los sistemas eléctricos y estudiados los proyectos realizados previamente en la UIS, se procede a plantear todas las obras en la infraestructura eléctrica que requieren inversión económica para su respectivo análisis económico.

3.3.1 Obras a realizar en las instalaciones eléctricas actuales

3.3.1.1. Desinstalación de transformador de la planta de aceros

Debido a que el consumo de energía eléctrica de la subestación de Planta de Aceros es bajo (10% de la capacidad nominal del transformador aproximadamente), se hace necesario revisar las posibilidades de ahorro económico teniendo en cuenta la siguiente propuesta de ahorro energético:

Alimentar la carga regular (iluminación, tomacorrientes y equipos de cómputo) desde la subestación de Ingeniería Química y suministrar energía eléctrica al horno solamente cuando sea requerido.

- Inversión (INV): la mano de obra y presupuesto para alimentar los circuitos eléctricos del edificio requiere de la construcción de una red subterránea de baja tensión desde la subestación de

Química y llegue hasta los barrajes de la subestación de la planta de aceros.

Tabla 11. Construcción de la red de baja tensión Química-Aceros

OBRA: red de baja tension subestacion Química-Aceros					
MATERIALES					
N°	DESCRIPCION	CANT	UND	Vr UNITARIO	Vr TOTAL
1	cable Cu # 4 AWG 100% AISLAMIENTO	160	mts	15,700	2,512,000
2	caja de inspección BT 40x40x40	1	cm	250,000	250,000
3	terminales premoldeados	3		60,000	60,000
SUBTOTAL					
MANO DE OBRA Y EQUIPOS					
N°	DESCRIPCION	CANT	REND	VALOR/DÍA	Vr TOTAL
1	construccion de red subterranea de BT (servicio especializado)	50 mt	1	1,200,000	1,200,000
SUBTOTAL					\$4,022.000
COSTO DIRECTO					\$ 4,022,000

- Disminución anual de los costos energéticos (DACE): el consumo de la carga instalada en la subestación de la planta de Aceros es aproximadamente del 10% del valor nominal del transformador, lo que representa unas pérdidas de la energía de 0,5 kW/h, como la Universidad es cliente no regulado de la ESSA, el costo del kW/h es de \$238,92 pesos, por lo tanto el dinero que se ahorraría la UIS anualmente es de \$1,046,469 pesos y cuya inversión se recuperaría en aproximadamente 4 años.

$$\text{DACE: } 0.5 \times (238.92) \times 24 \times 365 = 1,046.469 \text{ pesos / año}$$

- Aumento de los costos de mantenimiento y operación (ACMO): como no se plantea la construcción de otra subestación los costos de mantenimiento no se calculan, ya que se realizaría el mismo mantenimiento hasta ahora realizado.
- Ahorro económico anual (AEA): el ahorro anual al realizar la mejora en el sistema eléctrico es de:

$$\text{AEA} = 1, 046,469 \text{ pesos / año}$$

3.3.1.2. Desinstalación de transformador (A) de Guatiguará.

Debido a que el consumo de energía eléctrica de la subestación (A) de Guatiguará es bajo (6,6% de la capacidad nominal del transformador aproximadamente), se hace necesario revisar las posibilidades de ahorro económico teniendo en cuenta la siguiente propuesta de ahorro energético:

Alimentar la carga regular (iluminación, tomacorrientes y equipos de cómputo) desde la subestación (B) de la sede de Guatiguará, construyendo una red de baja tensión.

- Inversión (INV): la mano de obra y presupuesto para alimentar los circuitos eléctricos del edificio requiere de la construcción de una red subterránea de baja tensión desde la subestación (A) hasta los barrajes de la subestación (B) de la sede Guatiguará.

Tabla 12. Construcción de la red de baja tensión sede Guatiguará

OBRA: red de baja tension sede Guatiguará TRF (A) - TRF (B)					
MATERIALES					
N°	DESCRIPCIÓN	CANT	UND	Vr UNITARIO	Vr TOTAL
1	cable Cu # 4 AWG 100% AISLAMIENTO	110	mts	15,700	1,727,000
2	caja de inspección BT 40x40x40	1	cm	250,000	250,000
3	terminales premoldeados	3		60,000	60,000
SUBTOTAL					
MANO DE OBRA Y EQUIPOS					
N°	DESCRIPCIÓN	CANT	REND	VALOR/DÍA	Vr TOTAL
1	construccion de red subterránea de BT (servicio especializado)	32 mt	1	900,000	900,000
SUBTOTAL					2,937,000
COSTO DIRECTO					\$2,937,000

- Disminución anual de los costos energéticos (DACE): el consumo de la carga instalada en la subestación de la planta de Aceros es aproximadamente del 10% del valor nominal del transformador, lo que representa unas pérdidas de la energía de 0,75 kW/h, como la Universidad es cliente no regulado de la ESSA, el costo del kW/h es de \$238,92 pesos, por lo

tanto el dinero que se ahorraría la UIS anualmente es de \$1,569,704 pesos y cuya inversión se recuperaría en aproximadamente 2 años.

$$\text{DACE: } 0.75 \times (238.92) \times 24 \times 365 = 1,569,704 \text{ pesos / año}$$

- Aumento de los costos de mantenimiento y operación (ACMO): como no se plantea la construcción de otra subestación los costos de mantenimiento no se calculan, ya que se realizaría el mismo mantenimiento hasta ahora realizado.
- Ahorro económico anual (AEA): el ahorro anual al realizar la mejora en el sistema eléctrico es de:

$$\text{AEA} = 1,569,704 \text{ pesos / año}$$

3.3.1.3. Compensación de energía reactiva

Se plantea la compensación de reactivos en diferentes subestaciones del campus universitario de la UIS, la inversión realizada para cada subestación se plantea por separado para cada propuesta de mejora eléctrica, pero el cálculo de la disminución anual de los costos energéticos (DACE) y el ahorro económico anual (AEA), se calcularán conjuntamente para todas las mejoras planteadas, ya que se conoce la información de la facturación mensual de la universidad. Adicionalmente se presenta la manera de calcular el banco de condensadores para uno de los casos.

Costos de facturación:

Disminución anual de los costos energéticos (DACE): el cobro de potencia reactiva por parte de la empresa que suministra la energía eléctrica será menor, ya que el factor de potencia se mantendrá en niveles óptimos y no penalizables. El cobro de reactivos dependerá de la hora del día, como se muestra en la tabla 13, según la facturación eléctrica de la Universidad.

Tabla13. Costo de la potencia reactiva (kVAr/H)

hora	tarifa reactivos (kVAr / h)
1-6	\$ 70,435
7-16	\$ 97,015
17-18	\$ 130,047
19-24	\$ 97,015

El promedio de consumo de reactivos del primer semestre de 2008 es de 4600 kVAr mensuales lo que representa un costo mensual aproximado de \$406,000 pesos.

$$\text{DACE} = (406.000 \times 12) = 4.872.000 \text{ Pesos / año}$$

Ahorro económico anual (AEA): el ahorro anual al realizar la mejora en el sistema eléctrico es de:

$$\text{AEA} = 4.872.000 \text{ Pesos / año}$$

el costo de la inversión es de \$12'193,000 de pesos, lo que indica que se recupera en aproximadamente 30 meses.

Calculo de bancada de capacitores:

Dentro de las mejoras eléctricas se plantea instalar bancadas de capacitores automáticos ya que encontramos que el flujo de energía reactiva es muy variable en todos los casos analizados, El control se realiza mediante relés electrónicos reguladores del factor de potencia, que además automatiza la entrada y salida de los condensadores.

Para calcular la potencia (kVAr) del banco de condensadores para cada uno de los casos, solo basta saber la diferencia de potencia reactiva inductiva que tiene que ser anulada a partir del punto de intercepción con el condensador para llevar un bajo factor de potencia a un valor superior de 0.9.

Conocemos la potencia activa de cada uno de las subestaciones eléctricas por mediciones realizadas y otras por datos consignados en proyectos de grado ya mencionados, para el caso del auditorio conocemos la potencia activa (68 kW) y el factor de potencia al cual esta operando el sistema (0,78), de esta forma calculamos el valor del banco de condensadores así:

- Potencia reactiva para un factor de potencia de 0,78 es de 54,55 kVAr
- Potencia reactiva para un factor de potencia de 0,91 es de 30,98 kVAr

La potencia del banco de capacitores se calcula restando el valor de las dos potencias reactivas calculadas anteriormente, de esto se concluye que para el caso del Luis A. Calvo se requiere un banco de capacitores automático de 23,57 kVAr, Para este caso se recomienda un banco de 50 kVAr, ya que es el que se consigue comercialmente en Colombia.

3.3.1.3.1 Compensación de reactivos en subestación del Luis A. Calvo

Una vez realizada la monitorización de la subestación eléctrica del auditorio se encontró que el factor de potencia promedio estaba muy por debajo de los niveles estipulados para un día normal de operación por lo que se recomienda la instalación de un banco de condensadores automático de 50 kVAr en el transformador (B) que alimenta los sistemas de aire acondicionado del auditorio.

Como el problema de consumo de reactivos se presenta cuando el aire acondicionado se encuentra en funcionamiento, el banco de condensadores se deberá instalar en el lado de baja del transformador.

- Inversión (INV): la mano de obra y presupuesto para realizar el la instalación del banco de condensadores del transformador (B) de la subestación eléctrica del auditorio Luis A. Calvo se muestran en la tabla 14.

Tabla 14. Instalación de banco de condensadores del transformador (B) del Luis A. Calvo.

OBRA: Bancada de Condensadores automatico 50 kVAr / 5 pasos (10 kVAr) marca ABB					
Edificio Luis A. Calvo					
MATERIALES					
N°	DESCRIPCIÓN	CANT	UND	Vr UNITARIO	Vr TOTAL
1	banco de condensadores ABB / 50 kVAr / 440 V / 60 Hz	1	UN	\$5.984.000	\$5.984.000
2	interruptor S2N160/R100	20	m	\$150.000	\$150.000
3	Accesorios	1	Gl	\$ 30.000	\$ 30.000
SUBTOTAL					\$6.614.000
MANO DE OBRA Y EQUIPOS					
N°	DESCRIPCIÓN	CANT	REND	VALOR/DÍA	Vr TOTAL
1	Técnico	1	1	\$ 40.000	\$ 40.000
2	Herramienta menor	1	1	\$ 10.000	\$ 10.000
SUBTOTAL					\$ 50.000
COSTO DIRECTO					\$6.214.000

3.3.1.3.2. Compensación de reactivos en subestación del edificio de Administración

En una revisión del sistema eléctrico de la subestación de administración en el año 2007, por Sergio Andrey Ramírez Aponte [Ramírez, 2007], se encontró que el factor de potencia en el sistema eléctrico de la subestación de Administración estaba por debajo del valor penalizable y se recomendó la instalación de un banco de condensadores para mejorar el factor de potencia y así de esta manera facturar un menor consumo de potencia reactiva.

- Inversión (INV): la mano de obra y presupuesto para realizar la instalación de los bancos de condensadores de la subestación de Administración se muestran en las tabla 15.

Tabla 15. Instalación bancos de condensadores Subestación Administración transformador (A) de 75 kVA.

OBRA: Montaje de Bancada de Condensadores automaticos de 15 kVAr					
Edificio de Administracion					
MATERIALES					
N°	DESCRIPCIÓN	CANT	UND	Vr UNITARIO	Vr TOTAL
1	bancada de condensadores 15 kVAr/220V/60Hz	1	UN	\$ 1.760.000	\$1.760.000
2	interruptor SN160/R100	1	UN	\$150.000	\$150.000
4	accesorios	1	GI	\$30.000	\$30.000
SUBTOTAL					\$ 1.940.000
MANO DE OBRA Y EQUIPOS					
N°	DESCRIPCIÓN	CANT	REND	VALOR/DÍA	Vr TOTAL
1	Técnico	1	1	\$40.000	\$40.000
2	Herramienta menor	1	1	\$10.000	\$10.000
SUBTOTAL					\$ 50.000
COSTO DIRECTO					\$1.990.000

- Aumento de los costos de mantenimiento y operación (ACMO): se realizaría el mismo mantenimiento hasta ahora realizado.

3.3.1.3.3. Compensación de reactivos en subestación en subestación Civil

En una revisión realizada en el año 2007 en el sistema eléctrico de la subestación de Civil según proyecto de Sergio Andrey Ramírez Aponte [Ramírez, 2007], se encontró que el factor de potencia en el sistema eléctrico de la subestación, estaba por debajo del valor penalizable y se recomendó la instalación de un banco de condensadores automático para mejorar el factor de potencia y así de esta manera facturar un menor consumo de potencia reactiva.

- Inversión (INV): la mano de obra y presupuesto para realizar la instalación de los bancos de condensadores de la subestación de Civil se muestran en la tabla 16.

Tabla 16. Instalación bancos de condensadores Subestación Civil.

OBRA: Montaje de Bancada de Condensadores automaticos de 15 kVAr					
Edificio de Civil					
MATERIALES					
N°	DESCRIPCIÓN	CANT	UND	Vr UNITARIO	Vr TOTAL
1	bancada de condensadores 15 kVAr/220V/60Hz	1	UN	\$ 1.760.000	\$1.760.000
2	interruptor SN160/R100	1	UN	\$150.000	\$150.000
4	accesorios	1	GI	\$30.000	\$30.000
SUBTOTAL					\$ 1.940.000
MANO DE OBRA Y EQUIPOS					
N°	DESCRIPCIÓN	CANT	REND	VALOR/DÍA	Vr TOTAL
1	Técnico	1	1	\$40.000	\$40.000
2	Herramienta menor	1	1	\$10.000	\$10.000
SUBTOTAL					\$ 50.000
COSTO DIRECTO					\$1.990.000

- Aumento de los costos de mantenimiento y operación (ACMO): se realizaría el mismo mantenimiento hasta ahora realizado.

3.3.1.3.4. Compensación de reactivos en subestación Eléctrica Antigua.

En una revisión realizada en el año 2007 en el sistema eléctrico de la subestación de Eléctrica Antigua, se encontró que el factor de potencia en el sistema eléctrico de la subestación, estaba por debajo del valor penalizable y se recomendó la instalación de un banco de condensadores automáticos para mejorar el factor de potencia y así de esta manera facturar un menor consumo de potencia reactiva.

- Inversión (INV): la mano de obra y presupuesto para realizar la instalación de los bancos de condensadores de la subestación de Livianos se muestran en la tabla 17.

Tabla 17. Instalación bancos de condensadores Subestación Livianos.

OBRA: Montaje de Bancada de Condensadores automaticos de 15 kVAr					
Subestación Eléctrica Antigua					
MATERIALES					
N°	DESCRIPCIÓN	CANT	UND	Vr UNITARIO	Vr TOTAL
1	bancada de condensadores 15 kVAr/220V/60Hz	1	UN	\$ 1.760.000	\$1.760.000
2	interruptor SN160/R100	1	UN	\$150.000	\$150.000
4	accesorios	1	GI	\$30.000	\$30.000
SUBTOTAL					\$ 1.940.000
MANO DE OBRA Y EQUIPOS					
N°	DESCRIPCIÓN	CANT	REND	VALOR/DÍA	Vr TOTAL
1	Técnico	1	1	\$40.000	\$40.000
2	Herramienta menor	1	1	\$10.000	\$10.000
SUBTOTAL					\$ 50.000
COSTO DIRECTO					\$1.990.000

- Aumento de los costos de mantenimiento y operación (ACMO): se realizaría el mismo mantenimiento hasta ahora realizado.

4. PLAN TECNICO – FINANCIERO

Cada uno de los proyectos planteados para realizar dentro del sistema eléctrico de la UIS, conllevarán finalmente a realizar un uso racional y eficiente de la energía, así por ejemplo si se realiza la campaña URE en el campus central de la UIS, el personal docente, estudiantes y trabajadores comenzarán a conocer más a fondo sobre el desarrollo sostenible de las empresas planteado a nivel nacional por el gobierno cuando reglamentó la ley 697 de 2001, o aprender cómo influyen esos ahorros de energía en la disminución de la explotación de recursos naturales como son el carbón y la madera.

Además si se realiza la compensación de reactivos esto se reflejara en un menor costo económico en las tarifas de energía eléctrica mensuales.

La reducción del nivel de distorsión armónica permitirá que el sistema eléctrico sea más eficiente porque: se reducirá el sobrecalentamiento de motores y equipos conectados a la red, se disminuirán las pérdidas de energía, además de disminuir la cantidad de armónicos inyectados en la red.

El desbalance de los circuitos eléctricos hace que las aparezcan corrientes circulantes por el neutro, calentamiento de transformadores y motores, lo que conlleva a generar pérdidas de energía eléctrica.

Con relación al sistema de puestas a tierra, un alto valor de resistencia de puesta a tierra en una subestación eléctrica, puede en caso de presentarse una falla hacer que las corrientes de cortocircuito circulen por equipos instalados a la red como computadores y sistemas de iluminación o llegar a causar un daño a personal que este en contacto

con la red, esto se puede evitar mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo a las subestaciones haciendo el sistema eléctrico de la UIS más confiable y eficiente.

Finalmente, lograr que el plan para la utilización racional de la energía eléctrica en la UIS de resultados a mediano y largo plazo, requiere de la participación de todos los entes que componen la universidad y de una supervisión y seguimiento por parte de la División de Planta Física con la contratación de personal calificado.

Una vez realizados todos los procedimientos para encontrar las posibles áreas de ahorro energético, procedemos con la elaboración de un plan de ejecución en el cual debemos tener en cuenta lo siguiente:

- Implementación de mejoras a realizar en los sistemas eléctricos.
- El tiempo necesario para llevar a cabo cada mejora.
- El costo de cada una de las mejoras de los sistemas eléctricos.
- Las maneras de recuperación de la inversión (si existen).
- Las metodologías de control y seguimiento del proyecto.

El presente plan se organiza presentando todas las posibles mejoras del sistema eléctrico en dos grandes grupos así:

1. Proyectos de ahorro energético a corto plazo
2. Proyectos de ahorro energético a mediano plazo

A su vez dentro de cada grupo las mejoras del sistema eléctrico se organizan de acuerdo con el costo económico que conlleve cada una, organizando primero las mejoras en el sistema eléctrico que no requieren inversión relacionadas con modos operativos y de seguimiento y control como por ejemplo sustitución de fluorescentes de referencia T12 por tubos fluorescentes T8 a medida que se vayan dañando, desconexión de equipos que no estén en producción, ajustes de temperatura en los sistemas de aires acondicionados.

Una vez realizadas las mejoras de los sistemas eléctricos que requieren una inversión mediana, que generalmente tienen un retorno de la inversión menor a 12 meses como por ejemplo corrección del factor de potencia, capacitación del personal, disminución de la presencia de alteraciones armónicas en las señales de tensión y corriente.

Por último presentando las mejoras del sistema eléctrico que requieren una gran inversión como son la construcción de una nueva subestación principal, la implementación de nueva tecnología en las subestaciones.

4.1. Proyectos de ahorro energético a corto plazo

4.1.1. Campaña de uso racional de la energía eléctrica en la UIS

Una parte primordial para que el ahorro energético en la universidad se lleve a cabo es iniciar una campaña de concientización en todos los entes que conforman el claustro universitario, donde concientice de la importancia que tiene para el todos el ahorro energético.

Al realizar una revisión del consumo de energía eléctrica en la Universidad, se observa que es un promedio aproximado de 380,000 kW/h mensuales, lo que representa en costo aproximado de 95 millones de pesos, cifra bastante elevada teniendo en cuenta que en general el consumo de potencia activa se debe a la utilización de equipos de baja potencia como equipos de computo y sistemas de iluminación.

La campaña contiene además de información visual en todas las áreas de circulación del personal que labora y estudia en la universidad y un compromiso del personal docente para que en cada semestre se esté reforzando la importancia del ahorro energético en estos tiempos, ya que se ve el uso excesivo de los sistemas de iluminación y aires acondicionados en horas no laborables.

4.1.2. Balanceo de cargas en los circuitos eléctricos

Después de revisada la información de los estudios realizados a los sistemas eléctricos de la universidad se encontró que se debe realizar el balance de las cargas eléctricas en las siguientes subestaciones:

- Subestación del edificio del CENTIC
- Subestación del Coliseo
- Subestación de la sede de Guatiguará

El balance de las cargas no genera sobre costos, ya que se trata de redistribuir las cargas entre los circuitos existentes de manera que el nivel de desbalances en tensión no supere el 5% y en corriente no supere el 20% estipulado en la normatividad actual.

4.1.3. Compensación de reactivos

El consumo de energía reactiva le genera a la Universidad pérdidas económicas considerables, en algunas subestaciones existen sistema de compensación de reactivos, pero estos trabajan de forma constante sin importar el tipo de carga en funcionamiento, la propuesta de mejora requiere de la instalación de bancos de condensadores automáticos que solamente trabajen cuando sea necesario la compensación de reactivos y durante el tiempo que el factor de potencia no sea penalizable y que estos se mantengan sin funcionamiento.

Durante la revisión de las subestaciones y la información obtenida de los proyectos de grado realizados en la universidad se encontró que las subestaciones que requieren instalación de bancos de condensadores son las siguientes.

- Auditorio Luis A. Calvo
- Edificio de Administración
- Edificio de Civil
- Subestación de Eléctrica Antigua
- Sede Bucarica

4.1.4. Plan de mantenimiento de las subestaciones.

La universidad cuenta con un total de 19 subestaciones, 16 de estas se encuentran en el campus central y las restantes repartidas en las sedes de Guatiguará y en Bucarica.

Debido al elevado número de subestaciones y su importancia en el buen funcionamiento del sistema eléctrico de la Universidad se hace

necesario proponer un plan de mantenimiento preventivo y correctivo de las subestaciones eléctricas de la Universidad que se guie por las siguientes pautas:

1. Inspección visual

Esta se realiza para verificar que la subestación cumpla con la normatividad estipulada por el RETIE en cuanto a distancias de seguridad, condiciones generales de mantenimiento y aseo, entre otras.

2. Verificación de capacidades de corriente

Los fusibles, el totalizador, la acometida y el barraje tienen estipuladas unas capacidades de corriente las cuales deben estar de acuerdo a la capacidad nominal del transformador.

3. Análisis de demanda del transformador

Esta información ya se encuentra analizada en todas las subestaciones de la Universidad, por tal motivo solamente deberá llevarse un control de la misma.

4. Resistencia de aislamiento del transformador

La última medición de la resistencia de aislamiento de los transformadores entre los devanados de alta tensión, baja tensión y tierra de las subestaciones de la Universidad se realizó en marzo del 2007, y la reparación y mantenimiento de los mismos se realizó durante el primer semestre del mismo año, esta información deberá ser tomada en cuenta para la programación de próximas medidas de la resistencia de aislamiento y su posterior mantenimiento.

5. Rigidez dieléctrica del aceite

Durante la misma fecha de realización de las pruebas de medida de la resistencia de aislamiento del transformador se llevaron a cabo las mediciones de la rigidez dieléctrica del aceite en los

diferentes transformadores de la universidad exceptuando el del CENTIC ya que se encontraba con poco tiempo de uso, esta información deberá ser tenida en cuenta para futuras mediciones y así programar reparaciones en los transformadores.

6. Sistemas de puestas a tierra

La última medición de los sistemas de puestas a tierra se llevó a cabo en el año 2006, la cual arrojó datos acerca de todos los sistemas de tierra actuales de las subestaciones exceptuando la subestación de CENIVAM, los cuales en un gran porcentaje presentan una resistencia de tierra elevada, con esta información consignada en el proyecto de grado de Sergio Andrey Ramírez Aponte [RAMIREZ, S. 2006], se pueden planificar las reparaciones y acciones preventivas para el mantenimiento de las puestas a tierra de las subestaciones de la Universidad Industrial de Santander.

Toda la información recolectada en los numerales anteriores deberá ser consignada en planillas de control para llevar a cabo un programa de mantenimiento preventivo de las subestaciones de la Universidad.

4.1.5. Desconexión de transformadores

Se realizó la revisión de subestaciones eléctricas de la sede de Guatiguará y de la Planta de Aceros, encontrando que la cargabilidad de los transformadores no supera el 10% en ninguna de los dos subestaciones, por esta razón se recomendó realizar la desconexión de los transformadores y buscar una alternativa para alimentar las cargas que estaban instaladas a dichos transformadores, en la sede de Guatiguará se propuso instalar la carga a la subestación

nueva para suplir la desconexión del transformador y así eliminar las pérdidas por consumo de reactivos propios del transformador y en la planta de aceros se propuso alimentar las cargas instaladas desde la subestación de Química para obtener el mismo ahorro económico.

4.2. Proyectos de ahorro energético a mediano plazo

4.2.1. Contratación de recurso humano calificado

Se hace evidente que el sistema eléctrico de la Universidad sigue creciendo en los últimos años de forma acelerada, esto conlleva a la aparición de problemas debido principalmente a la instalación de nuevas cargas y a la falta de personal calificado que realice un seguimiento y revisión del sistema eléctrico.

Por esto se recomienda la contratación de personal calificado que realice junto con el personal de mantenimiento de Planta Física el seguimiento del sistema eléctrico de la Universidad Industrial de Santander.

4.2.2. Inversión de una nueva subestación principal

Durante la realización del presente trabajo de grado se encontraba en proceso la etapa de diseño eléctrico para la construcción de una nueva subestación principal del campus central de la UIS,

Esta propuesta se hizo necesaria debido a que la subestación de Eléctrica Antigua es la más importante ya que allí llega la acometida de media tensión de la Universidad, además se encuentra el seccionador principal y un barraje de media tensión del cual se alimentan de forma subterránea todas las demás subestaciones de la Universidad

exceptuando las subestaciones de Ciencias Humanas, Coliseo y CENIVAM.

4.2.3. Modernización de los sistemas de aire acondicionado

En muchas de las instalaciones y sedes de la Universidad se encuentran instalados sistemas de aire acondicionado antiguos, lo que los hace poco eficientes y con un consumo alto de energía eléctrica comparados con los sistemas actuales, además en algunos sistemas eléctricos como el de la sede de Bucarica ya fueron realizados análisis que demuestran que la mayor eficiencia de los sistemas de aire acondicionado de nueva tecnología y de capacidad de acuerdo a la necesidad del espacio a enfriar, lo que garantiza a largo plazo la recuperación de la inversión. Por lo tanto se recomienda el cambio de los sistemas de aire acondicionado antiguos de manera gradual para obtener así un ahorro económico a largo plazo.

4.2.4. Mejora y actualización de subestaciones eléctricas según RETIE

Realizadas las monitorizaciones de las subestaciones de la Universidad se encuentra que la mayoría de ellas no cumplen con la normas para las subestaciones eléctricas estipuladas en el RETIE, en general en todas las subestaciones se requiere realizar una limpieza para evitar que el polvo y la contaminación existente dañe el aislamiento de algunos equipos eléctricos. A continuación se realizará una descripción de las subestaciones que requieren una mejora en la parte física.

- Subestación de Eléctrica Antigua: esta convertida en una bodega donde se guardan libros, escombros y chatarra, las tapas de los gabinetes de media tensión, de los seccionadores y del tablero general se encuentran en mal estado por tanto no ofrecen seguridad al personal, además los cárcamos existentes no tiene tapas.
- Subestación Civil: es utilizado el cuarto para depósito de chatarra y material de construcción, los cárcamos existentes no tienen tapas presentando esto un problema de seguridad para el personal, el transformador no tiene un sistema que mantenga el operario de forma segura a una distancia mínima.
- Subestación Aceros: los cárcamos existentes no tienen tapas, el transformador no tiene un sistema que mantenga el operario de forma segura a una distancia mínima.
- Subestación Livianos: los cárcamos existentes no presentan tapas, la red subterránea de baja tensión se encuentra al descubierto lo que presenta un problema de seguridad para el personal, además el transformador no tiene un sistema que mantenga el operario de forma segura a una distancia mínima.

4.2.5. Mejoras en las redes de media tensión del campus central de la UIS

La Universidad Industrial de Santander cuenta con una red subterránea de media tensión a 13200 V, con diversas características físicas, se describen cada uno de los tramos de esta red en el proyecto de grado de Sergio Andrey Ramírez Aponte del año 2007 , [RAMIREZ, S, 2006]. Donde se presentan las recomendaciones de realización de mejoras de la red existente.

5. CONCLUSIONES

- Es necesario que la sociedad y en especial la comunidad universitaria se concientice de la importancia del URE con el fin de lograr no solo procesos más eficientes desde el punto de vista energético, sino que a su vez poder aportar en la preservación de los recursos energéticos no renovables, como fuentes indispensables para la preservación de energía.
- Debemos reconocer que el prestigio de la Universidad Industrial de Santander como institución de educación superior hace necesario que seamos consecuentes con el conocimiento transmitido en carreras como Ingeniería Eléctrica y reflejarlo en sus propias instalaciones.
- La Universidad Industrial de Santander debería contar con por lo menos un profesional en la parte eléctrica que se encargue de supervisar el mantenimiento eléctrico y realice funciones de interventoría en proyectos contratados en esa área.
- En este trabajo se propone un plan técnico-financiero para tener un uso racional de la energía eléctrica en la UIS, basados en algunos proyectos de grado realizados en los últimos años y en nuevos análisis realizados de los sistemas eléctricos.
- Una vez realizado el presente trabajo se encontraron grandes fallas en el sistema eléctrico de la UIS y sus sedes en el área metropolitana, por tanto se recomienda tener en cuenta este trabajo y otros que se realizan dentro de las instalaciones

eléctricas para que sean iniciados sus estudios para la futura implementación de las mejoras del sistema eléctrico allí planteadas.

- Se encuentra que dentro de las características de los transformadores instalados dentro de las subestaciones de la UIS como son: Laboratorio de Caracterización, Eléctrica Antigua, Ingeniería Civil, Jorge Bautista Vesga, Ciencias Humanas, CENTIC, Ingeniería Mecánica, INSED, Administración, Luis A. Calvo. Coliseo y CENIVAM dentro del campus central y en las sedes del área metropolitana de Bucaramanga como son Salud y Guatiguará; las relaciones de transformación de los transformadores son 13200/214-124 y 13200/220-127, por lo que se recomienda que en el proyecto de diseño y construcción de la nueva subestación principal se tengan en cuenta estos valores de tensión, para alimentar las subestaciones eléctricas con niveles de tensión adecuados y lograr tensiones de operación en el lado de baja tensión de $120 \pm 5\% V$.
- La última medición de los sistemas de puestas a tierra se llevó a cabo en el año 2006, [Ramírez. S, 2007] la cual arrojó datos acerca de todos los sistemas de tierra actuales de las subestaciones exceptuando la subestación de CENIVAM, los cuales en un gran porcentaje presentan una resistencia de tierra elevada, se deben planificar las reparaciones y acciones preventivas para el mantenimiento de las puestas a tierra de las subestaciones de la Universidad Industrial de Santander cumpliendo las recomendaciones del RETIE de 2008, donde se

estipulan todos los valores máximos de resistencia de puesta a tierra de las subestaciones eléctricas.

- Ligado a la revisión de los sistemas de puestas a tierra de las subestaciones eléctricas de la UIS, es necesario realizar un estudio de la coordinación de las protecciones eléctricas del sistema eléctrico de la universidad, para poder proyectar el sistema de protecciones como algo integral, de prioridad comenzando analizar la conveniencia de unificar las puestas a tierra para tener un sistema de protección que considere las exigencias del RETIE en instalaciones eléctricas, el análisis debe incluir un estudio de coordinación de protecciones.
- Dentro de los objetivos específicos del RETIE, 2008 se encuentra el establecer claramente las responsabilidades que deben cumplir todos los actores relacionados con los procesos de generación, transporte, distribución y comercialización de la energía eléctrica incluyendo a los dueños de las instalaciones eléctricas, lo que indica que la Universidad es la responsable del sistema eléctrico y por consiguiente es prioritario que se remodelen las instalaciones eléctricas para que se cumplan con las exigencias del RETIE.
- Como autor de este proyecto he valorado y dimensionado la necesidad del ahorro energético para un futuro cercano, ya que el consumo indiscriminado de los recursos naturales y la poca implementación de energías alternativas en nuestros tiempos me hace ver el panorama energético mundial de otra manera.

BIBLIOGRAFÍA

[RETIE, 2008]. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Reglamento técnico de instalaciones eléctricas. Abril 02 de 2007.

[NTC 2050, 1998]. ICONTEC, Código eléctrico colombiano, norma técnica colombiana NTC 2050, 1998.

[IEEE 1459, 2000]. Definiciones para la medición de cantidades de potencia eléctrica, bajo condiciones senoidales, no senosoidales, balanceadas o desbalanceadas, Estándar IEEE 1459 de enero de 2000.

[EN 50160, 1996]. Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución, Norma Española UNE_EN 50160 de octubre de 1996.

[POWERVISTA]. Analizador de redes Power Vista, manual de usuario.

[BONILLA, W. 2006]. Bonilla William, Propuesta para un uso racional de la energía en el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga en el sistema de subestación alimentadora de la planta de Bosconia, Universidad Industrial de Santander 2006.

[CALA, et al, 2006]. Cala Carlos, Consuegra Jaime, Ortega Elkin, Estudio de las instalaciones y redes eléctricas de los edificios de Ingeniería Química, Jorge Bautista Vesga de la UIS, Universidad Industrial de Santander 2006.

[DIAZ. C, 2007]. Cristian Andrés Díaz Duran, Análisis exergético en circuitos eléctricos de la sede UIS-BUCARICA, Universidad Industrial de Santander 2007.

[GONZALES & SALAZAR, 2007]. Carolina Gonzales Martínez, Pedro Leonardo Salazar Cárdenas, Aplicación del análisis exergético a circuitos de energía eléctrica en el Parque Tecnológico de Guatiguará, Universidad Industrial de Santander 2007.

[ESPARZA, et al, 2005]. José David Esparza, Fabio Alexis Prieto, Jaime Alirio Torres, Estudio de las instalaciones y redes eléctricas de los edificios de Laboratorio de Livianos, Camilo Torres y laboratorio de Posgrados de la UIS, Universidad Industrial de Santander 2005.

[QUINTERO & GOMEZ, 2007]. Alvin Didieth Quintero Vergel, Diofer Yesith Gomes Marín, Estudio y rediseño de las instalaciones eléctricas de la sede UIS-BUCARICA, Universidad Industrial de Santander 2007.

[RAMIREZ. S, 2007]. Sergio Andrey Ramírez Aponte, levantamiento de las redes eléctricas externas de media tensión del campus central de la Universidad Industrial de Santander, Universidad Industrial de Santander 2007.

[ALVAREZ, et al, 2006]. Rafael Luis Álvarez Mercado, Fernando Gonzales Vargas, Alberto Monterroza Romero, Levantamiento, rediseño y cantidad de obra de las instalaciones eléctricas del edificio de Biblioteca central de la Universidad Industrial de Santander, Universidad Industrial de Santander 2006.

[THERÁN & POSADA, 2006]. Gustavo Andrés Therán Herazo, Juan Carlos Posada Galvis, URE: Aplicación del análisis exergético a circuitos eléctricos de los edificios de la Facultad de Ingenierías Físico-Químicas y Planta de Aceros de la UIS, Universidad Industrial de Santander 2006.

[CARDENAS. C, 2005]. Carlos Arturo Cárdenas Guerra, Uso racional y eficiente de la energía: metodología de gestión energética desde un enfoque exergético para pequeñas y medianas empresas, Universidad Industrial de Santander 2005.

[SANCHEZ & CALDERON, 2007]. Nilson Alberto Sachez Castro, Vladimir Calderón, diseño de instalaciones eléctricas para cargas sensibles y protección contra rayos de edificio de administración, laboratorio de pesados y edificio luís arias. Universidad Industrial de Santander 2007.

[ESCOBAR. E, 2001]. Eloy Escobar, mantenimiento preventivo de las subestaciones de la UIS, Universidad Industrial de Santander 2001.