



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD

MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN

Título:

**ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS
LABORATORIOS DE MECÁNICA INDUSTRIAL Y
SOLDADURA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS
ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de magister en Electricidad mención sistemas eléctricos de potencia

Autor:

Aulestia Araujo Pablo Sebastián
Sánchez Lara Cristina del Rocío

Tutor:

Ing. Pacheco Mena Carlos Francisco MSc.

LATACUNGA – ECUADOR

2022

AVAL DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Estudio De Eficiencia Energética En Los Laboratorios De Mecánica Industrial Y Soldadura De La Universidad De Las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga” presentado por Aulestia Araujo Pablo Sebastián y Sánchez Lara Cristina Del Rocío para optar por el título magíster en Electricidad mención sistemas eléctricos de potencia.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera de que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, marzo, 29, 2022


.....
Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena MSc.
CC.: 0503072902

AVAL DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: Estudio De Eficiencia Energética En Los Laboratorios De Mecánica Industrial Y Soldadura De La Universidad De Las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Educación Inicial; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

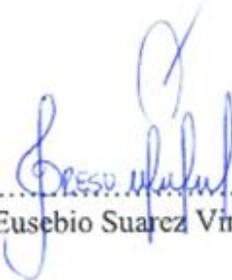
Latacunga, mayo, 13, 2022



.....
Ing. Jimmy Xavier Toza Iza MSc.
1717621062
Presidente del tribunal



.....
Ing. Marco Anibal León Segovia MSc.
0502305402
Lector 2



.....
Ing. Rommel Eusebio Suarez Vinueza MSc.
1804165353
Lector 3

DEDICATORIA

A mis padres Luis y Nubia quienes con su apoyo y amor me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí, el ejemplo de esfuerzo, valentía y no temer a las adversidades porque Dios está siempre conmigo dándome la fuerza de continuar en este proceso anhelado.

A mis hermanos José y Juan por su apoyo incondicional, cariño durante todo este proceso, por estar en todo momento gracias, a mis cuñadas Doris y Evelin por sus consejos y palabras de aliento que han hecho de mí una mejor persona.

Finalmente dedico esta investigación a mis sobrinos María, José, Camila y Juan por su amor, inspiración y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños.

Cristina Sánchez

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado conmigo hasta el día de hoy.

A mis padres, hermana y abuelitos, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, y en especial a mi amada Madre, por sus oraciones, consejos y palabras de aliento, quien a través de los años me ha inculcado el ejemplo de esfuerzo, responsabilidad y valentía, y sobre todo a no temerle a las adversidades, porque fue su perseverancia la que me apoyó día a día en mi formación e hicieron de mí una mejor persona.

Sebastián Aulestia

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud a Dios quien con su bendición llena siempre a mi vida y a toda mi familia. Mi profundo Agradecimiento a todas las autoridades, Docentes y personal que hacen la Universidad Técnica de Cotopaxi por confiar en mi al permitirme realizar la presente investigación y de manera especial a mi tutor Ing. Francisco Pacheco.

Cristina Sánchez

En primer lugar, deseo agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por haberme brindado la oportunidad de enriquecer mis conocimientos y de manera especial a mi tutor el Ing. Francisco Pacheco, por su apoyo asertivo y por haberme guiado en el desarrollo de esta tesis, permitiéndome culminar con éxito el presente trabajo de titulación contribuyendo a enriquecer aún más mi acervo de conocimientos.

Sebastián Aulestia

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga, marzo, 29, 2022



.....
Cristina del Rocío Sánchez Lara
0803088442

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.



Pablo Sebastián Aulestia Araujo
0502325954

Latacunga, marzo, 29, 2022

AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: Estudio De Eficiencia Energética En Los Laboratorios De Mecánica Industrial Y Soldadura De La Universidad De Las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, mayo, 13, 2022



.....
Ing. Jimmy Xavier Toza Iza MSc.
1717621062

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD
MENCION SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

Título: Estudio De Eficiencia Energética En Los Laboratorios De Mecánica Industrial Y Soldadura De La Universidad De Las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga.

Autor:

Pablo Sebastián Aulestia Araujo
Cristina del Rocío Sánchez Lara

Tutor:

Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena Msc.

RESUMEN

El presente proyecto pretende plasmar el análisis respecto a la eficiencia energética que se puede adquirir en los laboratorios de mecánica industrial y soldadura de la Universidad de las fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga mediante un estudio de cargas colocadas sobre el transformador de 100 kVA y 75 kVA respectivamente.

A partir de este estudio el objetivo de este proyecto es presentar de forma práctica propuestas en la reducción de consumo de energía eléctrica para la institución aplicando conocimientos de eficiencia, auditoria y consideraciones para establecer un ahorro de energía óptimo.

Para lo cual fue necesario revisar la situación energética de consumo de la Universidad de las fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga y programas de eficiencia energética implementados como: sustitución de luminarias ahorradoras, equipos de oficina, sistemas eléctricos industriales, ahorro de energía en motores y soldadoras, equipos ecológicos, medidas técnicas y estructurales para la disminución de intensidad energética.

Posterior a esta información se realizó un análisis técnico con la utilización de equipos de medición para observar el comportamiento de las cargas y consumo durante el uso de los equipos de laboratorios centrandó el área de estudio en el factor de potencia, registros de pagos de energía y propuestas de eficiencia energética para obtener mejor rendimiento en el pago de planillas.

Por último, se realizó una comparativa de dimensionamiento de los transformadores, registro de producción y aplicación de una auditoria energética aplicando conceptos de eficiencia energética y ahorro de energía los cuales permitirán establecer una reducción de consumo en la planilla eléctrica.

PALABRAS CLAVE: Eficiencia energética, consumo energético, situación energética, Auditoria energética.

**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
DIRECCION DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD
MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

Title: Study of Energy Efficiency in the Laboratories of Industrial Mechanics and Welding of the University of the Armed Forces ESPE Headquarters Latacunga.

Author:

Pablo Sebastián Aulestia Araujo
Cristina del Rocío Sánchez Lara

Tutor:

Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena Msc.

ABSTRACT

This project aims to capture the analysis regarding energy efficiency that can be acquired in the laboratories of industrial mechanics and welding of the University of the Armed Forces ESPE headquarters Latacunga through a study of loads placed on the transformer of 100kVA and 75kVA respectively.

From this study the objective of this project is to present in a practical way proposals in the reduction of electricity consumption for the institution applying knowledge of efficiency, auditing and considerations to establish optimal energy savings.

For which it was necessary to review the energy situation of consumption of the University of the Armed Forces ESPE Headquarters Latacunga and energy efficiency programs implemented such as: replacement of saving luminaires, office equipment, industrial electrical systems, energy saving in motors and welders, ecological equipment, technical and structural measures for the reduction of energy intensity.

After this information, a technical analysis was carried out with the use of measurement equipment to observe the behavior of loads and consumption during the use of laboratory equipment, focusing the study area on the power factor, records of energy payments and energy efficiency proposals to obtain better performance in the payment of payrolls.

Finally, a comparison of sizing of the transformers, production record and application of an energy audit was carried out applying concepts of energy efficiency and energy saving which will allow to establish a reduction of consumption in the electrical payroll.

KEYWORD: Energy efficiency, energy consumption, energy situation, energy audit.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD
MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

TOPPIC: "ENERGY EFFICIENCY STUDY IN THE INDUSTRIAL MECHANICS AND WELDING LABORATORIES OF THE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE LATACUNGA. "

Author: Aulestia Araujo Pablo Sebastián
Sánchez Lara Cristina del Rocío

Tutor: Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena Msc.

ABSTRACT

This project aims to capture the analysis regarding energy efficiency that can be acquired in the laboratories of industrial mechanics and welding of the University of the Armed Forces ESPE Latacunga headquarters through a study of loads placed on the transformer of 100 kVA and 75 kVA respectively.

From this study the objective of this project is to present in a practical way proposals for the reduction of electrical energy consumption for the institution applying knowledge of efficiency, auditing and considerations to establish optimal energy savings.

For which it was necessary to review the energy consumption situation of the University of the Armed Forces ESPE Latacunga and implemented energy efficiency programs such as: replacement of energy saving lights, office equipment, industrial electrical systems, energy savings in motors and welding machines, ecological equipment, technical and structural measures to reduce energy intensity.

After this information, a technical analysis was carried out with the use of measuring equipment to observe the behavior of loads and consumption during the use of laboratory equipment, focusing the area of study on the power factor, energy payment records and energy efficiency proposals to obtain better performance in the payment of bills.

Finally, a comparative sizing of transformers, production register and application of an energy audit were carried out, applying concepts of energy efficiency and energy saving, which will allow to establish a reduction of consumption in the electric bill.

KEYWORDS: Energy efficiency, energy consumption, energy situation, energy audit.

Yo, Marco Paul Beltrán Semblantes con cédula de identidad número:0502666514 Magister en Lingüística Aplicada a la Enseñanza del idioma Inglés como Lengua Extranjera con número de registro de la SENESCYT: 1020-2021-2354162; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: "ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS LABORATORIOS DE MECÁNICA INDUSTRIAL Y SOLDADURA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA" de: Aulestia Araujo Pablo Sebastián y Sánchez Lara Cristina del Rocío, aspirantes a Magister en Electricidad, Mención Sistemas Eléctricos de Potencia.


Mg. Marco Paul Beltrán Semblantes
0502666514



Latacunga, mayo, 2022

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO I	21
CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEORICA- METODOLÓGICA.....	21
1.1 Antecedentes de la investigación o fundamentación del estado del arte.....	21
1.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	23
1.3 FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA	44
1.3.1 TIPO DE INVESTIGACION.....	44
1.3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	44
1.3.3 TECNICAS E INSTRUMENTOS.....	44
1.4 Conclusiones Capítulo I.....	47
CAPÍTULO II. PROPUESTA.....	48
2.1 Recopilación de información	48
a. Título del proyecto.....	48
b. Objetivo del proyecto.....	48
2.2 Justificación de la propuesta.	48
2.3 Identificación del sistema eléctrico.....	49
2.4 Mediciones de parámetros eléctricos en los transformadores de 75 kVA y 100 kVA.....	55
2.4.1 Transformador de 75kVA	56
2.4.2 Transformador de 100 kVA.....	60
2.5 Carga Instalada.....	63
2.6 Mediciones Cámara Termografía Fluke Ti32.	64
2.7 Mediciones luxómetro.	65
2.8 Arquitectura, diseños, planos detallados de la propuesta.....	66
2.9 Cargas inductivas.....	68
2.10 Redimensionamiento de cargas lumínicas	69
2.11 Pliego tarifario del año 2019 y 2020.....	69
2.12 Evaluación del sistema en tiempo real.....	70
2.13 Conclusiones Capítulo II.-	72
CAPÍTULO III	73
CAPÍTULO III. APLICACIÓN Y/O VALIDACION DE LA PROPUESTA.....	73
3.1 Análisis de Resultados de la Auditoria Energética.....	73
3.2.1 Reemplazo del Sistema de Iluminación	74

3.2.2	Corrección del factor de potencia.....	76
3.2.3	Presupuesto del sistema de corrección de factor de potencia.....	77
3.2.4	Costos de penalización por bajo factor de potencia.....	77
3.3	Validación técnica -económica de los resultados	80
3.4	Evaluación de expertos.	82
3.5	Evaluación de usuarios. -	84
3.6	Evaluación de impactos o resultados	85
	Conclusiones del III capítulo. -	85
	Conclusiones generales:	85
	Recomendaciones	86
	Referencias bibliográficas	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Sistemas de tareas en relación a los objetivos específicos:	18
Tabla 2	Voltajes nominales en bajo voltaje.....	26
Tabla 3.	Cargos Tarifarios Vigentes Para Clientes Industriales.....	41
Tabla 4.	Elementos de generación.	49
Tabla 5.	Acometida.....	50
Tabla 6.	Cargas Conectadas al Transformador T1.	50
Tabla 7.	Cargas Conectadas al Transformador T2.	50
Tabla 8.	Carga total instalada (Detalle de tabla anexo J).	53
Tabla 9.	Elementos de consumo, etapa de potencia (Detalle de tabla anexo K).	53
Tabla 10.	Elementos de consumo etapa de iluminación.	53
Tabla 11.	Índices de consumo talleres.	54
Tabla 12.	Índices de consumo de luminarias.....	55
Tabla 13.	Mediciones Cámara Termografía Fluke Ti32.....	64
Tabla 14.	Elementos de consumo etapa de iluminación y oficina.....	66
Tabla 15.	consumo eléctrico del sistema de iluminación.....	69
Tabla 16.	Comparativa luminaria instalada - propuesta	69
Tabla 17.	Inversión Luminaria	74
Tabla 18.	Mantenimiento de transformadores.....	74
Tabla 19	Adecuación de la infraestructura de conexiones	76
Tabla 20	Corrección del factor de potencia en el estándar K.....	76
Tabla 21.	Presupuesto del sistema de corrección de factor de potencia	77
Tabla 22.	Datos de facturación con penalización 2019	77

Tabla 23. Datos de facturación con penalización 2020	79
Tabla 24. Validación técnica -económica de los resultados.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución del consumo de energía final sector Edificios Domésticos (2010)..	29
Figura 2. Analizador de calidad eléctrica Fluke 435	35
Figura 3. Calculadora de pérdida de energía eléctrica de la serie 430-II de Fluke.....	36
Figura 4. Captura de datos Power Wave	36
Figura 5. Cámara termográfica Fluke Ti32.	37
Figura 6. Luxómetro DT-8808.	38
Figura 7. Características luxómetro DT-8808.	38
Figura 8. Evolución Decenal De Energía Por Grupo De Consumo	40
Figura 9. Balance de Energía en hidrología media.....	40
Figura 10. Evolución histórica y proyección de la facturación total de energía por grupo de consumo.	42
Figura 11. Evolución histórica y proyección de la facturación total de energía en el Ecuador	43
Figura 12. Diagrama de flujo del proceso metodológico para el desarrollo del proyecto ...	46
Figura 13. Talleres ESPE Carga Instalada	54
Figura 14. Luminarias Instaladas.....	55
Figura 15. Medición de Tensión.....	56
Figura 16 Medición de Corriente.....	57
Figura 17 Medición de Potencia.....	58
Figura 18 Medición del factor de potencia.....	59
Figura 19 Medición de Armónicos de Tensión	59
Figura 20 Medición Armónicos de Corriente.....	60
Figura 21 Medición de Tensión.....	61
Figura 22 Medición de Potencia.....	61
Figura 23 Medición del factor de potencia.....	62
Figura 24 Medición de Armónicos de Tensión	62
Figura 25 Medición Armónicos de Corriente.....	63
Figura 26 Potencia instalada en el Campus.....	63
Figura 27 Luminaria instalada en el Campus	64
Figura 28 Imagen térmica del transformador de 75 kVA	65
Figura 29 Medición luxómetro.....	65
Figura 30 Medición luxómetro aula.....	66
Figura 31 Fuentes de alimentación ESPE-L.....	67
Figura 32 Diagnostico de Fuentes de alimentación ESPE-L	67
Figura 33 Fuentes de alimentación ESPE-L simulación.....	68
Figura 34 Resumen consumo energético año 2019	70
Figura 35 Resumen consumo energético año 2020	70

Figura 36 Resumen registro de datos del transformador de 100KVA.....	71
Figura 37 Resumen registro de datos del transformador de 75KVA.....	71
Figura 38 Facturación por costos de penalización en comparación con el factor de potencia en el año 2019.....	78
Figura 39 Facturación por costos de penalización en comparación con el factor de potencia en el año 2020.....	79
Figura 40 Ahorro costos sin penalización.....	80
Figura 41 Curva VAN vs TIR de la propuesta de eficiencia.....	81

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene por objeto el realizar una auditoria energética de nivel III en los Laboratorios de Mecánica Industrial y Soldadura en la Universidad de las Fuerzas Armadas sede Latacunga, con el fin de identificar las causas del consumo excesivo de energía y el bajo factor de potencia que presenta la institución en su facturación energética y determinar medidas de uso eficiente de la energía. La metodología que se propone en el trabajo, es realizar un levantamiento de información del sistema eléctrico implementado, y clasificar de forma eficiente las cargas del edificio Antiguo (E.A) junto al laboratorio de Mecánica industrial de la institución alimentadas por el transformador de 75 kVA y la sección del Laboratorio de Soldadura y las nuevas edificaciones construidas en la Universidad.

Las secciones que se detallarán en el documento son la fundamentación teórica recopilada para el desarrollo del proyecto. En el Capítulo II se describe el seguimiento de la propuesta especificando las normas técnicas internacionales que se utilizaron para la estructura de la investigación. La propuesta consta de la información del sistema eléctrico implementado en la institución, la metodología de mediciones y la evaluación de parámetros eléctricos de consumo. El Capítulo III presenta el análisis de resultados obtenidos para la validación técnica y económica de la propuesta del proyecto, en donde se demuestra la hipótesis con un estudio enfocado en un diagnóstico y auditoria energética evidenciado el impacto de los costos y beneficios del consumo energético en los Laboratorios de Mecánica Industrial y Soldadura de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga.

Antecedentes: Para la realización de este trabajo se usa la línea de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi para la maestría de electricidad la cual se basa en Energías

alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental, donde se determina como sub-línea de investigación la conversión y uso racional de la energía eléctrica permitiendo así encontrar las temáticas que se ajusta al presente proyecto como la eficiencia energética y desarrollo sostenible conjuntamente con sostenibilidad energética y medio ambiente correspondientes a los métodos establecidos en el programa.

En el desarrollo del presente proyecto se implementará la investigación documental, basado en la recolección de información a través de publicaciones e información técnica relacionada con auditoria de eficiencia energética, calidad energética y consumo energético en el sector industrial.

Bajo estos principios se ha establecido que el ahorro en el consumo de energía y la eficiencia energética constituyen un elemento fundamental para el cuidado del medio ambiente; por ende, se debe llegar a reflexionar sobre los factores que influyen en las decisiones de ahorro y eficiencia energética, y sobre las políticas más adecuadas para su correcto aprovechamiento.

Tomando en cuenta que en las edificaciones del sector público se generan altos índices de perdidas energéticas, también se nota una mínima seguridad de suministro, establecido esto su repercusión es el costo energético y de mantenimiento, así como otros beneficios y costos asociados [1] .

El incremento constante de los estudiantes en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga ha ido generando una reactualización de equipos en los diversos laboratorios y de ser el caso incrementar el número de equipos para el mejor aprendizaje de sus estudiantes en los laboratorios de mecánica industrial y soldadura al presentar estas mejoras se llega a obtener un sistema integrado correspondiente al incremento tanto en la demanda de consumo energético, topología de la red instalada y todos los servicios en referencia a la energía eléctrica.

Al referirse a los cambios realizados en dichos laboratorios un estudio minucioso lograría determinar las posibles debilidades en la restructuración de los diferentes sistemas instalados y a su vez determinar los beneficios como podrían ser una actualización de los diagramas

unifilares, arreglos en la acometida eléctrica, estado actual del sistema de potencia, mantener su normal funcionamiento y cargabilidad en las líneas de alimentación [2].

En el siguiente proyecto de estudio se ha considerado un análisis de calidad de energía, prestando atención minuciosa a los armónicos presentes en el sistema eléctrico para los laboratorios de mecánica industrial como de electrónica donde se estudie el sistema de distribución de energía eléctrica para determinar aparición de corrientes y/o tensiones armónicas en el sistema eléctrico, y las consecuencias que estos producen que son el aumento de pérdidas de potencia activa, sobretensiones en los condensadores, errores de medición, mal funcionamiento de protecciones, daño en los aislamientos, deterioro de dieléctricos, disminución de la vida útil de los equipos, entre otros [3].

Mediante diferentes estudios dimensionados a sistemas específicos se ha logrado obtener formas más eficientes de mejorar estas fallas es crear estrategias generales de estimación de consumo basado en la reducción de las impedancias sobre el sistema es decir obtener una calidad de energía en la forma de onda y la continuidad del suministro [1] [3].

Por lo tanto, lo que se plantea en esta investigación es determinar estrategias de depuración de la señal eléctrica de la red de suministro de los laboratorios de mecánica industrial y soldadura de la Universidad de las Fuerzas Armadas Sede Latacunga mediante el estudio de los armónicos , impedancias y calidad de energía presente en el sistema de suministro con herramientas de simulación y modelos matemáticos para determinar medidas de uso eficiente de energía y estimación correcta de las dimensiones de transformadores, protecciones y mantenimiento del sistema eléctrico existente para evitar altos consumos de corriente [4].

Planteamiento del problema: En la Universidad de las fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga no se ha evaluado el consumo y balance de energía desde el año 2009, por la utilización de equipos y maquinaria implementados en los Laboratorios de Mecánica Industrial y Soldadura de la Institución. Estas instalaciones han sido objeto de estudio debido a que la Universidad incurrirá en multas con la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi (ELEPCO S.A.), por el bajo factor de potencia que presenta la institución. Por otro lado, al haber edificado nuevos salones de clases, la adhesión de cargas ha sido desmedida y sin ningún estudio previo de balance de cargas eléctricas. Además, se ha reportado desperfectos

en los dispositivos eléctricos y electrónicos conectados a la red de alimentación energética, debido a los sobre voltajes y corrientes parásitas presentes en la misma, dando lugar a la presencia de ruido eléctrico en sus conexiones aledañas al laboratorio de mecanizado y por ende se evidencia el alto consumo de energía.

Formulación del problema: En la actualidad es necesario realizar un estudio integral del sistema energético que posee la institución educativa para determinar indicadores de energía relacionados con sus principales actividades que es el mecanizado y soldadura. En función del análisis del problema, ha sido pertinente realizar un diagnóstico y auditoría en el comportamiento del sistema eléctrico de los laboratorios para elaborar la propuesta de medición y ahorro energético, que permitan a la Universidad reducir el consumo de energía y evitar penalizaciones causadas por el bajo factor de potencia y pérdidas relevantes por fallos en equipos tecnológicos de la institución. ¿El estado de los equipos, el tipo de luminarias y la distribución desbalanceada de cargas en el sistema eléctrico influirá en el alto consumo energético?

Objetivo General: Realizar una Auditoría Energética en los Sistemas de Alimentación de los Laboratorios de Mecánica Industrial y Soldadura de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Extensión Latacunga, para determinar medidas de uso eficiente de energía.

Objetivos Específicos

- Enlistar las normativas relacionadas con estudios de eficiencia energética en edificaciones existentes.
- Análisis del desempeño en calidad y eficiencia en el laboratorio de mecánica industrial de la universidad.
- Presentar un plan de uso eficiente de energía validados de forma técnica y económica.

Tabla 1 Sistemas de tareas en relación a los objetivos específicos:

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
-----------------------	--------------------	---------------------------	---

Investigar la fundamentación teórica acerca del análisis de eficiencia energética en la industria y edificaciones residenciales, a través de la recopilación de información de fuentes científicas aplicadas consumo y ahorro de energético.	Recopilación de información de bases digitales.	Estado del arte de los trabajos relacionados al proyecto de investigación.	Lectura crítica.
Identificar los sistemas de alimentación principal a los laboratorios de Mecánica Industrial y Soldadura de la Universidad para determinar y cuantificar los indicadores de consumo energético.	Levantamiento de información del sistema eléctrico de los laboratorios de estudio. Adquisición de datos históricos del año y medición de características electromagnéticas y campos magnéticos.	Indicadores de consumo energético.	Muestreo de las señales eléctricas y simulaciones.
Evaluar y validar la propuesta de eficiencia energética para la disminución del consumo eléctrico e incrementar el factor de potencia de operación de los laboratorios de la Universidad.	Validación de la propuesta de investigación.	Plan de ahorro y consumo energético.	Comparación de resultados e indicadores con las normas internacionales de consumo energético.

Justificación: Uno de los principales inconvenientes en la actualidad en el sector industrial y académico, es el alto consumo energético y bajo presupuesto para mantenimiento de instalaciones y laboratorios en las universidades públicas. La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga cuenta con varias instalaciones de gran importancia para la preparación técnica de los profesionales alineados en las ramas de Electromecánica, Electrónica, Mecatrónica, Automotriz y Software. Es por ello que la institución cuenta con laboratorios especializados en mecanizado, soldadura, robótica industrial y electrónica digital. Es ahí el foco de consumo energético de la Institución donde los sectores que han sido tomados como caso de estudio son las instalaciones de Soldadura y Mecánica Industrial,

debido a que son edificaciones con mayor demanda energética y los que han generado gran cantidad de inconvenientes, provocados por sobredimensionamientos de consumo de energía, provocando fallas en el sistema eléctrico de los laboratorios y oficinas contiguas. Existen varias razones que no son complicadas de entender para fomentar nuevas prácticas constructivas a nivel industrial con el fin de que tengan un consumo energía eficiente de forma continua. Es por ello que este proyecto tiene con objetivo analizar las causales del bajo factor de potencia y bajo rendimiento energético en los laboratorios de mecánica industrial y soldadura de la institución formadora. Proponiendo un estudio de armónicos, impedancias y características de la red eléctrica y los transformadores que suministran energía a los laboratorios. De esta manera encausar una planificación para mejorar la eficiencia energética, ahorrar el consumo de eléctrico y recomendar técnicas de mantenimiento para reducir los daños ocasionados en equipos tecnológicos debido a las sobrecargas y la pureza de la onda eléctrica. La importancia de este trabajo radica en el diagnóstico y auditoría energética propuesta en la investigación. El beneficiario directo de este proyecto es la Institución, ya que obtendrá un estudio enfocado en la optimización de energía y ahorro monetario por incremento del factor de potencia, reduciendo las pérdidas de energía. Por otro lado, el estudiantado es un beneficiario indirecto ya que la universidad contara con recursos económicos adicionales anuales dentro de sus partidas, que les permitirán solventar proyectos de investigación que aporten al desarrollo de la matriz productiva del país.

Hipótesis: Una auditoría energética en el sistema de alimentación permitirá determinar factores que influyen en el excesivo consumo energético en los Laboratorios de Mecánica Industrial y Soldadura de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.

CAPÍTULO I

CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEORICA- METODOLÓGICA

1.1 Antecedentes de la investigación o fundamentación del estado del arte.

El consumo de energía en el sector industrial y residencial es un factor muy relevante en la sostenibilidad económica, social y ambiental de un estado. En este trabajo se ha realizado una revisión bibliográfica de las metodologías y propuestas de ahorro energético. La eficiencia y ahorro energético conforman un pilar fundamental para la conservación del medio ambiente, por ende, en este trabajo se realizará un análisis de los factores que influyen en las propuestas de ahorro energético, y sobre los métodos y políticas más adecuadas para asegurar la viabilidad del proyecto [5].

Una de las técnicas comerciales que han estado sobresaliendo en el mercado de eficiencia energética son partiendo desde la optimización de los equipos de producción en una industria. En el caso de maquinaria de perforación y de corte, los distintos equipos cuentan con controladores inteligentes de aceleración sincronizados con la alimentación de la red para reducir el consumo energético. Ahondando en la revisión bibliográfica existen trabajos que se enfocan en una propuesta energética para evaluar altos consumos de electricidad, reemplazando luminarias obsoletas, reemplazando motores antiguos por otros de alta eficiencia y en especial lámparas fluorescentes con el fin de aprovechar los espacios de trabajo de manera óptima y con cantidad mínima de iluminación, en donde los beneficios son seguridad y salud para los trabajadores sin alterar su confort [6] [7].

Los mayores índices energéticos se evidencian en las edificaciones del sector público, es por esto que gran número de trabajos relacionados con la temática mencionada en este trabajo, se inclinan en la reducción de consumo eléctrico en el sector hospitalario, que al ser entidades con operaciones de 24 horas diarias al igual que industrias de producción y manufactura, presenta un alto grado de consumo energético. En el estado ecuatoriano se han realizado grandes estudios de eficiencia energética, como es el caso del Hospital Carlos Andrade

Marín. Los autores optaron por presentar un proyecto técnico y económico de ahorro de energía basado en las características de consumo, a través de simulaciones y modelos matemáticos representativos, para el mejoramiento del sistema de iluminación. El trabajo citado realizó una comparación con indicadores hospitalarios de consumo de energía de Chile y la India, con una reducción de energía del 12 %. Sin embargo, la tasa interna de retorno no es justificable para los años de recuperación económica [8].

Continuando con los estudios hasta la actualidad se analiza un sistema eléctrico de una edificación hospitalaria gubernamental, en la que revela que el sistema de iluminación es el indicador de mayor consumo, pero manteniendo los mismos criterios de trabajos previos mencionados en la redacción, el autor redundó en proponer el reemplazo de luminarias por tecnologías led, acortando el consumo en un 23 % por día, y adicionando un análisis financiero que demuestra el pronto retorno de la inversión inicial. La revisión bibliográfica de la literatura de eficiencia energética muestra comúnmente a los sistemas de iluminación, inconvenientes que provocan el consumo excesivo de energía eléctrica. Es así como estudios realizados en las instalaciones de los Hospitales Homero Constainer y San Vicente de Paul respaldan estas afirmaciones, ya que también mencionan propuestas de cambio de luminarias y balastos electrónicos a través de controles automáticos, adicionalmente se especifica que este tipo de instalaciones cuentan con sistemas de fuerza e informática, que de cierta forma coadyuvan al incremento de los índices energéticos y económicos [9].

Los trabajos mencionados muestran siempre una tasa interna de retorno no justificable con el tiempo de recuperación y vida útil de las máquinas y dispositivos [10] [11].

En los dos últimos años previos a la investigación de este proyecto, se han encontrado trabajos con enfoque modelos de gestión energética para el sector residencial, por medio de la determinación de indicadores de eficiencia energética, proponiendo la instalación de medidores inteligentes, sin embargo el costo de inversión sigue siendo elevado, es por ello que como medidas alternativas, han optado por la renovación de aparatos eléctricos y en últimas instancias fomentar la conciencia energética en las personas, cuyos resultados han reducido en un 10% el consumo eléctrico y desembolso económico [12] [13].

Estudios recientes que han despuntado como optimización de la energía, son los análisis paramétricos de sistemas y generadores, basándose en establecer características de evaluación matemática que describan a las máquinas de forma general, y así poder variar los factores que incidan con mayor relevancia en el consumo eléctrico. Finalmente, el presente proyecto se enfoca un estudio de eficiencia energética de los laboratorios de Mecánica Industrial y Soldadura de la Universidad de las fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga, que conjuga los dos campos de estudio, como es el residencial y producción, gracias a las instalaciones y equipos que están a disposición de la comunidad universitaria. De tal manera que se puedan identificar los problemas de mayor incidencia en el consumo energético y bajo factor de potencia [14].

La importancia de realizar esta investigación es que no existen estudios previos que propongan una solución de mejora desde hace 10 años. Y la principal causa es el incremento de edificaciones para el estudiantado y la antigüedad del sistema eléctrico implementado. La distribución de cargas ha sido instalada sin algún estudio previo, por lo que ha provocado varios desperfectos en el sistema eléctrico y por ende en los equipos electrónicos de oficina y laboratorios. El proyecto se enfocará en una propuesta de mejora energética para reducción de consumo eléctrico y un análisis financiero que demuestre la rentabilidad de inversión, que es el pilar fundamental para un desarrollo productivo de una institución gubernamental, ya que en los últimos años ha tenido un déficit presupuestario debido a las medidas de austeridad y crisis económica que enfrenta el país.

1.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El sistema eléctrico de potencia ubicado en las instalaciones de la ESPE-L matriz está sujeto a diferentes modificaciones acorde al avance o crecimiento del alumnado con el pasar del tiempo es por eso que se debe establecer parámetros de diseño o mejora entre las líneas de transmisión interconectadas en los laboratorios para determinar el consumo energético que presentara el establecimiento educativo.

EFICIENCIA ENERGÉTICA

La Eficiencia Energética se puede definir como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir nuestro confort y calidad de

vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso [15].

AUDITORÍA ENERGÉTICA

La auditoría energética es un procedimiento sistemático para obtener un adecuado conocimiento del perfil de los consumos energéticos en una instalación, identificando y valorando las posibilidades de ahorro de energía desde el punto de vista técnico y económico.

OBJETIVOS DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA

Se debe tomar en cuenta los siguientes objetivos para tener una mejor evaluación de un sistema eléctrico respecto a su estado:

- Conocer la situación energética actual de las instalaciones.
- Identificar donde y como se producen los consumos de energía y los factores que afectan a dicho consumo.
- Mejorar la eficiencia de las instalaciones.
- Detectar y evaluar las posibilidades de ahorro y de mejora de la Eficiencia Energética.
- Proponer mejoras y realizar su evaluación técnica y económica.

BENEFICIOS DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA

- Se reducen los costes, debido a la disminución de los consumos energéticos.
- Prolongación de la vida útil de los equipos.
- Mejora la imagen de la institución o entidad por verse asociada al cuidado del Medio Ambiente.

PASOS NECESARIOS PARA REALIZAR UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA ELÉCTRICA EN UNA INSTITUCIÓN O ENTIDAD

1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN E INVENTARIO GENERAL DE LAS INSTALACIONES

El objetivo principal de la recolección de datos es encontrar cuánta energía está entrando en el sistema y hacia donde está dirigiéndose [15].

Y estará enfocada a los siguientes aspectos:

- Identificación de las áreas principales.
- Identificación de las fuentes de energía.
- Identificación de los consumidores de energía, capacidad instalada y horas de operación.
- Información histórica de las facturas de los suministradores de energía.

2. ELABORAR BALANCES DE ENERGÍA

Con el fin de mejorar el análisis de balances de energía se toma en cuenta las siguientes consideraciones:

- Toma de datos.
- Registros y mediciones puntuales.
- Las diferentes formas de energía que entran o salen del sistema deben estar referidas a un mismo período de tiempo y expresadas en las mismas unidades.
- Los balances deben regirse por el principio de que la energía que se aporta al sistema es idéntica a la que éste cede.

3. DETERMINAR LOS POTENCIALES DE AHORRO DE ENERGIA

Para establecer los mejores sitios de ahorro de energía en las instalaciones es recomendable determinar la incidencia del consumo de energía, obtener índices de evaluación energética, consumo específico de energía, factor de carga y así evitar posibles derroches en estas áreas. Con la información obtenida se lograría obtener un sistema de medición posible para el mejor uso de la energía eléctrica y satisfacer un ahorro óptimo, este podría ser establecido en etapas como:

- Medidas de bajo costo
- Medidas de inversión media
- Medidas de inversión mayoritaria

Los mismos que serán medidos desde un promedio de los 6 meses hasta los 2 años tiempo en el cual se puede justificar las inversiones hechas y verificar el estudio de factibilidad en los sistemas instalados o posibles arreglos generados. [15]

Bajo estos parámetros se lograría realizar un informe de datos recopilados, mediciones realizadas para llegar a obtener los indicios de una mejora en la eficiencia energética en la institución estudiada.

SISTEMAS ELÉCTRICOS

El sistema eléctrico instalado en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L sede Latacunga corresponde a niveles de medio voltaje establecidos por el sistema interconectado no mayor a 600 voltios y de 13.8 kv en alta y en baja de 220 v.

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE BAJO VOLTAJE

Se ha establecido como parámetro de estudio de este sistema un voltaje nominal menos a 600 V para corriente alterna. [16]

Estos voltajes nominales normalizados son:

Tabla 2 Voltajes nominales en bajo voltaje.

MONOFÁSICA	TRIFÁSICA
120 V	208/120 V
240/120 V	220/127 V
	210/121V

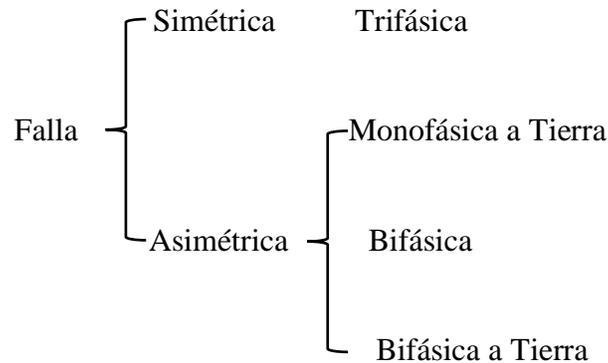
Para un sistema eléctrico de potencia de bajo voltaje se debe revisar variables importantes como:

- Voltaje.
- Número de fases.
- Tipo de acometida (Aérea, Subterránea).
- Situación geográfica.
- Tipo de carga.
- Número de usuarios.

Donde se puede apreciar claramente los sistemas instalados en las edificaciones de estudio tomando en cuenta líneas áreas, líneas subterráneas y fallas en los sistemas eléctricos de potencia.

Dentro de las fallas de los sistemas eléctricos de potencia se puede establecer cambios en las impedancias, actuadores posiblemente abiertos los mismos que pueden causar fallas asimétricas por el funcionamiento de fusibles u otros mecanismos que generen cambios en las tres fases de conexión.

Estas fallas se resumen en:



Al analizar estas fallas eléctricas en los sistemas podemos determinar que los principales factores de daño son los siguientes: [16]

- Sobrecargas.
- Sobrevoltajes.
- Cortocircuitos.
- Descargas Atmosféricas

SOBRECARGAS

Se origina al momento que el valor de la corriente supera el valor nominal para el que está diseñado el sistema, es decir un exceso de consumo eléctrico por alta demanda, falla que se puede identificar claramente por calentamiento y destrucción de los aislamientos.

SOBREVOLTAJES

En este caso se distingue fácilmente dos tipos de sobrevoltajes conocidos como el de origen externo y el de origen interno.

Origen externo se lo distingue por actuación directa de ciertos fenómenos como son inducción electrostática, rozamiento del aire en los conductores que formaran cargas progresivas y dañinas al sistema, cortes en diferentes superficies eléctricas de carga producida.

Origen interno aquellas fallas presentes en los diferentes elementos instalados los sistemas eléctricos se pueden producir por cambios en las redes y malas maniobras en acoplamientos de los elementos eléctricos.

CORTOCIRCUITOS

Fallas de sistemas eléctricos producidas al momento de que el sistema entra en contacto con la tierra de los conductores o unión de las diferentes fases entre si incrementando las corrientes de cortocircuito hasta 20 veces sus valores nominales de operación.

DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Fenómeno producido por el aire ionizado sobre un conductor consecuencia de presencias de rayos generados desde la nube hasta la tierra cayendo directamente sobre la red de distribución eléctrica. [16]

EFICIENCIA EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

Se exige un plan de ahorro vigente para el año 2020 el cual permita mejorar el uso energético mediante las estrategias establecidas en el año 2006 donde se estable un uso moderado y ahorro eficiente de la energía eléctrica. [17]

El cual establece que el, pero de consumo en el sector urbano de edificaciones eléctricas se consume mayor mente la energía y a la vez presenta un abuso y desperdicio de la misma tanto por iluminación como por el equipamiento exigido por el nivel administrativo de sector que se establece en el cual se identifica que un 50 % abarca este consumo en el sector urbano.

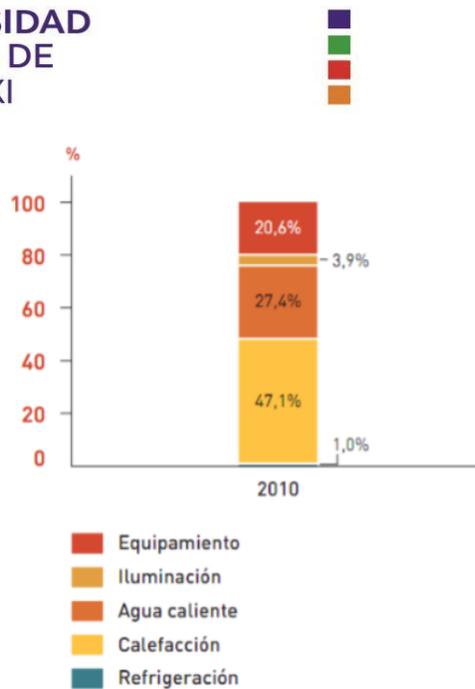


Figura 1. Distribución del consumo de energía final sector Edificios Domésticos (2010).

Fuente: IDAE.

La grafica es clara en determinar hacia dónde va dirigido el consumo eléctrico residual doméstico.

Debido a esto se toma medidas específicas que con llevan a generar un plan estratégico de ahorro eléctrico como: [18]

- Rehabilitación energética de los edificios existentes
- Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones existentes
- Construcción de nuevos edificios y rehabilitación de existentes con alta calificación energética.

AHORRO ENERGÉTICO

Se trata de mejorar los sistemas eléctricos para mejorar el consumo energético más bajos y que se conviertan en más eficientes y de ser el caso obtener un sistema inteligente. Se puede considera en realizar múltiples acciones que doten de una optimización entre cantidad de energía consumida y servicios solicitados aumentando la mejor gestión tanto tecnológica como cultural. [18]

La regulación y control de los sistemas eléctricos instalados en instituciones educativas deben tener condiciones de diseño establecidas por la normativa vigente en cuanto a la calidad de

energía y eficiencia energética bajo la metodología de calificación energética que permita llevar una contabilización de consumo eléctrico versus equipos, sistemas eléctricos instalados en diferentes laboratorios que satisfagan la demanda de los usuarios.

A la vez se puede incorporar subsistemas de ahorro energético inteligente que permitan obtener datos en tiempo real del consumo energético y que se logre obtener una recuperación inmediata de la energía y su mejor aprovechamiento. [18]

FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD ENERGÉTICA

Los causantes de que los equipos no trabajen son: [16]

- Factor de Potencia.
- Armónicas.
- Transitorios.
- Desbalance de Fases.
- Caídas de voltaje en los conductores.

1. FACTOR DE POTENCIA.

El factor de potencia se define como el coeficiente de la relación de la potencia activa sobre la potencia aparente.

Penalización por bajo factor de potencia.

Para aquellos consumidores a los cuales el Sistema de Medición fijado por la Agencia de Control y Regulación de Electricidad, ARCONEL, considere la medición de energía reactiva, el distribuidor registrará mensualmente el factor de potencia.

Aquellos clientes que registren un factor de potencia medio mensual inferior a 0,92, la facturación total mensual será recargada en un factor igual a la relación por cociente entre 0,92 y el factor de potencia registrado.

2. ARMONICOS

El problema causado por las corrientes de la tercera armónica es un sobrecalentamiento de los conductores neutros ya que, en un sistema trifásico, las líneas están desfasadas 120° de forma que, cuando cada una de las fases tiene la misma carga, la corriente en el neutro es

cero. Sin embargo, aunque las corrientes fundamentales se anulan entre sí, no ocurre lo mismo con las corrientes armónicas, aquellas que son un múltiplo impar del triple de la fundamental, los denominados terceros armónicos, se suman en el conductor neutro. En este caso una corriente del tercer armónico de una amplitud del 70 % de la fundamental en cada fase da como resultado una corriente con una amplitud del 210 % en el neutro.

Los armónicos 5to y 7mo pueden combinarse y crear oscilaciones generando un estímulo de torsión sobre maquinas eléctricas rotatorias, reduciendo la vida útil de las máquinas.

3. TRANSITORIOS

Se debe tomar en cuenta el transitorio impulsivo y el oscilatorio.

- *Transitorio impulsivo.*

Es un cambio súbito y unidireccional (positivo o negativo) en la condición de estado estable del voltaje, la corriente o ambos y de frecuencia diferente a la frecuencia del sistema de potencia.

Son de moderada y elevada magnitud, pero de corta duración medida en microsegundos.

- *Transitorios oscilatorios.*

Son un cambio súbito en la condición de estado estable de la tensión, la corriente o ambos, con polaridades positivas y negativas y de frecuencia diferente a la frecuencia de operación del sistema.

4. DESBALANCE DE FASES

El desbalance de fases en un sistema eléctrico ocurre cuando las tensiones entre las líneas no son iguales y puede ser definido como la desviación máxima respecto al valor promedio de las tensiones de línea, dividida entre el promedio de las tensiones de línea, expresado en porcentaje.

Las fuentes más comunes del desequilibrio de tensiones son las cargas monofásicas conectadas en circuitos trifásicos, los transformadores conectados en delta abierto, fallas de

aislamiento en conductores no conectados. Se recomienda que el desequilibrio de tensiones sea menor al 2 %.

5. CAIDAS DE VOLTAJE

La caída de voltaje entre la acometida privada y el punto receptor de energía más lejano del circuito no superará el 5 % del voltaje nominal del sistema.

Siempre comprobar la sección del conductor por dónde va la corriente. [16]

NORMAS

Los estándares y normas establecidas dentro del Sector Eléctrico Ecuatoriano exigen el riguroso comportamiento con las leyes establecida como la regulación No. CONELEC – 004/01 referidos a la calidad de producto y dentro de la NORMA IEEE 519-1992 donde se indican claramente los límites a perturbaciones de los armónicos respecto a corriente (THDI) y voltaje (THDV). [17]

Bajo estas normas se puede evitar tener sanciones por incumplimiento valores que se verán reflejados en la facturación eléctrica y que se emiten en el pliego tarifario vigente como son:

- Tarifas de media tensión
- Tarifa G6

NORMAS APLICADAS AL CONTROL DE LA DEMANDA

Organización Internacional de Normalización ISO, encargada de promover normas de fabricación, comercio y comunicación para todas las ramas industriales. Busca la estandarización de normas de productos y seguridad para empresas u organizaciones.

- ISO 24767 e ISO 30100: establecen normas de seguridad y gestión para una red doméstica.
- ISO 25000: esta norma se aplica en productos software utilizados en el controlar y monitoreo.

Comisión Electrotécnica Internacional IEC, emite normas en los campos eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas. IEC muchas veces trabaja conjuntamente con la ISO para emitir normas (ISO/IEC).

ISO/IEC 14543-3: es un estándar abierto para todas las aplicaciones de control en una vivienda como por ejemplo iluminación, calefacción, electrodomésticos, gestión de energía, entre otros. [19]

Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT, organismo de las Naciones Unidas encargado de la normativa sobre tecnologías de la comunicación y la información.

UIT-T G.9955-9956: estas normas se refieren a aplicaciones como automatización del abastecimiento eléctrico, la gestión de la demanda, comunicaciones red-hogar, gestión energética del hogar, entre otras.

Asociación de Normas IEEE (IEEE Standards Association) orientado al desarrollo de normas en el campo eléctrico, electrónico, telecomunicaciones e informática. De esta institución muchas de las normas que se utilizan tiene que ver con protocolos de comunicación.

- IEEE 802.11: se refiere al uso de la capa física y de la capa de enlace de datos en una red de área local inalámbrica.
- IEEE 830: especifica requisitos de software. [19]

NORMA ISO 50001

Establece la implementación de política energética y el uso significativo de la energía. Cuyos beneficios son: [19]

- Establecimiento de una metodología, clara y estructurada, de la gestión de la energía.
- Reducción de los consumos de energía
- Reducción de los costos de producción permitiendo aumentar la competitividad de la empresa.
- Permite controlar el consumo energético en cada proceso, permitiendo tomar acciones correctivas.
- Incremento en el uso de energías renovables.
- Aprovechamiento de energías excedentes.
- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo en la conservación del medio ambiente.
- Reducción de costos y oportunidades para el desarrollo de nuevas tecnologías y servicios.

CALIDAD DE PRODUCTO

La calidad de producto viene dada por establecer un control óptimo de los niveles de voltaje, perturbaciones existentes en los sistemas eléctricos y el factor de potencia, valores que deben ser medidos y estar a disposición para el estudio por parte del distribuidor y del CONELEC. Para un análisis adecuado de los sistemas se debe establecer definiciones de estudio en los sistemas donde exista la mayor parte de interrupciones o fallos eléctricos como:

Armónicas: Son ondas sinusoidales de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz.

Barras de salida: Corresponde a las barras de Alto Voltaje en las subestaciones de elevación y a las barras de Bajo Voltaje de subestaciones de reducción.

Centro de transformación: Constituye el conjunto de elementos de transformación, protección y seccionamiento utilizados para la distribución de energía eléctrica.

Fluctuaciones de Voltaje (o Variaciones de): Son perturbaciones en las cuales el valor eficaz del voltaje de suministro cambia con respecto al valor nominal.

Frecuencia de las interrupciones: Es el número de veces, en un periodo determinado, que se interrumpe el suministro a un Consumidor.

Interrupción: Es el corte parcial o total del suministro de electricidad a los Consumidores del área de concesión del Distribuidor.

Niveles de voltaje: Se refiere a los niveles de alto voltaje (AV), medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) definidos en el Reglamento de Suministro del Servicio. D

Periodo de medición: A efectos del control de la Calidad del Producto, se entenderá al lapso en el que se efectuarán las mediciones de Nivel de Voltaje, Perturbaciones y Factor de Potencia, mismo que será de siete (7) días continuos.

Perturbación rápida de voltaje (flicker): Es aquel fenómeno en el cual el voltaje cambia en una amplitud moderada, generalmente menos del 10% del voltaje nominal, pero que pueden repetirse varias veces por segundo. Este fenómeno conocido como efecto “Flicker” (parpadeo) causa una fluctuación en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable por el ojo humano.

Voltaje Armónico: Es un voltaje sinusoidal de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz del voltaje de suministro.

Voltaje nominal (V_n): Es el valor del voltaje utilizado para identificar el voltaje de referencia de una red eléctrica.

Voltaje de suministro (V_s): Es el valor del voltaje del servicio que el Distribuidor suministra en el punto de entrega al Consumidor en un instante dado.

Factor de potencia: Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente. [17]

Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-10: Permite establecer condiciones mínimas de seguridad para instalaciones eléctricas de bajo voltaje, donde permita proteger a equipos, personas que operen equipos diversos y que se pueda observar el sitio en condiciones óptimas de operación.

Esta normativa permite establecer mantenimientos adecuados al sistema eléctrico de la institución cuyo voltaje esta entre los 600 V para ambientes educacionales donde existen circuitos exclusivos para tomacorrientes, protecciones independientes y sistemas de iluminación.

Analizador de calidad de la energía: Equipo de medición que permite registrar y analizar los posibles problemas relacionados con la calidad de energía en un sistema eléctrico, indicando las perturbaciones, eventos en cambios de corriente alterna, frecuencia, demanda, distorsión armónica y factor de potencia en el sistema eléctrico. [19]

Las sinusoidales de alto voltaje (AV), medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) definidos en el Reglamento de Suministro del Servicio.

ANALIZADOR DE CALIDAD ELÉCTRICA FLUKE 435



Figura 2. Analizador de calidad eléctrica Fluke 435

El equipo fluke 435 es un analizador de problemas presentes en calidad eléctrica permitiendo calcular costos de energía desperdiciada, actúa como osciloscopio, fásor permite medir fluctuaciones, armónicos, voltaje, amperaje, frecuencia, potencia y energía cuyos datos

recopilados permitirán realizar cálculos de pérdida de energía, eficiencia de inversores de potencia, desequilibrio, entre otros parámetros que permiten determinar una energía de calidad este equipo permite monitorear y supervisar la calidad de energía eléctrica.

Se miden simultáneamente múltiples parámetros y se muestran en formatos que describen rápidamente el estado general de calidad eléctrica. La información detallada ayuda a tomar mejores decisiones de mantenimiento, al reducir la pérdida energética, al proponer encontrar la causa de los problemas de calidad eléctrica o averiguar de qué modo afecta al sistema eléctrico el arranque de motores. Se puede acceder a datos como simples valores digitales, gráficos de tendencias (para visualizar rápidamente los cambios a lo largo del tiempo), formas de onda o diagramas fasoriales. Los datos también pueden analizarse y organizarse en formato tabular. Los datos de eventos detallados le permiten ver las etiquetas de magnitud, duración y tiempo de las anomalías de forma que pueda correlacionar rápidamente los problemas que experimenta en sus instalaciones. [20]

Calculadora de pérdida de energía: calcula el desaprovechamiento energético en dólares.

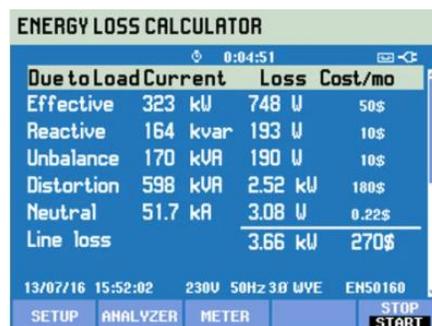


Figura 3. Calculadora de pérdida de energía eléctrica de la serie 430-II de Fluke

Estudio avanzado del estado de la calidad eléctrica: los datos de calidad eléctrica al instante, cuando los necesita.

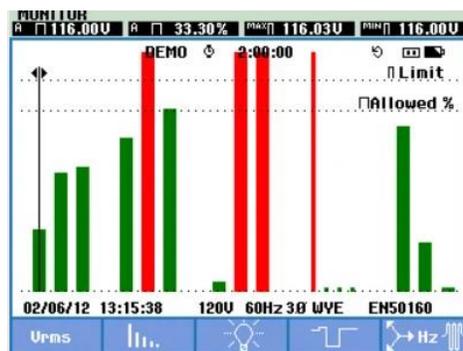


Figura 4. Captura de datos Power Wave

El analizador de calidad eléctrica y energía 435- II de Fluke elabora un resumen del estado de la calidad eléctrica que le proporciona una visión general de una amplia gama de problemas de calidad eléctrica en tiempo real. [20]

Funciones de medida: [21]

- Osciloscopio y fasor
- Voltios/amperios/hercios
- Fluctuaciones
- Armónicos
- Potencia y energía
- Calculadora de pérdida de energía
- Eficiencia de inversores de potencia
- Desequilibrio
- Corrientes inrush
- Supervisión de la calidad de la energía eléctrica
- Parpadeo
- Transitorios
- Onda de potencia
- Transmisión de señales
- Registrador
- V/A/Hz Barco.

CAMARA TERMOGRAFICA FLUKE TIR32



Figura 5. Cámara termográfica Fluke Ti32.

Es un procesador de imágenes térmicas que se utilizan para el mantenimiento preventivo y predictivo, la resolución de problemas, la comprobación de reparación, las inspecciones de

construcción, los trabajos de restauración y corrección, las auditorías de energía y para fines de acondicionamiento climático. [22]

El rango de medición de temperatura comienza a los $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y asciende hasta los $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$.

La distancia mínima de enfoque para la cámara termográfica (con la lente estándar) es de 15 cm (aprox. 6 pulgadas). La distancia mínima de enfoque para la cámara de luz visible (visual) es de 46 cm (aprox. 18 pulgadas).

Todos los objetos del mundo irradian energía infrarroja. La cantidad de energía irradiada se basa en dos factores principales: la temperatura de la superficie del objeto y la emisividad de dicha superficie. El procesador térmico de imágenes detecta la energía infrarroja proveniente de un objeto y utiliza esta información para estimar la temperatura de dicho objeto. [22]

LUXOMETRO DT 8808



Figura 6. Luxómetro DT-8808.

Los medidores de luz DT-8808 / 8809A proporcionan un nivel de luz de visualización preciso en términos de velas de pie (FC) o LUX en un amplio rango. Simplemente girando el interruptor de función para seleccionar la escala "lux" y configurando el rango al rango deseado, luego retirando el fotodetector a la fuente de luz en posición horizontal y leyendo la iluminancia nominal de la pantalla LCD. Cuando se complete la medición, reemplace el fotodetector de la fuente de luz. Indicación de alcance. Fotodiodo de silicio de larga duración en el interior. Velocidad de medición: 1.5 veces por segundo. El más ancho sonó a 40,000FC / 400,000lux. [23]



Figura 7. Características luxómetro DT-8808.

Retención de 99 registros y memoria de data logger de 16.000 registros, con interfaz USB. Display LCD de 4000 cuentas e indicación analógica de 40 segmentos con dígitos de grandes dimensiones. [24]

6. EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética tiene en cuenta todos los cambios que resultan en una disminución de la cantidad de energía necesaria para producir una unidad de actividad económica o para satisfacer los requerimientos energéticos de los servicios que requieren las personas, asegurando igual o superior nivel de confort.

Los indicadores de eficiencia energética se construyen con el objeto de dar seguimiento a los cambios en la eficiencia con que los países o áreas de la economía usan la energía.

Al realizar un análisis de las tendencias de la eficiencia energética a través del indicador de intensidad energética, debe que tomarse en cuenta que la evolución del monto de energía consumida por una sociedad depende de cambios ocurridos en:

- La actividad económica (valor agregado, población, área construida, toneladas-km transportadas);
- La estructura de la economía (estructura industrial, estructura modal del transporte, grado de saturación de los artefactos domésticos); y,
- La intensidad energética.

El diseño y aprobación de la Decisión 536, asume que, la interconexión de los sistemas eléctricos conduce a la utilización óptima de sus recursos energéticos, así como la seguridad y confiabilidad en el suministro. Existen aspectos legales y de regulación con respecto a la autonomía de políticas internas de regulación y operación de los sistemas eléctricos, que deben armonizarse. [25]

En lo referente al consumo de energía a nivel nacional en la última década, la categoría que ha experimentado el mayor crecimiento es la categoría industrial con un 94 %, mientras que

la categoría comercial experimentó un crecimiento del 89 %, seguida de la categoría residencial con un 72 %, la categoría de otros con un 74 % y la categoría con menor crecimiento ha sido la categoría de alumbrado público con un 35 %, como se muestra en la figura 8. [25]

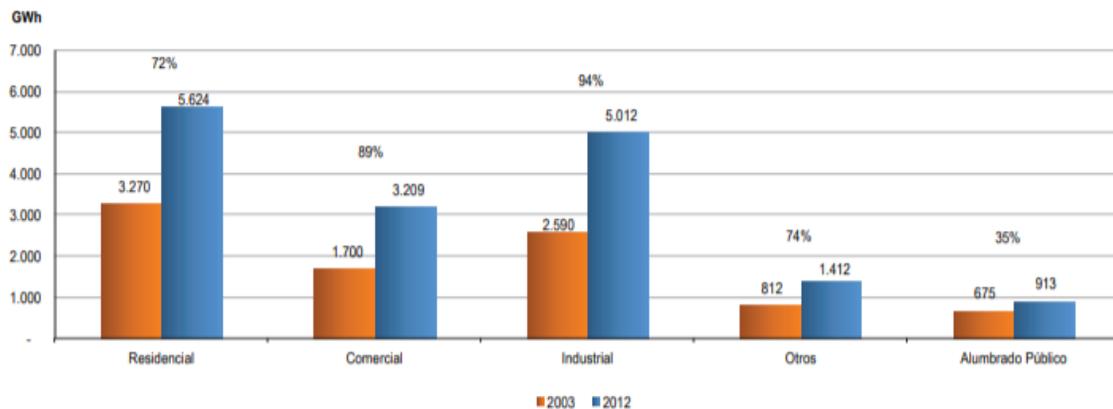


Figura 8. Evolución Decenal De Energía Por Grupo De Consumo

La figura 9 de balance energético entre oferta y demanda, para el periodo 2013 - 2022, ante condiciones hidrológicas medias se presenta a continuación:

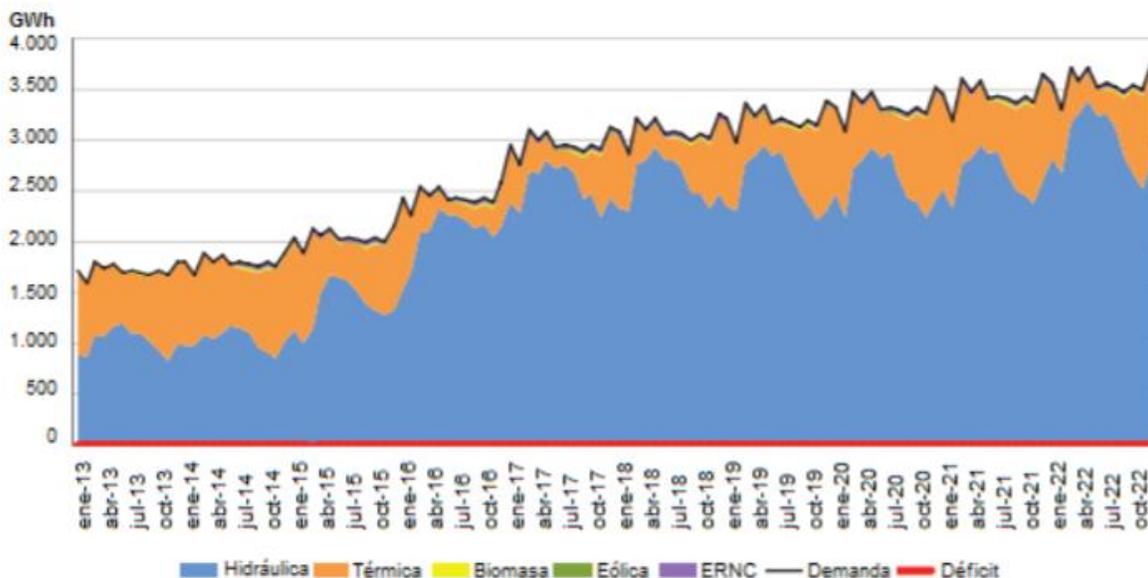


Figura 9. Balance de Energía en hidrología media

Fuente: PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN 2013 – 2022, volumen 3, perspectiva y expansión del sistema eléctrico ecuatoriano, capítulo 2 Expansión de la generación, subcapítulo 2.14 Reservas Energéticas y Consumo de Combustibles, Periodo 2013 – 2022, 2.14.1 Reserva de energía

Aspectos Regulatorios

El CONELEC, dentro de las facultades que legalmente le han sido conferidas, mediante las Resoluciones No. 054/09 de 26 de mayo de 2009 y 072/09 de 6 de agosto de 2009, aprobó la tarifa para los consumidores industriales con registrador de demanda horaria para medio y alto voltaje, de acuerdo a los cargos tarifarios por energía, y la nueva fórmula de aplicación del factor de corrección al cargo por demanda de potencia presentados en el documento “Incentivos desde el punto de vista tarifario para que las industrias operen en horas de la noche, como detalla la tabla 3. [26]

Tabla 3. Cargos Tarifarios Vigentes Para Clientes Industriales

		EMPRESAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN		
		LUNES A VIERNES		
Nivel de Tensión	Cargos Tarifarios	CATEG	QUITO	ÚNICA
Media Tensión	Demanda (USD/kW)	4,003	4,129	4,576
	08h00 hasta 18h00 (USD/kWh)	0,052	0,058	0,061
	18h00 hasta 22h00 (USD/kWh)	0,064	0,072	0,075
	22h00 hasta 08h00 (USD/kWh)	0,038	0,042	0,044
Alta Tensión	Demanda (USD/kW)	3,930	4,053	4,400
	08h00 hasta 18h00 (USD/kWh)	0,046	0,051	0,055
	18h00 hasta 22h00 (USD/kWh)	0,057	0,063	0,068
	22h00 hasta 08h00 (USD/kWh)	0,037	0,041	0,044
		SÁBADOS, DOMINGOS Y FERIADOS		
Nivel de Tensión	Cargos Tarifarios	CATEG	QUITO	ÚNICA
Media Tensión	Demanda (USD/kW)	4,003	4,129	4,576
	18h00 hasta 22h00 (USD/kWh)	0,052	0,058	0,061
	22h00 hasta 18h00 (USD/kWh)	0,038	0,042	0,044
Alta Tensión	Demanda (USD/kW)	3,930	4,053	4,400
	18h00 hasta 22h00 (USD/kWh)	0,046	0,051	0,055
	22h00 hasta 18h00 (USD/kWh)	0,037	0,041	0,044

El esquema tarifario propuesto se enfocó a aquellos consumidores que se encuentran en el rango de consumo superior a 500 kWh/mes que, para todas las distribuidoras en promedio,

representa el 1,75 % de abonados, y de 12,49 % del consumo de energía eléctrica, del total del sector residencial. [26]

Sustentabilidad en el sector eléctrico ecuatoriano

De acuerdo al cambio de la matriz energética, propuesto por el Plan Nacional para el Buen Vivir, se plantean los siguientes aspectos: [26]

- a) Aumento de la participación de energías renovables en la producción nacional;
- b) Reducción de la importación de los derivados de petróleo;
- c) Cambiar el perfil actual de exportaciones de derivados de petróleo a productos de mayor valor agregado;
- d) Mayor eficacia y eficiencia del sector de transporte;
- e) Reducción de las pérdidas de transformación y distribución de la energía; y,
- f) Uso eficiente de la energía (consumo energético eficiente y responsable)

Resultados de la demanda nacional

Como resultado del crecimiento de la demanda eléctrica nacional se observa la figura 10 como resultado de una estimación de crecimiento anual para un periodo desde el año 2013 al 2022 en el cual se evidencia un 5 % alcanzando un 26.542 GWh.

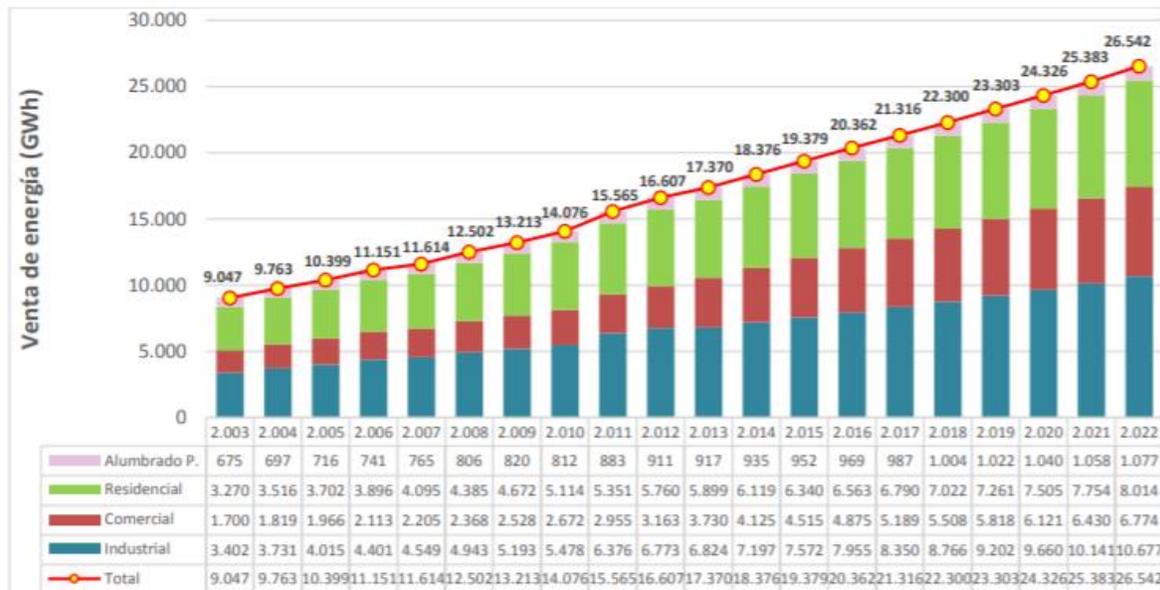


Figura 10. Evolución histórica y proyección de la facturación total de energía por grupo de consumo.

Fuente: PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN 2013 – 2022, volumen 2, Estudio y gestión de la demanda eléctrica, capítulo 4 Estudio de proyección de la demanda eléctrica, subcapítulo 4.2.4 Proyección global de la demanda por categorías 4.2.5 Resultados de la proyección de la demanda nacional.

La figura 11 muestra claramente un crecimiento exponencial evidente entre el año 2010 al 2012 por lo cual se podría estimar para los próximos años una disminución en el crecimiento económico lo cual será un factor directamente proporcional a las proyecciones. [25]



Figura 11. Evolución histórica y proyección de la facturación total de energía en el Ecuador

Fuente: PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN 2013 – 2022, volumen 2, Estudio y gestión de la demanda eléctrica, capítulo 4 Estudio de proyección de la demanda eléctrica, subcapítulo 4.2.4 Proyección global de la demanda por categorías 4.2.5 Resultados de la proyección de la demanda nacional.

Norma 0041 citar vigencia, decreto de CONELEC

El decreto ejecutivo 1036 estableció la fusión de la agencia de regulación y control minero (ARCOM), agencia de regulación y control hidrocarburífero (ARCH) y agencia de regulación y control eléctrico (ARCONEL) en una sola entidad denominada Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARC).

Empezando sus funciones el 1 de julio de 2020 [27]

Deróguense todas las normas de menor jerarquía que se opongan o no guarden conformidad con las disposiciones de la presente regulación. Certifico que la presente Regulación fue aprobada por el Directorio de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad - ARCONEL-, mediante Resolución Nro. ARCONEL006/2020 en sesión virtual de 19 de junio de 2020. [28]

1.3 FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA

Dentro de la metodología escogida para el desarrollo de este proyecto está el método deductivo, analítico y de medición. [29]

1.3.1 TIPO DE INVESTIGACION

- **DEDUCTIVO**

Identificar todos los elementos que pertenecen al sistema eléctrico instalado mediante magnitudes referenciales de funcionamiento y rendimiento los cuales permitan identificar las posibles pérdidas de energía y potencia en el sistema.

- **ANALÍTICO**

Se realiza una investigación crítica del estado del sistema eléctrico instalado para identificar la vigencia de los equipos en condiciones de operación el cual permita identificar la mejoría en la eficiencia energética acorde a los estándares exigidos.

1.3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

- **MEDICIÓN**

Se aplica un sistema de medición sobre el sistema instalado a partir de ensayos de prueba de funcionamiento de cada fase, protecciones y puestas a tierra durante operación y en estado pasivo para determinar posibles fallas y concluir en las mejoras del sistema.

1.3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

- **EXPERIMENTAL**

Se trata de ir evaluando paulatinamente las mediciones de los sistemas para examinar los efectos que se manifiesten tanto por cambio, aumento o daño de los equipos instalados o posibles afectaciones internas o externas sobre el sistema eléctrico.

La metodología que se considera para realizar el rediseño de un sistema de potencia es: [16]

- Realizar una inspección visual del sistema eléctrico con el que cuenta la Universidad de las fuerzas armadas ESPE-L, (Cargas, Transformadores, Alimentadores, Tableros de distribución, etc.).
- Realizar el monitoreo y levantamiento de los parámetros eléctricos en las instalaciones de la Universidad de las fuerzas armadas ESPE-L a través de los equipos fluke 435.
- Analizar los datos obtenidos del levantamiento realizado al sistema eléctrico de la Universidad de las fuerzas armadas ESPE-L, mediante la representación de gráficas.
- Determinar las posibles soluciones que se pueda dar al sistema eléctrico de la Universidad de las fuerzas armadas ESPE-L, a fin de obtener energía de calidad aplicando criterios de eficiencia energética.

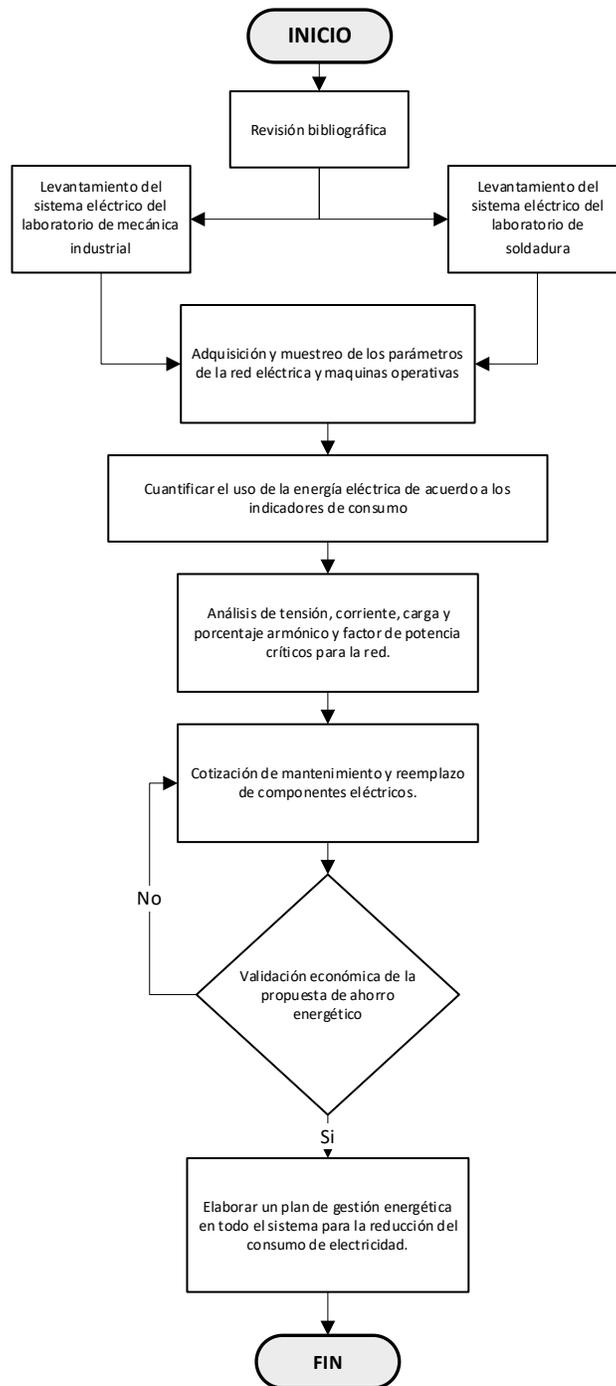


Figura 12. Diagrama de flujo del proceso metodológico para el desarrollo del proyecto

1.4 Conclusiones Capítulo I

- Los factores que influyen directamente en la calidad energética son factor de potencia y el consumo eléctrico, que establecen las mejores propuestas para incrementar la calidad energética en las instalaciones.
- Las normas ISO 50001 permiten llevar un orden cronológico en la obtención de mejor calidad energética, mediante los pasos: planificar, hacer, verificar y actuar.
- La falta de conocimiento de las diferentes normas aplicables al sector eléctrico ha sido un factor determinante en el incremento de la facturación eléctrica generando un rubro económico alto difícil de cubrir.

CAPÍTULO II. PROPUESTA

2.1 Recopilación de información

Para establecer el estado de las instalaciones eléctricas de los laboratorios de mecánica industrial y soldadura, fue necesario recopilar información de las cargas eléctricas distribuidas por áreas.

a. Título del proyecto.

Estudio de eficiencia energética en los laboratorios de mecánica industrial y soldadura de la universidad de las fuerzas armadas ESPE sede Latacunga.

b. Objetivo del proyecto.

Realizar una Auditoría Energética en los Sistemas de Alimentación de los Laboratorios de Mecánica Industrial y Soldadura de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Extensión Latacunga, para determinar medidas de uso eficiente de energía.

2.2 Justificación de la propuesta.

Fundamentación de la propuesta

El presente proyecto de investigación pretende plasmar la mejora en el consumo energético que se refleja en las instalaciones eléctricas distribuidas en el campus matriz de la Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE-L sede Latacunga.

Para lo cual se propone implementar una metodología científica descriptiva que permita analizar todos los parámetros de consumo energético los mismos que permitan obtener una eficiencia energética mediante la realización de una auditoria energética de dichos sistemas que pretende describir el estado de las instalaciones y la distribución de cargas instaladas en la ESPE-L de los laboratorios de mecánica industrial y soldadura, obteniendo un balance de cargas inductivas, corrección de factor de potencia, realización de mantenimientos preventivos y correctivos de las mismas, dichas mejoras estarán determinadas bajo el análisis de las cargas energéticas sobre estas líneas de transmisión y alimentación energética, comparativa del correcto dimensionamiento de los transformadores instalados esto permitirá

disminuir costos económicos e incrementar la vida útil de los equipos instalados en beneficio de la educación.

Bajo esta perspectiva se pretende dar respuesta a los diferentes parámetros de corrección mediante fundamentación bibliográfica sobre instalaciones eléctricas de los laboratorios de mecánica industrial y soldadura, investigación teórica de estudios de eficiencia energética en edificaciones existentes, análisis de cargas de los laboratorios, auditoria de los sistemas en función al cálculo o validación del factor de potencia y consumo energético – económico.

2.3 Identificación del sistema eléctrico.

Sistema Eléctrico.

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga dispone de cuatro transformadores que son utilizados para alimentar los laboratorios de soldadura, mecánica industrial, talleres, equipos electrónicos, oficinas y aulas de clases para este estudio se considera el análisis en los transformadores de 75 kVA y 100 kVA.

El laboratorio de soldadura, edificio de equipos electrónicos y aulas de clases, están alimentados por el transformador del 100 kVA y el de 75kVA, alimenta al laboratorio de Mecánica Industrial y oficinas administrativas del edificio antiguo. Donde el promedio de consumo energético es de 7500 kWh/mes.

Tabla 4. Elementos de generación.

Cant.	Equipo	Marca	Tipo de red	Horas Usos Dia	Voltaje primario/secundario	Potencia	Foto
1	Transformador T2	Ecuatran	3Ø	24h	13.5 kV / 215 V	100KVA	

1	Transfo rmador T1	Ecuatran	3Ø	24h	13.5 kV / 215 V	75 kVA	
---	-------------------------	----------	----	-----	--------------------	--------	---

Tabla 5. Acometida

Cant.	Acometida	Empresa	Cargabilidad
1	Acometida Monofásica	Elepco S.A.	Directa
1	Acometida Trifásica	Elepco S.A.	Trasformador público de 200 kVA
1	Acometida Trifásica	Elepco S.A.	Directa

Elementos de distribución

Para este estudio se pudo determinar una distribución de áreas conectadas a cada transformador como se muestra en las tablas 5 y 6 respectivamente:

Tabla 6. Cargas Conectadas al Transformador T1.

AREA	TRANSFORMADOR
Edificio Antiguo	TRANSFORMADOR 75kVA
Oficinas Administrativas	
Laboratorio de Mecánica Industrial	
Luminarias patio principal	

Tabla 7. Cargas Conectadas al Transformador T2.

AREA	TRANSFORMADOR
Bloque B Aulas	TRANSFORMADOR 100kVA
Gimnasio	
Autotrónica	
Laboratorio de Redes industriales	

Laboratorio de Redes Telecomunicaciones	
Laboratorio de Resistencia de Materiales 1	
Laboratorio de Resistencia de Materiales 1	
Laboratorio de Audio Ingles	
Laboratorio de Robótica	
Laboratorio de Soldadura Tablero 1	
Laboratorio de Soldadura Tablero 2	
Laboratorio de Hidráulica	
Laboratorio de grupos electrógenos	
Laboratorio de Motores	
Laboratorio de Alto Voltaje	
Laboratorio de Refrigeración	
Laboratorio de Química	
Laboratorio de Maquinas Eléctricas	
Laboratorio de Neutrónica e Hidrónica	
Laboratorio de Control Eléctrico	
Laboratorio de Electrónica	
Laboratorio de Circuitos Eléctricos	
Laboratorio de Sistemas digitales	
Laboratorio de Mecatrónica	
Laboratorio de Servos	
Laboratorio de Maquinas Eléctricas	
Laboratorio de computación III	
Laboratorio de Inteligencia Artificial	
Laboratorio de Sistemas Operativos	
Laboratorio de herramientas Administrativas	

Laboratorio de Instalaciones Eléctricas	
Laboratorio de Multiplataforma	
Laboratorio de Ingles	
Bloque C	

Laboratorios de Análisis:

Para el presente proyecto de investigación se realiza el levantamiento de equipos ubicados en el laboratorio de mecánica industrial y el de soldadura respectivamente los mismos que se detallan a continuación;

Equipos de mecánica industrial

- Rectificadora hidro precis de barcelona RSP-1000
- Máquina de perforación y fresado de cabezal de engranajes DM45
- Torno GH1440A 1 unidad
- Torno CH-1440A 1 unidad
- Torno Sin modelo 1 unidad similar CH-1440A
- Torno HTL-1440 garvey industries
- Torno HTL-1440 garvey industries
- Torno HTL-1440 garvey industries
- Torno GH-1440 1 unidad
- Limadora
- Esmeril BG-10B
- Fresadora

Equipos de soldadura

- Soldadoras de electrodos
- Soldadoras de Tig

Equipos de motores

- Motores de combustión interna 2 tiempos
- Motores de combustión interna 4 tiempos
- Motores de combustión interna Diésel

- Motores de combustión interna Gasolina

Tableros de distribución

Existe uno principal en el transformador de 100kVA

No existe tablero en el transformador 75 kVA, tiene conexiones directas

Tabla 8. Carga total instalada (Detalle de tabla anexo J).

EDIFICIOS ESPE CARGA INSTALADA	
	Potencia Total Del Edificio
Edificio Antiguo	8726,5 W
Bloque B	2846,4 W
Bloque C	1811,6 W
TOTAL, GENERAL	13384,5 W

Tabla 9. Elementos de consumo, etapa de potencia (Detalle de tabla anexo K).

TALLERES ESPE CARGA INSTALADA	
	Potencia Total Maquina W
Taller De Mecánica Industrial	6278
Taller De Motores	1056
Taller De Soldadura	83500
TOTAL, GENERAL	90834 W

Tabla 10. Elementos de consumo etapa de iluminación.

Cant.	Elemento	Modelo/Características técnicas	Estado	Horas Usos Día	Costo por potencia
35	Taller De Mecánica Industrial	Tipo: Fluorescentes Potencia: 40 W Arranque: Balastro electromagnético Voltaje: 110 V	Bueno	12	Luminaria sucia y opaca

12	Taller De Motores	Tipo: Fluorescentes Potencia: 50 W Arranque: halógeno Voltaje: 110 V	Bueno	12	Luminaria sucia y opaca
4	Taller De Soldadura	Tipo: Fluorescentes Potencia: 50 W Arranque: halógeno Voltaje: 110 V	Bueno	12	Luminaria sucia y opaca
TOTAL, GENERAL					2200 W

Cálculo de índices de desempeño energético

Índices de consumo talleres

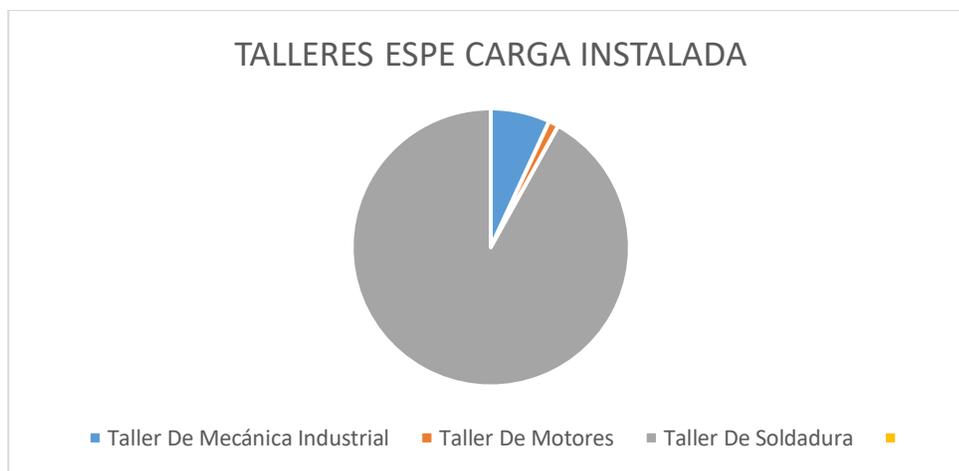


Figura 13. Talleres ESPE Carga Instalada

La figura 13 detalla la carga instalada de las tres áreas de análisis en este estudio donde la mayor incidencia de consumo energético se encuentra en el taller de soldadura, taller de mecánica industrial y finalmente de motores.

Tabla 11. Índices de consumo talleres.

Talleres (HP/W)	Potencia [W]	Porcentaje de consumo [%]
Taller De Mecánica Industrial	6278	6.91
Taller De Motores	1056	1.16

Taller De Soldadura	83500	91.93
---------------------	-------	-------

Índices de consumo de luminarias

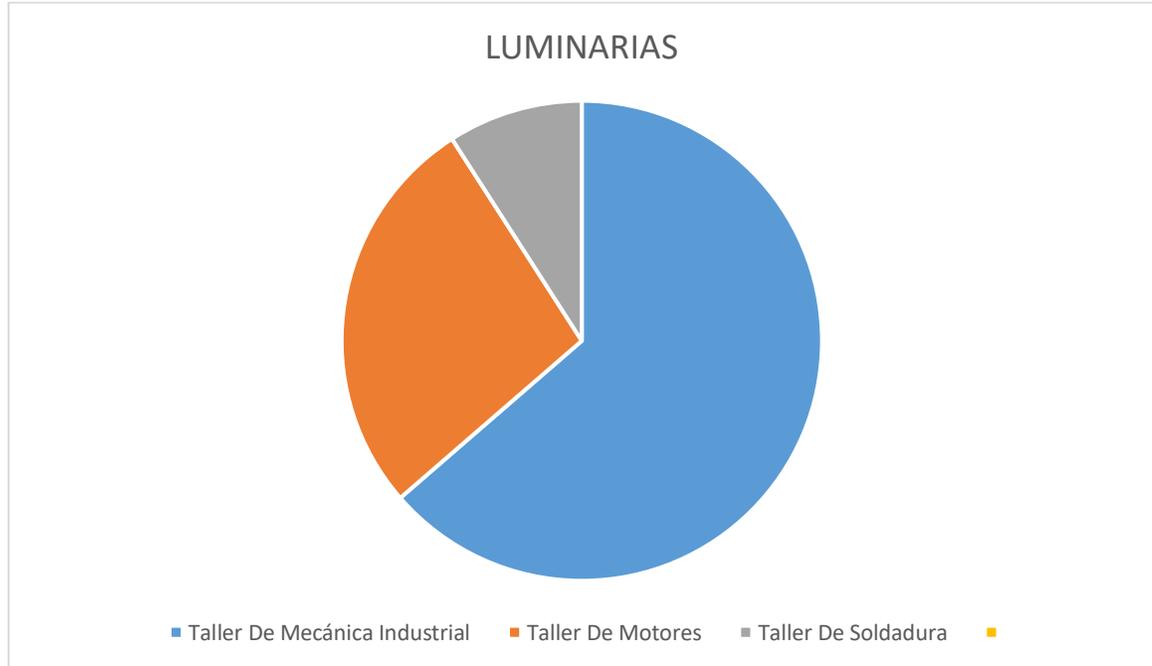


Figura 14. Luminarias Instaladas

La figura 14 detalla las luminarias instaladas de las tres áreas de análisis en este estudio donde la mayor incidencia de consumo energético se encuentra en el taller de mecánica industrial, taller de motores, y finalmente taller de motores.

Tabla 12. Índices de consumo de luminarias.

Tipo de Luminaria	Nro. De Luminarias	Consumo Total [W]	Porcentaje de consumo [%]
F2X40W T12	35	1400	63,36
F50W T12	16	800	36,36

2.4 Mediciones de parámetros eléctricos en los transformadores de 75 kVA y 100 kVA.

Se considera seguir los parámetros de medición detallados bajo la norma IEC 61000-4-7; el cual permite llevar una guía general medidas de armónicos e interarmónicos y técnicas de

ensayo y de medida; así como a los aparatos de medida, aplicable a las redes de suministro y a los aparatos conectados a éstas. [30]

2.4.1 Transformador de 75kVA

En este apartado se muestra los datos almacenados por el analizador de energía FLUKE 435 que corresponden al transformador de 75kVA.

Anexo

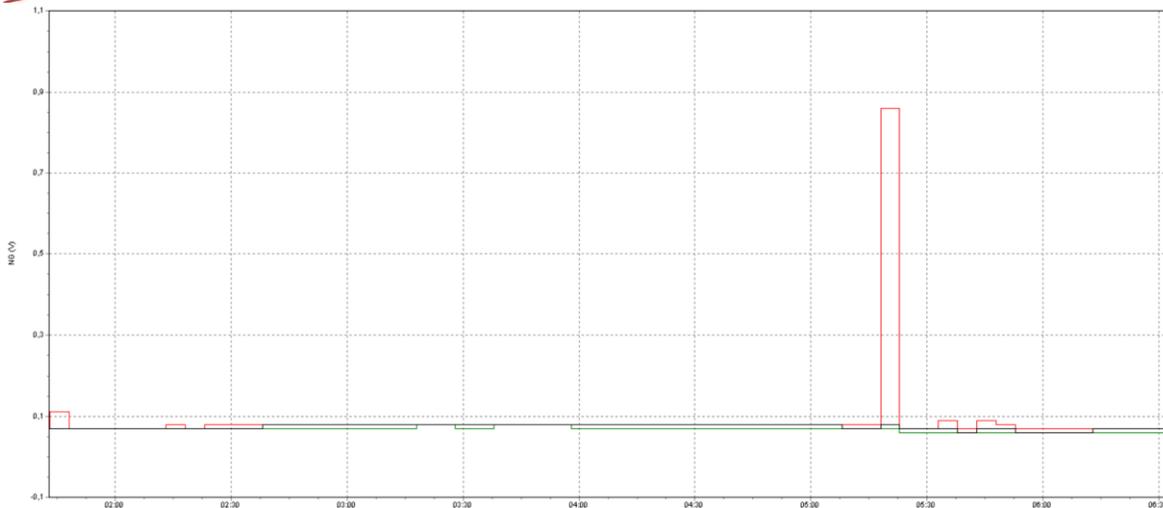
2.4.1.1 Medidas de Tensión

Las gráficas obtenidas mediante el registro del analizador muestran la tensión y corriente en las líneas que su valor pico está en un rango de 105 a 135 voltios en función del tiempo de medición como se muestra en la figura 15, se visualiza la disminución considerable de esos valores por línea al momento de activar los equipos en los laboratorios de análisis.



Figura 15. Medición de Tensión

Durante la medición se observa un instante de estabilización de la tensión permitiendo visualizar que las líneas alcanzan valores máximos de entre 180 a 190 voltios hasta decaer a 0.25 voltios, figura 16.



2.4.1.2 Medidas de corriente

Durante la medición de la corriente se visualiza que las líneas presentan variaciones significativas por cada línea debido a todos los factores preexistentes en las instalaciones del sistema, durante el proceso de activación de los equipos se nota que la corriente cambia su estado. La figura 16 se establece un rango mínimo de fluctuación de 50 A a un máximo de 65 A en operación dichas mediciones tienden a cero cuando se detienen los equipos en funcionamiento.

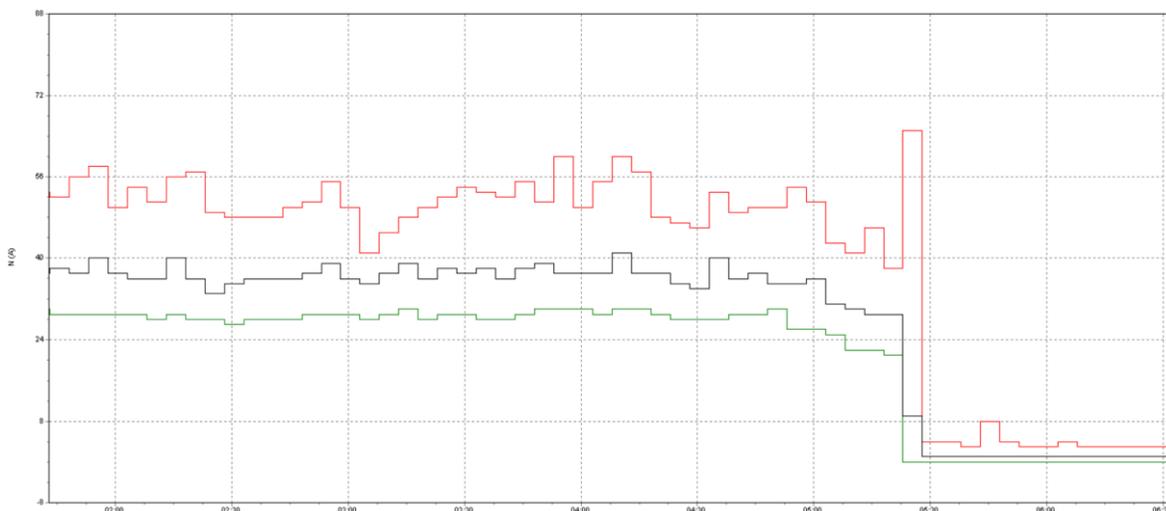


Figura 16 Medición de Corriente

2.4.1.3 Mediciones de potencia

Al realizar la medición en referencia a la potencia del sistema se puede observar valores máximos y mínimos entre un rango de 2 a 17 kw encontrando variabilidad durante el funcionamiento del sistema, figura 17.



Figura 17 Medición de Potencia

2.4.1.4 Medición del factor de potencia

Al realizar la medición en referencia al factor de potencia del sistema se observan valores máximos y mínimos entre un rango de 0 a 0.8 presentando variabilidad durante el funcionamiento del sistema, figura 18.



Figura 18 Medición del factor de potencia

2.4.1.5 Mediciones de Armónicos de Tensión

Al realizar la medición en referencia de los armónicos de tensión del sistema la presencia de tercer, séptimo armónico de tensión presentando variabilidad durante el funcionamiento del sistema sobre los 120 voltios, figura 19.

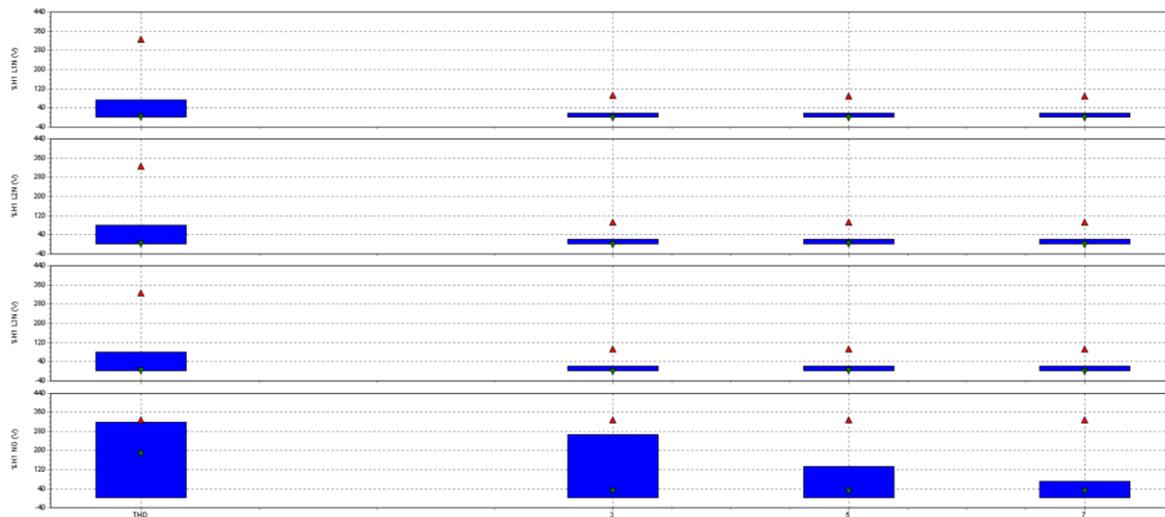


Figura 19 Medición de Armónicos de Tensión

2.4.1.6 Mediciones de Armónicos de Corriente

Al realizar la medición en referencia de los armónicos de tensión del sistema la presencia de tercer, quinto, séptimo armónico de tensión presentando variabilidad durante el funcionamiento del sistema sobre los 75 voltios, figura 20.

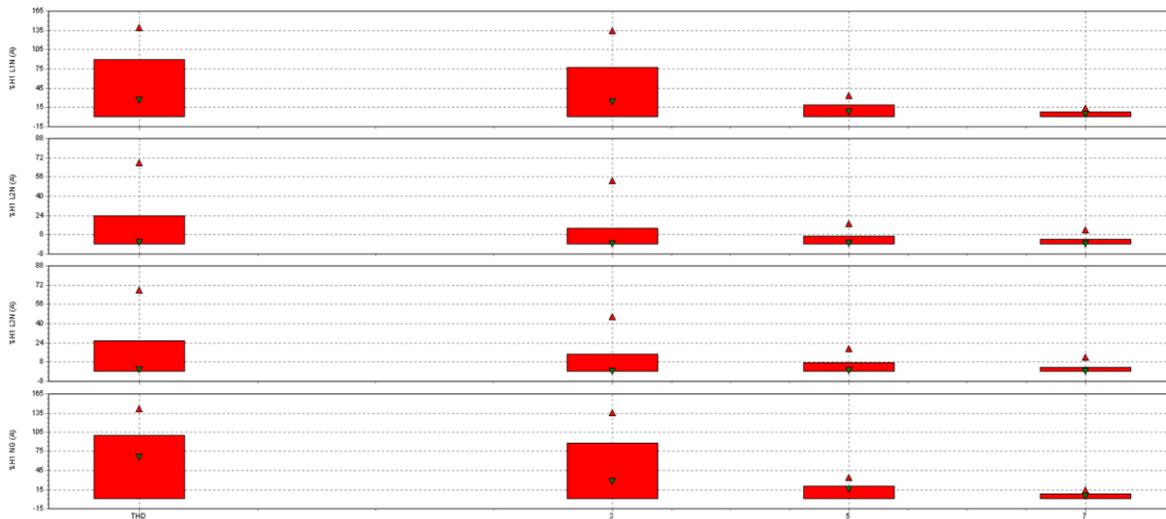


Figura 20 Medición Armónicos de Corriente

2.4.2 Transformador de 100 kVA

En este apartado se muestra los datos almacenados por el analizador de energía FLUKE 435 que corresponden al transformador de 100 kVA.

2.4.2.1 Medida de tensión

Las gráficas obtenidas mediante el registro del analizador muestran la tensión y corriente en las líneas que su valor pico está en un rango de 10 a 120 voltios en función del tiempo de medición a la par se puede visualizar posible estabilidad al momento de activar los equipos en los laboratorios de análisis, pero aun así presente problemas significativos, figura 21.

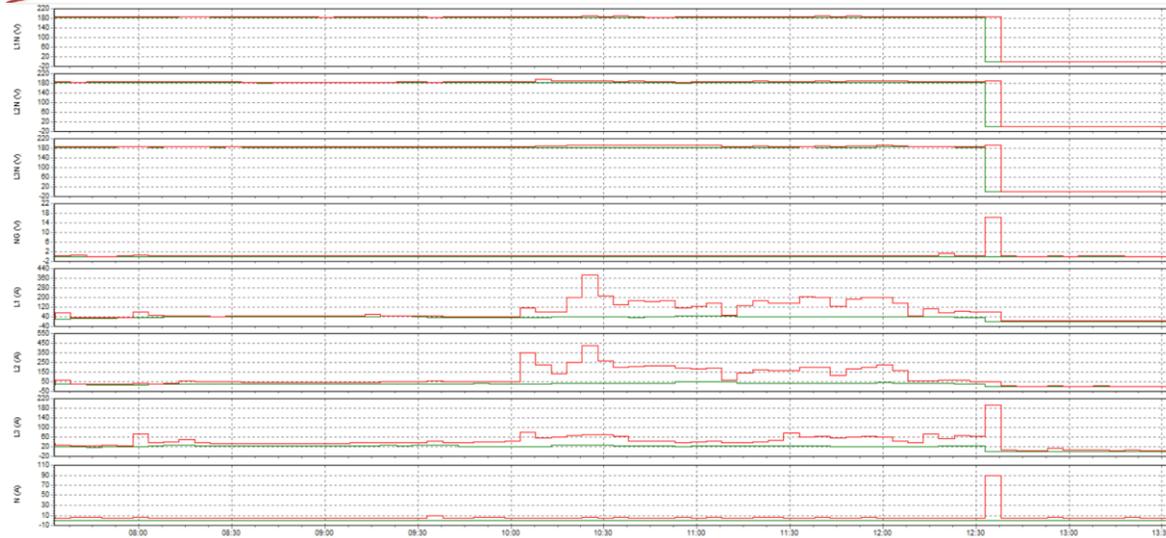


Figura 21 Medición de Tensión

2.4.2.2 Medida de Potencia

Al realizar la medición en referencia a la potencia del sistema se observa valores máximos y mínimos entre un rango de 0.8 a 7.2 kw presentando bastante variabilidad durante el funcionamiento del sistema, figura 22.

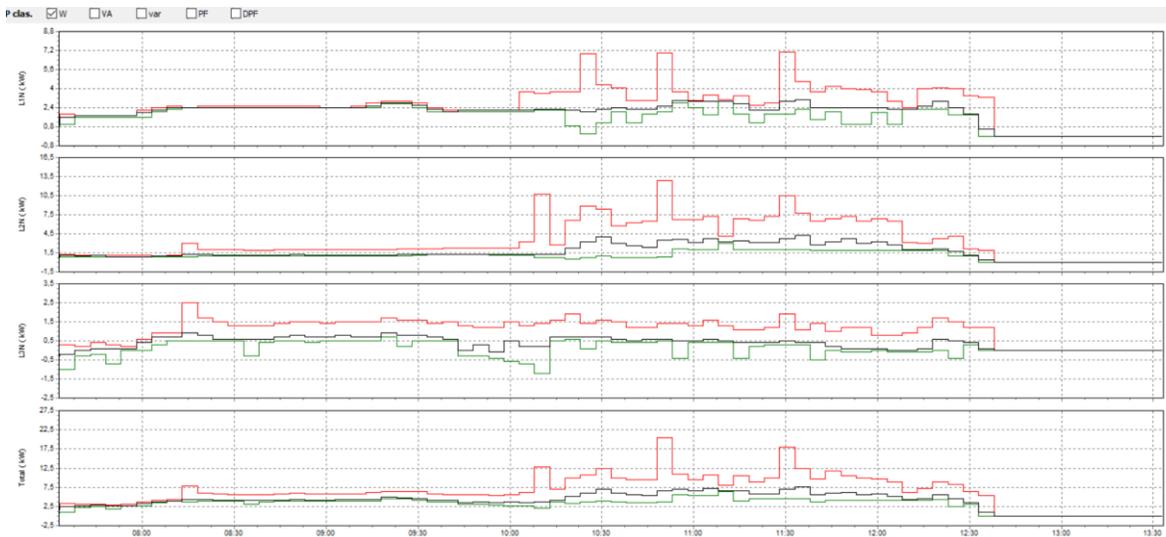


Figura 22 Medición de Potencia

2.4.2.3 Medición del factor de potencia

Al realizar la medición en referencia al factor de potencia del sistema se observa valores máximos y mínimos entre un rango de 0 a 0.85 presentando bastante variabilidad durante el funcionamiento del sistema, figura 23.

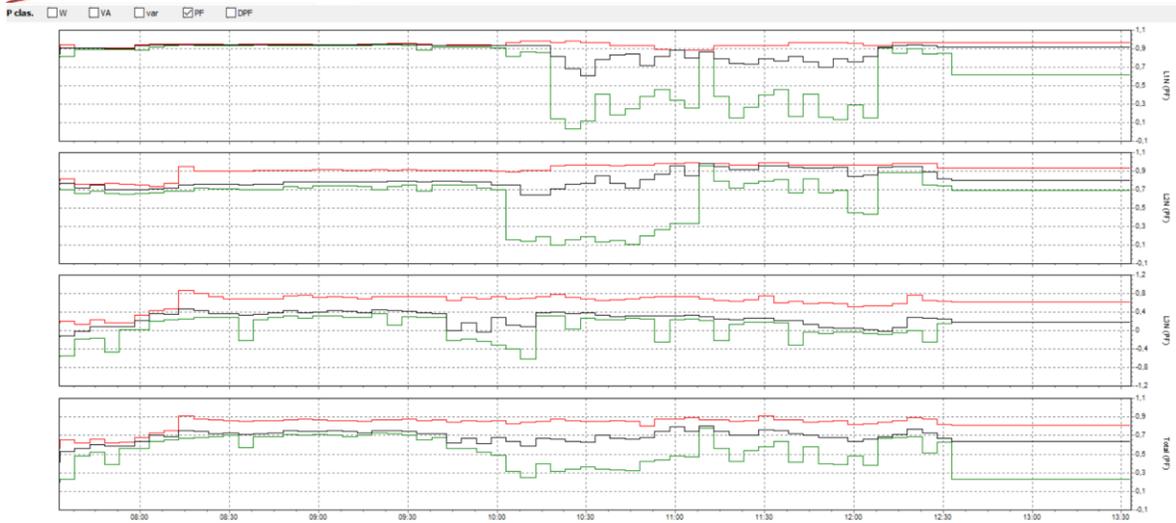


Figura 23 Medición del factor de potencia

2.4.2.4 Medida de Armónicos de tensión

Al realizar la medición en referencia de los armónicos de tensión del sistema se observa la presencia de tercer, quinto, séptimo armónico de tensión presentando bastante variabilidad durante el funcionamiento del sistema de 40 a 80 voltios, figura 24.

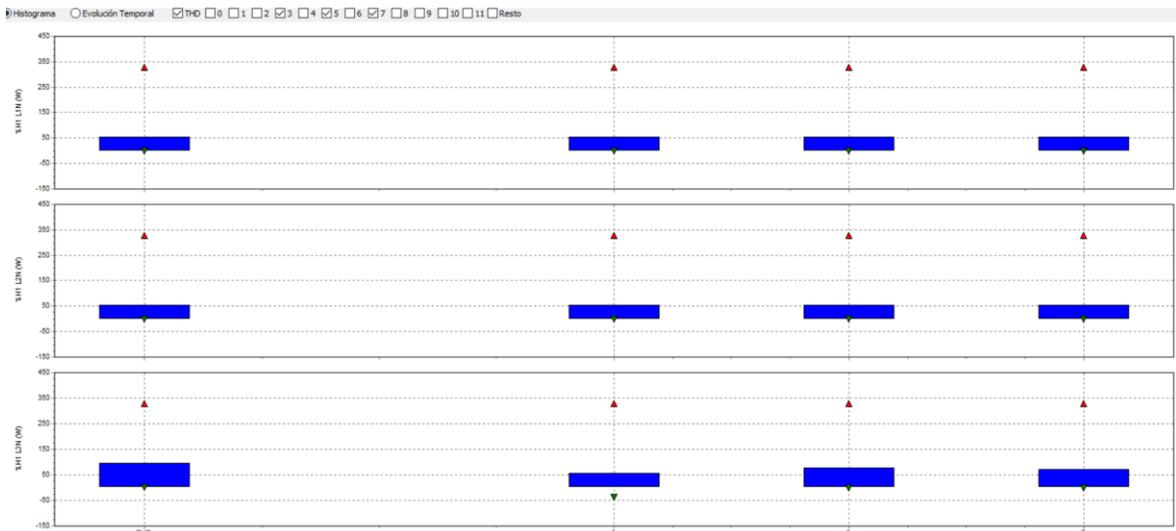


Figura 24 Medición de Armónicos de Tensión

2.4.2.5 Medida de Armónicos de Corriente

Al realizar la medición en referencia de los armónicos de tensión del sistema se observa la presencia de tercer, quinto, séptimo armónico de tensión presentando bastante variabilidad durante el funcionamiento del sistema, en un rango de 0 a 40 A, figura 25.



Figura 25 Medición Armónicos de Corriente

2.5 Carga Instalada

La figura 26 describe la carga instalada en cada ambiente permitiendo así tener valores manejables para los cálculos. El detalle de los equipos por ambientes se encuentra en el Anexo J.

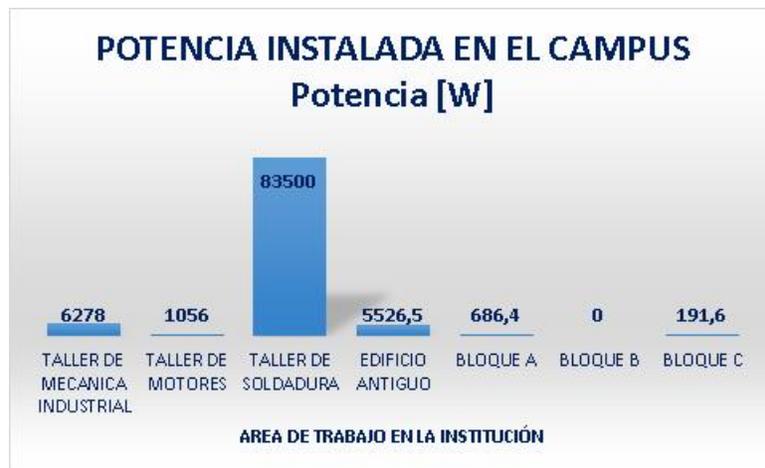


Figura 26 Potencia instalada en el Campus

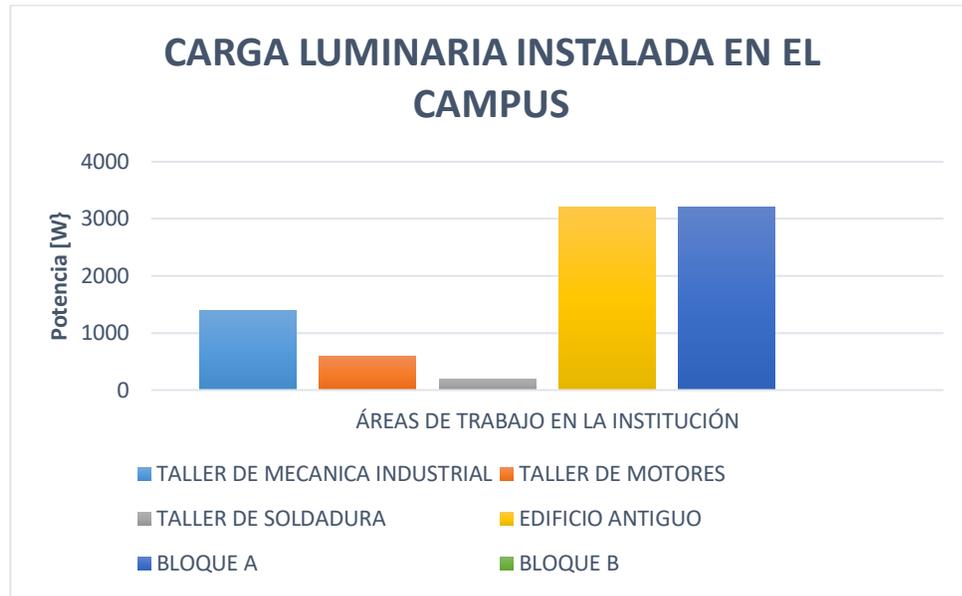


Figura 27 Luminaria instalada en el Campus

2.6 Mediciones Cámara Termografía Fluke Ti32.

En el siguiente apartado muestra los datos recopilados a partir de las mediciones generadas mediante el uso de la cámara termográfica Ti32 el cual permite evidenciar de manera acertada los diferentes puntos calientes del sistema a medir. Anexo F

Tabla 13. Mediciones Cámara Termografía Fluke Ti32.

Inspeccionado por:
Aulestia Pablo, Sánchez Cristina

Fecha de inspección:	11/05/2021 0:11:49	Ubicación	ESPE
Equipo	Transformador	Nombre del equipo:	Trasnformador Ciudadela
Temp ambiente:	16°C	Velocidad del viento	NA
Carga (%)		Carga nominal máxima:	
Temperatura de excepción:		Posible problema	Saturación de Carga
Acción recomendada		Prioridad de reparación:	
Emisividad:	0,95	Temperatura reflejada:	101,9 °F
Fabricante	Fluke Thermography	Cámara:	Ti32-11120124 (9Hz)

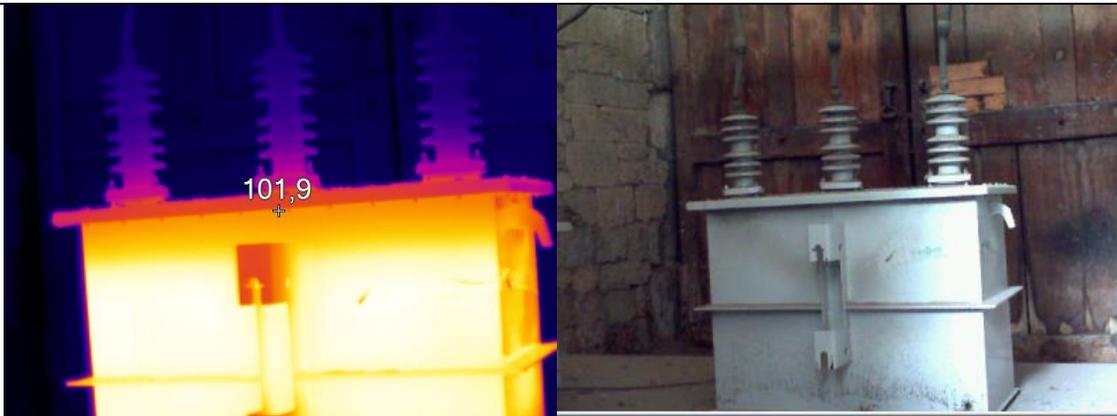


Figura 28 Imagen térmica del transformador de 75 kVA

2.7 Mediciones luxómetro.

En el siguiente apartado se pretende mostrar los datos recopilados a partir de las mediciones generadas mediante el uso del luxómetro Fluke el cual permite evidenciar de manera acertada las variaciones presentadas en las diferentes luminarias del sistema a medir.



Figura 29 Medición luxómetro



Figura 30 Medición luxómetro aula

Tabla 14. Elementos de consumo etapa de iluminación y oficina

Cant.	Elemento	Modelo/Características técnicas	Estado	Horas Usos Día	Daños
1000	Lámparas	Tipo: Fluorescentes Potencia: 40 W Arranque: Balastro electromagnético Voltaje: 110 V	Bueno	12	Luminaria sucia y opaca
50	Computadores	HP	Bueno	12	Cableado
50	impresoras	HP	Bueno	12	ninguna
15	Puntos de Red	Huawei	Bueno	24	ninguna

2.8 Arquitectura, diseños, planos detallados de la propuesta

La Figura 30 muestra la distribución de Cargas a partir del levantamiento de información, las fuentes de alimentación a la ESPE-L. permitiendo así identificar las áreas a medir. Se ha tomado todas las cargas conectadas a cada transformador.

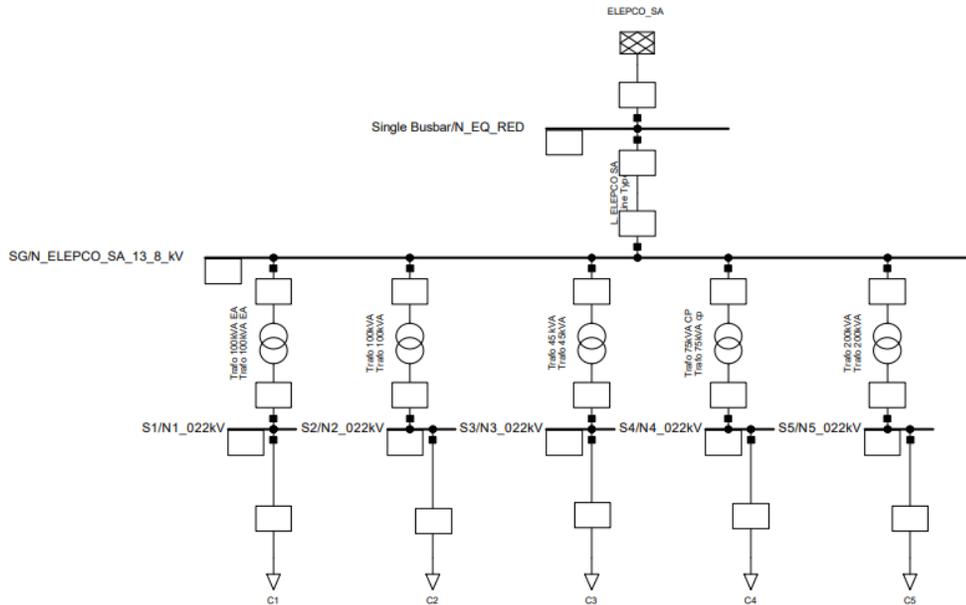


Figura 31 Fuentes de alimentación ESPE-L

Una vez levantada la información de la ESPE-L se colocan los valores en la simulación con la utilización del software DigSILENT.

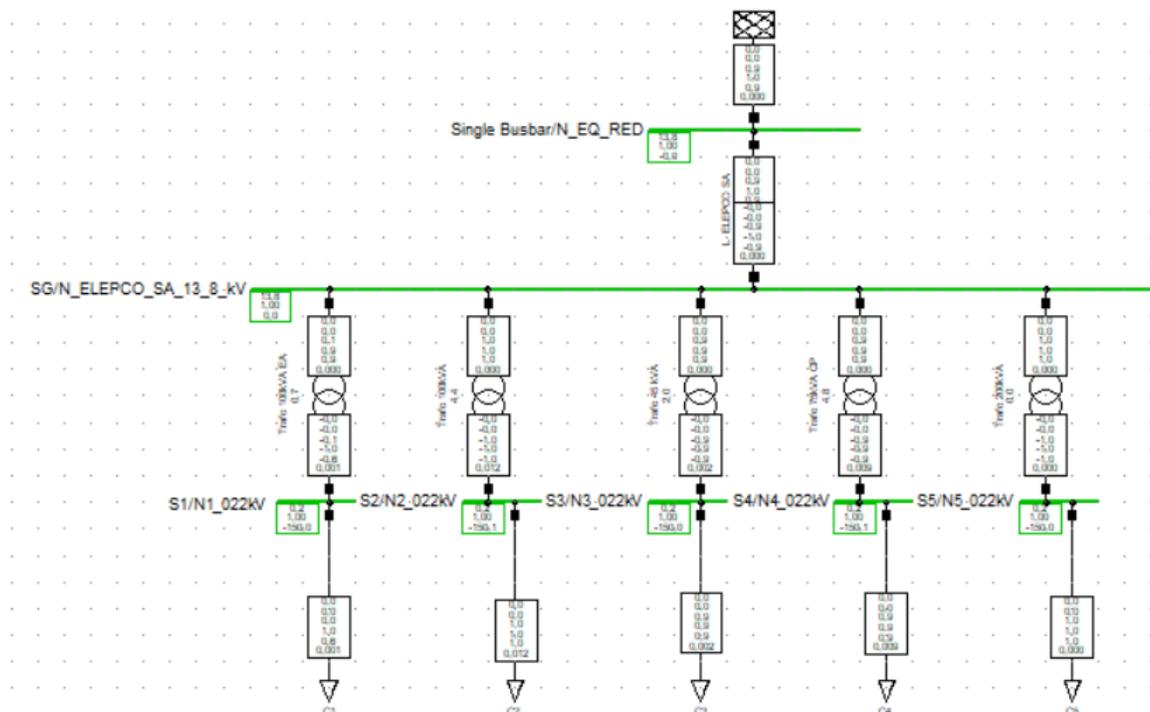


Figura 32 Diagnostico de Fuentes de alimentación ESPE-L

La simulación figura 31 muestra todas las cargas resistivas, inductivas y capacitivas las cuales están conectados a los transformadores, tomando en cuenta los datos de placa lo que implica que los datos que se ven a continuación representan parámetros ideales de funcionamiento de los equipos lo cual a continuación se observa que no son reales por factores como: antigüedad de los equipos, conductores en mal estado, luminarias incandescentes con baja eficiencia, Entre otros factores que se analizan a continuación en la figura 32.

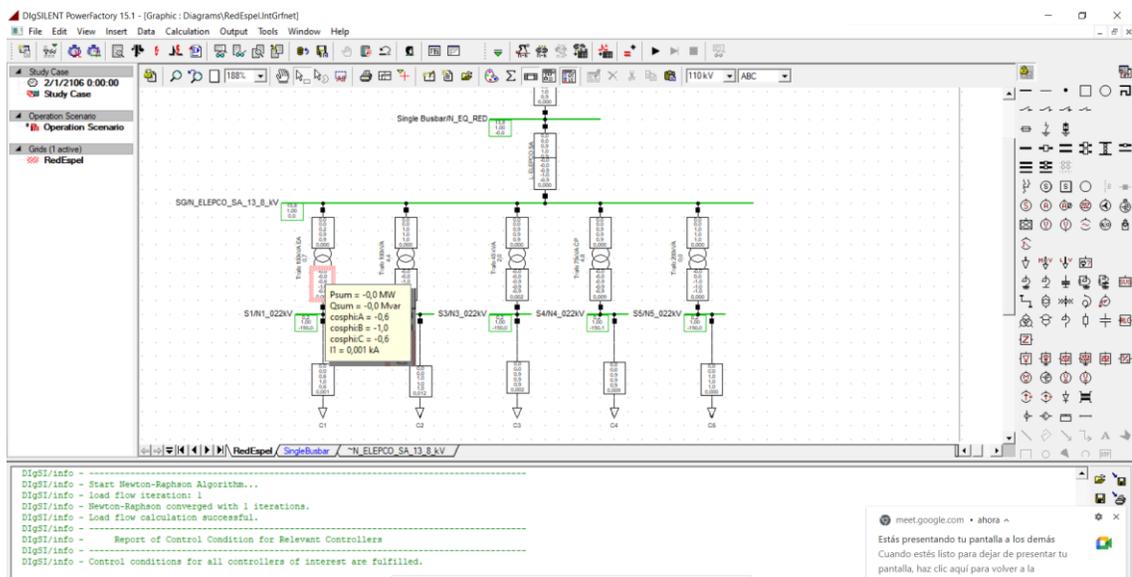


Figura 33 Fuentes de alimentación ESPE-L simulación

2.9 Cargas inductivas.

Mientras se realizó la Auditoría Energética se pudo identificar que el laboratorio de mecánica industrial tiene altos factores de deficiencia mecánica como describe el Anexo I, permitiendo establecer que los motores a pesar de haber sido reparados en estos últimos 8 años presentan mayores consumos de energía de los que deberían según los datos de placa y la potencia mecánica que suministran durante su operación como ha identificado el analizador, es decir de los 24 equipos presentes en el taller entre: torno, rectificadora plana, taladro eléctrico, limadora, taladro radial, taladro vertical, solamente 6 equipos se establecen como funcionales al 100 % lo que describe que el 75 % son prácticamente obsoletos.

2.10 Redimensionamiento de cargas lumínicas

La mayoría de luminarias existentes son obsoletas ya que tienen tecnologías deficientes como son lámparas incandescentes y fluorescentes; la migración a tecnología led ofrece una alternativa mucho más eficiente que las tecnologías mencionadas, pero con un consumo inferior, además de mejorar la calidad de energía ya que las lámparas fluorescentes contribuyen a la distorsión armónica total.

Tabla 15. consumo eléctrico del sistema de iluminación

ITEM	DESCRIPCION	CANT	Potencia (W)	Horas De Uso Diario (H)	Consumo (kWh/día)	Consumo (kWh/mes)	Consumo (kWh/año)
1	Luminaria fluorescente 2x17W T8	243	34	11	0.374	11.22	3702.6
2	Luminaria fluorescente 2x20W T12	212	40	11	0.44	13.2	4326
3	Luminaria Metal Halide	12	400	11	4.4	132	43560

Tabla 16. Comparativa luminaria instalada - propuesta

Tipo		lúmenes	Consumo
<i>Instalada</i>	<i>Propuesta Mejora</i>	<i>Instalada</i>	<i>Instalada</i>
Lámpara incandescente alógena	Tipo A Fluorescentes lineales	(lm): entre 60 - 4400	Potencia (W): entre 5 - 2000
Lámparas halógenas de alta y baja tensión	trifosfatos, lámparas fluorescentes compactas enchufables.	22 lm/W	150 a 2000W
Fluorescentes	Lámparas fluorescentes compactas electrónicas.	40 y 60 lm/W	75.000 horas
Lámpara Par		1200 lm/w	60w
Lámpara Par		23000 lm/w	120w

2.11 Pliego tarifario del año 2019 y 2020.

Se realiza un detalle de los valores cancelados a la empresa eléctrica por consumo del año 2019 y 2020, figura 33, lo cual sirve como referencia para interpretar los datos de la presente auditoria.

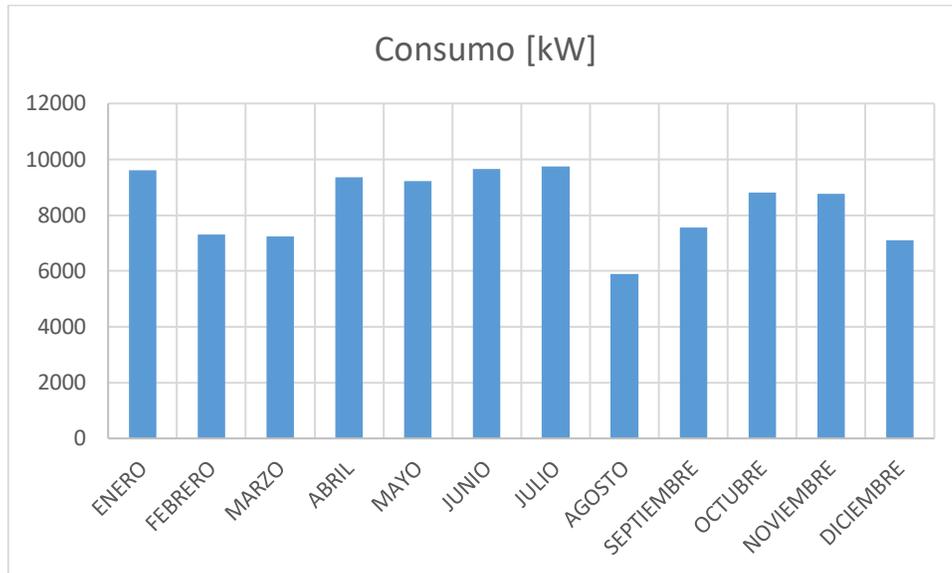


Figura 34 Resumen consumo energético año 2019

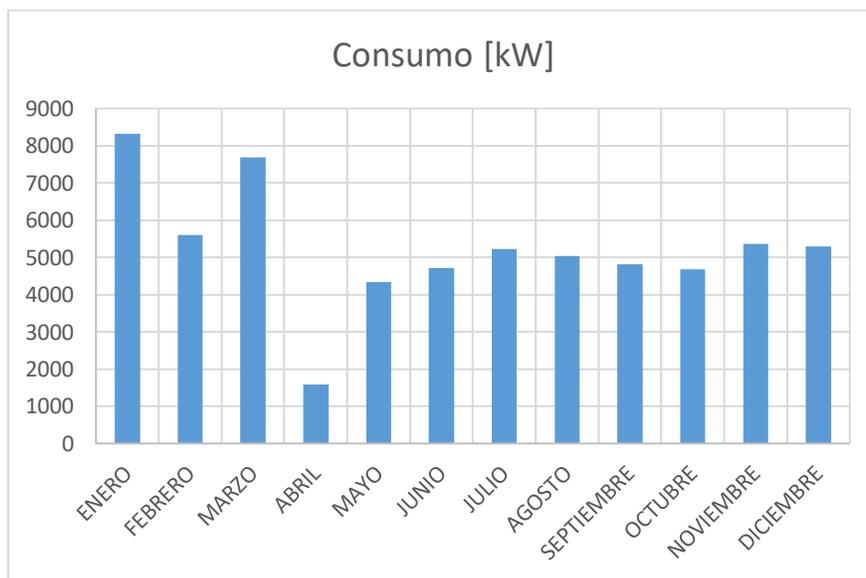


Figura 35 Resumen consumo energético año 2020

2.12 Evaluación del sistema en tiempo real

Se procede a levantar el registro de medición obtenida con el analizador durante la toma de registro de las fuentes colocadas en la ESPE-L como indica la tabla resumen, cabe mencionar que por la presencia de la pandemia el acceso y uso de las instalaciones ha sido la mínima.



Power Log Classic 4.6 - [TRAF0100KVA09MAR21.fpq]

Fecha	Función	L1N(V) / L1(A) Máx.	L2N(V) / L2(A) Máx.	L3N(V) / L3(A) Máx.	LNG(V) / N(A) Máx.	Total Máx.
9/3/2021 7:33:00 0mseg	Tensión	131,66 V	131,34 V	131,44 V	0,06 V	
9/3/2021 7:33:00 0mseg	Corriente	9 A	10 A	14 A	3 A	
9/3/2021 7:33:00 0mseg	Tensión de Pico	186,5 V	186 V	188,1 V	0,2 V	
9/3/2021 7:33:00 0mseg	Corriente de Pico	26 A	34 A	32 A	6 A	
9/3/2021 7:33:00 0mseg	Factor Cresta Tensión	1,42	1,42	1,44	327,67	
9/3/2021 7:33:00 0mseg	Factor Cresta Corriente	327,67	327,67	327,67	327,67	
9/3/2021 7:33:00 0mseg	Tensión de Medio Ciclo	131,67 V	131,35 V	131,48 V	0,06 V	
9/3/2021 7:33:00 0mseg	Corriente de Medio Ciclo	10 A	12 A	15 A	4 A	
9/3/2021 7:33:00 0mseg	Potencia Activa	1 kW	1 kW	0,3 kW		2,2 kW
9/3/2021 7:33:00 0mseg	Potencia Aparente	1,2 kVA	1,3 kVA	1,9 kVA		4,3 kVA
9/3/2021 7:33:00 0mseg	Potencia Reactiva	-0,6 kvar	-0,7 kvar	1,6 kvar		0,2 kvar
9/3/2021 7:33:00 0mseg	Factor de Potencia	0,85	0,79	0,17		0,56
9/3/2021 7:33:00 0mseg	DPF	0,99	0,93	-0,44		0,92
9/3/2021 7:33:00 0mseg	Frecuencia					60,041 Hz
9/3/2021 7:33:00 0mseg	Factor K A	13,57	10,17	19,26	22,51	
9/3/2021 7:33:00 0mseg	THD V	1,6%	1,73%	1,72%	309,95%	
9/3/2021 7:33:00 0mseg	THD A	61,96%	70,09%	327,67%	73,53%	
9/3/2021 7:33:00 0mseg	THD W	0,4%	0,56%	11,8%		
9/3/2021 7:33:00 0mseg	Plt					
9/3/2021 7:33:00 0mseg	Pst					
9/3/2021 7:33:00 0mseg	Desequilibrio Vn					0,3%
9/3/2021 7:33:00 0mseg	Desequilibrio Vz					0,06%
9/3/2021 7:33:00 0mseg	Desequilibrio An					276,43%
9/3/2021 7:33:00 0mseg	Desequilibrio Az					227,65%

Figura 36 Resumen registro de datos del transformador de 100KVA

Como se observa en la tabla resumen figura 36 del analizador el bajo factor de potencia se evidencia a lo largo de las diferentes mediciones adquiridas sobre el tiempo estimado para la obtención de los mejores datos.

Fecha	Función	L1N(V) / L1(A) Min.	L1N(V) / L1(A) Med	L1N(V) / L1(A) Máx.	L2N(V) / L2(A) Min.	L2N(V) / L2(A) Med	L2N(V) / L2(A) Máx.	L3N(V) / L3(A) Min.	L3N(V) / L3(A) Med	L3N(V) / L3(A) Máx.	LNG(V) / N(A) Min.	LNG(V) / N(A) Med	LNG(V) / N(A) Máx.	DPF	Frecuencia	Factor K A	THD V	THD A	THD W	Plt	Pst	Desequilibrio Vn	Desequilibrio Vz	Desequilibrio An	Desequilibrio Az
12/1/2003 1:43:00 0mseg	Tensión	2,16 V	95,87 V	129,17 V	127,14 V	128,5 V	130,39 V	125,01 V	127,58 V	129,77 V	0,07 V	0,07 V	0,0												
12/1/2003 1:43:00 0mseg	Corriente	42 A	47 A	67 A	17 A	22 A	40 A	28 A	28 A	29 A	30 A	37 A	53												
12/1/2003 1:43:00 0mseg	Tensión de Pico	3,8 V	105,6 V	183,7 V	180,7 V	182,8 V	185,6 V	179 V	182,6 V	186,3 V	0,2 V	0,2 V	0,3												
12/1/2003 1:43:00 0mseg	Corriente de Pico	80 A	90 A	138 A	24 A	44 A	85 A	56 A	58 A	66 A	54 A	68 A	112												
12/1/2003 1:43:00 0mseg	Factor Cresta Tensión	1,42	1,46	2,31	1,42	1,42	1,43	1,43	1,43	1,45	327,67	327,67	327												
12/1/2003 1:43:00 0mseg	Factor Cresta Corriente	1,77	1,91	2,54	1,77	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	1,76	327,67	327												
12/1/2003 1:43:00 0mseg	Tensión de Medio Ciclo	1,57 V	95,87 V	129,28 V	126,69 V	128,49 V	130,68 V	124,5 V	127,57 V	129,89 V	0,06 V	0,07 V	0,0												
12/1/2003 1:43:00 0mseg	Corriente de Medio Ciclo	39 A	47 A	74 A	16 A	22 A	47 A	26 A	28 A	32 A	27 A	37 A	55												
12/1/2003 1:43:00 0mseg	Potencia Activa	-0,3 kW	3,2 kW	8,3 kW	1,1 kW	2,7 kW	5 kW	3,1 kW	3,2 kW	3,4 kW															
12/1/2003 1:43:00 0mseg	Potencia Aparente	0,1 kVA	3,5 kVA	8,5 kVA	2,2 kVA	2,8 kVA	5,1 kVA	3,5 kVA	3,6 kVA	3,8 kVA															
12/1/2003 1:43:00 0mseg	Potencia Reactiva	-3,2 kvar	-0,8 kvar	2,1 kvar	0,8 kvar	0,9 kvar	1,7 kvar	1,6 kvar	1,7 kvar	1,8 kvar															
12/1/2003 1:43:00 0mseg	Factor de Potencia	0,81	0,96	0,98	0,86	0,95	0,98	0,88	0,89	0,9															
12/1/2003 1:43:00 0mseg	DPF	0,99	1	1	0,99	1	1	0,99	0,99	1															
12/1/2003 1:43:00 0mseg	Frecuencia	1,67	2,11	2,36	1,97	3,21	4,67	3,7	3,78	3,87	5,25	7,17	9,0												
12/1/2003 1:43:00 0mseg	Factor K A	1,06%	2,57%	10,51%	1,56%	1,25%	1,55%	1,28%	1,38%	1,58%	283,91%	327,67%	327												
12/1/2003 1:43:00 0mseg	THD V	22,13%	27,67%	31,05%	20,88%	31,24%	41,7%	49,56%	50,14%	50,97%	78,24%	112,58%	163												
12/1/2003 1:43:00 0mseg	THD A	0,07%	0,65%	8,15%	0,11%	0,18%	0,36%	0,2%	0,25%	0,47%															
12/1/2003 1:43:00 0mseg	THD W	0	0	0	0	0	0	0	0	0															
12/1/2003 1:43:00 0mseg	Plt	0	0	0	0	0	0	0	0	0															
12/1/2003 1:43:00 0mseg	Pst	0	0	0	0	0	0	0	0	0															
12/1/2003 1:43:00 0mseg	Desequilibrio Vn																								
12/1/2003 1:43:00 0mseg	Desequilibrio Vz																								
12/1/2003 1:43:00 0mseg	Desequilibrio An																								
12/1/2003 1:43:00 0mseg	Desequilibrio Az																								
12/1/2003 1:48:00 0mseg	Tensión	125,38 V	126,94 V	129,74 V	126,93 V	127,95 V	129,91 V	125,29 V	127,15 V	128,85 V	0,07 V	0,07 V	0,1												
12/1/2003 1:48:00 0mseg	Corriente	41 A	47 A	68 A	17 A	20 A	40 A	28 A	28 A	29 A	30 A	38 A	52												
12/1/2003 1:48:00 0mseg	Tensión de Pico	178,4 V	180,4 V	184,7 V	180,4 V	182,2 V	184,8 V	179,6 V	182,2 V	184,8 V	0,2 V	0,2 V	2,4												
12/1/2003 1:48:00 0mseg	Corriente de Pico	78 A	90 A	140 A	34 A	40 A	84 A	56 A	58 A	66 A	54 A	70 A	118												
12/1/2003 1:48:00 0mseg	Factor Cresta Tensión	1,42	1,42	1,43	1,42	1,42	1,44	1,43	1,43	1,45	327,67	327,67	327												
12/1/2003 1:48:00 0mseg	Factor Cresta Corriente	1,75	1,91	2,52	1,78	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	1,78	327,67	327												
12/1/2003 1:48:00 0mseg	Tensión de Medio Ciclo	125,01 V	126,94 V	129,78 V	126,27 V	127,95 V	129,97 V	124,54 V	127,15 V	129,05 V	0,07 V	0,07 V	0,2												
12/1/2003 1:48:00 0mseg	Corriente de Medio Ciclo	39 A	47 A	76 A	16 A	20 A	47 A	26 A	28 A	32 A	25 A	38 A	59												
12/1/2003 1:48:00 0mseg	Potencia Activa	5 kW	5,8 kW	8,4 kW	2 kW	2,5 kW	5,1 kW	3,1 kW	3,2 kW	3,3 kW															
12/1/2003 1:48:00 0mseg	Potencia Aparente	5,2 kVA	6 kVA	8,6 kVA	2,2 kVA	2,5 kVA	5,2 kVA	3,5 kVA	3,6 kVA	3,7 kVA															
12/1/2003 1:48:00 0mseg	Potencia Reactiva	-1,9 kvar	-0,7 kvar	2,1 kvar	0,8 kvar	0,9 kvar	1,8 kvar	1,6 kvar	1,7 kvar	1,7 kvar															
12/1/2003 1:48:00 0mseg	Factor de Potencia	0,94	0,96	0,98	0,85	0,94	0,98	0,88	0,89	0,9															
12/1/2003 1:48:00 0mseg	DPF	0,99	1	1	0,98	1	1	0,99	0,99	1															
12/1/2003 1:48:00 0mseg	Frecuencia																								

Figura 37 Resumen registro de datos del transformador de 75KVA

2.13 Conclusiones Capítulo II.-

- La utilización de instrumentos de medición que permiten llevar un registro de datos continuos que evidencian de manera clara todos los factores de fallo y pérdidas energéticas en los sistemas del campus ESPE-L por secciones y áreas de análisis.
- Se evidencia que la falta de mantenimiento preventivo en los transformadores de 75 kVA, repercute en el funcionamiento de los equipos ubicados en el área del edificio antiguo, taller de mecánica industrial y patio principal como un factor determinante durante las jornadas laborales una pérdida de energía en su funcionamiento.
- Los datos obtenidos con el analizador versus los datos mostrados en la simulación en base a los datos de placa de los equipos presentan varias diferencias debido a todos los problemas identificados luego de realizar todos los procedimientos detallados en el capítulo II, en las instalaciones de la ESPE-L.
- La norma IEC 61000-4-7 permiten obtener llevar una guía rápida y técnicas de medición acorde a los equipos instalados en el campus para tener una mejor evaluación de los mismo durante la inspección de auditoria energética.
- El levantamiento de información durante la inspección visual de las fuentes de energía, acometidas, tableros de distribución, entre otras instalaciones del campus se puede evidenciar de manera efectiva un deterioro en las mismas, permite dar una evaluación clara del estado para obtener los parámetros de mejora continua a largo plazo; manejando un cronograma de mantenimiento y mejora de sistemas eléctricos de potencia y luminosidad que mejoraran la calidad energética del campus.
- De los análisis se puede mencionar que en la red conectada al secundario del transformador obtenemos un bajo **factor de potencia**. Por lo que se debería realizar un estudio de compensación de reactivos. Además de un mantenimiento en la cámara de transformación ya que se observa un deterioro de sus instalaciones.

CAPITULO III

CAPÍTULO III. APLICACIÓN Y/O VALIDACION DE LA PROPUESTA

3.1 Análisis de Resultados de la Auditoria Energética

Los resultados obtenidos por medición y simulación de las instalaciones eléctricas, son relevantes, que permitirán generar un plan de gestión y ahorro energético enfocados a dos áreas importantes, como son iluminación y mantenimiento de equipos de alimentación principal, con el objetivo de brindar una propuesta de soluciones operativas y económicas, con el respaldo y validación de expertos en el área técnica y financiera. En las inspecciones realizadas se pudo establecer los siguientes parámetros que causan deficiencia energética.

Infraestructura e Iluminación: Los elementos instalados son obsoletos y de tecnología tradicional, que no cumplen con estándares de ahorro en la actualidad. Las cargas luminarias y de equipos electrónicos se encuentran conectados a una red de cableado eléctrico disfuncional. No existen tableros de distribución que organicen las cargas de forma nivelada. Las conexiones de los laboratorios han sido realizadas mediante empalmes y extensiones de cableado eléctrico desmedido y desorganizado. Adicionalmente el tipo de luminarias que aún se utilizan provocan cierto grado de contaminación por el tipo de estructura interna, como es el caso de las luminarias fluorescentes, que tienen como componente principal el mercurio.

Equipos de alimentación principal en la institución: Existe un gran deterioro en la cámara de transformación de energía, se ha observado el crecimiento de maleza que podrían causar un desperfecto total del suministro, sino se toman las acciones correctivas necesarias. Los transformadores analizados cuentan con fugas de aceite, los conectores y borneras muestran un mal estado y otras requieren un reajuste y mantenimiento. Para finalizar la descripción de esta etapa, las imágenes de la cámara termográfica presentaron puntos calientes, que se replican en el desperdicio de energía por emisión de calor.

Mediciones de los parámetros eléctricos en tiempo real: El factor de potencia es un índice crítico, ya que su valor es inferior al establecido en el pliego tarifario. Por lo que la institución ha incurrido en multas económicas. Las componentes armónicas 1, 3, 5 y 7 han prevalecido debido al uso de los equipos de soldadura, lámparas fluorescentes y máquinas rotativas.

3.2 Evaluación técnica- económica de la propuesta

Para evaluar la propuesta de ahorro energético y económico se presentan las tablas de análisis técnico y monetario de las cotizaciones en el mercado actual.

3.2.1 Reemplazo del Sistema de Iluminación

Con el objetivo de reducir el consumo de energía eléctrica en los bloques del aulario de la institución, se propone reemplazar las luminarias por dispositivos de mayor rendimiento. En base al estudio económico se ha establecido en una comparativa de cambio de tres tipos de lámparas T8, T12 y LED.

Tabla 17. Inversión Luminaria

Descripción	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Luminaria Lineal LED 3x9W (reemplaza a la de T8 17W)	243	6,06	1472,58
Luminaria Lineal de 1x32W (reemplaza a la T12 de 40w)	212	11	2332,00

La inversión para el reemplazo de luminarias en tipo LED es de USD 3804,00, , tabla 17.

Tabla 18. Mantenimiento de transformadores

Equipo	Tipo de mantenimiento				Costo
	N°	Actividad	Preventivo	Correctivo	
Transformador de 100KVA	1	limpieza polvo	x		\$200,00
	2	limpieza maleza	x		\$50,00
	3	revisión de aislamientos/potencia de aislamiento	x		\$150,00
	4	tierras	x		\$200,00

	5	Revisión o ajuste de pasa tapas, medidores, cableado (malos contactos, conexiones rotas o corroídas).	x		\$300,00
	6	Revisión pararrayos	x		\$100,00
	7	Ajuste de pernos, empaquetados en mal estado, conexiones en mal estado		x	\$150,00
	8	otros		x	\$100,00
Transformador de 75KVA	1	limpieza polvo	x		\$200,00
	2	limpieza maleza	x		\$50,00
	3	revisión de aislamientos/potencia de aislamiento	x		\$150,00
	4	tierras	x		\$200,00
	5	Revisión o ajuste de pasa tapas, medidores, cableado (malos contactos, conexiones rotas o corroídas).	x		\$200,00
	6	revisión pararrayos	x		\$75,00
	7	Ajuste de pernos, empaquetados en mal estado, conexiones en mal estado		x	\$100,00
	8	otros		x	\$100,00
Repotenciación de motores de tornos (Arranque, control de velocidad)	1	instalación de variadores		x	\$300,00
	2	bobinado		x	\$100,00
Total					\$2.725,00

Tabla 19 Adecuación de la infraestructura de conexiones

Equipos	actividad	Costos
Conectores	Ajuste de conectores	\$150,00
Puntos Calientes	Reajuste de puntos calientes	\$200,00
Tablero de distribución	Instalación Tablero de distribución	\$300,00
Total		\$650,00

3.2.2 Corrección del factor de potencia

En este apartado se muestra la capacidad reactiva necesaria para compensar el sistema eléctrico y reducir la penalización por el bajo factor de potencia que presenta actualmente el sistema.

El factor de potencia medido corresponde a 0,61 y una potencia de 3,9 kW. Con la compensación reactiva se espera obtener un factor de potencia de 0,95. Para lo cual nos basaremos Tabla 20 de corrección de factor de potencia [31].

Tabla 20 Corrección del factor de potencia en el estándar K

Antes de la compensación		Potencia del condensador en kVAR a instalar por kW de carga para elevar el factor de potencia (cosφ) o la tgφ a:									
tgφ	cosφ	tgφ	0,59	0,48	0,45	0,42	0,39	0,36	0,32	0,29	0,25
		cosφ	0,86	0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97
1,52	0,55	0,925	1,034	1,063	1,092	1,123	1,156	1,190	1,227	1,268	
1,48	0,56	0,886	0,995	1,024	1,053	1,084	1,116	1,151	1,188	1,229	
1,44	0,57	0,848	0,957	0,986	1,015	1,046	1,079	1,113	1,150	1,191	
1,40	0,58	0,811	0,920	0,949	0,979	1,009	1,042	1,076	1,113	1,154	
1,37	0,59	0,775	0,884	0,913	0,942	0,973	1,006	1,040	1,077	1,118	
1,33	0,6	0,740	0,849	0,878	0,907	0,938	0,970	1,005	1,042	1,083	
1,30	0,61	0,706	0,815	0,843	0,873	0,904	0,936	0,970	1,007	1,048	
1,27	0,62	0,672	0,781	0,810	0,839	0,870	0,903	0,937	0,974	1,015	
1,23	0,63	0,639	0,748	0,777	0,807	0,837	0,870	0,904	0,941	0,982	
1,20	0,64	0,607	0,716	0,745	0,775	0,805	0,838	0,872	0,909	0,950	

Donde la expresión de la potencia reactiva para k=1,005

$$Q = K \cdot P$$

$$Q = 1,005(3,9kW)$$

$$Q = 3,92 \text{ kVAR}$$

El valor del capacitor corresponde a:

$$C = \frac{Q}{U^2 \cdot \omega}$$

Donde la tensión nominal del sistema es 220 voltios una frecuencia de 60 Hz, entonces:

$$C = \frac{5 \text{ kVAR}}{(220 \text{ v})^2 (2\pi \cdot 60 \text{ Hz})}$$

$$C = 274,03 \text{ uF}$$

Por lo tanto, se elige el banco de capacitores según el proveedor de instrumentación TCONTROL S.A. equivalente a 5 kVAR, para realizar la corrección del factor de potencia.

3.2.3 Presupuesto del sistema de corrección de factor de potencia

El sistema de corrección, se enfoca en la instalación de un medidor inteligente de parámetros eléctricos modelo M4M de la marca ABB con su tablero de distribución correspondiente para la adaptación a las mediciones del transformador de 100kVA. La cotización de los elementos detallados se muestra en el Anexo M. El valor económico para esta adaptación es de 3,214.

Tabla 21. Presupuesto del sistema de corrección de factor de potencia

Descripción	Marca	Costo
Tablero de distribución con adaptaciones y Analizador de red M4M	Gabinete NEMA 12 y Medidor ABB	USD 3124,40

3.2.4 Costos de penalización por bajo factor de potencia

Tabla 22. Datos de facturación con penalización 2019

DATOS DE FACTURACION (2019) ESPEL							
PERIODO	Lec-ACT [kWh]	Consumo [kW]	Demanda	FACTOR DE CARGA	FACTOR DE PENALIZACION	FSPEE=FACTURA POR SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA - usd	USD-PENALIZACION
ENERO	124714	9597	45	2771,42	0,077	926,41	262,68
FEBRERO	131614	7303	45	2924,76	0,055	707,94	212,88
MARZO	138854	7240	39	3560,36	0,052	696,55	217,91
ABRIL	148207	9353	32	4631,47	0,063	866,6	213,28
MAYO	157431	9224	45	3498,47	0,059	886,19	249,07
JUNIO	167387	9656	40	4184,68	0,058	926,49	251,54
JULIO	176841	9754	45	3929,80	0,055	1.977,55	1267,8
AGOSTO	182732	5891	51	3582,98	0,032	586,6	184,75
SEPTIEMBRE	190285	7553	36	5285,69	0,040	800,87	228,31
OCTUBRE	199104	8819	37	5381,19	0,044	878,19	263,77
NOVIEMBRE	207871	8767	40	5196,78	0,042	870,76	234,02
DICIEMBRE	214980	7109	52	4134,23	0,033	724,66	198,22
						Promedio Anual	315,3525
						Total Anual	3784,23

De la Tabla 22 se puede marcar claramente la existencia de variación en el factor de potencia por mes, dichos valores obtenidos de la medición y como dato histórico la medición mediante facturación y costos cancelados en las facturas mismos que son altos considerando que la sede ESPE-L según el pliego tarifario es catalogada como Entidades Oficiales con Demanda Pico y a pesar de la existencia del subsidio siguen siendo altos los costos durante el año 2019 y de igual manera para el año 2020.

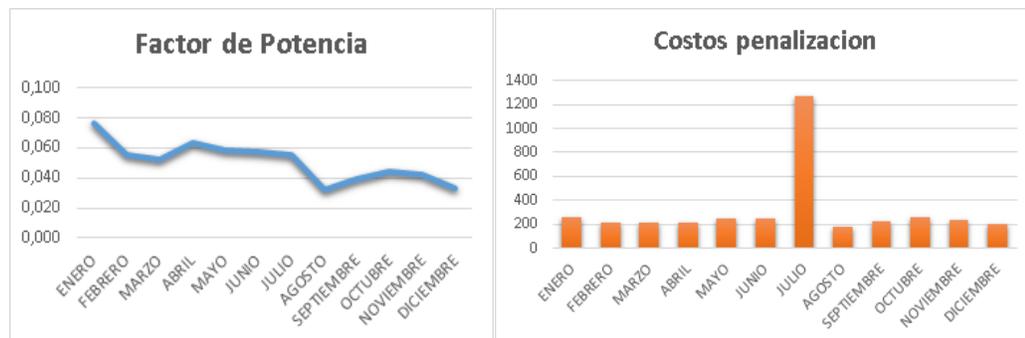


Figura 38 Facturación por costos de penalización en comparación con el factor de potencia en el año 2019

Tabla 23. Datos de facturación con penalización 2020

DATOS DE FACTURACION (2020) ESPEL					penalizacion	
PERIODO	Lec-ACT [kWh]	Consumo [kW]	Demanda	factor de penalizacion	FSPEE=FACTURA POR SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA - usd	
ENERO	223307	8327	53	0,59	842,63	225,33
FEBRERO	228902	5595	35	0,07	580,18	173,7
MARZO	0	7695	43	0,47	696,55	138,77
ABRIL	238187	1590	22	-0,70	253,25	97,75
MAYO	242520	4333	28	-0,17	462,46	153,39
JUNIO	247240	4720	33	-0,10	483,65	160,68
JULIO	252469	5229	35	0,00	530,91	168,24
AGOSTO	257504	5035	40	-0,04	528,18	171,43
SEPTIEMBRE	262318	4814	32	-0,08	485,25	159,53
OCTUBRE	266992	4674	27	-0,10	473,14	159,49
NOVIEMBRE	272349	5357	35	0,03	551	184,92
DICIEMBRE	277641	5292	31	0,01	543,68	176,33
					Promedio Anual	164,13
					Total Anual	1969,56

En la tabla 23 se puede observar un cambio debido a la presencia de la pandemia y que bajo este factor los consumos se reducen, cabe mencionar que el bajo factor de potencia es más notable en los costos de factura mensual.


Figura 39 Facturación por costos de penalización en comparación con el factor de potencia en el año 2020

Ahorro

Se plantea el balance del sistema a partir de las proyecciones mencionadas en la tabla 22 y tabla 23, las cuales nos permiten evidenciar la mejora continua en la calidad energética y uso eficiente de la misma.

De la figura 40 se puede identificar un ahorro promedio de 120 dólares mensuales valor considerable en la facturación.



Figura 40 Ahorro costos sin penalización

3.3 Validación técnica -económica de los resultados

Para la verificar la rentabilidad del proyecto propuesto se ha hecho un análisis econométrico en función del cálculo del VAN y TIR, tabla 23.

Tabla 24. Validación técnica -económica de los resultados

Propuesta de ahorro	TIR	VAN (i=8,5%)
Reemplazo de sistema de luminarias, mantenimiento de transformadores e implementación de regulador de factor de potencia.	26 %	USD 9 365,65 (positivo)

La tabla 24 permite validar la propuesta de las mejoras al sistema energético de la ESPEL descritas en el presente documento el cual hace mención una inversión de USD 10 319,82. La misma que será recuperable un lapso de 3 años proyectada bajo este cálculo. Con una tasa interna de retorno del 26 %, que aun este valor sigue siendo más rentable, que invertir en una entidad bancaria nacional.

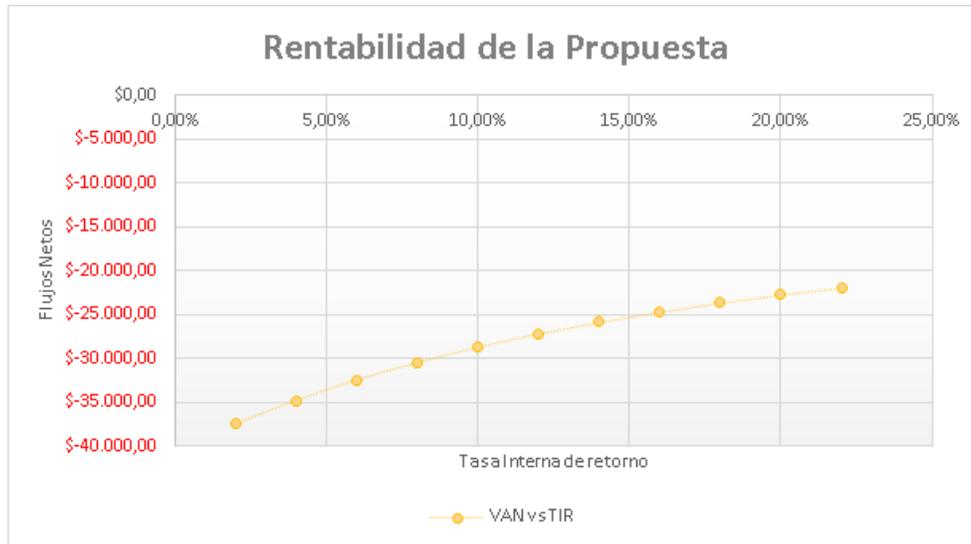


Figura 41 Curva VAN vs TIR de la propuesta de eficiencia

Resumen: El desarrollo del presente capítulo permitió generar un plan de gestión y ahorro energético en función a los resultados obtenidos conjuntamente al levantamiento de información del pago anual de las planillas realizadas en las cuales se evidencia el excedente del rubro cancelado debido al deterioro de los sistemas eléctricos en la infraestructura y el poco manejo en función a la calidad energética que se maneja bajo la normativa y estándares de funcionamiento de los campus universitarios es así que se desarrolla la propuesta de cambio de luminarias, mantenimiento de transformadores e implementación de sistemas eléctricos funcionales en mejora de la calidad energética dicho proceso se evidencia una optimización en la reducción de consumo energético mensual y recuperación del presupuesto de un 26% de la inversión en un corto plazo de 3 años. Por lo expuesto el desarrollo de este estudio es viable para la mejora de los sistemas.

3.4 Evaluación de expertos.

CERTIFICADO DE VALIDACION DEL VERIFICADOR

En mi calidad de verificador del tema del proyecto de investigación y desarrollo titulado “ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS LABORATORIOS DE MECÁNICA INDUSTRIAL Y SOLDADURA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA.” Del posgraduado:

Apellidos y Nombres: Aulestia Araujo Pablo Sebastián
Sánchez Lara Cristina Del Rocío

PROGRAMA: MAESTRIA EN ELECTRICIDAD MENCION SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA.

CERTIFICO:

Que: he analizado el tema del proyecto de investigación y desarrollo, presentado como requisito previo a aprobación y desarrollo del trabajo de titulación para optar por el grado de Magister en Electricidad Mención en Sistemas Eléctricos de Potencia.

Revisado por: FREIRE LLERENA WASHINGTON RODRIGO

Cedula de ciudadanía No. 1801910084

Profesión: Ingeniero Eléctrico

Posgrado: Diploma superior en Redes Digitales Industriales, Magister en Gestión de Energías

Sugiero su aprobación y permita continuar con el diseño del proyecto de investigación y desarrollo.

Latacunga, 05 de febrero de 2022.

Firma

.....

Ing. Washington Rodrigo Freire Llerena

CERTIFICADO DE VALIDACION DEL VERIFICADOR

En mi calidad de usuario del tema del proyecto de investigación y desarrollo titulado **“ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS LABORATORIOS DE MECÁNICA INDUSTRIAL Y SOLDADURA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA.”** De los posgraduados:

Apellidos y Nombres: Aulestia Araujo Pablo Sebastián
Sánchez Lara Cristina Del Rocío

PROGRAMA: MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA.

CERTIFICO:

Que: se ha analizado el tema del proyecto de investigación y desarrollo, presentado como requisito previo a aprobación y desarrollo del trabajo de titulación para optar por el grado de Magister en Electricidad Mención en Sistemas Eléctricos de Potencia

Revisado por: María Fernanda Araujo Sánchez
Cedula de ciudadanía No. 0501575773
Profesión: Economista
Posgrado: Especialista en Gerencia de Proyectos, Diplomado Superior en Gerencia de Marketing.

Sugiero su aprobación del presente del proyecto de investigación.

Latacunga, 05 de febrero de 2022.

Firma



.....

Econ. María Fernanda Araujo Sánchez

3.5 Evaluación de usuarios. -

CERTIFICADO DE VALIDACION DEL VERIFICADOR

En mi calidad de usuario del tema del proyecto de investigación y desarrollo titulado “ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS LABORATORIOS DE MECÁNICA INDUSTRIAL Y SOLDADURA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA.” Del posgraduado:

Apellidos y Nombres: Aulestia Araujo Pablo Sebastián
Sánchez Lara Cristina Del Rocío

PROGRAMA: MAESTRIA EN ELECTRICIDAD MENCIÓN SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA.

CERTIFICO:

Que: se ha realizado el diagnóstico del tema del proyecto de investigación y desarrollo, presentado como requisito previo a aprobación y desarrollo del trabajo de titulación para optar por el grado de Magister en Electricidad Mención en Sistemas Eléctricos de Potencia

Revisado por: Washington German Erazo Laverde
Cedula de ciudadanía No. 0501432637
Profesión: Ingeniero Automotriz
Posgrado: Magister en Gestión de Energías, Diplomado Superior en Autotrónica.

Sugiero su aprobación del presente del proyecto de investigación.

Latacunga, 05 de febrero de 2022.

Firma

.....

Ing. Washington German Erazo Laverde

3.6 Evaluación de impactos o resultados

La presente evaluación no aplica, debido a que el departamento financiero encargado del proceso no ha realizado los cálculos para determinar ahorros por mejoras de instalaciones eléctricas referente a la utilización de calidad energética de la ESPE-L.

Conclusiones del III capítulo. -

- La inversión económica que representa el reemplazo de luminarias y mantenimiento de equipos de alimentación, es USD 9653,40.
- En el análisis económico, el Valor Actual Neto es positivo, por lo que se deduce que la propuesta es factible y el tiempo de recuperación de la inversión será menor a tres años.
- La propuesta técnica y económica coadyuvaría al uso eficiente de la energía, evitando pagar el excedente por penalización del factor de potencia.

Conclusiones generales:

- Se realizó la auditoría en las fuentes de alimentación de los laboratorios de la Universidad, con el fin de determinar las medidas de uso eficiente de la energía.
- Las normativas utilizadas para el análisis técnico de la propuesta, estuvieron enfocadas el pliego tarifario, ISO 24767 e ISO 30100 para normas de seguridad y gestión de redes eléctricas, ISO 25000 para la lectura de parámetros eléctricos por software y finalmente la ISO 50001 que permite la implementación de políticas energéticas y el uso significativo de la energía.
- En el levantamiento de información de la red eléctrica instalada, se evidenció que las fuentes de alimentación principal, como son los transformadores de 75kVA y 100kVA no cuentan con tableros de distribución. Y las cargas se han adherido de forma desbalanceada. Adicionalmente se pudo constatar que las cámaras de transformación están en completo deterioro, inclusive se ha llegado a formar maleza en sus alrededores. Es así que se requirió proponer un plan de mantenimiento de estos equipos.

- En el análisis de iluminarias se propuso el reemplazo de lámparas fluorescentes F2X40W T12 y F3X17W T8 por las luminarias lineales tipo LED 1x32w y LED 3x9w respectivamente.
- El factor de potencia es de 0,6, siendo inferior a la normativa del pliego tarifario, por lo que se requiere implementar un compensador de reactivos de la marca ABB y Gabinete Nema 12.
- El estudio presenta en la red actual, un déficit anual de USD 2000 aproximadamente por penalizaciones por el bajo rendimiento del sistema eléctrico en la institución.
- La inversión económica está seccionada en cuatro etapas. El reemplazo de luminarias es por USD 3 804,58, el mantenimiento de los transformadores equivale a USD 2 725, La adecuación de conectores y distribuidores representa USD 650 y La corrección del factor de potencia tiene un monto de USD 3 140,24. De esta manera el capital presupuestado corresponde a un total de USD 10 319,82, y según el análisis del VAN mayor a cero, se deduce que la propuesta es rentable y el tiempo estimado de recuperación de la inversión es de 3 años con una TIR del 22%.
- Se presentó el plan de mejora para la reducción del bajo factor de potencia, y reducción de los costos de facturación por penalización. Y por ende evitar daños en la red eléctrica haciendo uso de la energía en forma eficiente.

Recomendaciones

- Se debe corregir de inmediato el bajo factor de potencia, con el objeto de no alterar la red eléctrica y promover la mejora continua en el uso de la energía.
- Generar normativas dentro de la institución para motivar a la comunidad universitaria, sobre el uso eficiente de la energía eléctrica.
- Realizar mantenimientos preventivos a los transformadores cada semestre para garantizar el buen funcionamiento y prolongar su vida útil.
- Los aparatos periféricos, como monitores, impresoras, fotocopadoras, etc. se tienen en reposo la mayor parte del tiempo; por ello será importante que dispongan de algún sistema de ahorro de energía en reposo en caso de no poder ser apagados.

Referencias bibliográficas

- [1] C. A. S. Machado, «Gestión energía empresarial una metodología para la reducción de consumo de energía,» 2019.
- [2] M. V. Fajardo, «Filtro Activo de Potencia para Instalaciones Bifásicas con Capacidad de Balance de Corrientes,» *Energía*, vol. 14, pp. 64 -71, 2017.
- [3] M. A. N. R. A. G. CARLOS ALBERTO RIOS, «ANÁLISIS DE ARMÓNICOS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS,» 2015.
- [4] C. Armendaris, «• ESTRATEGIA DE REDUCCIÓN PARA LA APLICACIÓN GENERALIZADA DE LOCALIZADORES DE FALLAS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA,» p. <http://www.redalyc.org/pdf/1492/149224285002.pdf>, 2016.
- [5] L. Ming-Jia y T. Wen-Quan, «Review of methodologies and policies for evaluation of energy efficiency in high energy-consuming industry,» *Applied Energy*, vol. 187, pp. 203-215, 2017.
- [6] M. Mori y M. Fujishima, «A study on energy efficiency improvement for machine tools,» *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, vol. 60, pp. 145-148, 2011.
- [7] L. Aguirre, *ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y PROPUESTA DE AHORRO ENERGÉTICO EN LA EMPRESA BOPP DEL ECUADOR S.A.*, Latacunga, 2014.
- [8] J. Aguirre, *Estudio y análisis de la eficiencia energética en los principales sistemas energéticos del Hospital Carlos Andrade Marín*, Sangolquí, 2015.
- [9] O. Arellano, *Estudio y análisis de eficiencia energética del sistema eléctrico del Hospital IESS-Ibarra*, Sangolquí, 2015.
- [10] T. González, *Estudio y análisis de eficiencia energética en los principales sistemas energéticos del Hospital Homero Castañer*, Sangolquí, 2015.
- [11] C. Mafla, *Análisis de eficiencia energética del sistema de energía eléctrica en el Hospital San Vicente de Paul*, Sangolquí, 2015.
- [12] J. C. Taco, *Modelo de gestión energética para la determinación de indicadores de eficiencia eléctrica en el sector residencial*, Quito, 2018.
- [13] C. Cabezas, *Sistema de gestión energética con mejora continua en la norma ISO 50001 para el campus USFQ*, Quito, 2018.

- [14] R. Guapulema, «Estudio paramétrico para optimización de un generador de hielo tubular de laboratorio,» *INGENIUS*, vol. 23, pp. 86-96, 2020.
- [15] A. P. S. ALVARADO, «ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL,» 12 septiembre 2014. [En línea]. Available: <https://onedrive.live.com/?cid=55269503ADD1C67C&id=5547CC9E54E6F48B%21187759&parId=5547CC9E54E6F48B%21187741&o=OneUp>. [Último acceso: 10 enero 2020].
- [16] C. F. L. C. WALTER DANIEL CAISABANDA MEZA, «ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO,» 10 octubre 2009. [En línea]. Available: www.repositorioespel.com.ec. [Último acceso: 10 enero 2020].
- [17] T. S. Q. VEGA, «eficiencia energetica textiles La Escala.pdf,» 10 junio 2011. [En línea]. Available: <https://onedrive.live.com/?cid=55269503ADD1C67C&id=5547CC9E54E6F48B%21187760&parId=5547CC9E54E6F48B%21187741&o=OneUp>. [Último acceso: 11 enero 2020].
- [18] S. M. Serrano, «Eficiencia en edificios residenciales y metodologia para calificacion energetica.,» 10 01 2020. [En línea]. Available: <https://onedrive.live.com/?cid=55269503ADD1C67C&id=5547CC9E54E6F48B%21187761&parId=5547CC9E54E6F48B%21187741&o=OneUp>.
- [19] J. L. P. CARRERA, «REPOSITORIO SALESIANA DE QUITO,» 4 Agosto 2014. [En línea]. Available: www.repositoriosalesiana/ingenieriaelectronica.com.ec. [Último acceso: 10 enero 2020].
- [20] FLUKE CORPORATION, «FLUKE,» 10 enero 1995 - 2021. [En línea]. Available: <https://www.fluke.com/es-ec/producto/comprobacion-electrica/calidad-electrica/434-435>. [Último acceso: 2021 marzo 15].
- [21] FLUKE, «FLUKE,» 12 enero 2012. [En línea]. Available: <https://docs.rs-online.com/2119/0900766b815db111.pdf>. [Último acceso: 15 marzo 2021].
- [22] F. Corporation, «Fluke Corporation,» 11 julio 2009. [En línea]. Available: https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/Ti32____umspa0100.pdf. [Último acceso: 5 agosto 2021].
- [23] CEM, «CEM,» 10 noviembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.cem-instruments.com/en/Product/detail/id/1312>. [Último acceso: 10 octubre 2021].
- [24] S. instrumentos, «Soltec instrumentos,» 10 febrero 2017. [En línea]. Available: <https://soltecinstrumentos.com.ar/productos/luxometro-data-logger-dt-8809a-cem-html/>. [Último acceso: 10 octubre 2021].
- [25] CONELEC, «Agencia de regulación y control de electricidad,» 10 septiembre 2013. [En línea]. Available: <https://www.regulacionelectronica.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2015/12/Vol2-Estudio-y-gestión-de-la-demanda-eléctrica.pdf.
[Último acceso: 19 febrero 2021].

- [26] CONELEC, «Agencia de regulacion y control de electricidad,» 10 septiembre 2013. [En línea]. Available: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf>. [Último acceso: 19 febrero 2021].
- [27] «Agencia de regulacion y control de electricidad,» 01 junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/reglamentos/>. [Último acceso: 15 marzo 2021].
- [28] A. D. R. Y. C. D. ELECTRICIDAD, «regulacionelectrica.gob.ec,» 19 JUNIO 2020. [En línea]. Available: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/06/Reg-Sust-Reg-ARCONEL001-20-Directorio-res-006-20-firm.pdf>. [Último acceso: 5 AGOSTO 2021].
- [29] V. A. Y. L. HENRY DANIEL PAUCAR JARRIN, «REPOSITORIO ESPE-L,» 22 AGOSTO 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13730>. [Último acceso: 10 ENERO 2020].
- [30] ELSPEC, «ELSPEC,» 10 febrero 2019. [En línea]. Available: <https://www.elspec-ltd.com/conociendo-la-norma-iec-61000-4-30-clase-a/?lang=es>. [Último acceso: 10 octubre 2021].
- [31] F. d. I. -. MDP, «Corrección del factor de potencia,» Universidad de Mar del Plata, Mar del plata, 2020.
- [32] J. G. L. M. J Arrillaga, Armonicos en sistemas de potencia, 1994.
- [33] OptimaGrid, «www.optimagrid.eu,» 25 septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://4.interreg-sudoe.eu/contenido-dinamico/libreria-ficheros/11268EB8-CE46-5D93-D5CC-6F82D70A6841.pdf>. [Último acceso: 19 febrero 2021].
- [34] A. A. J. F. / . M. J. C. LISETH, “MODELAMIENTO Y MONITOREO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN CT2 DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE-L EMPLEANDO EL SOFTWARE ETAP”, Latacunga: ESPE-L, 2015.

Revisado Carlos Pacheco

III. ANEXOS

Anexo A. AREAS DE DISTRIBUCION ESPE-L

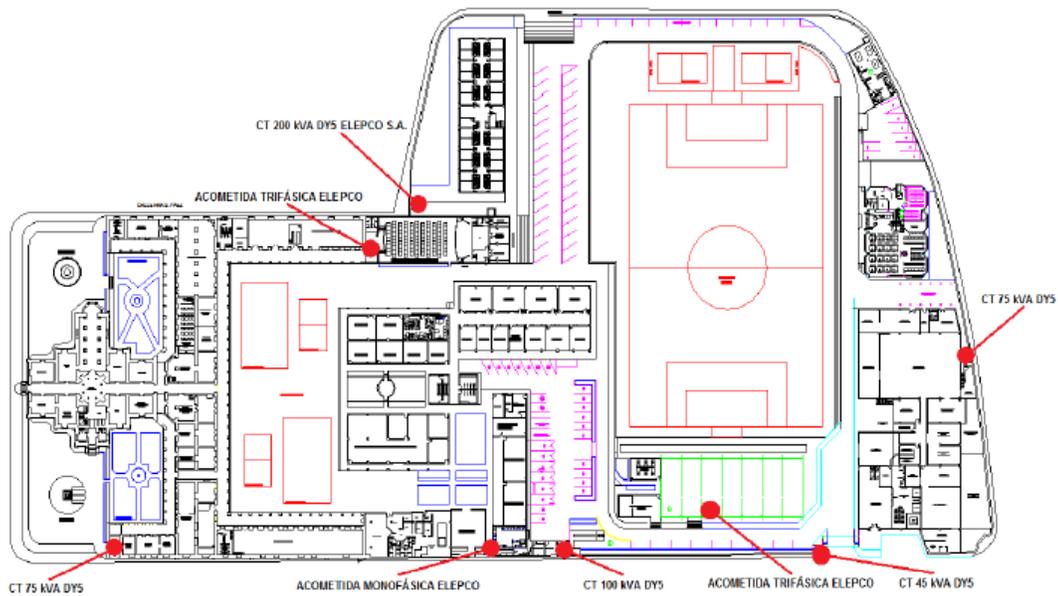


Figura 3.1. Esquema de ubicación de las fuentes de energía de la ESPE-L.

Anexo B. CENTROS DE CARGA.

[16]



Anexo C. FLUKE 435

En la siguiente tabla se proporciona una visión general de los aspectos de la supervisión de la calidad de la energía eléctrica:

Parámetro	Gráficos de barras disponibles	Límites	Intervalo medio
Vrms	3, uno por cada fase	Probabilidad del 100%: límite superior e inferior Probabilidad del x%: límite superior e inferior	10 minutos
Armónicos	3, uno por cada fase	Probabilidad del 100%: límite superior Probabilidad del x%: límite superior	10 minutos
Parpadeo	3, uno por cada fase	Probabilidad del 100%: límite superior Probabilidad del x%: límite superior	2 horas
Caídas de tensión/Interrupciones/Cambios rápidos de tensión/Subidas de tensión	4, uno por cada parámetro que cubre las 3 fases	número permitido de eventos por semana	basado en rms de ½ ciclo
Desequilibrio	1, que cubre las 3 fases	Probabilidad del 100%: límite superior Probabilidad del x%: límite superior	10 minutos
Frecuencia	1, que cubre las 3 fases Medido en la entrada de tensión de referencia A/L1	* Probabilidad del 100%: límite superior e inferior Probabilidad del x%: límite superior e inferior	10 segundos
Transmisión de señales	6, una para cada fase y para la frecuencia 1 y 2	* Probabilidad del 100% límite superior: N/D Probabilidad del x%: límite superior: ajustable	3 segundos rms



En las tablas se utilizan las siguientes abreviaturas y símbolos:

Abreviatura	Significado	Símbolo	Significado
CHG	Cambio rápido de tensión		No se ha respetado el valor alto de límite del 100%
DIP	Fluctuación de tensión		No se ha respetado el valor bajo de límite del 100%
INT	Interrupción de tensión		No se ha respetado el valor alto de límite del x%
SWL	Subida de tensión		No se ha respetado el valor bajo de límite del x%
Hx	Número del armónico que no ha respetado sus límites		Evento de desequilibrio
TRA	Transitorios		Cambio ascendente
AMP	Valor de amperios excedido		Cambio descendente

Opciones, visión general de los elementos de medida. Elementos de medida de opciones1
[21]



Elementos de medida	Elementos secundarios de medida	Valor predeterminado	Valores y rangos de elementos secundarios de medida
Tendencia	Duración predeterminada	7 d	1 hora, 2 horas, 4 horas, 8 horas, 16 horas, 24 horas, 2 días, 7 días, 30 días, 3 meses, 6 meses, 12 meses.
	Tiempo medio	1 segundo	0,25 segundos, 0,5 segundos, 1 segundo, 3 segundos, 5 segundos, 10 segundos, 30 segundos, 1 minuto, 5 minutos, 10 minutos, 15 minutos, 30 minutos, 1 hora, 2 horas.
	Retardo de inicio	10 segundos	10 ... 999 segundos (intervalo: 1 segundo)
Armónicos	Escala	% f	% f, % r, rms
	Interarmónicos	OFF	ON, OFF
	THD	40 armónicos	40, 50 armónicos
	Método de factor K ¹	US	EU, US
	Factor K e ¹	0,1	0,00 ... 0,20 (intervalo de 0,01)
	Factor K q ¹	1,7	1,00 ... 2,00 (intervalo de 0,01)
Fluctuaciones	Referencia	Nominal	Nominal, deslizante
Parpadeo	Modelo de lámpara	F _{nom}	50 Hz/230 V, 60 Hz/120 V
Fasorial	Sentido de las agujas del reloj	neg	neg, pos
Alimentación	Método	Unificado	Clásico, unificado
	Pantalla	F _{nom} = 50 Hz: Cos Φ F _{nom} = 60 Hz: DPF	Cos Φ, DPF
Agregación de ciclos	Intervalo	10/12 ciclos 400 Hz: 80 ciclos fijados	10/12 ciclos, 150/160 ciclos (3 segundos)

Cuando el método de factor K se ajusta en US, los parámetros de factor K e y factor K q se desactivan.

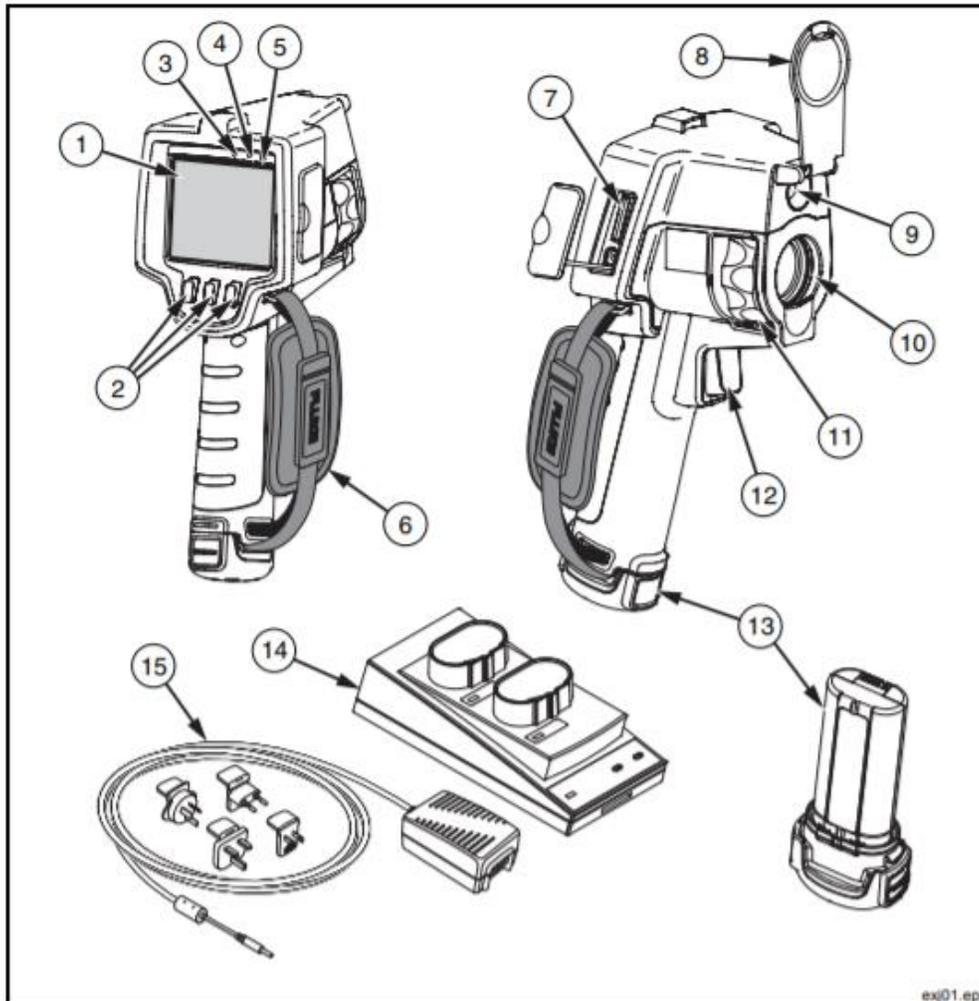


NORMAS

Métodos de medida utilizados	IEC61000-4-30 2ª edición clase A
Precisión de las medidas	Fluke 435-II/437-II IEC61000-4-30 Clase A, Fluke 434-II IEC61000-4-30 Clase S
Calidad de la energía eléctrica	EN50160
Parpadeo	IEC 61000-4-15
Armónicos	IEC 61000-4-7
V/A/Hz Barco	MIL-STD-1399-300B

Anexo D. Cámara termográfica

Funciones y controles



Elemento	Descripción
①	Pantalla de cristal líquido (LCD)
②	Teclas programables de función (F1, F2 y F3)
③	Altavoz
④	Micrófono
⑤	Sensor de luz de fondo automática
⑥	Correa para la mano

Elemento	Descripción
⑦	Compartimento del enchufe de alimentación de CA y la tarjeta de memoria SD
⑧	Cubierta retráctil para la lente
⑨	Cámara visual (luz visible)
⑩	Lente infrarroja
⑪	Aro de control de enfoque
⑫	Disparador de captura de imágenes
⑬	Paquete de batería de ión de litio inteligente extraíble (2)
⑭	Base de carga de dos bahías
⑮	Adaptador de CA y fuente de alimentación

Especificaciones detalladas

Mediciones de temperatura

Rango de medición de temperatura (no calibrada por debajo de -10 °C)

Ti32, Ti29, Ti27 -20 °C a +600 °C

TiR32, TiR29, TiR27 -20 °C a +150 °C

Exactitud ±2 °C o 2%, lo que sea mayor (a 25 °C nominal)

Modos de medición..... Smooth Auto-Scaling y Manual Scaling

Corrección de emisividad en pantalla..... Todos los modelos

Fondo reflejado en pantalla

Compensación de temperatura Todos los modelos

Corrección de transmisión en pantalla Todos los modelos

Rendimiento de formación de imágenes

Frecuencia de captura de imágenes Rango de actualización de 9 Hz o 60 Hz dependiendo del modelo

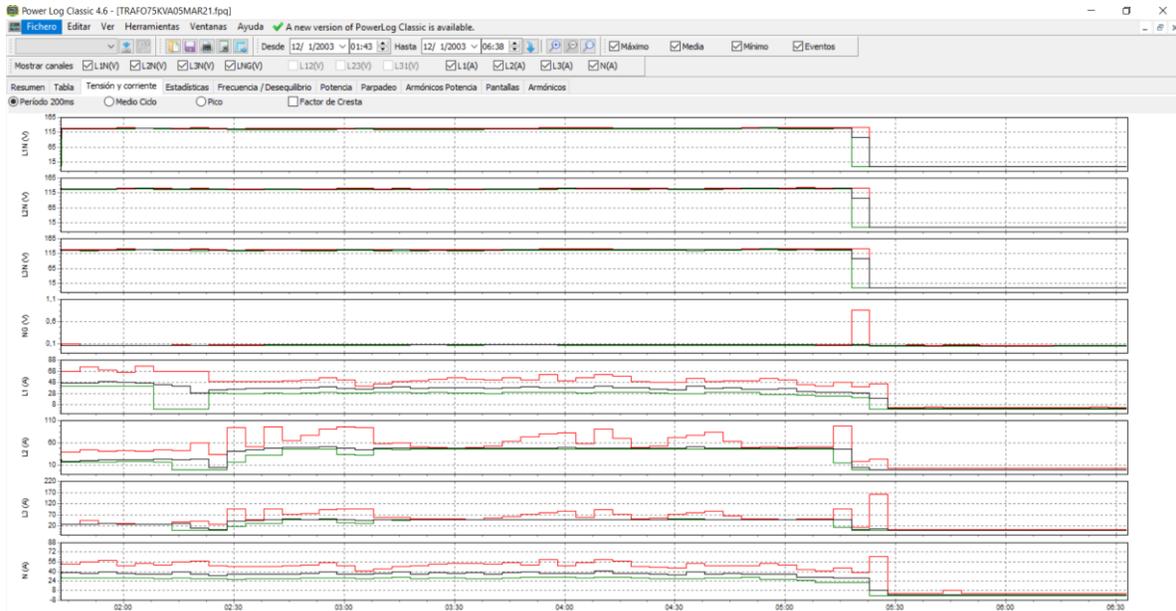
Anexo E MONTAJE DE MEDICION

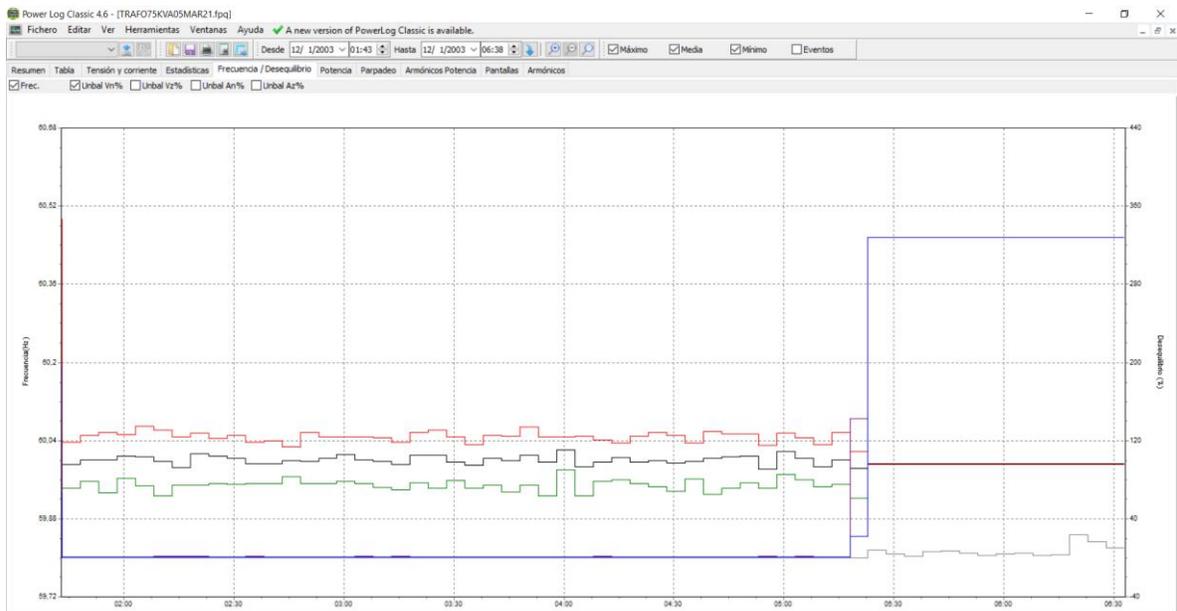
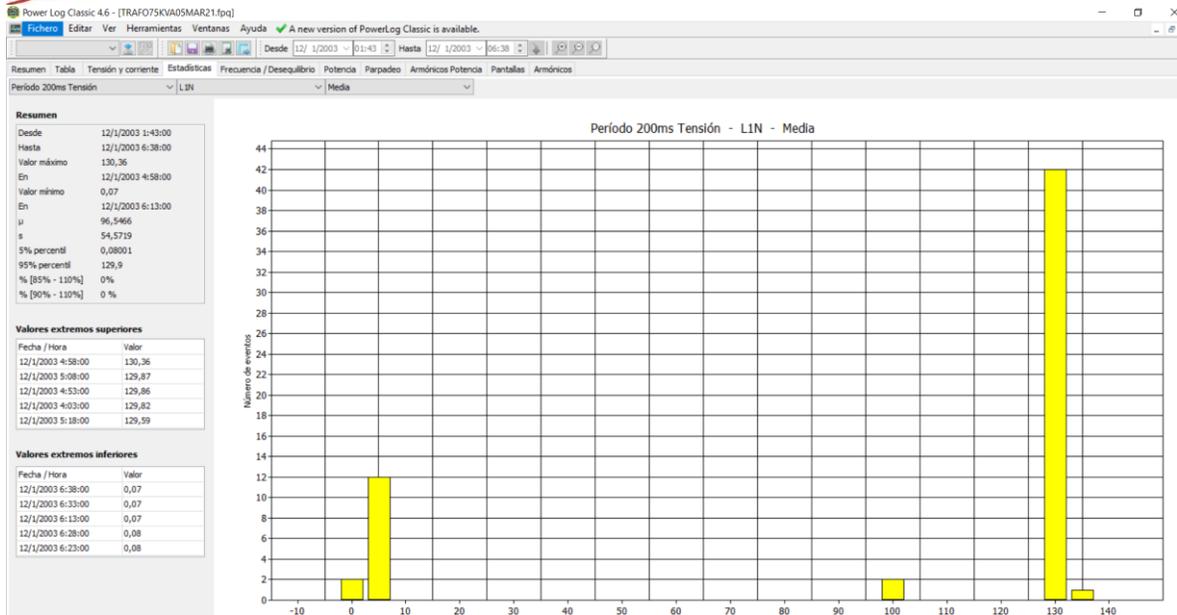




Anexo G. DATOS OBTENIDOS DE ANALIZADOR

De 75KVA





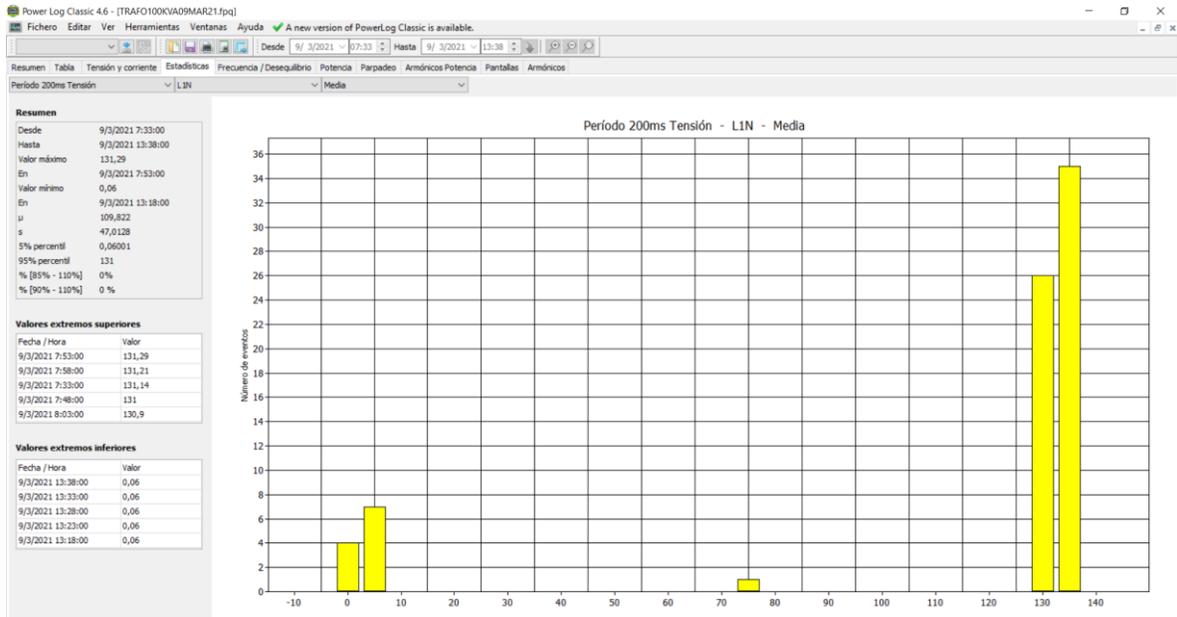


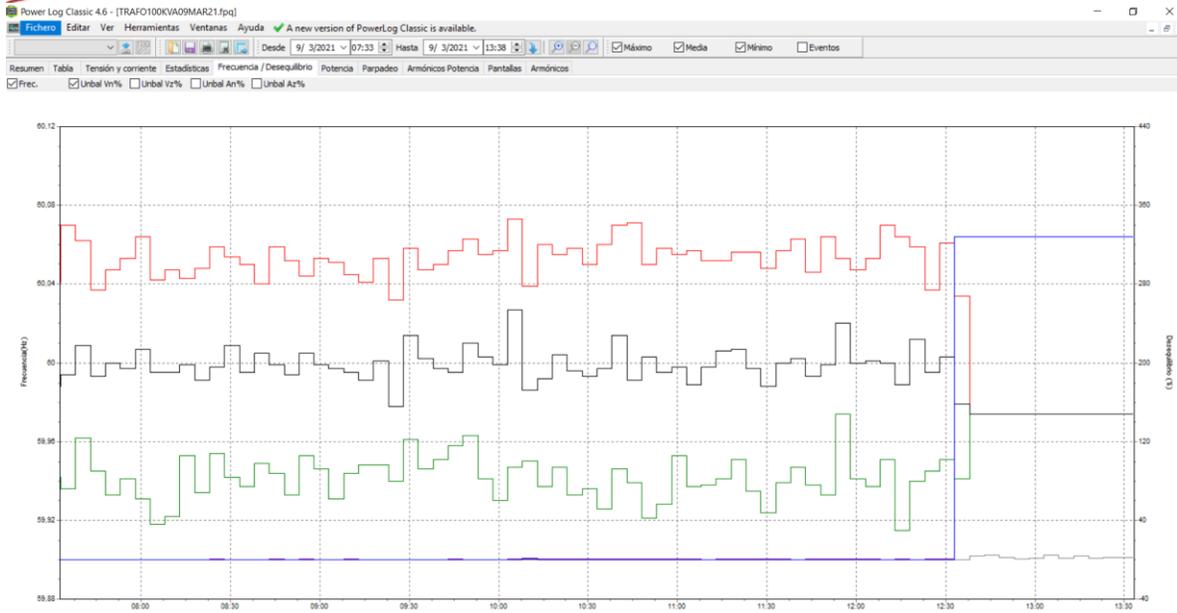
Power Log Classic 4.6 - [TRAF0100KVA09MAR21.fpx]

Fichero Editar Ver Herramientas Ventanas Ayuda A new version of PowerLog Classic is available.

Desde 9/ 3/2021 07:33 Hasta 9/ 3/2021 13:38

Resumen	Tabla	Tensión y corriente	Estadísticas	Frecuencia / Desequilibrio	Potencia	Parpadeo	Armónicos Potencia	Pantallas	Armónicos								
Filtro		Duración	L1N(V) / L1(A)	L2N(V) / L2(A)	L3N(V) / L3(A)	L1N(V) / L1(A) Min.	L1N(V) / L1(A) Med.	L1N(V) / L1(A) Máx.	L2N(V) / L2(A) Min.	L2N(V) / L2(A) Med.	L2N(V) / L2(A) Máx.	L3N(V) / L3(A) Min.	L3N(V) / L3(A) Med.	L3N(V) / L3(A) Máx.	LNG(V) / N(A) Min.	LNG(V) / N(A) Med.	LNG(V) / N(A) Máx.
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	Tensión	130,41 V	131,14 V	131,66 V	129,97 V	130,75 V	131,34 V	130,12 V	130,92 V	131,44 V	0,06 V	0,06 V	0,06 V	0,06 V	0,06 V	0,06 V
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	Corriente	9 A	9 A	9 A	8 A	9 A	10 A	11 A	12 A	14 A	0 A	1 A	3 A	0 A	1 A	3 A
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	Tensión de Pico	184,2 V	185,5 V	186,5 V	182,7 V	184,2 V	186 V	184,1 V	185,5 V	188,1 V	0,1 V	0,1 V	0,1 V	0,1 V	0,1 V	0,2
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	Corriente de Pico	20 A	24 A	26 A	20 A	24 A	34 A	20 A	24 A	32 A	0 A	2 A	6 A	0 A	2 A	6 A
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	Factor Cresta Tensión	1,41	1,41	1,42	1,4	1,41	1,42	1,41	1,42	1,44	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	Factor Cresta Corriente	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	Tensión de Medio Ciclo	130,37 V	131,14 V	131,67 V	129,96 V	130,75 V	131,35 V	130,08 V	130,92 V	131,48 V	0,05 V	0,06 V	0,06 V	0,05 V	0,06 V	0,06 V
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	Corriente de Medio Ciclo	8 A	9 A	10 A	8 A	9 A	12 A	12 A	12 A	15 A	0 A	1 A	4 A	0 A	1 A	4 A
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	Potencia Activa	0,9 kW	1 kW	1 kW	0,8 kW	0,9 kW	1 kW	1 kW	1,1 kW	1,2 kW	0,3 kW	0,3 kW	0,3 kW	0,3 kW	0,3 kW	0,4
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	Potencia Reactiva	-0,7 kvar	-0,6 kvar	-0,6 kvar	-0,9 kvar	-0,8 kvar	-0,7 kvar	1,5 kvar	1,5 kvar	1,6 kvar	0,3 kvar	0,3 kvar	0,3 kvar	0,3 kvar	0,3 kvar	0,4
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	Factor de Potencia	0,81	0,84	0,85	0,72	0,76	0,79	0,56	0,56	0,56	0,18%	0,18%	0,18%	0,18%	0,18%	0,22
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	DPF	0,98	0,98	0,99	0,91	0,92	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	Frecuencia	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	Factor K A	11,4	12,95	13,57	7,79	9,03	10,17	12,79	16,56	19,26	16,86	19,31	22,1	16,86	19,31	22,1
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	THD V	1,15%	1,35%	1,6%	1,26%	1,46%	1,73%	1,28%	1,51%	1,72%	1,37%	1,51%	1,72%	1,37%	1,51%	1,72%
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	THD A	57,88%	59,79%	61,96%	61,26%	65,95%	70,09%	65,95%	70,09%	70,09%	58,94%	65,81%	73,1	58,94%	65,81%	73,1
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	THD W	0,23%	0,3%	0,4%	0,24%	0,36%	0,56%	0,18%	0,18%	0,18%	0,18%	0,18%	0,18%	0,18%	0,18%	0,18%
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	THD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	Desbalanceo Vn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	Desbalanceo Vz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	Desbalanceo An	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9/3/2021 7:33:00	Onsegg	Desbalanceo Az	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9/3/2021 7:38:00	Onsegg	Tensión	130,1 V	130,77 V	131,54 V	129,82 V	130,47 V	131,21 V	129,79 V	130,5 V	131,21 V	0,06 V	0,06 V	0,06 V	0,06 V	0,06 V	0,06 V
9/3/2021 7:38:00	Onsegg	Corriente	9 A	14 A	17 A	9 A	11 A	12 A	11 A	12 A	14 A	0 A	1 A	3 A	0 A	1 A	3 A
9/3/2021 7:38:00	Onsegg	Tensión de Pico	183,8 V	184,8 V	185,7 V	182,6 V	183,6 V	185,1 V	183,7 V	184,7 V	185,5 V	0,1 V	0,1 V	0,1 V	0,1 V	0,1 V	0,2
9/3/2021 7:38:00	Onsegg	Corriente de Pico	22 A	30 A	34 A	24 A	28 A	34 A	20 A	24 A	32 A	0 A	2 A	6 A	0 A	2 A	6 A
9/3/2021 7:38:00	Onsegg	Factor Cresta Tensión	1,41	1,41	1,42	1,4	1,41	1,42	1,41	1,42	1,44	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67
9/3/2021 7:38:00	Onsegg	Factor Cresta Corriente	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67	327,67
9/3/2021 7:38:00	Onsegg	Tensión de Medio Ciclo	130 V	130,77 V	131,53 V	129,73 V	130,47 V	131,21 V	129,76 V	130,5 V	131,22 V	0,05 V	0,06 V	0,06 V	0,05 V	0,06 V	0,06 V
9/3/2021 7:38:00	Onsegg	Corriente de Medio Ciclo	9 A	14 A	20 A	9 A	11 A	14 A	11 A	12 A	14 A	0 A	1 A	4 A	0 A	1 A	4 A
9/3/2021 7:38:00	Onsegg	Potencia Activa	1 kW	1,6 kW	1,9 kW	0,9 kW	1,1 kW	1,2 kW	1,1 kW	1,2 kW	1,4 kW	0,3 kW	0,3 kW	0,3 kW	0,3 kW	0,3 kW	0,4
9/3/2021 7:38:00	Onsegg	Potencia Reactiva	-1,1 kvar	-0,9 kvar	-0,9 kvar	-1,1 kvar	-0,9 kvar	-0,8 kvar	1,5 kvar	1,5 kvar	1,6 kvar	0,3 kvar	0,3 kvar	0,3 kvar	0,3 kvar	0,3 kvar	0,4
9/3/2021 7:38:00	Onsegg	Factor de Potencia	0,82	0,91	0,94	0,7	0,77	0,82	0,56	0,56	0,56	0,18%	0,18%	0,18%	0,18%	0,18%	0,22
9/3/2021 7:38:00	Onsegg	DPF	0,95	0,97	1	0,83	0,87	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
9/3/2021 7:38:00	Onsegg	Frecuencia	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz





Anexo F. MEDICIÓN MEDIANTE CAMARA TERMOGRAFICA

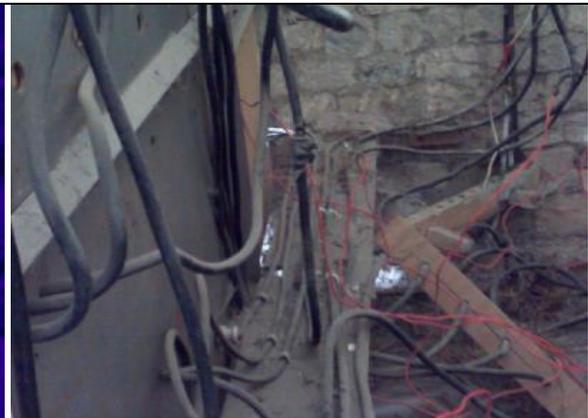
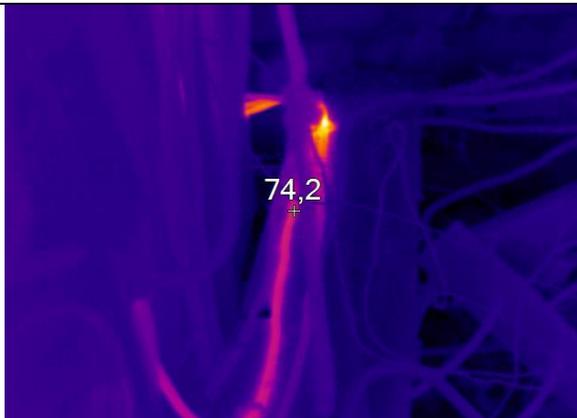
Inspeccionado por:
Aulestia Pablo, Sánchez Cristina

Fecha de inspección:	11/05/2021 0:11:49	Ubicación	ESPE
Equipo	Cableado	Nombre del equipo:	Trasnformador 75kVA
Temp ambiente:	16°C	Velocidad del viento	NA
Carga (%)		Carga nominal máxima:	
Temperatura de excepción:		Posible problema	Saturación de Carga
Acción recomendada		Prioridad de reparación:	
Emisividad:	0,95	Temperatura reflejada:	66,7 °F
Fabricante	Fluke Thermography	Cámara:	Ti32-11120124 (9Hz)



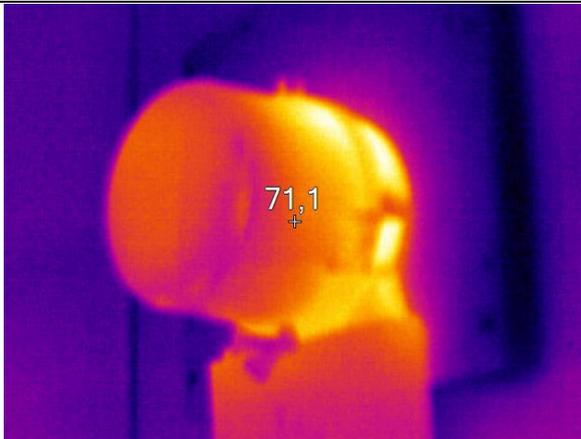
Inspeccionado por:
Aulestia Pablo, Sánchez Cristina

Fecha de inspección:	11/05/2021 0:11:49	Ubicación	ESPE
Equipo	Cableado	Nombre del equipo:	Trasnformador 75kVA
Temp ambiente:	16°C	Velocidad del viento	NA
Carga (%)		Carga nominal máxima:	
Temperatura de excepción:		Posible problema	Saturación de Carga
Acción recomendada		Prioridad de reparación:	
Emisividad:	0,95	Temperatura reflejada:	94,2 °F
Fabricante	Fluke Thermography	Cámara:	Ti32-11120124 (9Hz)



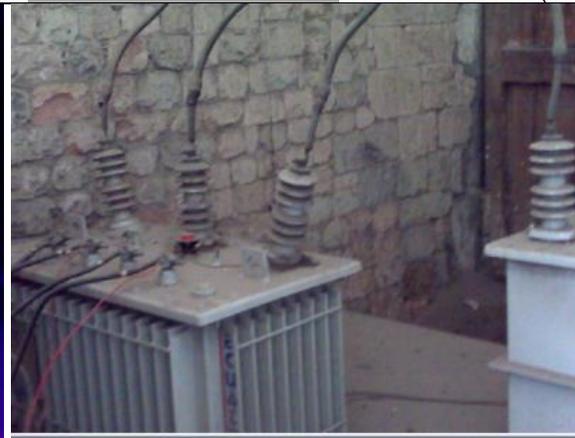
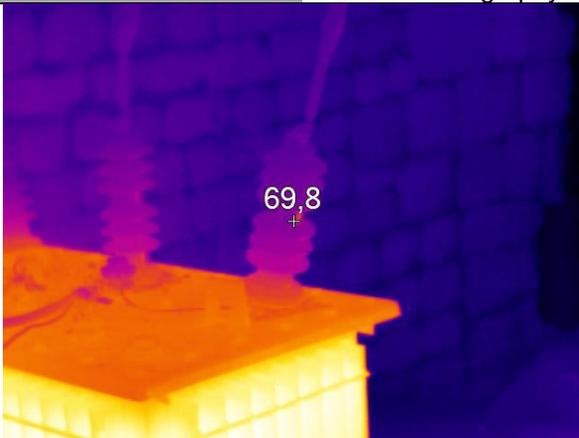
Inspeccionado por:
Aulestia Pablo, Sánchez Cristina

Fecha de inspección:	11/05/2021 0:11:49	Ubicación	ESPE
Equipo	Medidor	Nombre del equipo:	Trasformador 75kVA
Temp ambiente:	16°C	Velocidad del viento	NA
Carga (%)		Carga nominal máxima:	
Temperatura de excepción:		Possible problema	Saturación de Carga
Acción recomendada		Prioridad de reparación:	
Emisividad:	0,95	Temperatura reflejada:	71,1 °F
Fabricante	Fluke Thermography	Cámara:	Ti32-11120124 (9Hz)



Inspeccionado por:
Aulestia Pablo, Sánchez Cristina

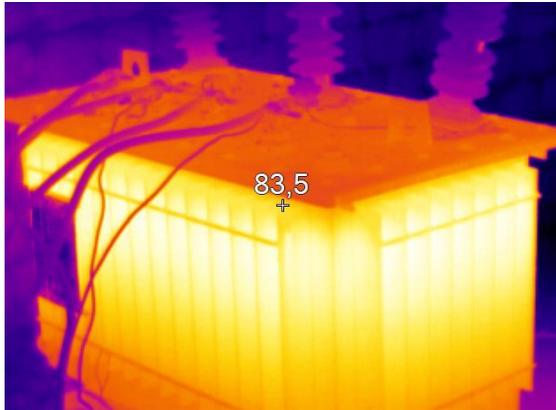
Fecha de inspección:	11/05/2021 0:11:49	Ubicación	ESPE
Equipo	Bushing	Nombre del equipo:	Trasnformador 75kVA
Temp ambiente:	16°C	Velocidad del viento	NA
Carga (%)		Carga nominal máxima:	
Temperatura de excepción:		Posible problema	Saturación de Carga
Acción recomendada		Prioridad de reparación:	
Emisividad:	0,95	Temperatura reflejada:	69,8 °F
Fabricante	Fluke Thermography	Cámara:	Ti32-11120124 (9Hz)



Inspeccionado por:
Aulestia Pablo, Sánchez Cristina

Fecha de inspección:	11/05/2021 0:11:49	Ubicación	ESPE
Equipo	Trasnformador	Nombre del equipo:	Trasnformador 75kVA
Temp ambiente:	16°C	Velocidad del viento	NA
Carga (%)		Carga nominal máxima:	
Temperatura de excepción:		Posible problema	Saturación de Carga

Acción recomendada		Prioridad de reparación:	
Emisividad:	0,95	Temperatura reflejada:	83,5 °F
Fabricante	Fluke Thermography	Cámara:	Ti32-11120124 (9Hz)



Inspeccionado por:
Aulestia Pablo, Sánchez Cristina

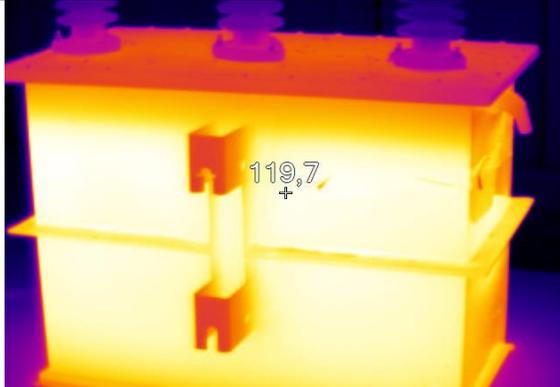
Fecha de inspección:	11/05/2021 0:11:49	Ubicación	ESPE
Equipo	Trasnformador	Nombre del equipo:	Trasnformador 75kVA
Temp ambiente:	16°C	Velocidad del viento	NA
Carga (%)		Carga nominal máxima:	
Temperatura de excepción:		Posible problema	Saturación de Carga
Acción recomendada		Prioridad de reparación:	
Emisividad:	0,95	Temperatura reflejada:	86,7 °F
Fabricante	Fluke Thermography	Cámara:	Ti32-11120124 (9Hz)



Inspeccionado por:
Aulestia Pablo, Sánchez Cristina

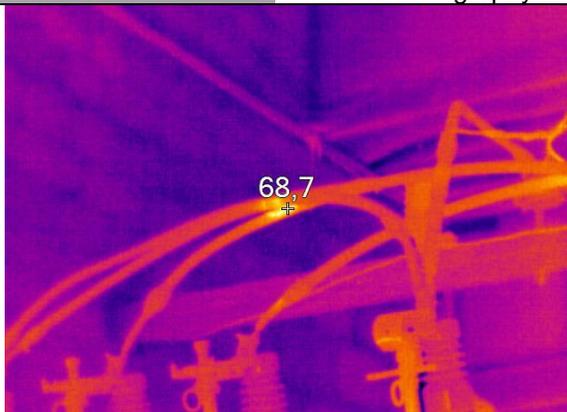
Fecha de inspección:	11/05/2021 0:11:49	Ubicación	ESPE
Equipo	Trasnformador	Nombre del equipo:	Trasnformador Ciudadela

Temp ambiente:	16°C	Velocidad del viento	NA
Carga (%)		Carga nominal máxima:	
Temperatura de excepción:		Posible problema	Saturación de Carga
Acción recomendada		Prioridad de reparación:	
Emisividad:	0,95	Temperatura reflejada:	119,7 °F
Fabricante	Fluke Thermography	Cámara:	Ti32-11120124 (9Hz)



Inspeccionado por:
Aulestia Pablo, Sánchez Cristina

Fecha de inspección:	11/05/2021 0:11:49	Ubicación	ESPE
Equipo	Cableado	Nombre del equipo:	Trasnformador 75kVA
Temp ambiente:	16°C	Velocidad del viento	NA
Carga (%)		Carga nominal máxima:	
Temperatura de excepción:		Posible problema	Saturación de Carga
Acción recomendada		Prioridad de reparación:	
Emisividad:	0,95	Temperatura reflejada:	68,7 °F
Fabricante	Fluke Thermography	Cámara:	Ti32-11120124 (9Hz)



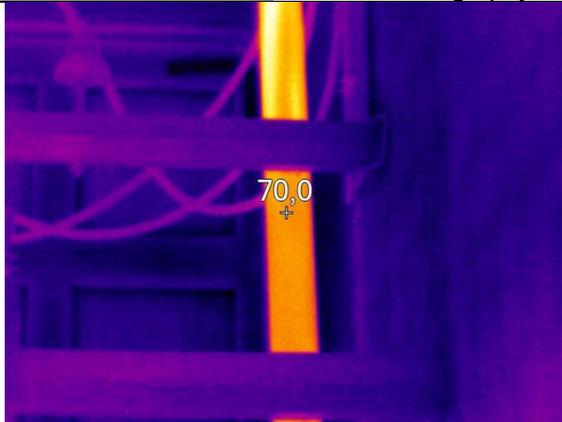
Inspeccionado por:
Aulestia Pablo, Sánchez Cristina

Fecha de inspección:	11/05/2021 0:11:49	Ubicación	ESPE
Equipo	Cableado	Nombre del equipo:	Trasnformador 75kVA
Temp ambiente:	16°C	Velocidad del viento	NA
Carga (%)		Carga nominal máxima:	
Temperatura de excepción:		Posible problema	Saturación de Carga
Acción recomendada		Prioridad de reparación:	
Emisividad:	0,95	Temperatura reflejada:	64,9 °F
Fabricante	Fluke Thermography	Cámara:	Ti32-11120124 (9Hz)



Inspeccionado por:
Aulestia Pablo, Sánchez Cristina

Fecha de inspección:	11/05/2021 0:11:49	Ubicación	ESPE
Equipo	Barra	Nombre del equipo:	Trasnformador 75kVA
Temp ambiente:	16°C	Velocidad del viento	NA
Carga (%)		Carga nominal máxima:	
Temperatura de excepción:		Posible problema	Saturación de Carga
Acción recomendada		Prioridad de reparación:	
Emisividad:	0,95	Temperatura reflejada:	70,0 °F
Fabricante	Fluke Thermography	Cámara:	Ti32-11120124 (9Hz)



Transformador De 100 kva

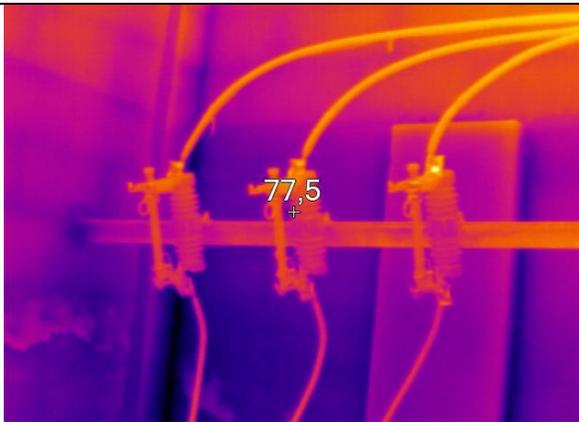
Inspeccionado por:
Aulestia Pablo, Sánchez Cristina

Fecha de inspección:	11/05/2021 0:11:49	Ubicación	ESPE
Equipo	Transformador	Nombre del equipo:	Transformador 100kVA
Temp ambiente:	16°C	Velocidad del viento	NA
Carga (%)		Carga nominal máxima:	
Temperatura de excepción:		Posible problema	Saturación de Carga
Acción recomendada		Prioridad de reparación:	
Emisividad:	0,95	Temperatura reflejada:	90,2 °F
Fabricante	Fluke Thermography	Cámara:	Ti32-11120124 (9Hz)



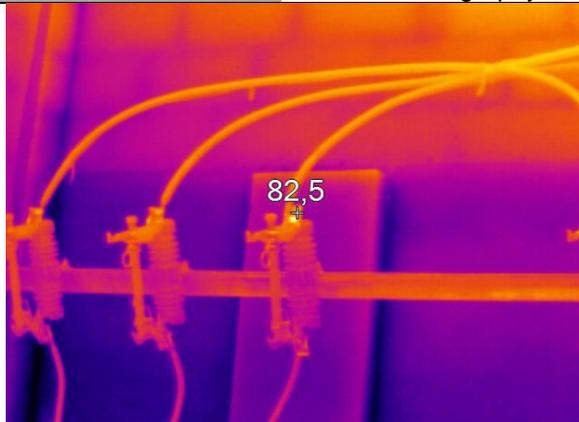
Inspeccionado por:
Aulestia Pablo, Sánchez Cristina

Fecha de inspección:	11/05/2021 0:11:49	Ubicación	ESPE
Equipo	Cableado	Nombre del equipo:	Transformador 100kVA
Temp ambiente:	16°C	Velocidad del viento	NA
Carga (%)		Carga nominal máxima:	
Temperatura de excepción:		Posible problema	Saturación de Carga
Acción recomendada		Prioridad de reparación:	
Emisividad:	0,95	Temperatura reflejada:	77,5 °F
Fabricante	Fluke Thermography	Cámara:	Ti32-11120124 (9Hz)



Inspeccionado por:
Aulestia Pablo, Sánchez Cristina

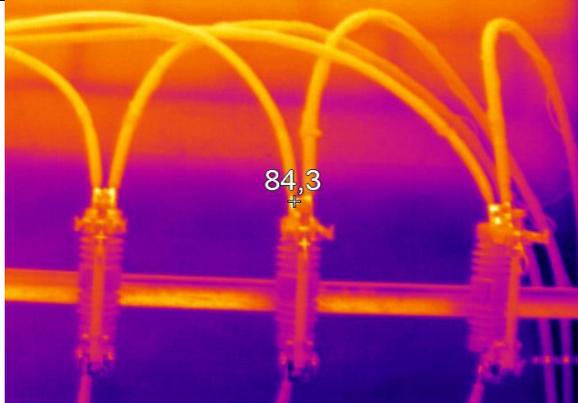
Fecha de inspección:	11/05/2021 0:11:49	Ubicación	ESPE
Equipo	Bushing	Nombre del equipo:	Transformador 100kVA
Temp ambiente:	16°C	Velocidad del viento	NA
Carga (%)		Carga nominal máxima:	
Temperatura de excepción:		Posible problema	Saturación de Carga
Acción recomendada		Prioridad de reparación:	
Emisividad:	0,95	Temperatura reflejada:	82,5 °F
Fabricante	Fluke Thermography	Cámara:	Ti32-11120124 (9Hz)



Inspeccionado por:
Aulestia Pablo, Sánchez Cristina

Fecha de inspección:	11/05/2021 0:11:49	Ubicación	ESPE
Equipo	Disyuntores	Nombre del equipo:	Transformador 100kVA
Temp ambiente:	16°C	Velocidad del viento	NA
Carga (%)		Carga nominal máxima:	
Temperatura de excepción:		Posible problema	Saturación de Carga

Acción recomendada		Prioridad de reparación:	
Emisividad:	0,95	Temperatura reflejada:	84,3 °F
Fabricante	Fluke Thermography	Cámara:	Ti32-11120124 (9Hz)



Inspeccionado por:
Aulestia Pablo, Sánchez Cristina

Fecha de inspección:	11/05/2021 0:11:49	Ubicación	ESPE
Equipo	contactores	Nombre del equipo:	Transformador 100kVA
Temp ambiente:	16°C	Velocidad del viento	NA
Carga (%)		Carga nominal máxima:	
Temperatura de excepción:		Possible problema	Saturación de Carga
Acción recomendada		Prioridad de reparación:	
Emisividad:	0,95	Temperatura reflejada:	79,0 °F
Fabricante	Fluke Thermography	Cámara:	Ti32-11120124 (9Hz)



Anexo H. MEDICIÓN MEDIANTE LUXÓMETRO



Anexo I. FICHA TECNICA

FICHAS TECNICAS MAQUINARIA

Cálculos de
potencia
torno

datos

Foto

Modelo/Característica	Potencia	cantidad	Estado	Horas Usos Días
-----------------------	----------	----------	--------	-----------------



kVA	frecuencia	cantidad		
	2,5W		Bueno	6
	60HZ			
	220V			
	7A			



tipo	CH-1441A		Bueno	6
capacidad energética	2,54 w			
voltaje	220v			
corriente	9,8A			
frecuencia	60 Hz			
potencia	3 HP			
IP		44		



hidroprecis			Bueno	4
TIPO	RSP -1000			
voltaje previsto	220v			
potencia total	10 C,V,			



taladro eléctrico			
tipo	YL90LP4	Bueno	2
VOLTAJE	220v		
corriente	8,4 A		
frecuencia	60Hz		
poten./producción	2,0 HP		
IP	44		



LIMADORA			
	BG	Bueno	3
POTENCIA	1HP		
VELOCIDAD	1720 RPM		
VOLTAJE	110V		
CORRIENTE	8A		
FASE	1		



FRESADORA VERTICAL			
MOTOR	1800 RPM 2hp/3PH	Bueno	2

VOLTAGE	220/440V	regular	1
---------	----------	---------	---



TORNO		bueno	6
-------	--	-------	---



DAD
DE



POSGRADO

TALADRO RADIAL

TIPO

ST41C
6/4 C.V.
60 HZ
220V
1800/900 RPM

bueno

3



4KW
220V
60HZ
1740 RPM
20A
40A

bueno

2

FASE
IP

54

ANEXO J



Carga instalada

EDIFICIOS ESPE CARGA INSTALADA							
	EQUIPOS	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA EN (CV)	POTENCIA UNITARIA EN (HP)	POTENCIA UNITARIA EN W	POTENCIA TOTAL MAQUINA HP	POTENCIA TOTAL MAQUINA W
EDIFICIO ANTIGUO	MONITOR	35			13,3		465,5
	CPU	35			69		2415
	IMPRESORA	16			16		256
	CAFETERA	2			720		1440
	MICROONDAS	1			800		800
	PANTALLA	1			150		150
	LUMINARIAS/TUBOS	80			40		3200
							8726,5
BLOQUE A							
ITEM	EQUIPOS	CANTIDAD		POTENCIA UNITARIA EN (HP)	POTENCIA UNITARIA EN W	POTENCIA TOTAL MAQUINA W	POTENCIA TOTAL MAQUINA W
	MONITOR	24			13,3		319,2
	CPU	24			13,3		319,2
	IMPRESORA	3			16		48
							POTENCIA TOTAL DEL EDIFICIO
							686,4
	LUMINARIAS/TUBOS	108			20		2160
							POTENCIA TOTAL DEL EDIFICIO
							2846,4
BLOQUE C							
ITEM	EQUIPOS	CANTIDAD		POTENCIA UNITARIA EN (HP)	POTENCIA UNITARIA EN W	POTENCIA TOTAL MAQUINA W	POTENCIA TOTAL MAQUINA W
	MONITOR	6			13,3		79,8
	CPU	6			13,3		79,8
	IMPRESORA	2			16		32
							POTENCIA TOTAL DEL EDIFICIO
							191,6
	LUMINARIAS / TUBOS	81			20		1620
							POTENCIA TOTAL DEL EDIFICIO
							1811,6
							TOTAL GENERAL
							13384,5



ANEXO K

TALLERES ESPE CARGA INSTALADA							
TALLER DE MECANICA INDUSTRIAL	EQUIPOS	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA EN (CV)	POTENCIA UNITARIA EN (HP)	POTENCIA UNITARIA EN W	POTENCIA TOTAL MAQUINA HP	POTENCIA TOTAL MAQUINA W
	TORNO	16			2,5		40
	RECTIFICADORA PLANA	2	10				
	TALADRO ELECTRICO	2		2		4	1492
	LIMADORA	2		1		2	746
	TALADRO RADIAL	1 (6/4)					
	TALADRO VERTICAL	1			4000		4000
							6278
	LUMINARIAS/TUBOS	35			40		1400
							7678
							POTENCIA TOTAL DEL TALLER DE MECANICA
TALLER DE MOTORES	EQUIPOS	CANTIDAD		POTENCIA UNITARIA EN (HP)	POTENCIA UNITARIA EN W	POTENCIA TOTAL MAQUINA W	POTENCIA TOTAL MAQUINA W
ITEM	TORNO	2			50	100	
	RECTIFICADOR DE CIGÜEÑAL	1			746	746	
	MAQ 1	3			70	210	
						1056	
	LUMINARIAS	12		50W		520	
						1576	
							POTENCIA TOTAL DEL TALLER DE MOTORES
TALLER DE SOLDADURA	EQUIPOS	CANTIDAD		POTENCIA UNITARIA EN (HP)	POTENCIA UNITARIA EN W	POTENCIA TOTAL MAQUINA W	POTENCIA TOTAL MAQUINA W
	SUELDA ELECTRODOS REVESTIDO	7			3000	21000	
	SUELDA MIG	1			2500	2500	
	SUELDA TIG	4			15000	60000	
						83500	
	LUMINARIAS	4		50W		200	
						83700	
							92954
							TOTAL GENERAL



ANEXO L

DATOS DE FACTURACION (2019) ESPEL											penalización			
PERIODO	Lec-ACT [kWh]	Consumo [kW]	Demanda		FACTOR DE CARGA	FACTOR DE PENALIZACIÓN	E=consumo	P=demanda	PIT =perdidas en el transformador no existe	C= comercialización	FSPEE=FACTURA POR SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA - usd		USD-PENALIZACIÓN	
ENERO	124714	9597	45	kva	2771,42	0,077	531,72	130,6	0	1,41	926,41	71,29	262,68	28,35
FEBRERO	131614	7303	45		2924,76	0,055	383,05	110,6	0	1,41	707,94	39,28	212,88	30,07
MARZO	138854	7240	39		3560,36	0,052	372,61	104,62	0	1,41	696,55	36,32	217,91	31,28
ABRIL	148207	9353	32		4631,47	0,063	527,53	124,38	0	1,41	866,6	54,69	213,28	24,61
MAYO	157431	9224	45		3498,47	0,059	514,4	121,31	0	1,41	886,19	51,92	249,07	28,11
JUNIO	167387	9656	40		4184,68	0,058	549,33	124,21	0	1,41	926,49	53,45	251,54	27,15
JULIO	176841	9754	45		3929,80	0,055	550,82	157,52	0	1,41	1.977,55	109,08	1267,8	64,11
AGOSTO	182732	5891	51		3582,98	0,032	301,32	99,12	0	1,41	586,6	18,91	184,75	31,50
SEPTIEMBRE	190285	7553	36		5285,69	0,040	405,41	165,74	0	1,41	800,87	31,79	228,31	28,51
OCTUBRE	199104	8819	37		5381,19	0,044	483,65	129,36	0	1,41	878,19	38,90	263,77	30,04
NOVIEMBRE	207871	8767	40		5196,78	0,042	497,28	138,05	0	1,41	870,76	36,72	234,02	26,88
DICIEMBRE	214980	7109	52		4134,23	0,033	396,39	128,64	0	1,41	724,66	23,96	198,22	27,35
											Promedio Anual	Promedio Anual	315,3525	
											Total Anual	Total Anual	3784,23	

