



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones

Auditoría energética de la Facultad de la Energía, las Industrias y de los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja, con propuesta de red inteligente para la gestión eléctrica.

Trabajo de Titulación previo a optar por el
Título de Ingeniero en Electrónica y
Telecomunicaciones

AUTOR:

Ronier Francisco Conde Jiménez

DIRECTOR:

Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, PhD.

Loja – Ecuador

2022

Certificación

Loja, 16 de septiembre de 2021.

Ingeniero

Juan Carlos Solano Jiménez, PhD.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACION

Certifica:

Haber dirigido y asesorado el presente trabajo de titulación realizado por el Señor **Ronier Francisco Conde Jiménez**, con cédula de identidad **1105165706**, de su trabajo de investigación titulado: **“Auditoría energética de la Facultad de la Energía, las Industrias y de los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja, con propuesta de red inteligente para la gestión eléctrica.”**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, el mismo que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, en consecuencia, me permito autorizar su presentación, sustentación y defensa.

Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, PhD.
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACION

Autoría

Yo, **Ronier Francisco Conde Jiménez**, declaro ser autor del presente trabajo de titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi trabajo de titulación en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.



Ronier Francisco Conde Jiménez

Cedula: 1105165706

Fecha: 2 de agosto de 2022

Correo electrónico: ronier.conde@unl.edu.ec

Celular: 0991217459

Carta de autorización del trabajo de titulación por parte del autor para la consulta de reproducción parcial o total, y publicación electrónica del texto completo.

Yo, **Ronier Francisco Conde Jiménez**, declaro ser autor del trabajo de titulación denominado: **“Auditoría energética de la Facultad de la Energía, las Industrias y de los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja, con propuesta de red inteligente para la gestión eléctrica.”**; como requisito para optar al grado de: **Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Digital Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del trabajo de titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 2 días del mes de agosto del dos mil veintidós.

Firma:



Autor: Ronier Francisco Conde Jiménez

Cedula: 1105165706

Dirección: Napoleón 707-29 y Juan Montalvo

Correo electrónico: ronier.conde@unl.edu.ec

Celular: 0991217459

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, PhD.

Dedicatoria

*A mis padres Rosa y Francisco, y a mis Hermanas
Ruth, Lourdes y Rosita, que me han enseñado el
valor del esfuerzo, a no rendirme ante las adversidades
y a luchar siempre para alcanzar nuevos objetivos.*

Ronier Conde

Agradecimiento

A las Autoridades de la universidad nacional de Loja, por su dedicación que ha llevado a la Universidad a ser una institución de prestigio y a los docentes de la Carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, quienes con generosidad han compartido con mi persona, sus conocimientos y experiencias, que han servido de guía en mi formación.

A mis padres Rosa y Francisco que, con su ejemplo y apoyo incondicional, siempre me han guiado en mi formación. Gracias por apoyarme siempre.

A mis Hermanas Ruth, Lourdes y Rosita por animarme a seguir luchando por cumplir mis objetivos.

Agradezco el apoyo de la Universidad Nacional de Loja a través del proyecto 'DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SOPORTE DE DECISIONES PARA EL AUTOCONSUMO FOTOVOLTAICO EN EL ECUADOR: CASO PRÁCTICO EN LA REGIÓN SUR".

¡Que Dios los Bendiga!

Ronier Conde

Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización.	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenidos	vii
Índice de Tablas	ix
Índice de Figuras	x
Índice de Anexos	xiii
Glosario	xiv
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1 Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1 Auditoría energética	6
4.1.1 Ahorro energético	7
4.1.2 Eficiencia energética.....	10
4.1.3 Desempeño energético	14
4.1.4 Auditoría energética en ambientes universitarios	19
4.2 Análisis de sistemas eléctricos	21
4.2.1 Sistemas de energía eléctrica	22
4.2.2 Perfiles de demanda	25
4.2.3 Calidad de la energía.....	26
4.3 Red eléctrica inteligente	28
4.3.1 Infraestructura	30
4.3.2 Gestión de la demanda	32
4.3.3 Seguridad	33

5. Metodología.....	37
5.1 Materiales.....	37
5.2 Metodología.....	37
5.2.1 Descripción del Área de estudio.....	39
5.2.2 Recolección Preliminar de Datos.....	40
5.2.3 Levantamiento de información de elementos eléctricos.....	45
5.2.4 Mediciones eléctricas.....	50
6. Resultados.....	54
6.1 Diagnóstico de consumos e interpretación actual del sistema eléctrico.....	54
6.1.1 Perfiles de consumo eléctrico.....	54
6.1.2 Condiciones de operación de la red eléctrica de la FEIRNNR.....	59
6.1.3 Sistemas de puesta a tierra.....	63
6.1.4 Elementos consumidores de energía eléctrica.....	65
6.1.5 Sistema de iluminación.....	66
6.2 Plan de acción para la reducción de consumo eléctrico.....	68
6.2.1 Desarrollo de buenas prácticas de consumo, mantenimiento de equipos y su correcta operación.....	68
6.2.2 Implementación de equipos y tecnologías con sistemas de eficiencia, desarrollado mediante remodelaciones a los sistemas existentes.....	73
6.3 Estrategias para la administración de energía eléctrica.....	76
7. Discusión.....	78
7.1 Distribución y control del consumo eléctrico.....	78
7.2 Consumo del sistema de iluminación.....	78
7.3 Sistema eléctrico soterrado y aislamiento de sus conexiones.....	81
7.3.1 Mantenimiento de áreas verdes.....	81
7.3.2 Empalmes eléctricos.....	82
7.4 Propuesta de Red Eléctrica inteligente.....	84
8. Conclusiones.....	87
9. Recomendaciones.....	89
10. Bibliografía.....	90
11. Anexos.....	97

Índice de Tablas

Tabla 1 Codificación de las Edificaciones de la Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables.....	5
Tabla 2 Ciclo PHVA de mejora continua para una correcta gestión energética.....	12
Tabla 3 Etapas para la ejecución de una auditoría energética y detalle de actividades a cumplir en su desarrollo.....	13
Tabla 4 Indicadores porcentuales de la producción de energía eléctrica en el Ecuador.....	16
Tabla 5 Indicadores porcentuales del consumo de energía eléctrica en el Ecuador e índice porcentual de energía perdida en la distribución.	17
Tabla 6 Descripción de medidores eléctricos de la FEIRNNR, identificando el código único eléctrico nacional CUEN y el número de medidor.	41
Tabla 7 Extracto del histórico de consumo, consumo mensual de energía eléctrica por los medidores de la FEIRNNR año 2018	44
Tabla 8 Matriz tipo para levantamiento del histórico de consumo de los medidores de distribución eléctrica año 2017.	44
Tabla 9 Estructura de la Codificación de Ambientes Usada por la Universidad Nacional de Loja	47
Tabla 10 Matriz Tipo para el Desarrollo del Levantamiento de Elementos Consumidores de Energía Eléctrica de la FEIRNNR	49
Tabla 11 Estados de los Dispositivos Eléctricos o Equipos Electrónicos Identificados en la Auditoría	50
Tabla 12 Medidas de resistividad para los bloques A9 y A24 a través del método wenner.....	64
Tabla 13 Lámparas fluorescentes identificadas de acuerdo al número de tubos en su estructura.....	66
Tabla 14 Comparativa de consumo entre lámparas fluorescentes y lámparas LED.....	79
Tabla 15 Comparativa de costos de le energía por kWh/año entre Lámpara Fluorescentes y Lámparas LED	80

Índice de Figuras

Figura 1. Consecuencias generadas por los elevados consumos de energía eléctrica y causas de una gestión eléctrica deficiente.	8
Figura 2. Ejemplo de funcionamiento del sensor de presencia.....	9
Figura 3. Ciclo PHVA de mejora continua para el desarrollo de una correcta gestión energética.	11
Figura 4. Proceso para el desarrollo, análisis y presentación de resultados de una auditoría energética.	14
Figura 5. Procesos de generación de energía eléctrica desarrollados en Ecuador de acuerdo a sus niveles de producción.....	16
Figura 6. Consumo porcentual de energía eléctrica en el Ecuador.	17
Figura 7. Generación, transporte y consumo de energía, desde las centrales de generación hasta hogares y sectores de consumo.....	18
Figura 8. Actores que conforman el sistema de distribución eléctrica.	23
Figura 9. Ejemplo de perfil de demanda mensual, usando niveles de demanda establecidos en función del consumo de energía.....	25
Figura 10. Estructura de la “smart-grid” en la incorporación de procesos para la transformación del sector eléctrico.	29
Figura 11: Evolución de la gestión eléctrica de acuerdo a la calidad del servicio.....	33
Figura 12: Diagrama de flujo de la metodología usada para el desarrollo de la auditoría energética eléctrica de la FEIRNNR.....	38
Figura 13: Ingresos a las áreas administradas por la Facultad de la energía las industrias y los recursos naturales no renovables.....	40
Figura 14. Medidor de distribución eléctrica ubicado en el Bloque A6 de la FEIRNNR.	41
Figura 15. Página web de la Empresa Eléctrica Regional del Sur usaba para extraer la información histórica de consumo de los medidores eléctricos de la FEIRNNR.....	42
Figura 16. Reunión previa al desarrollo del levantamiento de información de elementos consumidores de energía eléctrica.	45

Figura 17. Ejemplo de rótulo identificativo de los diferentes ambientes pertenecientes a la FEIRNNR.	46
Figura 18. Esquema de codificación de elementos eléctricos y electrónicos, para los diferentes ambientes de la FEIRNNR.	47
Figura 19: Medida de valores de tensión en tomacorrientes de la FEIRNNR.	51
Figura 20. Medida de valores de corriente en medidores de distribución de la FEIRNNR.	52
Figura 21. Ejemplo de medición de un sistema de puesta a tierra con cuatro electrodos.	53
Figura 22. Telurómetro usado en la medición del sistema de puesta a tierra de la FEIRNNR modelo sat-10c earth tester.	53
Figura 23. Desglose de consumo mensual del medidor eléctrico 33614.	55
Figura 24. Consumo total anual del medidor de distribución eléctrica 33614.	55
Figura 25. Desglose de consumo mensual del medidor eléctrico 26176.	56
Figura 26. Consumo total anual del medidor de distribución eléctrica 26176.	56
Figura 27. Desglose de consumo mensual del medidor eléctrico 225180.	57
Figura 28. Consumo total anual del medidor de distribución eléctrica 225180.	57
Figura 29. Desglose de consumo mensual del medidor eléctrico # 32529.	58
Figura 30. Consumo total anual del medidor de distribución eléctrica # 32529.	58
Figura 31. Acometidas de distribución eléctrica.	60
Figura 32. Pozo de revisión entre el Bloque los A2 (laboratorios) y A6 (Cuarto de máquinas).	60
Figura 33. Pozo de revisión sin identificar detrás del bloque A4.	61
Figura 34. Empalme eléctrico identificado detrás del bloque A7, sin aislamiento eléctrico.	62
Figura 35. Cableado del medidor de distribución ubicado en los exteriores de bloque A13 (Decanato).	63
Figura 36. Cantidad de elementos consumidores de energía eléctrica identificados por Bloque.	65
Figura 37. Análisis de funcionamiento y estructural de lámparas con tubos de 32W, en los bloques de la FEIRNNR.	67
Figura 38: Análisis de funcionamiento y estructural de lámparas con tubos de 40W, en los bloques de la FEIRNNR.	67

Figura 39. Flujo luminoso comparativo entre lámparas convencionales y sistemas de iluminación led.....	71
Figura 40. Tipos de elementos de Iluminación con tecnología LED.....	72
Figura 41. Tubo LED, de bajo consumo de energía.	73
Figura 42. Medidor de distribución eléctrica ELTER serie A3R.	74
Figura 43. Protección Magneto-Térmica del medidor de distribución Nro. 26176.....	75
Figura 44. Disyuntor Diferencial Monofásico	75
Figura 45: Comparativa de consumo del sistema de iluminación actual frente al reemplazo por tecnología LED.....	80
Figura 46. Pozo de revisión del sistema eléctrico identificado en la parte posterior del Bloque 8.	82
Figura 47. Protección para empalmes eléctricos con barrera aislante en gel.....	83
Figura 48. Protección para empalmes eléctricos termo retráctil.....	83
Figura 49. Esquema simplificado de smart-grid propuesto para la FEIRNNR.	84
Figura 50. Esquema de red propuesta para la gestión de la red eléctrica de la Facultad de la Energía.	85

Índice de Anexos

Anexo 1: Áreas bajo la administración de la Facultad de la Energía las industrias y los Recursos Naturales no Renovables.....	97
Anexo 2: Medidores de distribución eléctrica de la FEIRNNR	98
Anexo 3: Tabla de históricos de consumos de energía eléctrica para los medidores de la FEIRNNR	99
Anexo 4: Perfiles de consumo de los medidores de distribución eléctrica de la FEIRNNR, generados a través de los históricos de consumo de la EERSSA.	100
Anexo 5: Sistema de puesta a tierra del bloque A2 de la FEIRNNR.	104
Anexo 6: Búsqueda e identificación de Puesta a tierra en los diferentes bloques de la FEIRNNR.	105
Anexo 7: Medidas de resistividad del sistema de puesta a tierra del bloque A9 (Cafetería)..	107
Anexo 8: Medidas de resistividad del sistema de puesta a tierra del bloque A24 (Taller de mecánica automotriz).....	108
Anexo 9: Registros de resistividad de los bloques de A9 (Cafetería) y A25 (Taller de mecánica automotriz).....	109
Anexo 10: Pozos de revisión identificados que permiten la interconexión de la red eléctrica para los diferentes bloques de la FEIRNNR	111
Anexo 11: Codificación para la identificación de los diferentes elementos eléctricos auditados en la FEIRNNR.	113
Anexo 12: Inventario de elementos eléctricos detallando su ubicación en la FEIRNNR, elemento, numero de secuencia y código para su correcta identificación.	114
Anexo 13: Número de elementos consumidores de energía eléctrica identificados en los diferentes bloques de la Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables.....	115
Anexo 14: Ficha técnica del tubo led tipo T8, LEDVANCE LINEAR 20W 100-240V	117
Anexo 15: Ficha técnica del medidor de distribución eléctrica ELSTER A3R.....	119
Anexo 16: Certificado de Traducción del Abstract	121

Glosario

ARC	<i>Agencia de Control y Regulación de Energía y Recursos Naturales no Renovables</i>
ARCH	<i>Agencia de Regulacion y control Hidrocarburifero</i>
ARCOM	<i>Agencia de Regulacion y control Minero</i>
ARCONEL	<i>Agencia de Regulacion y control de Electricidad</i>
CUEN	<i>Código único eléctrico nacional</i>
EERSSA	<i>Empresa Electrica Regional de Sur S.A.</i>
FEIRNNR	<i>Facultad de la Energia las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables</i>
GLP	<i>Gas licuado de petróleo</i>
INEC	<i>Instituto Nacional de Estadisticas y Censos</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
kVA	<i>kilovoltioanperio</i>
kVar	<i>kilovoltioanperio reactivo</i>
kW	<i>kilovatio</i>
kWh	<i>kilovatio hora</i>
LAN	<i>Redes de área Local</i>
MAN	<i>Redes de área Metropolitan</i>
MCI	<i>Motores de combustión interna</i>
NEC	<i>Norma Ecuatoriana de la Construccion</i>
OLADE	<i>Organización Latinoamericana de energia</i>
PAN	<i>Redes de Área personal</i>
PHVA	<i>Ciclo de mejora continua "planificar, hacer, verificar y actuar"</i>
TICs	<i>Tecnologías de la Información y Comunicación</i>
WAN	<i>Redes de área Amplia</i>

1. Título

Auditoría energética de la Facultad de la Energía, las Industrias y de los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja, con propuesta de red inteligente para la gestión eléctrica.

2. Resumen

El presente trabajo de investigación, evalúa condiciones de operación del sistema eléctrico de la Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables (FEIRNNR), de la Universidad Nacional de Loja, desarrollando una auditoría de su sistema eléctrico, permitiendo generar inventarios de elementos consumidores de energía e identificar sus condiciones de operación, para establecer puntos de falla de la red eléctrica y desarrollar propuestas que permitan reducir el consumo eléctrico, mejorando así la eficiencia del uso de la energía y generando reducción en los costos de facturación. Para lo cual se desarrolló un análisis de los historiales de consumo eléctrico recuperados de la base de datos de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (EERSSA) información que permitió la comprensión de la dinámica de funcionamiento de la red eléctrica de la Facultad para establecer su comportamiento en condiciones de máximo y mínimo consumo, que complementada con un proceso de análisis e identificación de los distintos elementos que estructuran la red eléctrica de la facultad, permite establecer puntos de mejora a la red. Determinados los posibles puntos de falla en la red eléctrica y elementos consumidores de energía, se establece las recomendaciones necesarias para corregir o reemplazar los elementos que causan inestabilidad, usando como guía los estándares y normas de gestión energética, estableciendo los cambios necesarios de acuerdo a la información recogida en los inventarios y pruebas realizadas, planteando así la necesidad de migrar de tecnología de fuente de iluminación en los diferentes ambientes de la Facultad, que permita generar políticas de gestión y un mejor manejo de la red eléctrica. Estableciendo así pautas para futuros trabajos de optimización de los recursos en las diferentes facultades de la Universidad Nacional de Loja, incorporando nuevas tecnologías a la gestión de la red eléctrica que posibiliten la incorporación de fuentes de generación de energía alternativa.

Palabras Claves: Eficiencia Energética, Energía, NEC, ISO, IEEE.

2.1 Abstract

The present research work evaluates the operating conditions of the electrical system of the Faculty of Energy, Industries and Non-Renewable Natural Resources (FEIRNNR), of the National University of Loja, developing an audit of its electrical system, allowing the generation of inventories of energy-consuming elements and identify their operating conditions, to establish points of failure of the electrical network and develop proposals that allow reducing electricity consumption, thus improving the efficiency of energy use and generating reduction in billing costs. For this an analysis of the electrical consumption records retrieved from the database of the Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. was developed. (EERSSA) information that allowed the understanding of the dynamics of operation of the electrical network of the Faculty to establish its behavior in conditions of maximum and minimum consumption, which complemented with a process of analysis and identification of the different elements that structure the electrical network of the faculty, allows to establish points of improvement to the network. Once the possible points of failure in the electrical network and energy consuming elements have been determined, the necessary recommendations are established to correct or replace the elements that cause instability, using energy management standards and norms as a guide, establishing the necessary changes according to the information collected in the inventories and tests carried out, thus raising the need to migrate from lighting source technology in the different areas of the Faculty, which allows generating management policies and better management of the electrical network. Thus establishing guidelines for future resource optimization work in the different faculties of the National University of Loja, incorporating new technologies to the management of the electrical network that enable the incorporation of alternative energy generation sources.

Keywords: Energy Efficiency, Energy, NEC, ISO, IEEE.

3. Introducción

La presente investigación, es parte del accionar del proyecto “Smart UNL” desarrollado por la Universidad Nacional de Loja, está basada en mejorar la eficiencia energética eléctrica a través del análisis de los procesos productivos en los diferentes ambientes del accionar universitario. El uso óptimo de la energía eléctrica es esencial para el desarrollo del país y de acuerdo con los datos presentados en el Balance Nacional de Energía Eléctrica correspondiente a abril del 2020, el valor porcentual de pérdida de energía es del 12.20% (ARC, 2020b), este panorama indica que es posible reducir las pérdidas de energía si adoptamos lineamientos que permiten optimizar el consumo energético.

Implementar políticas de eficiencia energética eléctrica, permite una gran reducción en el consumo de los sistemas eléctricos, sin que estas reducciones afecten a las actividades normales de los diferentes ambientes, por lo que se debe considerar que una instalación eléctrica eficiente genera mayor productividad y disminución de costos de operación (Fernández, 2017). De acuerdo con el INEC, el crecimiento poblacional del cantón Loja es de 2.09% anual, en el 2019 se tenía 269 017 habitantes y para el 2020 la población era de 274 112 habitantes (INEC, 2020), es evidente de acuerdo a estas cifras que el consumo energético aumenta a medida que la población crece, lo que conduce a que los recursos usados en la producción de la energía disminuyan cada vez más rápido y al no ser correctamente gestionada el valor porcentual de pérdida de energía también se ve afectado, todos estos factores conducen a un solo resultado, cada vez más aumentan los gastos relacionados a la producción de energía.

Considerando que, a diferencia de puntuales edificios de la FEIRNNR (Bloques A2, A5 y A7) que fueron construidos o remodelados recientemente, la mayoría de estos se construyeron de acuerdo a lineamientos y necesidades diferentes a las condiciones actuales de operación, y tomando en cuenta que algunos de estos edificios sufren las consecuencias del paso del tiempo, por lo que una auditoría energética eléctrica es fundamental para conocer las condiciones actuales de sus sistemas de distribución eléctrica, que permitan determinar oportunidades para mejorar el rendimiento de los diferentes ambientes.

El presente trabajo se orienta al análisis de los sistemas eléctricos y elementos consumidores de energía eléctrica de las edificaciones (Bloques) de la FEIRNNR, mismas que para su mejor administración se encuentran debidamente codificadas, como se indica en la Tabla 1, con el objetivo de establecer políticas claras para el uso responsable de la energía, al conocer el estado actual del sistema e identificar las posibles acciones a implementar para acercarnos más a un uso eficiente de la energía.

Tabla 1

Codificación de las Edificaciones de la Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

BLOQUE	DESCRIPCION
A2	Laboratorios
A3	Bloque de aulas
A4	Biblioteca
A5	Baterías Sanitarias
A6	Cuarto de máquinas
A7	Bloque de aulas
A8	Bloque de aulas
A9	Cafetería
A10	Carrera de geología, electrónica
A11	Bodega.
A12	Casa autosustentable
A13	Administración (Decanato)
A14	Bodega.
A24	Taller de electromecánica
A25	Taller de mecánica automotriz

Fuente: Compilada por el autor basada en (UNL, 2019)

El desarrollo del presente proyecto puede constituir la base para futuras investigaciones, por su objetivo fundamental que es la reducción del consumo energético en función de su uso eficiente, al mismo tiempo que busca incorporar modelos de gestión de acuerdo a las diferentes actividades desarrolladas en el ámbito de la educación universitaria, que en un futuro podrían ser trasladadas a diferentes ámbitos del accionar social, como en el sector público (hospitales, edificios gubernamentales o espacios de recreación), privado (empresas, fábricas, edificios financieros) e incluso al sector residencial, logrando así reducir el índice de pérdida de energía porcentual

4. Marco teórico

4.1 Auditoría energética

La auditoría energética también llamada diagnóstico, permite un análisis sistemático del uso de la energía con el objetivo de identificar los flujos de energía y las posibles oportunidades de optimizar el desempeño energético en un determinado ambiente de estudio (Castrillón & Gonzáles, 2018). También la podemos definir como el estudio integral de los parámetros técnicos y económicos, que buscan establecer reformas guiando a un uso responsable de la energía.

La auditoría energética es una herramienta que apoya al proceso de revisión energética, se describe en la Norma ISO 50002, dando lineamientos para mejorar el desempeño energético en una organización (ISO, 2014).

Una auditoría es una inspección, análisis y estudio de los flujos de energía con el objetivo de comprender el estado del sistema bajo estudio y de sus procesos productivos, e identificación de las fuentes de energía (Aguilera, 2014), la auditoría energética es la herramienta para encontrar los puntos de falla causantes de los problemas de eficiencia energética, así mismo, mediante el análisis de dichos elementos establecer medidas correctivas.

La aplicación de la Auditoría se basa en el desarrollo in situ (trabajo de campo), de la metodología destinada al análisis de las diferentes variables energéticas, que aportan información de los flujos de potencia, perfiles de demanda y los métodos para su medida, los equipos de análisis necesarios, además de los niveles y rangos en que se mueven estas variables (Fernández, 2017). Información de interés, que brinda las herramientas necesarias para la elaboración y seguimiento de los balances energéticos en el camino a la optimización del uso de la energía de las instalaciones a auditar.

La auditoría energética eléctrica recoge datos del suministro eléctrico y su consumo, para evaluar los casos en los que se podría optimizar el uso de la energía, cuantificarla y determinar las ventajas de su posible ejecución en función de sus beneficios económicos (ISO, 2014).

Este procedimiento sistemático permite establecer de forma adecuada la información de los perfiles del consumo eléctrico en una instalación, analizando las posibilidades de ahorro de energía desde un punto de vista técnico, orientados a la mejora de la calidad en los servicios prestados, generando así reducciones de gastos económicos y mejoras medioambientales (Moreno et al., 2018), estas auditorías energéticas permiten.

- Establecer las condiciones actuales de energía en una instalación y su funcionamiento, así como la eficiencia de sus equipos
- Establecer un inventario detallado de equipos existentes en las instalaciones.
- Medir y registrar los parámetros eléctricos.
- Establecer oportunidades de optimización de recursos.
- Proponer mejoras en la gestión de la energía.

4.1.1 Ahorro energético

El ahorro de energía es uno de los ejes del desarrollo sostenible, principalmente en la actualidad, donde los recursos naturales se encuentran cada vez más escasos debido a su explotación a lo largo del tiempo, el “ahorro energético” toma forma a partir de la necesidad de maximizar de la manera más óptima el consumo de los recursos disponibles y con ello preservar las fuentes de energía no renovables.

De la investigación de (González et al., 2017), se logró determinar que si bien la mayor parte del ahorro de energía consumida por cliente se puede conseguir a través de la gestión orientada a los clientes con mayores consumos mensuales, esta estrategia no brinda un parámetro claro, en vista que los clientes con mayor consumo mensual, no necesariamente están realizando una mala gestión de la energía, y viceversa los clientes con poco consumo pueden poseer una mala gestión de energía, que al no ser monitoreada correctamente, puede pasar desapercibida.

Para conseguir un ahorro de energía se debe monitorear y registrar el consumo de energía durante el periodo de ocupación de las instalaciones, para identificar a qué horas se presenta el pico de la demanda y si existe alguna posibilidad de reducir el consumo, como lo manifiesta (Ortiz,

2017) en su investigación, de la cual podemos recuperar algunas prácticas para el uso de fuentes de energía y la disminución del consumo de energía eléctrica:

- Programar actividades para evitar altos consumos eléctricos en horas pico y repartirlas en horas valle.
- Utilizar los equipos en modo de bajo consumo
- Cambiar dispositivos que no hagan uso eficiente de la energía.
- Aprovechar al máximo posible la luz natural.
- Usar focos ahorradores de energía
- Mantener los sistemas de iluminación con un nivel de limpieza adecuado.

En la Figura 1, podemos identificar varias causas y consecuencias generadas por los elevados consumos de energía eléctrica, entre los factores que intervienen en los altos consumos se puede encontrar:



Figura 1. Consecuencias generadas por los elevados consumos de energía eléctrica y causas de una gestión eléctrica deficiente.

Fuente: Compilada por el autor basada en (Alvarez & Molano, 2020)

- **Malos hábitos de consumo:** El mal uso de los diferentes elementos consumidores de energía al mantenerlos encendidos si no se está haciendo uso de estos, la falta de mantenimiento o el reemplazo de equipos que ya cumplieron su vida útil.
- **Equipos electrónicos desactualizados:** Los equipos electrónicos más antiguos consumen altos niveles de energía en comparación a sus homólogos más actuales, que en varios casos ya cuentan con sistemas de ahorro de energía.

- **Ubicación geográfica y clima:** La influencia del clima y la ubicación geográfica se ve reflejada en el uso de dispositivos de climatización con mayor o menor frecuencia, lo que resulta en mayor o menor consumo eléctrico.
- **Nivel de Ingresos:** Al disponer de un nivel de ingresos elevados, también se tiene acceso una mayor cantidad de dispositivos, que consumen energía eléctrica.

4.1.1.1 Sistemas de ahorro energético

Son sistemas diseñados para la adecuación y correcta utilización de la energía con el objetivo de atenuar los daños medioambientales, que nacen de la necesidad economizar los recursos disponibles, protegiendo las fuentes de recursos necesarios para la generación de energía (Soria, 2019), al eliminar procesos de consumo energético innecesarios o ineficientes.

En los sistemas de ahorro de energía, se puede citar por ejemplo el sensor de ocupación, que se observa en la Figura 2, que fue uno de los primeros proyectos orientados al ahorro de energía eléctrica, de forma que si en un periodo de tiempo previamente determinado, dentro del área cubierta por el sensor, no detecta ninguna presencia, asumirá que en dicha área no hay ninguna persona y automáticamente cortará el suministro de energía (Poma Aliaga, 2017).

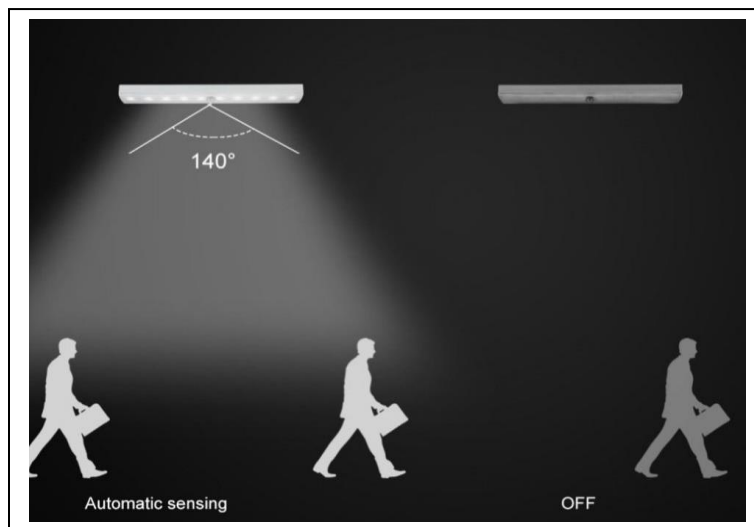


Figura 2. Ejemplo de funcionamiento del sensor de presencia.

Fuente: (GETMORE, 2021)

4.1.2 Eficiencia energética

La eficiencia es la relación directa entre el efecto que se desea obtener y los recursos destinados para conseguir ese efecto.

La eficiencia energética en definición es la optimización de los recursos energéticos en una instalación, de manera que la energía al desarrollar una actividad reduzca su consumo sin alterar la calidad del servicio (Ontaneda, 2018). No se debe confundir con ahorro de energía eléctrica, el ahorro es consumir menos eliminando ciertas actividades o disminuyendo la frecuencia en la que se las realiza.

La eficiencia energética establece el uso eficiente de las fuentes de energía disponibles para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y varios impactos en el ambiente relacionados con la generación, transporte y consumo de energía, y su uso eficiente es fundamental para: la protección del medio ambiente (al reducir el consumo de las fuentes de recursos naturales no renovables usadas en la generación de la energía), y la reducción de los gases de invernadero (producidos a través de los procesos químicos de combustión en algunos procesos de generación de energía) (Chávez, 2017).

En el Ecuador el uso eficaz y eficiente de los recursos naturales forma parte de las políticas públicas, establecidas en la Constitución de la Republica en vigencia desde el 2008, que promueve el uso racional de la energía, a través de regulaciones y esquemas tarifarios con señales de eficiencia (Asamblea Nacional, 2008).

De acuerdo con la OLADE, la eficiencia energética es la capacidad de reducir el consumo de energía, generando un nivel adecuado de confort en la sociedad, y logrando reducir los gases de efecto invernadero. Por tal motivo el uso eficiente de la energía eléctrica es de gran importancia, dado que permite el funcionamiento de la gran mayoría de servicios. Su uso se aplica en la iluminación, climatización de ambientes, además de permitir el funcionamiento de casi todos los equipos y artefactos del accionar cotidiano de cada persona (Dehays & Schuschny, 2019).

Según la revista Energía y Sociedad, las mejoras en eficiencia energética servirán de pauta para el desarrollo, generando consecuencias positivas en el medio ambiente y la economía, además de beneficios como (Energía y Sociedad, 2021):

- Mejores oportunidades en el acceso a la energía
- Mejoras positivas sobre la salud
- Reducción de residuos

4.1.2.1 Etapas para una correcta gestión energética. De acuerdo a la norma ISO 50001 la gestión de energía establece una estrategia de mejora continua, denominada ciclo PHVA descrito en la Tabla 2, mismo que se desarrolla en cuatro etapas (ISO, 2018):

La característica principal de un ciclo PHVA es que no llega a un punto final como se muestra en la Figura 3, en el momento en que se obtiene un determinado resultado, se crea un ciclo que reinicia periódicamente, generando un proceso de mejora continua, cada ciclo terminado proporciona mejoras hasta un cierto nivel en una empresa o área de estudio, característica que guía a la búsqueda de la optimización por medio del análisis de los resultados previos, mejoras ya desarrolladas y objetivos ya cumplidos.

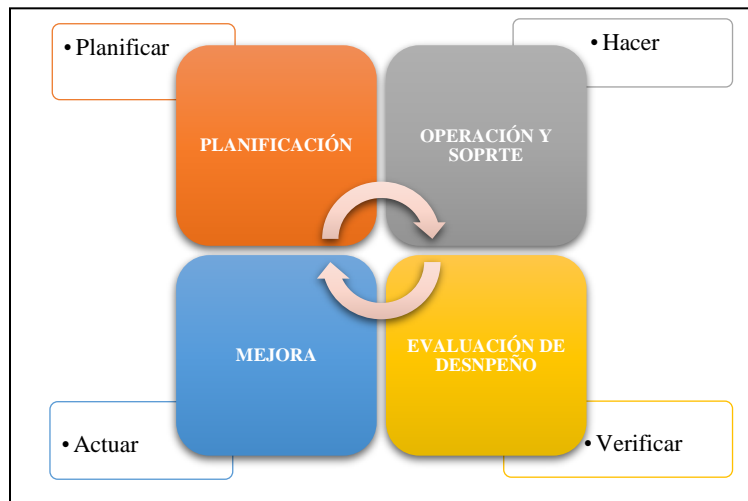


Figura 3. Ciclo PHVA de mejora continua para el desarrollo de una correcta gestión energética.

Fuente: Compilada por el Autor basado en la norma (ISO, 2018)

Tabla 2

Ciclo PHVA de mejora continua para una correcta gestión energética

Etapa	Descripción
Planificar	En la etapa de planificación se establecen objetivos y se identifican los procesos necesarios para lograr determinados resultados acorde a las políticas de la organización. En esta etapa se determinan también los parámetros de medición a utilizar para controlar y seguir el proceso.
Hacer	Consiste en la implementación de los cambios o acciones necesarias para lograr las mejoras planificadas, para conseguir eficiencia y lograr corregir fácilmente posibles errores en la ejecución, normalmente se inicia con la ejecución de un plan piloto a modo de prueba o testeo.
Verificar	Cuando se ha puesto en marcha el plan de mejoras, se establece un periodo de prueba para medir y valorar la efectividad de los cambios, es una fase de regulación y ajuste.
Actuar	Una vez obtenidas las mediciones, si los resultados no se ajustan a las expectativas y objetivos predefinidos, se realizan las correcciones y modificaciones necesarias, y se toman las decisiones y acciones pertinentes para mejorar continuamente el desarrollo de los procesos

Fuente: Compilada por el autor basada en la norma (ISO, 2018)

4.1.2.2 ¿Qué se audita/analiza?

La auditoría se concentra en el análisis de consumos de energía que se puede desarrollar en múltiples áreas como la industria, edificaciones, campus, o instalaciones residenciales, en las que se establecerá un perfil energético realizando diversas mediciones y procedimientos que permiten conocer la calidad de sus procesos productivos y plantear posibles mejoras al perfil obtenido (Castrillón & Gonzáles, 2018).

Una auditoría energética está enmarcada en el desarrollo de siete etapas principales que incluyen el desarrollo de varias actividades que se describen en la Tabla 3.

Tabla 3

Etapas para la ejecución de una auditoría energética y detalle de actividades a cumplir en su desarrollo.

Etapas	Actividades
Contacto preliminar	Definir objetivos, límites y el alcance de la auditoría Definir cronograma de actividades Solicitar información necesaria para la planificación de la auditoría Identificar las necesidades y objetivos de la auditoría
Reunión de apertura	Informar los objetivos, alcance y límites a las partes interesadas en la auditoría Establecer responsables de la auditoría dentro de la organización Establecer acuerdos entre las partes interesadas
Recolección de Datos	Obtener datos disponibles sobre los equipos, inventarios, sistemas y procesos que desarrolla la organización de manera detallada Recoger datos históricos del consumo energético Investigar las proyecciones futuras de la organización que afecte la eficiencia energética Obtener documentos, diseños, manuales de operación y de mantenimiento
Trabajo de Campo	Desarrollar un análisis detallado del uso de la energía en la organización de acuerdo a los alcances y límites de la auditoría Realizar mediciones en condiciones normales de operación Comprender la situación actual del consumo energético en la organización
Análisis	Establecer el rendimiento actual energético de acuerdo a los datos recolectados Establecer los puntos de fallo en el sistema para generar oportunidades de mejora Identificar los casos prioritarios que ofrecen condiciones de mejora
Reporte	Asegurar el cumplimiento de los requisitos establecidos para la auditoría energética Estructurar de forma sencilla y resumida los resultados del análisis Detallar si el análisis se desarrolla en base a cálculos, simulaciones, valores proyectados o valores asumidos
Reunión Final	Presenta el informe final de la auditoría energética, detallando de forma clara los resultados obtenidos

Fuente: Compilada por el autor basada en la norma (ISO, 2014)

La Tabla 3 detalla de forma sistemática los procesos para el desarrollo de una auditoría energética, que tiene como objetivo identificar e inventariar las diferentes instalaciones que consumen, almacenan y generan energía para ser capaces de identificar aspectos energéticos, que muestran el consumo real de las instalaciones. Este proceso se puede observar a través del diagrama expuesto en la Figura 4

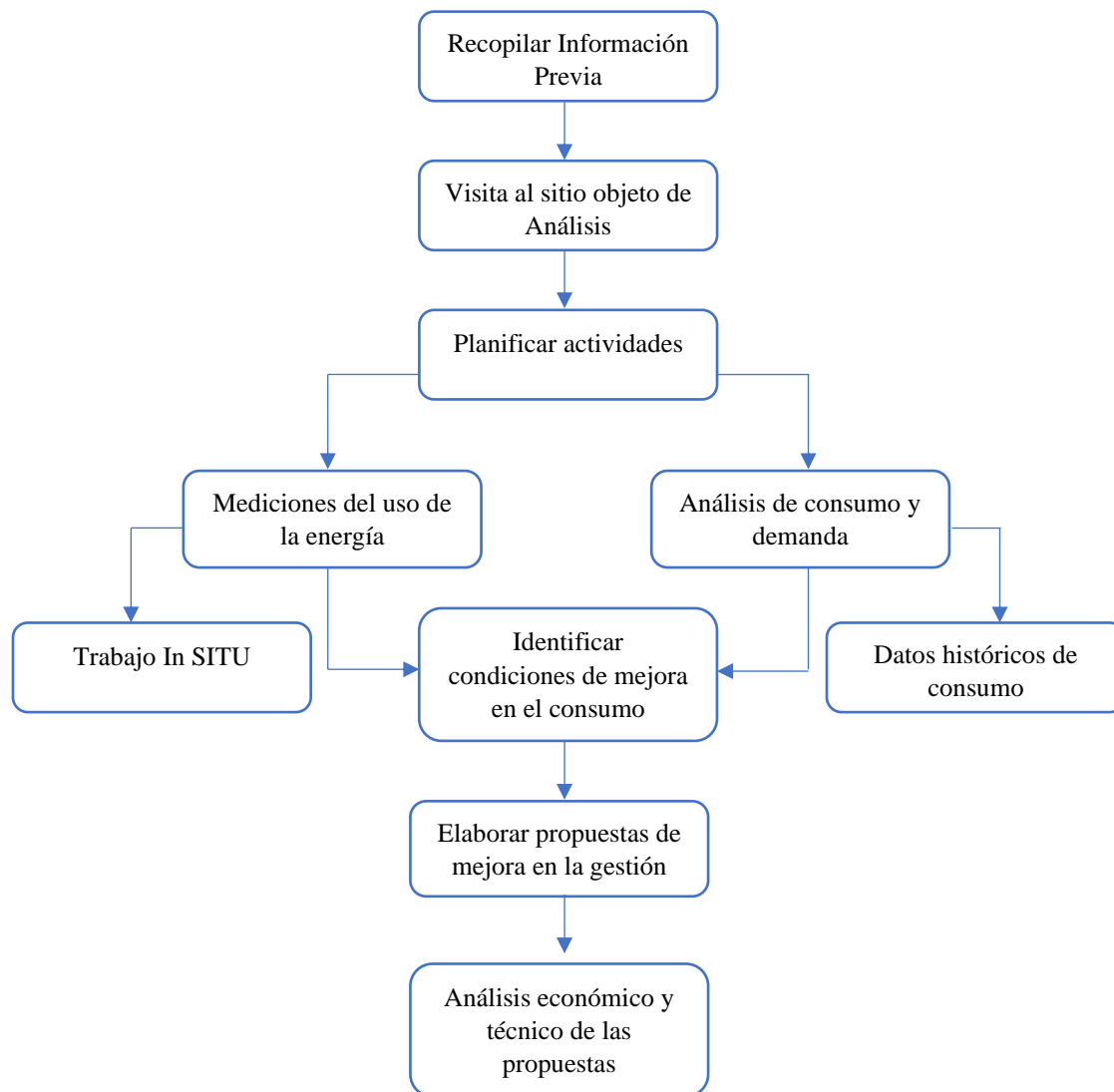


Figura 4. *Proceso para el desarrollo, análisis y presentación de resultados de una auditoría energética.*

Fuente: Compilada por el autor basada en la norma (ISO, 2018)

4.1.3 Desempeño energético

El desempeño energético son resultados medibles relacionados con la eficiencia energética, el uso y el consumo de la energía, que se expresan por la necesidad de establecer indicadores de desempeño, que describan la evolución de los parámetros energéticos observados y medidos, fuente de interés para la organización, que faciliten la interpretación de los resultados (Carretero Peña & García Sánchez, 2012).

El uso intenso de la energía en el proceso de producción sin control de optimización, es la principal causa del deterioro ambiental, acción que lleva a un solo resultado, el agotamiento de los combustibles fósiles además del daño extremo causado al medio ambiente. Este escenario exige de nuevas estrategias que permitan un desempeño energético óptimo, en busca del desarrollo sostenible, logrando satisfacer las necesidades energéticas actuales además de preservar las condiciones de las futuras generaciones (Rodríguez Navia, 2015).

El análisis de la generación, transporte y consumo energético, consiste en mejorar los procesos de producción con el objetivo de disminuir los consumos energéticos y mejorar los procesos de producción, aplicando nuevas tecnologías, responsables con el medio ambiente, al punto de reducir lo más posible el consumo de combustibles fósiles buscando alternativas menos contaminantes como las energías renovables (Ontaneda, 2018).

La energía es esencial en el proceso de producción, por esta razón los indicadores de desempeño y los presupuestos de consumo energético cobran gran importancia, al generar información muy valiosa en la evaluación de la competitividad y productividad de una organización, generando un control económico y un aporte en el cuidado ambiental. Permitiendo evaluar los costes de producción en el desarrollo de sus actividades (Anchundia & Balda, 2019).

La Información resultante de los análisis de consumo energético, permiten identificar oportunidades de optimización y mejora de la eficiencia energética, y generan como resultados indicadores de desempeño que son la medida para discernir si un sistema se encuentra trabajando de acuerdo a los parámetros de operación para el que fue diseñado (Méndez Cruz & Montalvo Rufasto, 2019). Estos indicadores permiten monitorear los consumos de energía, además de establecer nuevas posibles acciones de control para mejorar el consumo energético.

4.1.3.1 Producción y consumo energético. De acuerdo con el informe estadístico del balance Nacional de energías del Ecuador, especificado en la Tabla 4, el país produce energía eléctrica a través de diferentes procesos como se muestra en la Figura 5. Donde las hidroeléctricas son la mayor fuente de producción eléctrica para el Ecuador, y en menor medida, pero de gran importancia, el país cuenta con generación eléctrica por varias alternativas como: energía

producida por motores de combustión interna (MCI), turbo gas, turbo vapor, biomasa, eólica, biogás, fotovoltaica e importaciones (ARC, 2020b).

Tabla 4

Indicadores porcentuales de la producción de energía eléctrica en el Ecuador

Producción Total de Energía e Importaciones		GWh	%
Energía Renovable	Hidráulica	24 691.89	77.07%
	Eólica	83.21	0.26%
	Fotovoltaica	37.04	0.12%
	Biomasa	423.90	1.32%
	Biogás	41.64	0.13%
Total, Energía Renovable		25 277.68	78.89%
No Renovable	Térmica MCI	4 486.24	14.00%
	Térmica Turbo gas	1 117.74	3.49%
	Térmica Turbo vapor	1 151.51	3.59%
Total, Energía No Renovable		6 755.50	21.08%
Total, Producción Nacional		32 033.18	99.98%
Interconexión	Colombia	6.93	0.02%
	Perú	-	0.00%
	Importación	6.93	0.02%
Total, Producción Nacional + Importación		32 040.10	100.00%

Fuente: Compilado por el autor basado en (ARC, 2020b)

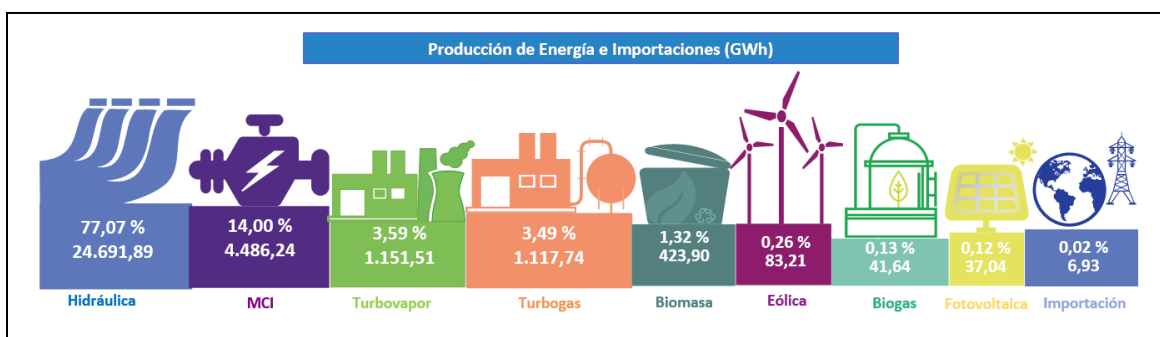


Figura 5. *Procesos de generación de energía eléctrica desarrollados en Ecuador de acuerdo a sus niveles de producción.*

Fuente: (ARC, 2020b)

En la Tabla 5 se especifica los diferentes tipos de consumo de energía, en la que se observa sus valores porcentuales de consumo (Figura 6), siendo el mayor consumo en el ámbito residencial con un 31.19%, y el industrial del 25.64%, además de las pérdidas tanto Técnicas (pérdidas en la distribución) y No Técnicas (energía perdida por la manipulación de los equipos de facturación o toma ilegal desde el sistema) (ARC, 2020b).

Tabla 5

Indicadores porcentuales del consumo de energía eléctrica en el Ecuador e índice porcentual de energía perdida en la distribución.

Consumo de Energía para Servicio Público		GWh	%
Consumo de Energía a Nivel Nacional	Residencial	7 771.61	31.19%
	Comercial	3 878.14	15.57%
	Industrial	6 388.64	25.64%
	A. Público	1 410.80	5.66%
	Otros	2 467.69	9.90%
Total		21 916.88	87.97%
Pérdidas en Distribución	Técnicas	1 740.26	6.99%
	No Técnicas	1 300.41	5.22%
Total, Pérdidas de Energía en Distribución		3 040.68	12.20%
Recaudación	USD Facturados (Millones)	1 920.37	
USD Recaudados (Millones)		1 748.83	91.07%

Fuente: Compilado por el autor basado en (ARC, 2020b)

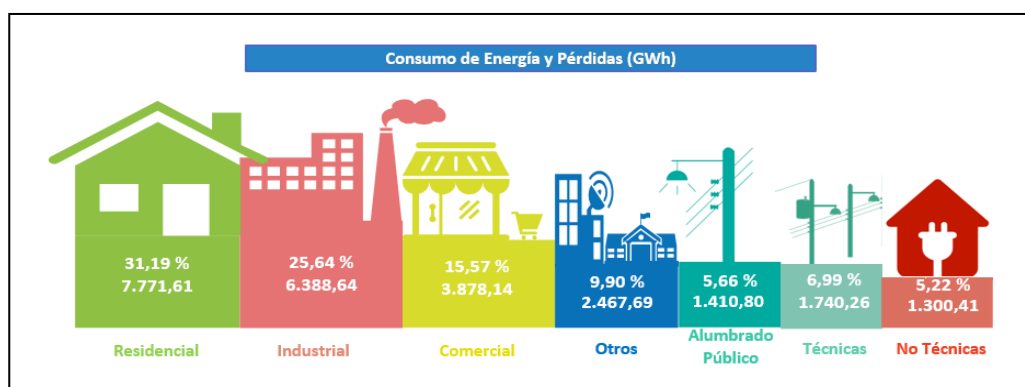


Figura 6. Consumo porcentual de energía eléctrica en el Ecuador.

Fuente: (ARC, 2020b)

4.1.3.2 Sistema eléctrico. Un sistema eléctrico comprende varios elementos como se observa en la Figura 7, entre los cuales se encuentran líneas e instalaciones, que conforman un sistema de transporte de energía, sistema que va desde las centrales generadoras hasta los abonados que usan la energía en diferentes procesos: actividades productivas, confort, entretenimiento entre otros (Peralta et al., 2017).

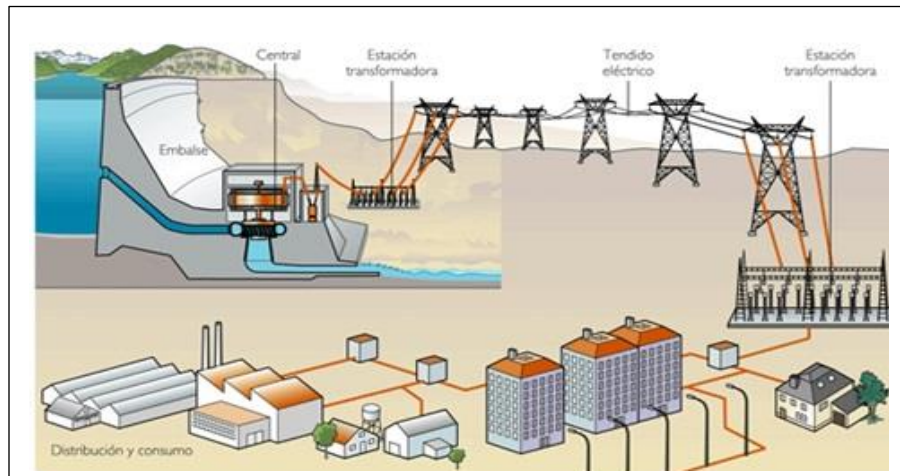


Figura 7. *Generación, transporte y consumo de energía, desde las centrales de generación hasta hogares y sectores de consumo.*

Fuente: (Unieléctrica, 2014)

El análisis de la eficiencia energética en los sistemas eléctricos, genera la posibilidad de reducir la demanda reflejada por concepto de consumo de energía eléctrica, para conseguir este objetivo la propuesta para la incorporación de nuevas tecnologías e implementación de componentes eléctricos presenta un nuevo paradigma en cuanto a los sistemas eléctricos se refiere, actualmente denominada “*smart-grid*” (que busca establecer instalaciones eléctricas más eficientes) (Gómez et al., 2018).

4.1.4 Auditoría energética en ambientes universitarios

El objetivo de esta etapa de investigación es obtener toda la información disponible en relación a las auditorías energéticas desarrolladas en campus universitarios, que proporcionan un punto de vista técnico, para el desarrollo de la auditoría energética eléctrica de la Facultad de la energía las industrias y los recursos naturales no renovables de la Universidad Nacional de Loja. Información que proporciona pautas para la elaboración de un plan sistemático, guiado por los objetivos y necesidades, en el desarrollo de las actividades académicas.

4.1.4.1 Ámbito internacional.

Según (Fernández, 2017) en su trabajo de titulación “Estudio y Auditoría Energética del Edificio de Servicios Generales y Biblioteca del Campus Científico Tecnológico de Linares”, el objetivo principal fue realizar el balance energético de las instalaciones del edificio de servicios generales y biblioteca del campus científico, mediante el control de las instalaciones, para adecuar los consumos reales de la planta a los consumos nominales, garantizando un buen mantenimiento de las instalaciones. En la investigación se determinó que la implantación de todas las medidas de ahorro energético propuestas puede alcanzar un ahorro energético en torno a 249 983.47 kWh de electricidad al año, con una inversión de 49 821.04 €, lo que representa aproximadamente un 16.28 % de la energía anual consumida por todo el edificio. Los ahorros que se consiguen con estas medidas ascienden a 19 620.83 € anuales.

(Gaitan & Zeledón, 2017) en su trabajo de titulación “Auditoría energética en las instalaciones eléctricas del taller escuela, Instituto Forestal e Industrial Latinoamericano (INFIL)”, donde se realizó una auditoría de eficiencia y propuesta de mejora energética a las instalaciones del taller. Se determinó que los mayores consumidores de energía eran, el extractor de viruta, iluminación, compresor 440V y aire acondicionado. Las mejoras se centraron en reducir el consumo de estos equipos mediante opciones de eficiencia energética.

(Moreno et al., 2018) en su proyecto de investigación “Auditoría energética de la Facultad de Tecnología de la Construcción de la Universidad Nacional de Ingeniería para el periodo del segundo semestre del año 2017” el cual tenía por objetivo elaborar un diagnóstico de eficiencia energética para la Facultad, con el fin de reducir el consumo eléctrico. Se determinaron cuatro

oportunidades de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica, que con su aplicación se lograría reducir los costos por facturación en un 34% resultando en beneficios económicos de US \$ 42 995 al año y los beneficios ambientales de: la reducción de 160 972 KWh/año

Como afirma (Casado Lorenza, 2019) en su trabajo de titulación “Auditoría Energética del Instituto de Oftalmobiología Aplicada de la Universidad de Valladolid. (IOBA)” que tenía por objetivo identificar y caracterizar los factores que afectan al consumo de energía, además de detectar y evaluar las distintas oportunidades de ahorro y diversificación de energía con su repercusión en el coste. En la investigación determinó que la zonificación por plantas del edificio permitió referenciar los consumos a los diferentes niveles del edificio y establecer ratios según las superficies útiles calculadas, lo que permitió establecer criterios y tomar decisiones.

(Chumacero & Paredes, 2019) en su trabajo de investigación “Evaluación Mediante Auditoría Energética del Sistema Eléctrico en el Campus de la Universidad Nacional de Jaén”, que tenía por objetivo evaluar mediante auditoría energética el sistema eléctrico en el campus. Determinaron que existía un uso indiscriminado de la energía eléctrica y del sistema de aire acondicionado por parte de docentes, trabajadores y alumnos en general, información que permitió establecer pautas para el correcto uso del sistema de climatización.

4.1.4.2 Ámbito Nacional

(Cárdenas & Marcillo, 2012) en su trabajo de titulación “Auditoría Energética Eléctrica del Campus Sur de La Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito”, tenían por objetivo realizar una auditoría energética eléctrica, del campus universitario, con el fin de diagnosticar el estado del servicio eléctrico, para descubrir sus falencias y sugerir mejoras de la calidad de los servicios, para el bienestar de alumnos, docentes y personal administrativo. Determinaron que las instalaciones eléctricas de los bloques más antiguos B, C, G y H del campus no tenían circuitos de conexiones a tierra y los tableros estaban desequilibrados y en mal estado, información que permitió proponer mejoras al sistema eléctrico.

4.1.4.3 Ámbito local

En el trabajo de investigación desarrollado por (Aguilar & Cuenca, 2009) para el “Uso Eficiente de Energía Eléctrica de los Bloques Céntricos de la Ciudadela Universitaria UNL”, en el que buscaban auditar y diseñar un sistema de iluminación interna con control automático de los bloques 1 y 2 de administración central y el bloque 1 de la Universidad Nacional de Loja proyectado hacia el uso eficiente de la Energía Eléctrica. Determinaron que el 86 % de dichas edificaciones no cumplían con los niveles recomendados de iluminación, y el uso de modernas luminarias proporcionaría un ahorro de energía de casi 31% del consumo por concepto de iluminación.

(Cruz & Pardo, 2012) en su trabajo de titulación, “Implementación de la norma de gestión energética ISO/FDIS 50001 en el Campus San Cayetano de la UTPL”, que tenían por objetivo el análisis de la eficiencia energética en los principales edificios de la UTPL, según los lineamientos de la norma ISO 50001 y del código internacional de la energía. Concluyeron que, en el Campus San Cayetano de la UTPL, la energía se utiliza en tres formatos: energía eléctrica, energía de GLP, y, energía de otros derivados del petróleo, siendo los pagos por consumo de energía eléctrico el mayor rubro de inversión en cuanto a energía se refiere, misma que principalmente se utilizaba en iluminación y fuerza (aire acondicionado, computadores, motores, etc.). El análisis de resultados permitió establecer un inventario de iniciativas orientadas al mejoramiento del uso de energía en el campus, e implementar políticas de Gestión de Energía en la UTPL.

4.2 Análisis de sistemas eléctricos

El análisis de la energía eléctrica, dispositivos y componentes es fundamental en la función del desempeño de los sistemas eléctricos, donde los indicadores de desempeño y presupuesto se usan en la evaluación de la productividad de los ambientes de estudio (Anchundia & Balda, 2019). Que da como resultado la evaluación de los costes de producción en las actividades académicas.

El desarrollo de la auditoría energética representa el primer paso para establecer una propuesta de administración energética, donde el objetivo es analizar y evaluar los sistemas

eléctricos, para extraer información que permita determinar el desempeño energético del ambiente de estudio e identificar qué elementos son los que más energía consume (Ortiz, 2017).

El estudio de sistemas eléctricos no es una tarea fácil, por el gran número de elementos involucrados en su arquitectura, y sus relaciones entre estos. dificultad que continúa creciendo debido al incremento de la demanda energética (Poczatek, 2019), por tal motivo varios sistemas eléctricos desarrollan sus operaciones cada vez más cerca de sus límites de carga, estabilidad, seguridad o calidad. Por esta razón el proceso de evaluación del uso de la energía sirve para definir las áreas de mayor consumo de energía (Méndez Cruz & Montalvo Rufasto, 2019).

Ecuador tiene una gran variedad de recursos renovables y no renovables, mencionando algunos de gran importancia tenemos recursos hídricos, solares, eólicos y de biomasa. Y en los últimos años se ha invertido en la construcción de varias centrales hidroeléctricas, generando el potencial de exportar energía limpia a los países vecinos (Aguirre, 2018).

En este contexto Ecuador cuenta con numerosas redes de distribución para el sistema eléctrico, que están conectadas a la red de transporte, donde la tensión se reduce desde el nivel de la red de transporte hasta su consumo final.

El objetivo de los sistemas eléctricos es suplir la demanda de energía eléctrica de los abonados, de forma estable y sin interrupciones, evitando sobretensiones, que podrían llegar a dañar los elementos consumidores al final de la red (Poczatek, 2019).

4.2.1 Sistemas de energía eléctrica

El suministro de energía se activa al instante en el que empieza el consumo, por ejemplo, en el encendido de una bombilla eléctrica. Esta cadena de valor se puede separar en tres etapas generación, transmisión y distribución. Siendo la generación donde se produce la electricidad, transformando un tipo de energía (Hidroeléctrica, solar, eólica entre otras) en energía eléctrica, la transmisión se encarga de transportar dicha energía generada desde las centrales hacia los grandes consumos (las ciudades), y la distribución consiste entregar la energía eléctrica al usuario final (García Paiva, 2021).

Para que la energía sea transportada en condiciones seguras y eficientes, el sistema eléctrico debe mantener una tensión adecuada entre sus conductores y cada conductor y tierra, este control de las tensiones en una red eléctrica es fundamental:

- En los sistemas de corriente alterna el desbalanceo de las tensiones provoca flujos de potencia reactiva, estos flujos provocan pérdidas por el calentamiento de los conductores debido al efecto Joule.
- Los equipos consumidores de energía al final de la red eléctrica, se diseñan para trabajar en un rango determinado de tensión. Su funcionamiento fuera de este rango puede deteriorarlos o incluso dañarlos.
- De la misma forma los equipos de las instalaciones eléctricas de generación y transporte, también son diseñados para trabajar dentro de un rango de tensión.

En los sistemas de energía eléctrica podemos encontrar algunos actores de gran importancia como se observan en la Figura 8:

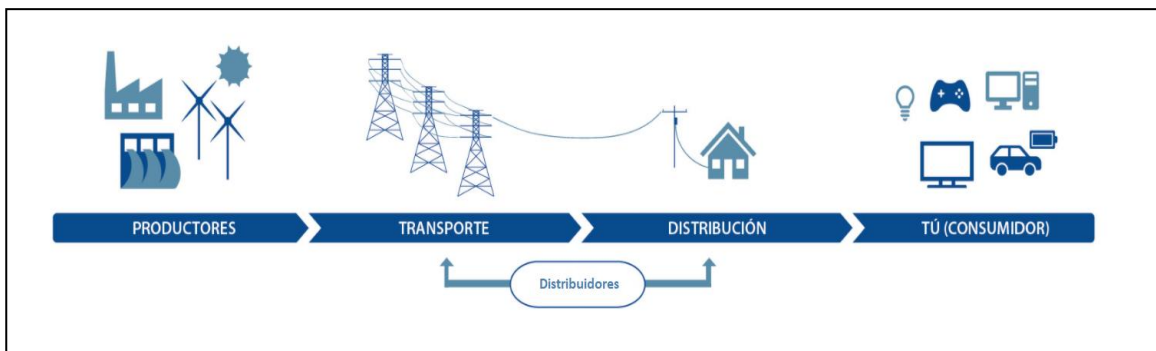


Figura 8. Actores que conforman el sistema de distribución eléctrica.

Fuente: (MIW Energía, 2020).

- **Productores:** Entidades que operan y mantiene centrales generadoras de la energía eléctrica. en Ecuador a través del decreto ejecutivo 1036 que fusiono la ARCOM, ARCH y ARCONEL en una sola entidad denominada ARC, que comenzó sus funciones el 1 de julio de 2020 es la encargada de la regulación y control de la energía eléctrica (ARC, 2020a).

- Distribuidores: Son organismos con la función de distribuir la energía y construir, mantener y operar las redes de distribución. En la región sur del Ecuador tenemos la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (EERSSA, 2020).
- Consumidores: Son aquellos que adquieren la energía eléctrica para su propio consumo (Abonados).

4.2.1.1 Flujo de potencias. El uso continuo sin control de dispositivos electrónicos de potencia, aporta al deterioro de la calidad de la energía suministrada por la red eléctrica a los abonados, las cargas no lineales introducen armónicos en la red que generan distorsiones en la forma de la onda de corriente, causando daños a los demás equipos conectados a la red eléctrica de la organización, disminuyendo su vida útil (Ontaneda, 2018). En este contexto el análisis del flujo de potencias es esencial para el desarrollo de la auditoría energética.

El flujo de potencia también llamado flujo de cargas, permite analizar los sistemas eléctricos, al determinar:

- Tensiones
- Intensidades
- Potencias en diferentes puntos de la red eléctrica.

Para lo cual se debe considerar, sistemas en estado estacionario, sinusoidales, equilibrados y sin anomalías, que permitan establecer las condiciones normales de operación de la red eléctrica, y obtener las potencias activas y reactivas, sus flujos y las pérdidas.

El flujo de carga se puede encontrar modificando ligeramente las condiciones de carga del sistema, permitiendo establecer perfiles de tensión en función de la carga, este proceso también permite obtener información de la tensión de colapso y el punto de carga máxima (Poczatek, 2019).

4.2.2 Perfiles de demanda

El perfil de demanda es la caracterización del consumo eléctrico en un tiempo determinado, que aporta información del consumo de potencias a través de curvas de nivel. Este análisis se puede desarrollar de forma diaria, semanal, mensual o anual, en función de los objetivos de la investigación (Rojas Aravena, 2019). La curva de nivel como se muestra en la Figura 9, describe el valor de potencia consumida en el periodo de un año.

La demanda eléctrica es la cantidad de potencia usada por el abonado en cualquier instante (variable en el tiempo), siendo esta la demanda de una instalación eléctrica en sus terminales receptores, tomados en un intervalo de tiempo representados como un valor medio (Ibujés Zambonino & Rueda Flores, 2017).

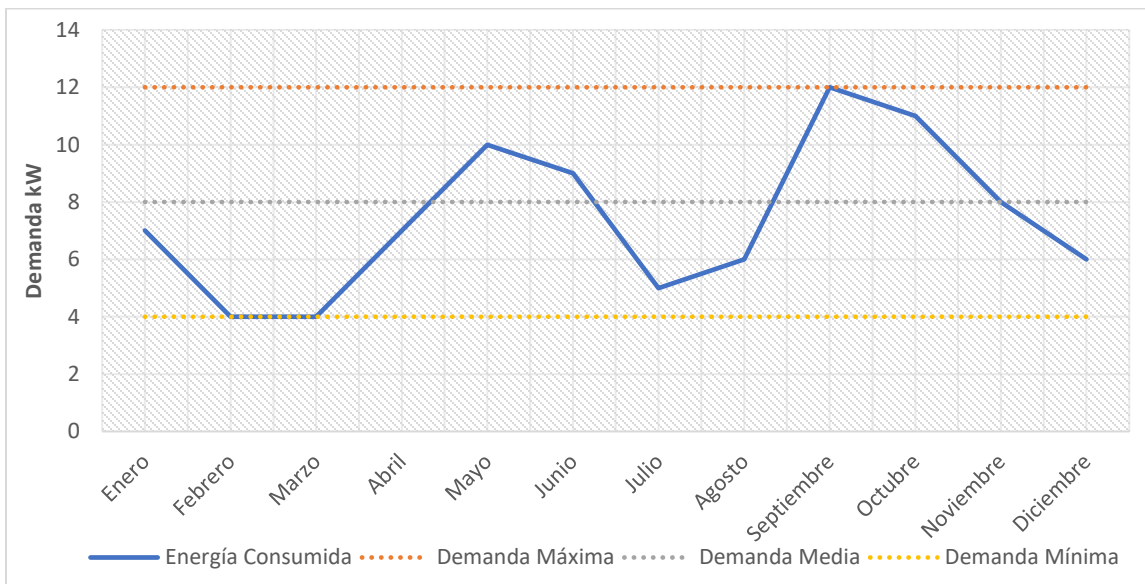


Figura 9. Ejemplo de perfil de demanda mensual, usando niveles de demanda establecidos en función del consumo de energía.

Fuente: Compilada por el Autor

La demanda del sistema es la potencia promedio requerida por una carga, en un intervalo de tiempo determinado, la demanda se puede expresar en kW, kVA, kVar. que permiten generar perfiles de demanda de los que se puede obtener varias características del sistema en función de los consumos energéticos (Haro Haro & Tandalla Tandalla, 2018), de donde podemos extraer información como:

- **Energía consumida:** energía total que se consume por cada equipo eléctrico cuando está en funcionamiento.
- **Demanda máxima:** magnitud máxima de consumo en el periodo de estudio.
- **Demanda mínima:** valor mínimo medido en el periodo de estudio.
- **Demanda media:** valor promedio de consumo eléctrico en el periodo de estudio.
- **Factor de demanda:** demanda máxima del sistema / carga total conectada al sistema. Esta carga total es la suma de las potencias nominales de todos los elementos conectados al sistema.
- **Factor de carga:** demanda media / la demanda máxima del sistema, en un periodo dado.
- **Factor de simultaneidad:** es el cociente entre la máxima potencia eléctrica del sistema y la suma de las potencias nominales de las cargas individuales.

En el sistema eléctrico es fundamental poder predecir el comportamiento de la demanda eléctrica porque permite, planear las acciones necesarias para el correcto funcionamiento del sistema (Zuluaga Cajiao, 2019), logrando cumplir con la demanda de flujo eléctrico requerido, estos perfiles sirven para generar pautas de optimización que permitan un mejor diseño del sistema a un bajo costo.

Los valores analizados permiten establecer los niveles de demanda en función de la curva de consumo del abonado, estableciendo valores que permiten catalogar el consumo en función de las actividades desarrollados por la organización (Quinatoa Lema et al., 2020). Como se observa en el comportamiento de la Figura 9, que puede ser obtenida de los historiales de demanda del proveedor del servicio eléctrico.

4.2.3 Calidad de la energía

La calidad de la energía toma gran importancia debido al incremento en el número de cargas incorporadas a los sistemas de distribución, las cuales aportan a la degradación de la calidad de la energía, por estar relacionadas con perturbaciones eléctricas que pueden afectar las condiciones de operación ocasionando mal funcionamiento o daño a los dispositivos (Rodríguez Gámez et al., 2018).

La calidad de la energía se orienta a mantener la estabilidad del voltaje y frecuencia, proporcionando continuidad al servicio eléctrico, entregando al usuario un servicio confiable. La calidad de energía eléctrica, se usa para describir las características por las cuales el servicio del suministro eléctrico, satisface las expectativas del cliente (Ibujés Zambonino & Rueda Flores, 2017).

La calidad de la energía eléctrica es un aspecto de gran importancia, su impacto es directo en la economía, está relacionada con la calidad de corriente, tensión y frecuencia, en especial para consumidores comerciales e industriales, para evitar que equipos sensibles a las fluctuaciones de energía sufran daños, aunque estas variaciones sean mínimas (Churio Silvera et al., 2018).

La electricidad es esencial para las organizaciones en el desarrollo de sus actividades, además sus características de operación son responsabilidad compartida entre los fabricantes y los abonados, por la introducción de cargas no lineales como las computadoras, los variadores de frecuencia entre otras. La mala calidad en la energía conlleva el incremento en las pérdidas en la economía la competitividad y producción empresarial (Berenguer Ungaro et al., 2018). Por tal motivo se debe monitorear los indicadores de calidad de la energía con el fin de contribuir al uso eficiente de este recurso.

Una mala calidad de la energía genera deficiencia en las operaciones de equipos que podrían sufrir averías e incluso daños irreparables, generando pérdidas económicas, por este motivo se debe realizar un análisis integral de la calidad de la energía de forma periódica, que permita describir las características y el comportamiento de los procesos de la organización, permitiendo la retroalimentación y por ende la mejora continua en la gestión (Zarate Abril & Rojas Ruiz, 2018).

4.2.3.1 Análisis de confiabilidad

La confiabilidad en el sistema de distribución se establece por la capacidad para abastecer servicio eléctrico con el mínimo número de interrupciones y con un corto periodo de duración, que pueden ser generadas por fallas en los equipos, condiciones climáticas, etc. Las entidades de generación de energía mantienen un monitoreo constante de los niveles de confiabilidad, que

permiten desarrollara actualizaciones al sistema eléctrico para mantener el rendimiento óptimo, mejorando la disponibilidad de suministro eléctrico (Gonzalez et al., 2017).

El análisis de confiabilidad del abonado hacia el sistema eléctrico se puede establecer en el estudio de dos indicadores de gran importancia, que permiten evaluar el estado del sistema eléctrico, estos son.

- **Suficiencia:** Siendo esta la habilidad que presentan los sistemas eléctricos para suministrar la energía a los abonados en todo momento, cubriendo las necesidades de todos los dispositivos y equipos, además de incorporar un numero razonable de posibles equipos y dispositivos no programados que entrarían a formar parte del sistema en cualquier momento, para los cuales se debe suplir sus necesidades energéticas (Zambrano Pinto, 2017).
- **Seguridad:** Es la capacidad de los sistemas eléctricos para soportar alteraciones repentinas, por ejemplo, corto circuitos eléctricos o la pérdida de algún elemento del sistema. motivo por el cual la evaluación de la confiabilidad será orientada a la prevención de fallas, identificando elementos sensibles en el sistema eléctrico (Zambrano Pinto, 2017).

4.3 Red eléctrica inteligente

El sector eléctrico ha experimentado varios cambios en los últimos años provocando una reestructuración del sistema y de sus infraestructuras a nivel mundial, debido a los cambios en las necesidades del consumo energético de los usuarios, y del aumento en el desarrollo de las fuentes de energía renovables. Se ha podido apreciar un aumento de la complejidad en la gestión del sistema eléctrico, sobre todo en las áreas de distribución, donde el modelo pasivo de consumo energético está evolucionando a un modelo activo, mucho más inteligente, conocido como “smart-grid” (Real-Calvo et al., 2017), que se puede observar en la Figura 10.

Se puede definir como “*smart*”, cuya traducción es inteligente, haciendo referencia al proceso de automatización, y “*grid*” haciendo referencia a la red eléctrica. La Red Eléctrica Inteligente es un concepto que se establece de la necesidad de mejorar la gestión de la red eléctrica, compuesta por una serie de elementos entre los que tenemos: Subestaciones, líneas de transmisión,

transformadores y elementos que entregan electricidad desde la planta de generación hasta los abonados (Gómez et al., 2018), un ejemplo de esta idea es la utilización de un algoritmo que use los datos históricos de una red eléctrica, para el análisis de la fiabilidad de la red permitiendo:

- Mejorar la eficiencia
- Usar la energía de forma responsable
- Incorporar seguridad a la red eléctrica
- Incorporar energías alternativas

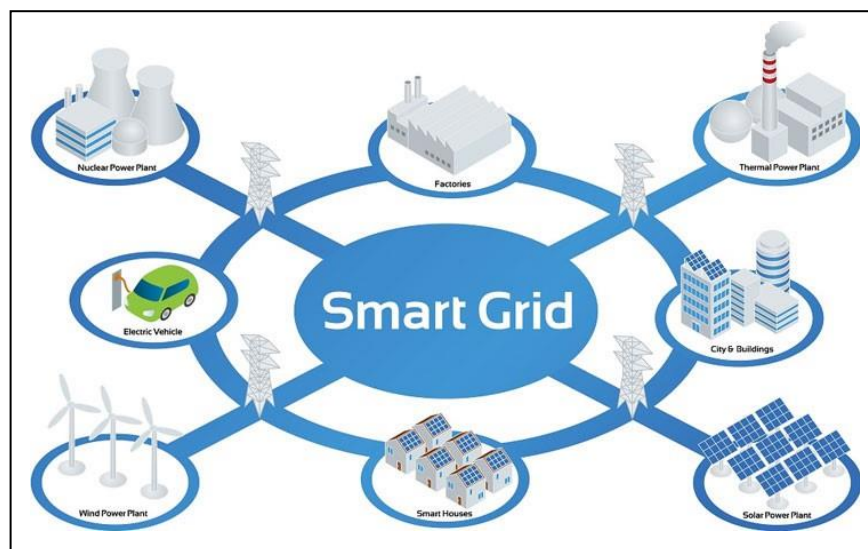


Figura 10. Estructura de la “smart-grid” en la incorporación de procesos para la transformación del sector eléctrico.

Fuente: (Chacon Santana, 2019)

El desarrollo de “smart-grid”, nace de la necesidad de implementar sistemas de control y automatización para la red eléctrica que permita una mejor gestión, proporcionando características ecológicas amigables con el medio ambiente, implementando flexibilidad y eficiencia (Nevárez-Toledo, 2020). Basados en la problemática mundial, que muestran crecientes proyecciones de consumo energético, proyecciones basadas en el crecimiento poblacional, que para la ciudad de Loja se establece en los estudios realizados por el INEC, que estiman un gran aumento en la demanda eléctrica.

Es importante establecer la diferencia entre “smart-grid” y “micro-smart-grid”, donde la primera hace referencia a un sistema de distribución de energía público que incorpora control administrativo, y la segunda es un sistema interno y cerrado que es parte de una organización privada con el objetivo de administrar la energía de acuerdo a las normas internas de la organización (Moralejo et al., 2020).

Para establecer la estructura de una “smart-grid” es necesaria la integración de sistemas de comunicación técnicamente eficientes, que facilitan el control, así como la incorporación de sensores, dispositivos de monitoreo en tiempo real, sistemas de almacenamiento, líneas de potencia con capacidad de flujo bidireccional, entre otros (Gómez Godínez, 2018).

4.3.1 Infraestructura

La “*smart-grid*” cuenta con una infraestructura basada en una red inteligente, que se incorpora a la red eléctrica para mejorar sus características de forma eficiente, y brindar un mejor servicio a todos los usuarios usando TICs. permitiendo que las redes se adapten a nuevas formas de generación de energía y optimicen los recursos de las fuentes actuales (Montes de Oca, 2017), para lograr.

- Bajas pérdidas de energía
- Sistemas energéticos sostenibles
- Altos niveles de calidad
- Seguridad en el suministro eléctrico
- Sistemas económicamente eficientes

Una “smart-grid” se considera como “un gran sistema de sistemas”, compuesta por múltiples “micro-smart-grid” que de acuerdo a sus necesidades puede conectarse y desconectarse de la red, permitiendo que esta posea dos modos de funcionamiento el modo conectado a la red y en modo aislado, brindando mayor autonomía (Moralejo et al., 2020), cada “micro-smart-grid” se compone de tres capas fundamentales de redes inteligentes:

4.3.1.1 Aplicación

En esta capa se desarrollan las aplicaciones que interactúan con los diferentes elementos incorporados en la red, que permiten ofrecer diversos servicios como. (Nevárez-Toledo, 2020)

- Facturación
- Control de demanda Energética
- Monitoreo de Cargas
- Control de Fallas
- Mantenimiento
- Nuevos Servicios

4.3.1.2 Comunicación

Esta capa permite el funcionamiento de la “smart-grid”, estableciendo la intercomunicación de las diferentes capas, engloba las diferentes plataformas y modelos de comunicación abierta que al mismo tiempo proporcionan flexibilidad y confiabilidad, para adaptarse a los diferentes cambios que poseen las redes “smart-grid” en sus distintos niveles (Revelo Ger, 2017).

- Redes de área Amplia (WAN)
- Redes de área Metropolitana (MAN)
- Redes de área Local (LAN)
- Redes de Área personal (PAN)

4.3.1.3 Energía

Esta capa comprende la infraestructura física que sirve de soporte para la generación, transporte, distribución y consumo de la electricidad. La red eléctrica como tal, en la que los sistemas de distribución están constituidos por sistemas de medición y control, que se encargan de gestionar el suministro de electricidad a los diferentes puntos de consumo, en los que como añadido se implementan sensores y componentes para el monitoreo en tiempo real (Gómez Godínez, 2018), en la que se encuentran.

- Sistemas de Generación
- Subestaciones
- Redes de Transmisión
- Red de distribución
- Elementos de Consumo

4.3.2 Gestión de la demanda

La gestión de la demanda se puede definir como el cambio del perfil de potencia de un usuario en relación a sus patrones habituales de consumo, representado por la tasa de uso de energía eléctrica o por la cantidad de energía necesaria en un intervalo de tiempo determinado (Pachacama Paredes, 2020), actuando en dependencia de señales dinámicas que el proveedor envía, permitiendo monitorear en tiempo real los valores por concepto de uso de los equipos y dispositivos en el hogar. Además de establecer configuraciones de automatización (Gómez Godínez, 2018).

Cambios que pueden servir a los proveedores para motivar a los usuarios a reducir el consumo en horas pico, para aumentar la calidad del servicio en la red eléctrica. De este modo, la automatización en el usuario final permite una planificación más eficiente de las cargas, aplanando la curva de consumo de potencia para el abonado, que se traduce en beneficios económicos para este, logrando que el proveedor use más eficientemente los recursos de la red eléctrica (Montes de Oca, 2017).

En la Figura 11 se observa los pasos del proceso de evolución en la gestión de la energía eléctrica, que genera la incorporación de “smart-grid” en el camino a una red completamente descentralizada.

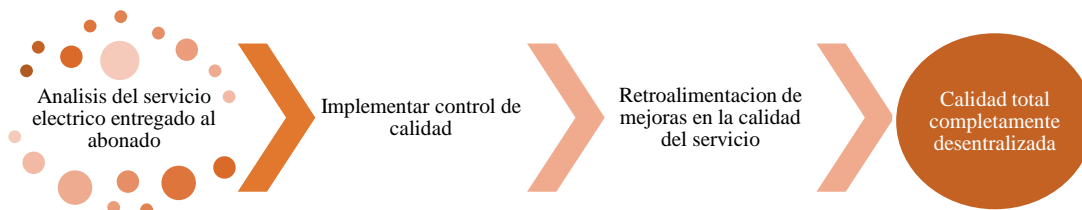


Figura 11: *Evolución de la gestión eléctrica de acuerdo a la calidad del servicio.*

Fuente: Compilado por el autor.

Por lo que es importante que los consumidores cambien su forma de interactuar con el sistema eléctrico, para pasar de ser consumidores pasivos a actores en la toma de decisiones que mantenga la red en un desempeño eficiente, aportando al sistema valores agregados con procesos bidireccionales, por medio de la comprensión del comportamiento de sus consumos de energía y estableciendo nuevos patrones de uso, característica que se consigue al implementar tecnologías de comunicación, para el intercambio de información con los demás actores de la red (Vega Escobar, 2018).

Conocer la información de demanda energética generada por los abonados les proporciona a estos la oportunidad de participar en las operaciones de la red eléctrica, porque al reducir sus consumos en horas pico pueden cambiar sus perfiles de consumo disminuyendo así gastos económicos innecesarios. La incorporación de tecnologías y técnicas de modernización en los sistemas eléctricos para generar respuesta a la demanda, es uno de los objetivos principales encaminados hacia la eficiencia energética y de la gestión de la energía (Gómez et al., 2018).

4.3.3 Seguridad

La seguridad en las redes eléctricas en sus inicios estaba orientada salvaguardar la integridad física de las personas, por los riesgos intrínsecos de los altos voltajes y corrientes, que podrían causar graves lesiones o incluso costar la vida de las personas expuestas a estos (Olivares et al., 2020). Pero la incorporación de nuevas tecnologías en las redes eléctricas como las (TICs) Tecnologías de la Información y Comunicación, crean nuevas posibles fallas de seguridad como:

- Alteraciones de la información.
- Alteraciones de facturación en medidores inteligentes.
- Suspensión del servicio eléctrico en diversas zonas
- Cortes y reconexiones del servicio no autorizadas

Provocando pérdidas económicas a las empresas de distribución y disminuyendo los niveles de confiabilidad de los usuarios.

Es importante destacar que la protección en las comunicaciones en una “*smart-grid*” no únicamente están destinadas a salvaguardar la información a posibles robos, además debe garantizar la seguridad a los ataques de empleados descontentos, fallas en la infraestructura de la información a causa de errores por parte de los usuarios, fallas técnicas de equipos de control sensibles, entre otros (Gómez Godínez, 2018).

En este contexto los medidores inteligentes se convierten en el primer punto de ataque, si bien tener este tipo de medidores brinda múltiples beneficios, como ayudar a reducir el error humano en las mediciones de consumo, poder realizar cortes y reconexiones automáticos y censar en tiempo real los consumos eléctricos, para conocer el estado de la red e identificar posibles fallos de manera temprana y poder corregirlos (Ibáñez Herrera, 2018), la seguridad de la información es un tema de gran importancia, por los riesgos potenciales antes mencionados.

La seguridad de la “*smart-grid*” forma parte de las complejas redes de comunicaciones compuestas por millones de dispositivos que se conectan entre sí. Estas interconexiones generan vulnerabilidades para las “*smart-grid*”, más comúnmente en los medidores inteligentes, por la forma en que interactúan con la oferta de los proveedores de servicios eléctricos y la demanda eléctrica de los abonados. Pero principalmente en función de donde geográficamente se encuentran ubicados estos medidores y de su nivel de encriptación (Gómez et al., 2018).

La ciber seguridad está orientada al análisis de posibles amenazas, que explotan las vulnerabilidades de los equipos y personas que interactúan directamente con el sistema. Para reducir este impacto es necesario el uso de controles que permitan anticipar eventos que generen

vulnerabilidad (Olivares et al., 2020). Como la ciber seguridad no se puede garantizar al 100% se han desarrollado múltiples técnicas para reducir los riesgos en los sistemas como.

- Los firewalls que permiten la prevención de intrusos por medio de protocolos de entrada y salida, para las diferentes aplicaciones de red.
- La incorporación de técnicas de IA para mejorar los sistemas de ciber seguridad, principalmente en técnicas de aprendizaje profundo, que permiten encontrar patrones de aprendizaje ante diversos ciberataques.
- La asignación de permisos y roles continúa siendo de gran importancia para una buena protección de los sistemas.
- La aplicación de tecnologías de blockchain que está cada vez más difundida, debido a que combina varias técnicas de seguridad como la criptografía hash, firmas digitales y la redundancia de los datos, para aumentar la seguridad.

4.3.3.1 Beneficios

Las smart-grid son la siguiente generación de las redes eléctricas, estableciéndose como una solución a la necesidad de modernizar la red, logrando así que las empresas de servicios eléctricos optimicen las infraestructuras existentes, donde la distribución y administración de la energía son controladas a través de sistemas avanzados que incorporan comunicación bidireccional, con la capacidad de controlar la eficiencia, confiabilidad y la seguridad (Gómez et al., 2018), aportando al sistema eléctrico:

- Pérdidas reducidas en la transmisión
- Optimización del uso de energía
- Sostenibilidad
- Reducción del impacto ambiental

Las “smart-grid” como característica especial contribuyen a equilibrar los aportes de cada una de las fuentes de energía, para que la producción de energía pueda ser coordinada de acuerdo a la demanda en forma más efectiva, permitiendo obtener un comportamiento balanceado del sistema, en el que se pueda optimizar el suministro eléctrico (Márquez & Rodríguez, 2020).

Los abonados tienen acceso a información de su consumo de la energía, datos de la cantidad consumida además del periodo de tiempo el cual fue consumida, para de esta manera establecer control de sus consumos permitiendo reducir sus costos de forma eficiente (Revelo Ger, 2017).

Un gran beneficio para distribuidores es el ahorro en la gestión de procesos de conexión y desconexión, realizado por personal que debe movilizarse al sitio para ejecutar estas acciones, y para los abonados en un posible escenario de reconexión, el proceso se desarrollaría de forma instantánea evitando pérdidas del servicio eléctrico, al no necesitar que personal autorizado se acerque a su domicilio a realizar dicho proceso, que en casos extremos podría tardar desde varias horas hasta días, dependiendo de las condiciones de acceso al sitio (Gómez Godínez, 2018).

5. Metodología

5.1 Materiales

Para el desarrollo del presente trabajo investigativo, es necesaria la adquisición de datos de consumo energético de la FEIRNNR en un lapso de tiempo predeterminado, que aporte los datos suficientes para un correcto análisis y manejo de la información. Para la obtención de dichos datos se dispuso de:

- Levantamiento de información de campo mediante matrices
- Planillas de consumo eléctrico anuales
- Normas ISO de gestión energética
- Libros, Revistas, Trabajos de titulación (relacionadas a auditorías energéticas)
- Materiales de oficina
- Google Earth
- SIG EERSSA
- Telurómetro
- Pinzas Amperimétricas

5.2 Metodología

El principal objetivo de este proyecto, es establecer los parámetros de consumo energético eléctricos de la FEIRNNR y desarrollar propuestas para reducir el consumo identificando las posibles oportunidades de optimización del uso de la energía, proceso que se observa en la Figura 12, además de establecer políticas energéticas que ayuden a la gestión correcta de la energía a través de una auditoría energética eléctrica.

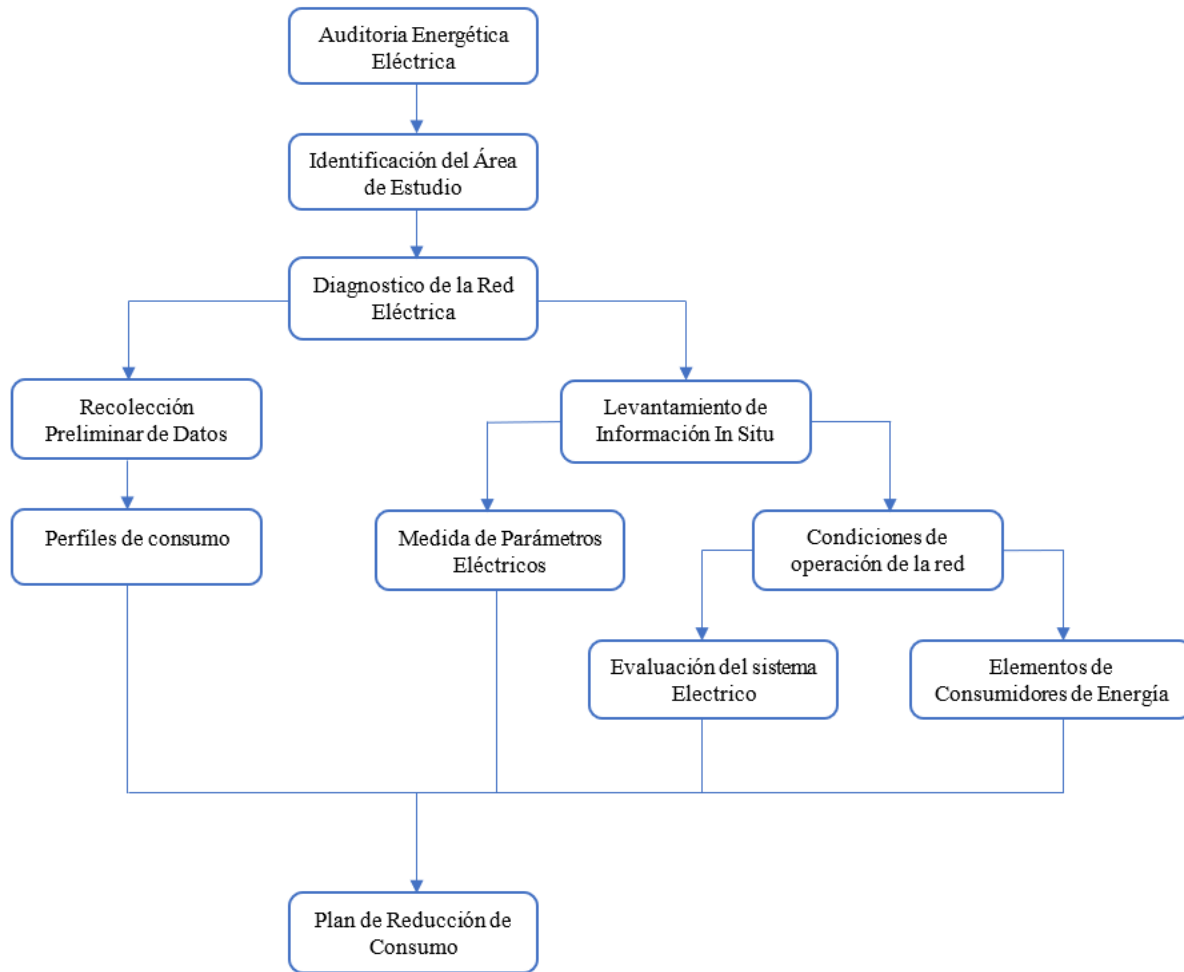


Figura 12: Diagrama de flujo de la metodología usada para el desarrollo de la auditoría energética eléctrica de la FEIRNNR.

Fuente: Compilada por el Autor

El primer paso es delimitar el área de estudio permitiendo desarrollar una búsqueda y recopilación de información relacionada con el consumo eléctrico de la facultad, datos que permiten establecer de forma clara la visión de la presente investigación.

En el proceso de revisión literaria se desarrolla la búsqueda de bibliografía a fin al tema de estudio, en este caso auditorías energéticas enmarcadas en el consumo eléctrico, esta búsqueda se desarrolla en libros, revistas científicas, investigaciones, páginas web, que aporten información de

apoyo al desarrollo del proyecto de investigación, tomando esta información como punto de partida y para un desarrollo sistemático usando como guía la norma ISO 50001.

Comenzando por la identificación de fuentes de información, con mayor relevancia que aporten datos de consumo eléctrico a través de un historial de consumo, y con la información recolectada en la revisión literaria, desarrollar la adquisición preliminar de información que permite establecer parámetros iniciales para el sistema eléctrico.

Para posteriormente, con el desarrollo del levantamiento de información in situ, de los diferentes elementos consumidores de energía, organizar validad y desarrollar un análisis minucioso a los parámetros de operación del sistema eléctrico de la facultad, determinando un buen índice de confiabilidad en sus datos.

Y finalmente, elaborar procesos técnicos para mejorar las condiciones de uso de la energía identificando elementos defectuosos, fallas en el sistema eléctrico para establecer condiciones de mejora en al proceso de gestión energética encaminando a la FEIRNNR hacia la optimización del consumo energético.

5.2.1 Descripción del Área de estudio.

El área de estudio del presente trabajo es la Facultad de la Energía las Industrias y los recursos Naturales no Renovables, de la universidad Nacional de Loja, ubicada en la ciudadela universitaria Guillermo Falconí Espinosa, La facultad cuenta con dos sectores bajo su administración, en la Figura 13 se puede observar dos ingresos, debido a que los talleres de electromecánica y mecánica automotriz se encuentran en una distinta locación, que se puede observar en el Anexo 1.

Los distintos bloques que conforman la FEIRNNR se detallaron en la Tabla 1, en los cuales se desarrollan todas las actividades de índole académica, administrativa y de investigación.



Figura 13: *Ingresos a las áreas administradas por la Facultad de la energía las industrias y los recursos naturales no renovables.*

Fuente: Compilada por el autor.

5.2.2 Recolección Preliminar de Datos

Para realizar la evaluación del sistema eléctrico a través de la auditoría energética eléctrica de los diferentes edificios y ambientes de la FEIRNNR de la universidad Nacional de Loja, los datos preliminares se obtuvieron del histórico de consumo disponibles en la página web de la ERRSSA, para establecer los lineamientos en el consumo en los edificios en base a las actividades que se desarrollan en cada uno de estos, identificando previamente los diferentes medidores que suministran energía eléctrica a la FEIRNNR que se describen en la Tabla 6. Analizando su ubicación, riesgo de manipulación por terceros, condiciones de operación y estado de los elementos que componen su estructura.

Tabla 6

Descripción de medidores eléctricos de la FEIRNNR, identificando el código único eléctrico nacional CUEN y el número de medidor.

Ubicación	Código CUEN	# Medidor Eléctrico
Cuarto de máquinas	1803244894	33614
Bloque de Administración (Decanato)	1800369710	26176
Edificio de Modalidad de Estudios a Distancia (MED)	1803244787	225180
Poste Eléctrico #141840 (Detrás del bloque 24)	1800100305	32529

Fuente: Compilada por el autor basado en (EERSSA, 2020)

Los medidores expuestos en la Tabla 6 se detallan en el Anexo 2. Una vez establecidos los medidores que suministran energía eléctrica a la FEIRNNR (Figura 14) e identificando sus códigos CUEN y número de medidores, a través de la página web de la ERRSSA como se observa en la Figura 15, se establece que la información se recolectará a partir del 2013, lo que permite establecer condiciones de operación en los diferentes periodos académicos y caracterizar el comportamiento del consumo eléctrico de los diferentes ambientes.



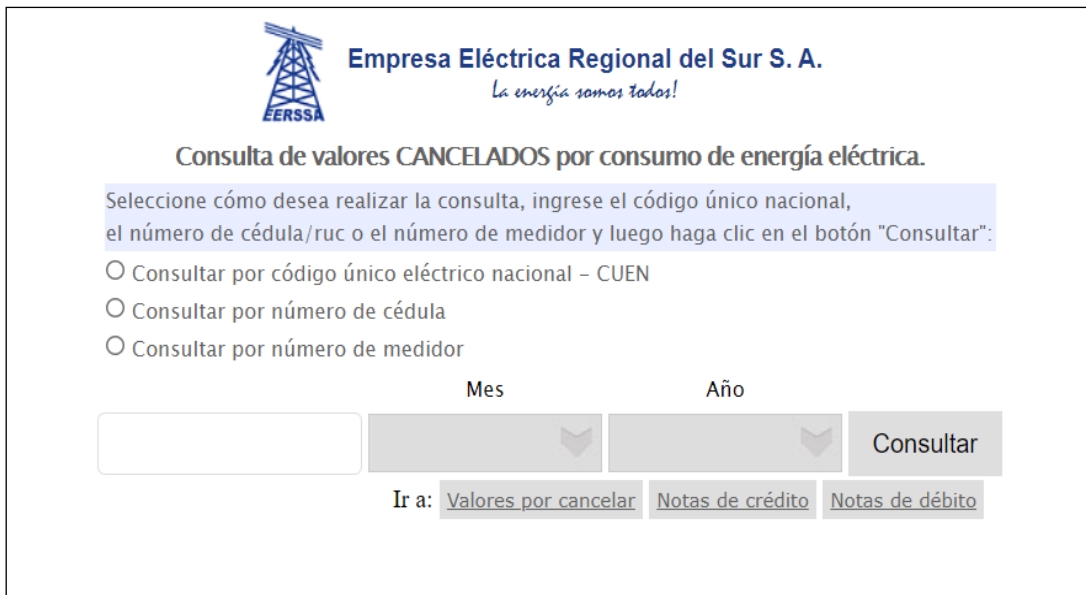
Figura 14. *Medidor de distribución eléctrica ubicado en el Bloque A6 de la FEIRNNR.*

Fuente: Compilada por el autor.

5.2.2.1 Perfil de carga en la FEIRNNR

La información preliminar recolectada debe servir para establecer el comportamiento del consumo eléctrico de la facultad, a través de establecer un perfil de carga, curva de comportamiento que facilita el entendimiento de como el sistema eléctrico reacciona en sus diferentes fases de uso de forma realista, favoreciendo el desarrollo de la evaluación de consumo de forma precisa, perfil que se puede replicar en todo nivel de estudio, siendo la condición única para su desarrollo el contar con la suficiente información, debidamente respaldada por una fuente confiable.

En la ciudad de Loja la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. presta el servicio de distribución de energía eléctrica hacia el abonado, además del sistema de alumbrado público, también cuenta con una página web que facilita a los usuarios del servicio, un control de sus consumos, herramienta que permite extraer el historial de consumo de los medidores de distribución eléctrica a través del código CUEN, el número de medidor o la identificación del titular del servicio.



The image shows a web interface for EERSSA (Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.). At the top left is the EERSSA logo, a stylized tower. To its right is the company name and slogan: "Empresa Eléctrica Regional del Sur S. A. La energía somos todos!". Below this is the heading "Consulta de valores CANCELADOS por consumo de energía eléctrica." followed by instructions: "Seleccione cómo desea realizar la consulta, ingrese el código único nacional, el número de cédula/ruc o el número de medidor y luego haga clic en el botón 'Consultar':". There are three radio button options: "Consultar por código único eléctrico nacional - CUEN", "Consultar por número de cédula", and "Consultar por número de medidor". Below these are two dropdown menus labeled "Mes" and "Año". To the right of the "Año" dropdown is a "Consultar" button. At the bottom, there is a section "Ir a:" with three links: "Valores por cancelar", "Notas de crédito", and "Notas de débito".

Figura 15. *Página web de la Empresa Eléctrica Regional del Sur usada para extraer la información histórica de consumo de los medidores eléctricos de la FEIRNNR.*

Fuente: (EERSSA, 2020)

5.2.2.2 Matriz de demanda mensual

Actualmente la EERSSA no posee una infraestructura eléctrica óptima para el control de los valores de consumo, condición apreciable porque, a pesar del desarrollo de trabajos de migración para los medidores de distribución eléctrica analógicos por digitales, el proceso de registro todavía se lleva a cabo de forma presencial, es decir, que un técnico se acerca al medidor, para realizar un levantamiento de los datos de consumo además de los procesos de desconexión y reconexión del servicio.

Condiciones por las cuales se ha desarrollado un trabajo de levantamiento de información, de forma presencial, que permite el desarrollo del estudio identificando los medidores materia de análisis y sus condiciones físicas y de operación.

Para desarrollar este trabajo de levantamiento de información, en primer lugar, se identifica las áreas en las que se encuentran los medidores objeto de estudio y se recopila sus números de identificación (Tabla 6). después de disponer de esta información se procede a desarrollar la consulta de valores cancelados por consumo de energía eléctrica, a través de una matriz (Tabla 8) que permita establecer una forma sencilla para el análisis de los datos. Organizar la información es fundamental para su posterior análisis que se observa en la Tabla 7, debido que el objetivo es establecer un histórico de consumo para cada medidor de distribución eléctrica, su clasificación posterior se realiza de forma anual Anexo 3.

El lapso de tiempo que se analiza comprende un periodo de aproximadamente nueve años, dividido en 2 etapas la primera desde el 2013 a marzo 2020. Con el objetivo de estructurar una base de datos confiable para la evaluación de consumo eléctrico, tomando en cuenta que las actividades académicas presenciales a partir del 2020 se desarrollaron de forma irregular, debido a la pandemia de Corona Virus (COVID-19) fecha en la que inicia la segunda etapa, evaluando de abril de 2020 hasta el mes de marzo del 2021 que indica el fin del periodo académico, esta división se considera para el presente estudio, porque es posible obtener una mayor aproximación a la realidad de los consumos, tanto en condiciones normales como en condiciones de mínima actividad, en el desarrollo de las actividades académicas.

Tabla 7

Extracto del histórico de consumo, consumo mensual de energía eléctrica por los medidores de la FEIRNNR año 2018

Código CUEN	Consumo kWh											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1803244894	2510	3328	3083	4094	3083	3939	4383	4503	4555	3377	3674	4629
1800369710	1647	993	992	2112	1473	1586	1746	1923	1878	1928	1865	1245
1803244787	2765	2162	2161	3075	2887	2484	2916	2975	3058	3127	2589	2747
1800100305	449	324	549	555	594	457	411	523	675	564	1015	1014

Fuente: Compilada por el autor basado en (EERSSA, 2020)

Datos que permiten el desarrollo de los perfiles de consumo de los diferentes medidores de la facultad, proporcionando información detallada del comportamiento en las diferentes etapas de análisis (Normal y mínima actividad), identificando el mes y el año, condiciones que permiten las comparativas en función de las actividades realizadas por la facultad.

Tabla 8

Matriz tipo para levantamiento del histórico de consumo de los medidores de distribución eléctrica año 2017.

Año	Campus y Facultad	Mes	Nro. de Medidor	Código CUEN	Consumo kWh	Costo Total
2017	AFEIRNNR	Enero	33614	1803244894	2660	258,1
2017	AFEIRNNR	Febrero	33614	1803244894	2902	262,04
2017	AFEIRNNR	Marzo	33614	1803244894	3223	292,82
2017	AFEIRNNR	Abril	33614	1803244894	3194	294,16
2017	AFEIRNNR	Mayo	33614	1803244894	3095	276,35
2017	AFEIRNNR	Junio	33614	1803244894	3583	322,98
2017	AFEIRNNR	Julio	33614	1803244894	3743	334,83
2017	AFEIRNNR	Agosto	33614	1803244894	3950	357,15
2017	AFEIRNNR	Septiembre	33614	1803244894	3870	347,73
2017	AFEIRNNR	Octubre	33614	1803244894	2642	235,79
2017	AFEIRNNR	Noviembre	33614	1803244894	2953	262,33
2017	AFEIRNNR	Diciembre	33614	1803244894	3146	280,12
2017	AFEIRNNR	Enero	26176	1800369710	1358	89,63

Fuente: Compilada por el autor basada en (Vega et al., 2020)

5.2.3 Levantamiento de información de elementos eléctricos

Con el objetivo de realizar un levantamiento de información sobre los elementos consumidores de energía eléctrica y su registro detallado. El Presente trabajo de investigación atravesó por dos fases en el desarrollo del inventario de elementos eléctricos, en su fase inicial y como parte del proyecto “Smart UNL”, se desarrolló un primer levantamiento de información iniciando en el mes de noviembre de 2020, en el cual se realizó la identificación detallada de todos los elementos consumidores de energía en los diferentes ambientes de la facultad (Laboratorios, aulas, oficinas administrativas, de servicio, etc.) y en su segunda fase de desarrollo se ejecutó un nuevo levantamiento de información, adquirida la experiencia previa en la fase 1, el nuevo levantamiento se concentró en realizar correcciones a fallas previas y verificar nueva mente la información para establecer así una mayor confianza en los datos recolectados, esta fase se ejecutó a lo largo del mes de junio de 2021.



Figura 16. *Reunión previa al desarrollo del levantamiento de información de elementos consumidores de energía eléctrica.*

Fuente: Compilada por el Autor

El desarrollo de una reunión técnica como se observa en la Figura 16 permite, estructurar de la forma óptima el trabajo a realizar identificando aquellos ambientes que deben ser considerados como de análisis primordial por la cantidad de elementos consumidores de energía eléctrica que tenemos en los mismos, y a su vez coordinar con los responsables de las diferentes áreas para desarrollar un trabajo que no interfiera con sus actividades y que permita el correcto desarrollo del inventario.

5.2.3.1 Matrices y código para elementos eléctricos

Cada una de las diferentes áreas de la Universidad Nacional de Loja se encuentran codificadas lo que facilita la organización, tanto para el desarrollo del inventario como para establecer, el valor del consumo energético de cada ambiente



Figura 17. *Ejemplo de rótulo identificativo de los diferentes ambientes pertenecientes a la FEIRNNR.*

Fuente: Compilada por el Autor

La Figura 17 está estructurada de diferentes elementos como se detalla en la Tabla 9, mismos que facilitan la administración de las diferentes áreas de la FEIRNNR, identificando diferentes parámetros dependientes del bloque, piso o ambiente, además del nombre asignado a dicho ambiente, estructura que permite una fácil búsqueda en la base de datos desarrollada en el presente trabajo de investigación, facilitando una clasificación de los ambientes, también permite

una fácil identificación, de los diferentes elementos defectuosos para facilitar así un trabajo de reparación o reposición de ser el caso.

Tabla 9

Estructura de la Codificación de Ambientes Usada por la Universidad Nacional de Loja

Nombre	Indica el nombre asignado a un ambiente específico
Campus	Indica el campus de la UNL “A” para la ciudadela universitaria Guillermo Falconí Espinosa
Bloque	Detalla el edificio o bloque correspondiente a la FEIRNNR
Piso	Indica la planta, el sector o ala en la que se encuentra el ambiente correspondiente
Ambiente	Detalla el número de oficina, aula, laboratorio o ambiente en que se desarrollan las actividades académicas

Fuente: Compilada por el Autor

Con la estructura detallada en la Tabla 9 se implementa una nueva codificación en la que se incluirá el elemento eléctrico y su número de secuencia, para una fácil identificación de cada uno de los elementos consumidores de energía eléctrica, en el desarrollo y análisis de resultados.

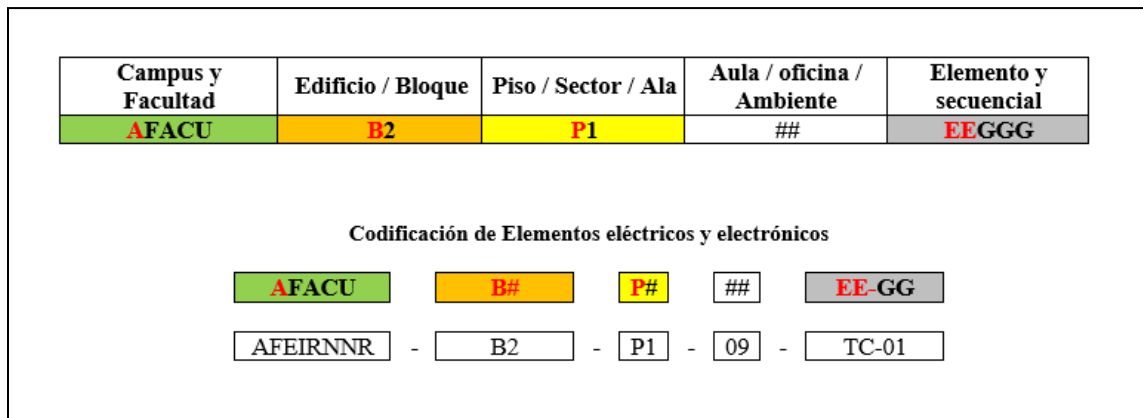


Figura 18. *Esquema de codificación de elementos eléctricos y electrónicos, para los diferentes ambientes de la FEIRNNR.*

Fuente: Compilada por el autor basada en (Vega et al., 2020)

En la Figura 18 se observa la codificación de los elementos eléctricos en el desarrollo de la Auditoría Energética, codificación de la que podemos desglosar sus elementos para una mejor

comprensión, misma que se encuentra formada por cinco apartados, el primer apartado denominado campus y facultad encontramos dos elementos (A) que indica el campus de la Universidad Nacional de Loja y (FACU) que es un acrónimo para facultad, misma que indica la facultad de la universidad, en la que se desarrolla el trabajo de investigación. En el segundo apartado encontramos los elementos (B) y (#) que indican el edificio o bloque y el número de este, con el que se identifican (Tabla 1) dentro de la administración de la facultad. Para el tercer apartado de forma similar al segundo encontramos (P) y (#) para detallar la planta, sector o ala, del bloque o edificio detallado en el segundo apartado. En el cuarto apartado tenemos (##) que indica el aula o ambiente en el que se realiza la auditoría. Y para el quinto apartado tenemos (EE) y (GGG) en el que el primero detalla el elemento auditado expresado en su simbología (TC= Tomacorriente, CE= computador de escritorio, etc.) y el segundo elemento identifica el elemento auditado asignando un número de secuencia para seguir un orden específico y mantener un control de cada elemento auditado (Vega et al., 2020).

En la Tabla 10 se observa un extracto del levantamiento de información en la que se identifica a cada elemento (dispositivo eléctrico, equipo electrónico, etc.) en el que designar una codificación permite una rápida búsqueda del ambiente o bloque en el que se identifique una posible falla o consumo excesivo de energía.

Es importante mencionar que la matriz cuenta también con un apartado denominado observaciones, en el cual detallar todo tipo de situaciones imprevistas o características que ayuden a determinar el funcionamiento de cada elemento, en la Tabla 10 por ejemplo se observa que para el elemento LF-001 que indica una lámpara fluorescente, existe una observación 3/3 que representa la cantidad de tubos fluorescentes en la lámpara y su condición actual, con esta idea, si en dicha lámpara solo estarían en condición funcional dos de los tres tubos fluorescentes la observación debería ser 2/3, estas observaciones ayudan a conocer el funcionamiento del sistema, las cuales también pueden expresar funcionamiento, un ejemplo sería (activo o inactivo), incluso se puede asignar estados para identificar al elemento como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 10*Matriz Tipo para el Desarrollo del Levantamiento de Elementos Consumidores de Energía Eléctrica de la FEIRNNR*

Año	Campus y Facultad	Edificio / Bloque	Piso/Sector/ Ala	Aula/Oficina/ Ambiente	Nombre	Elemento	Secuencia	Código	Observaciones
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	001	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-001	3/3 - 32 W
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	002	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-002	3/3 - 32 W
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	003	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-003	3/3 - 32 W
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	004	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-004	3/3 - 32 W
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	005	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-005	3/3 - 32 W
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	006	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-006	3/3 - 32 W
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	007	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-007	3/3 - 32 W
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	008	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-008	3/3 - 32 W
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	009	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-009	3/3 - 32 W
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	010	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-010	3/3 - 32 W
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	011	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-011	3/3 - 32 W
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	012	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-012	3/3 - 32 W
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	013	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-013	3/3 - 32 W
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	014	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-014	3/3 - 32 W
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	015	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-015	3/3 - 32 W
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	016	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-016	3/3 - 32 W
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	017	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-017	3/3 - 32 W
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	018	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-018	3/3 - 32 W
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	019	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-019	3/3 - 32 W
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	020	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-020	3/3 - 32 W
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	021	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-021	3/3 - 32 W
2021	AFEIRNNR	A2	P1	1	LABORATORIO INTEGRADO DE MANUFACTURA	LF	022	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-022	3/3 - 32 W

Fuente: Compilada por el autor basada en (Vega et al., 2020)

Tabla 11

Estados de los Dispositivos Eléctricos o Equipos Electrónicos Identificados en la Auditoría

Bueno	Si su funcionamiento es el esperado y su estructura física se encuentra en condiciones óptimas
Regular	Si se aprecia desperfectos en su estructura física mas no en su funcionamiento
Malo	Si el dispositivo no funciona

Fuente: Compilada por el Autor

5.2.4 Mediciones eléctricas

Esta etapa de la auditoría permite establecer como están operando los elementos que forman parte de la red eléctrica de la FEIRNNR estableciendo.

- Niveles de tensión en tomacorrientes
- Valores de amperaje en los medidores de distribución
- Mediciones de resistencia en las puestas a tierra de los diferentes bloques.

Conocer dichos parámetros permite establecer cuáles serán las acciones a desarrollar para minimizar las pérdidas de energía, acciones que se llevan a cabo con el uso de equipo especializado y manteniendo las condiciones óptimas para realizar una medida confiable.

Es importante mencionar que todas las mediciones eléctricas se desarrollaron en condiciones de mínimo consumo, debido a que dicho proceso de levantamiento de información se desarrolló durante el proceso de aislamiento social debido al COVID 19.

5.2.4.1 Equipos Usados

Para establecer las condiciones de operación de los diferentes elementos que conforman la red eléctrica de la Facultad se utilizó diferentes equipos especializados de medición, con el fin de obtener datos confiables de las diferentes etapas que conforman la red de distribución eléctrica de la Facultad.

- **Multímetro**

El multímetro digital, es un instrumento usado para comprobación, permite medir valores eléctricos, usado principalmente para medir resistencias expresada en “ohmios”, tensión medida en “voltios” y corriente en “amperios”, esta herramienta permite establecer un diagnóstico de las condiciones de funcionamiento de un sistema eléctrico (FINAL TEST, 2021) un ejemplo de este en la Figura 19.



Figura 19: Medida de valores de tensión en tomacorrientes de la FEIRNNR.

Fuente: Compilado por autor.

- **Pinzas Amperimétricas**

La pinza amperimétrica es una herramienta en forma de pinza con un sensor que abraza al conductor en el que se desea medir la corriente, facilitando realizar mediciones de corriente en un circuito, sin la necesidad de abrir dicho circuito como se realizaría en un amperímetro clásico. su funcionamiento se establece en una medida indirecta de la corriente que circula por el conductor, basado en el campo magnético que se genera en este (FINAL TEST, 2021).

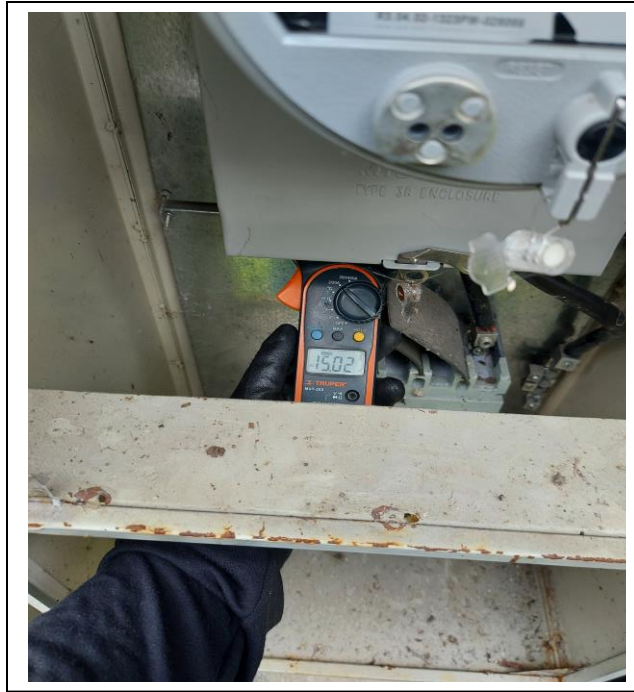


Figura 20. *Medida de valores de corriente en medidores de distribución de la FEIRNNR.*

Fuente: Compilado por autor.

- **Telurómetro**

Un telurómetro es una herramienta para efectuar mediciones de un sistema de puesta a tierra, que forma parte esencial del sistema eléctrico, dichas mediciones se realizan en parámetros de voltaje y resistencia, usando para este fin el método wenner, método que consiste en medir la resistividad del terreno. Para dicho fin se insertan electrodos en el suelo. los cuales se colocan en línea recta y a la misma profundidad, estas mediciones de resistividad dependerán de la distancia entre los electrodos y de las características resistivas del terreno (Electrotec, 2021).

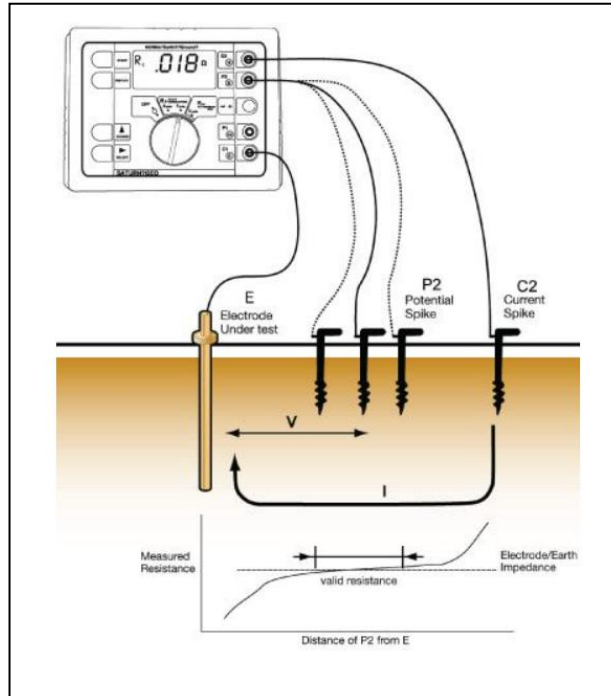


Figura 21. Ejemplo de medición de un sistema de puesta a tierra con cuatro electrodos.

Fuente: (Electrotec, 2021)



Figura 22. Telurómetro usado en la medición del sistema de puesta a tierra de la FEIRNNR modelo sat-10c earth tester.

Fuente: (AITELONG, 2015)

6. Resultados

6.1 Diagnóstico de consumos e interpretación actual del sistema eléctrico

Con base en el procesamiento del histórico de consumo eléctrico obtenido de la ERRSSA (Anexo 3), se establece un perfil de demanda para cada uno de los medidores identificados en la FEIRNNR. Detallando el comportamiento de cada uno en función del consumo registrado, y como se indicó anteriormente, separando el análisis en dos etapas, la primera correspondiente hasta marzo del 2020 siendo este el periodo de operación de la facultad en condiciones normales, y la segunda etapa a partir de abril de 2020 en el que la actividad fue mínima en la facultad debido a la cuarentena por COVID 19.

Siendo necesario establecer que si bien en el (Anexo 3) se puede observar valores de consumo de 0 o 1 kWh, además de costos por concepto de consumo de energía negativos, en ciertos meses, estos valores obedecen a errores realizados en las mediciones eléctricas, que al ser identificados la EERSSA realiza un proceso de corrección, disminuyendo los valores de consumo de los meses posteriores hasta reestablecerlos a sus condiciones normales, este escenario se desarrolló principalmente durante el periodo de aislamiento social (cuarentena) por COVID 19. Siendo necesario para el desarrollo de las planillas eléctricas la utilización de estimaciones de consumo en dichos meses con respecto a años anteriores, que en ciertos casos dio como resultado datos de consumo erróneos.

6.1.1 Perfiles de consumo eléctrico

El medidor de distribución eléctrica 33614 ubicado en el (Bloque A6) cuarto de máquinas, que distribuye energía al (Bloque A2) de Laboratorios, de acuerdo con el histórico de consumo de la ERRSSA, a partir de abril del 2015 inicia su funcionamiento, su mayor consumo se desarrolla en el año 2019 con 50 692 kWh correspondiente a la primera etapa de análisis.

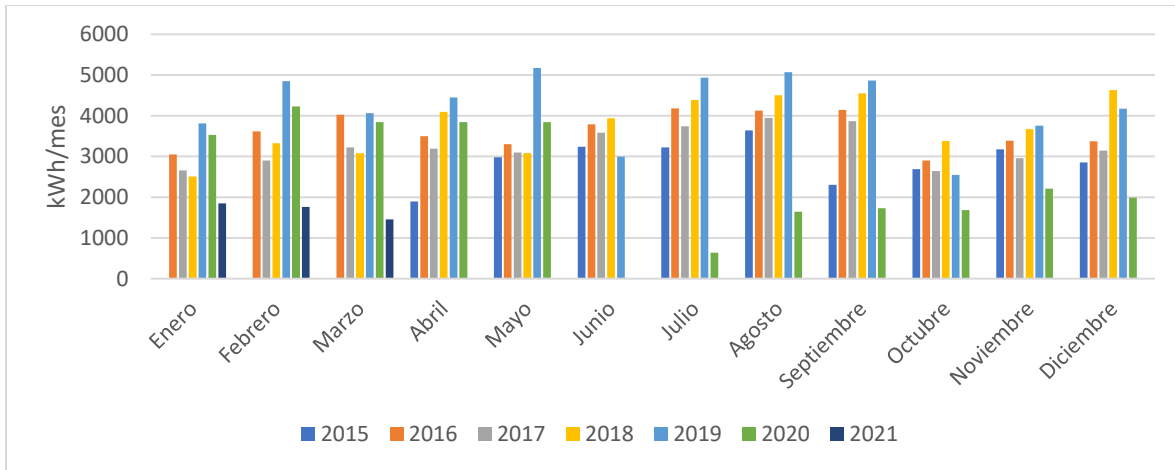


Figura 23. Desglose de consumo mensual del medidor eléctrico 33614.

Fuente: Compilado por el Autor

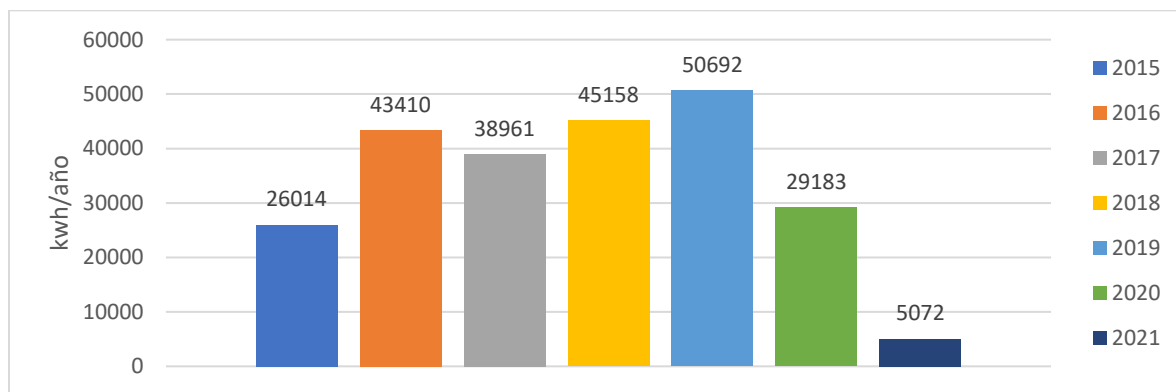


Figura 24. Consumo total anual del medidor de distribución eléctrica 33614.

Fuente: Compilado por el Autor

En la etapa dos de análisis en el primer trimestre del 2021 el consumo fue menor con 5 072 kWh con respecto al consumo del 2020 que fue de 11 599 kWh, periodo en el que todavía se desarrollaban actividades en condiciones normales, determinando que existió una reducción del 43.72%.

El medidor de distribución eléctrica 26176 ubicado en el (Bloque A13) Decanato de la FEIRNNR, en la primera etapa de análisis muestra un comportamiento más estable Figura 26, siendo 2015 el año que registra mayor consumo eléctrico con 23 623 kWh, mostrando una pequeña

reducción de consumo que marca al 2017 como el año con menos consumo eléctrico incrementándose nuevamente hasta el 2019 con valores cercanos a la tendencia inicial.

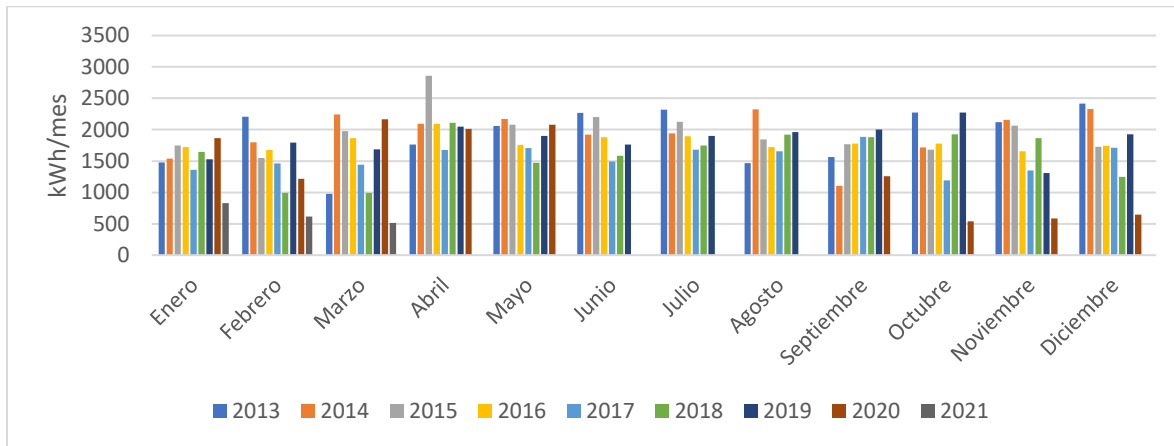


Figura 25. Desglose de consumo mensual del medidor eléctrico 26176.

Fuente: Compilado por el Autor

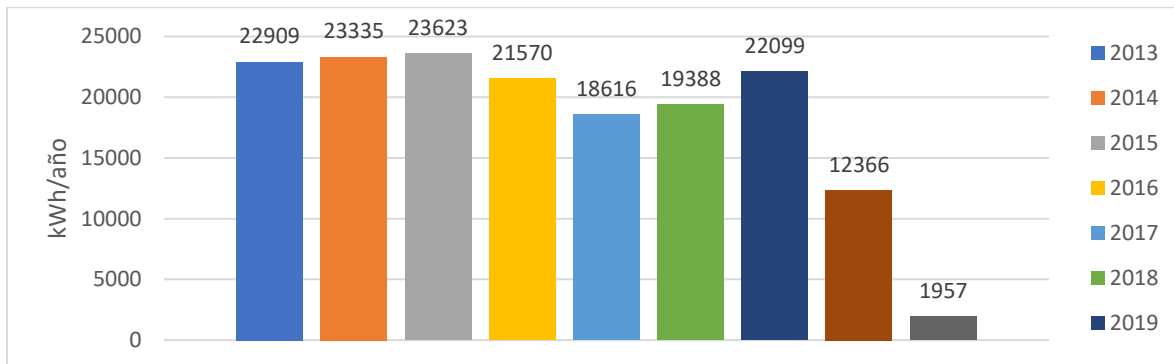


Figura 26. Consumo total anual del medidor de distribución eléctrica 26176.

Fuente: Compilado por el Autor

Para la segunda etapa correspondiente al medidor 26176, en el primer trimestre del 2020 el consumo fue de 5 2247 kWh, y para el primer trimestre del 2021 siendo el periodo de mínima actividad, el consumo se redujo a 1 957 kWh, mostrando una reducción de 62.7% con relación al 2020.

El medidor de distribución eléctrica 225180 ubicado en el edificio de Modalidad de Estudios a Distancia (MED), de acuerdo con el histórico de consumo de la ERRSSA, inicia su funcionamiento a partir de febrero del 2015, evidenciando que el 2016 fue el año que mayor consumo registró en su primera etapa de análisis, con 38 665 kWh.

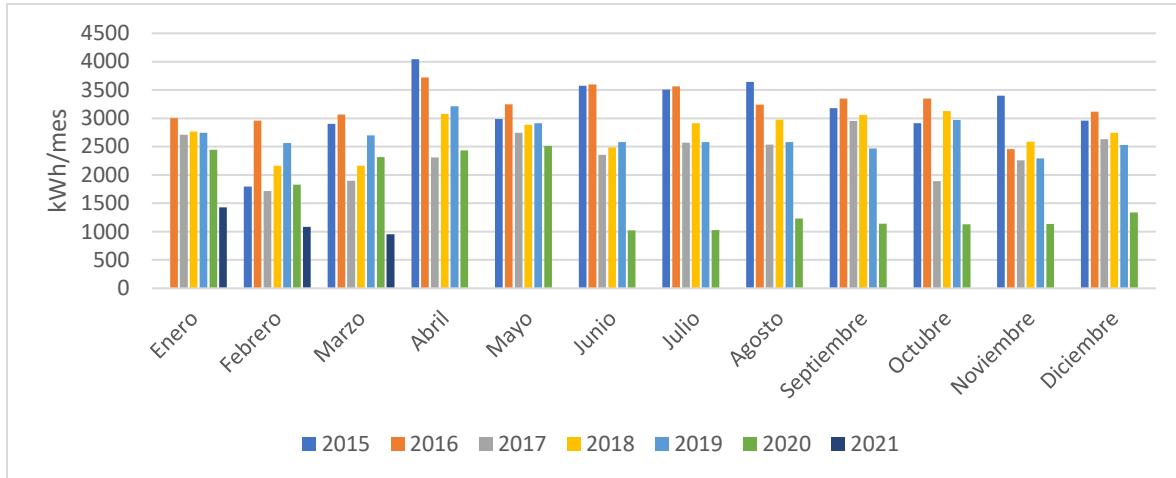


Figura 27. Desglose de consumo mensual del medidor eléctrico 225180.

Fuente: Compilado por el Autor

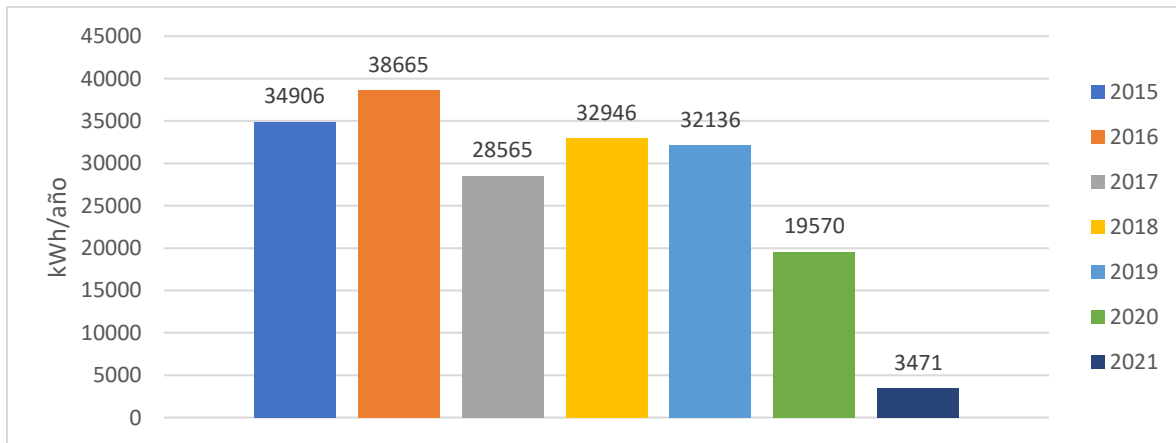


Figura 28. Consumo total anual del medidor de distribución eléctrica 225180.

Fuente: Compilado por el Autor

En el análisis de la segunda etapa del medidor de distribución eléctrica 225180, en el primer trimestre del 2020 el consumo fue de 6 589 kWh, y para el primer trimestre del 2021 el consumo se redujo a 3 471 kWh, mostrando una reducción de 74.32% con relación al 2020.

El medidor de distribución eléctrica 32529 se encuentra ubicado en el poste de distribución eléctrica 141840 propiedad de la ERRSSA, detrás del Taller de Electromecánica (Bloque A24), determinando que en su primera etapa de análisis el mayor consumo eléctrico fue en el año 2013 con 13 293 kWh, evidenciando una tendencia a la reducción del consumo.

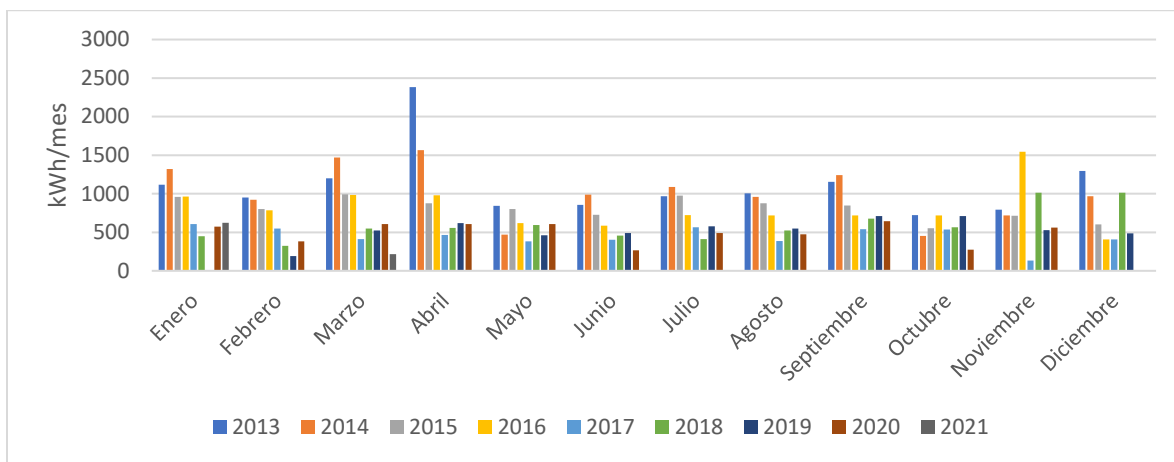


Figura 29. Desglose de consumo mensual del medidor eléctrico # 32529.

Fuente: Compilado por el Autor

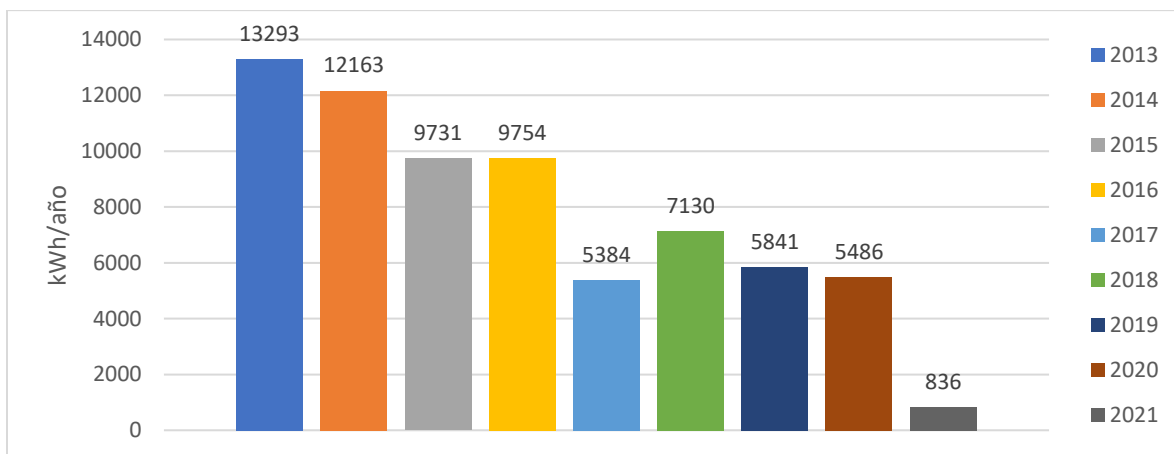


Figura 30. Consumo total anual del medidor de distribución eléctrica # 32529.

Fuente: Compilado por el Autor

Para la segunda etapa del medidor 32529, en el primer trimestre del 2020 su consumo fue de 1 564 kWh, y para el primer trimestre del 2021 fue de 836 kWh, mostrando una reducción de 46.54% con relación al mismo periodo en el 2020.

6.1.2 Condiciones de operación de la red eléctrica de la FEIRNNR

En el análisis de las condiciones de operación de la red se han identificado varios factores que afectan el desempeño de la red y son posibles puntos de falla en el uso eficiente de la energía eléctrica.

6.1.2.1 Postes de distribución eléctrica

Al analizar el estado de funcionamiento de la red eléctrica y sus respectivas acometidas como se observa en la Figura 31, el poste eléctrico 069124 ubicado detrás del cuarto de máquinas y el poste 101840 que sirve de soporte para el medidor de distribución eléctrica 32529, ubicado detrás del taller de electromecánica, se evidencia que la vegetación crece alrededor de estos, encontrándose muy cerca de las líneas de media tensión, condiciones que ponen en riesgo el funcionamiento de la red eléctrica de la FEIRNNR, por tal motivo es preciso realizar la debida intervención a los postes de distribución antes mencionados.

6.1.2.2 Pozos de revisión

En el proceso de identificación de los diferentes pozos de revisión por los que se distribuye la red eléctrica de cada uno de los diferentes bloques de la facultad, como se observa en la Figura 32, se ha identificado que en varios pozos de revisión no existe una correcta separación entre el cableado estructurado y el cableado de distribución eléctrica, además se evidencia la acumulación de sustrato en varios de los pozos identificados (Anexo 10)



Figura 31. Acometidas de distribución eléctrica. (a) Poste 069124 que sirve de bajante e ingreso de las líneas de distribución hacia el bloque A6. (b) Poste 140840 que soporta el medidor de distribución eléctrica y sirve de distribución hacia los bloques A24 y A25.

Fuente: Compilada por el autor



Figura 32. Pozo de revisión entre el Bloque los A2 (laboratorios) y A6 (Cuarto de máquinas).

Fuente: Compilada por el autor

Debido a las precipitaciones y el crecimiento de la vegetación no se ha logrado identificar todos los pozos de revisión, un ejemplo de esto es la Figura 33, en la que se observa una conexión entre la caja de paso adosada a la pared del bloque A4 y un monoducto perteneciente a un pozo de revisión sin identificar, a través de una manguera metálica con protección eléctrica.



Figura 33. Pozo de revisión sin identificar detrás del bloque A4

Fuente: Compilado por el autor

Por tal motivo es fundamental desarrollar un proceso de mantenimiento (limpieza e identificación) de los diferentes pozos de revisión que forman parte del sistema de distribución eléctrico de la facultad.

6.1.2.3 Empalmes eléctricos

En el proceso de identificación de los puntos que sirven de ingreso para la red eléctrica a los diferentes bloques de la FEIRNNR se ha establecido ciertos puntos de falla, como se observa en la Figura 34, en la cual el empalme eléctrico no posee aislamiento eléctrico, y como se evidencia en el Anexo 10, en varios pozos de revisión, los empalmes no siguen las normas para sistemas soterrados, debido a que dichos aislamiento se han realizado utilizando cinta aislante eléctrica,

debiendo utilizar en su lugar elementos aislantes y de protección contra el ingreso de humedad, por las condiciones a las que está expuesto el sistema eléctrico, ya que la cinta aislante eléctrica en un sistema soterrado por las condiciones de humedad y acumulación de sustrato pierde de manera progresiva sus características aislantes, generando posibles condiciones para fugas de energía o incluso cortocircuitos en la red.



Figura 34. *Empalme eléctrico identificado detrás del bloque A7, sin aislamiento eléctrico.*

Fuente: Compilado por el autor

Motivo por el cual es preciso mejorar el aislamiento de los diferentes empalmes que permiten la distribución de energía a los diferentes bloques de la FEIRNNR, para reducir puntos de falla que generen fugas de energía, cortocircuitos o incluso riesgos de electrocución para las personas que circulan cerca de estas zonas.

6.1.2.4 Medidores de distribución Eléctrica

En el proceso de identificación de los medidores de distribución eléctrica que se detallan en el Anexo 2, se ha identificado ciertos parámetros que pueden causar problemas en el funcionamiento de la red eléctrica y la posible incorporación de *smart-grid* al sistema, como se

muestra en la Figura 35, en la que se evidencia señales de un corto circuito en el cableado del medidor eléctrico ubicado en el bloque A13, además de identificar que dicho medidor es el único analógico en la FEIRNNR.



Figura 35. *Cableado del medidor de distribución ubicado en los exteriores de bloque A13 (Decanato).*

Fuente: Compilado por el autor

Por tal motivo se recomienda realizar el proceso de cambio del medidor 26176 con la empresa eléctrica por un nuevo modelo (digital), que permita un mejor seguimiento de los consumos mensuales y la incorporación de redes inteligentes para el control y gestión energética, además del reemplazo del cableado correspondiente a dicho medidor.

6.1.3 Sistemas de puesta a tierra

Se ha identificado que el bloque A2 (Laboratorios) si posee un sistema de protección eléctrica el cual se encuentra ubicado en el bloque A6 (Cuarto de máquinas), debido a la ubicación de la puesta a tierra como se muestra en el Anexo 5 no se ha desarrollado una medición de la resistividad.

En la identificación de las puestas a tierra de los diferentes bloques Anexo 6, se ha establecido que las diferentes tierras instaladas son específicas debido a la necesidad de brindar protección a laboratorios u oficinas, que funcionaron en cierto momento en los diferentes bloques, de los cuales actualmente varias se encuentran inactivas, por estas condiciones las mediciones se han desarrollado a las tierras identificadas en los bloques A9 (Anexo 7) y A24 (Anexo 8) como se indica en la Tabla 12.

Tabla 12

Medidas de resistividad para los bloques A9 y A24 a través del método wenner.

Bloque	Distancias entre las picas		
	1m	2m	4m
A9	34.4 Ω	51.1 Ω	61.8 Ω
A24	32.6 Ω	41.3 Ω	60.6 Ω

Fuente: Compilado por el Autor

Es importante resaltar que en el método wenner para medir la resistividad, las mediciones de deben realizar en dos direcciones, pero debido a las ubicaciones en las que se encuentran las tierras de los bloques A9 y A24 solo se realizaron en una dirección.

De acuerdo con la Norma IEEE STD 81-1983 (IEEE, 1983), que establece que los valores de resistencia de puesta a tierra para electrodos individuales es de 25 Ohmios y de un rango de 1 a 5 Ohmios para edificios e instalaciones de gran tamaño, adicionalmente de acuerdo a la NEC 11, en su capítulo 15 (NEC-11, 2013), que trata de instalaciones electromecánicas en Ecuador, la resistencia de la puesta a tierra máxima es de 20 Ohmios y para el neutro de acometida de baja tensión su valor máximo de resistencia de puesta a tierra debe ser de 10 Ohmios.

En este contexto se establece que, de las puestas a tierra examinadas, el bloque A9 no presenta valores demasiado alejados a las Normas recomendando realizar un mantenimiento para mejorar su resistividad y aproximarlos a los parámetros establecidos, y de la puesta a tierra del bloque A24, es necesario realizar una nueva instalación de esta, porque en dicho bloque se utiliza equipamiento sensible que requiere una mejor protección a las descargas.

De la identificación de las diferentes puestas a tierra de los distintos bloques de la FEIRNNR, se establece que se debe realizar un proceso para la implementación de sistemas de puesta a tierra para los diferentes bloques, excluyendo el bloque A2 que, si cuenta con este sistema de protección a las descargas eléctricas y el bloque A9 en el que se desempeña la cafetería por lo que solo se requiere mantenimiento.

6.1.4 Elementos consumidores de energía eléctrica

En el desarrollo del inventario de elementos eléctricos se evidencia que los laboratorios son las áreas con mayor concentración de elementos de consumo eléctrico, debido principalmente a los diversos equipamientos usados en las diferentes actividades académicas, además es evidente de acuerdo a los datos presentados en el Anexo 13, que las luminarias representan un alto porcentaje de consumo en la facultad.

En el Anexo 12 se detalla los elementos identificados en cada uno de los diferentes bloques de la FEIRNNR, en la Figura 36 se puede observar que los bloques A2, A4 y A10 poseen la mayor concentración de elementos eléctricos.

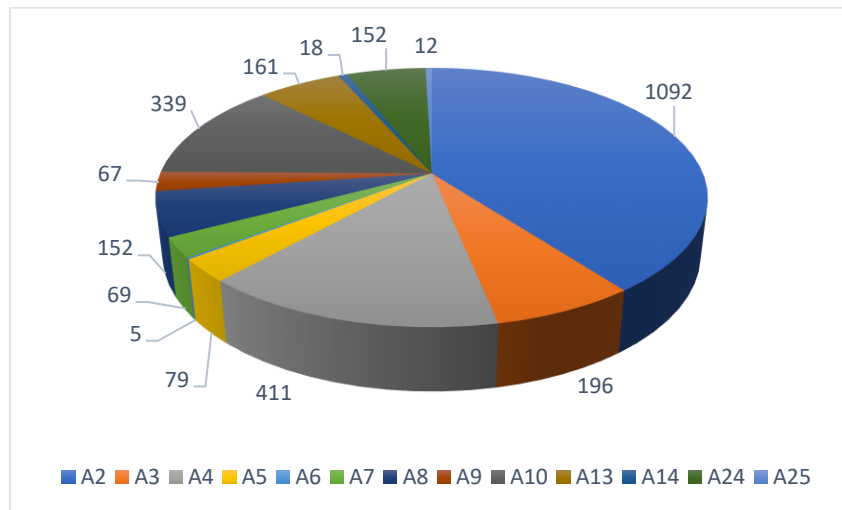


Figura 36. Cantidad de elementos consumidores de energía eléctrica identificados por Bloque.

Fuente: Compilada por el autor

6.1.5 Sistema de iluminación

Debido a que en los diferentes bloques de la facultad la iluminación en su mayor parte es de tipo fluorescente Anexo 12, se identificó los diferentes tipos de lámparas clasificándolas en función del número de tubos que estas disponen como se observa en la Tabla 13.

Tabla 13

Lámparas fluorescentes identificadas de acuerdo al número de tubos en su estructura.

Lámparas Fluorescentes		
Nº de Tubos	Potencia	
	32 W	40W
2	14	305
3	282	52
4	71	--

Fuente: Compilada por el Autor.

Este análisis permite establecer cuantas de las lámparas están completamente funcionales, cuales presentan fallos e identificar aquellas que no funcionan, siendo estos elementos fundamentales para el desarrollo académico, como se observa en la Figura 37 y la Figura 38, evidenciando que existen múltiples lámparas en las cuales en su estructura presentan uno o más tubos no funcionales, estas características reducen la cantidad de iluminación en los ambientes en los que se encuentran dichas lámparas, que podrían causar molestia o incluso no prestar las condiciones necesarias para el desarrollo de las actividades académicas

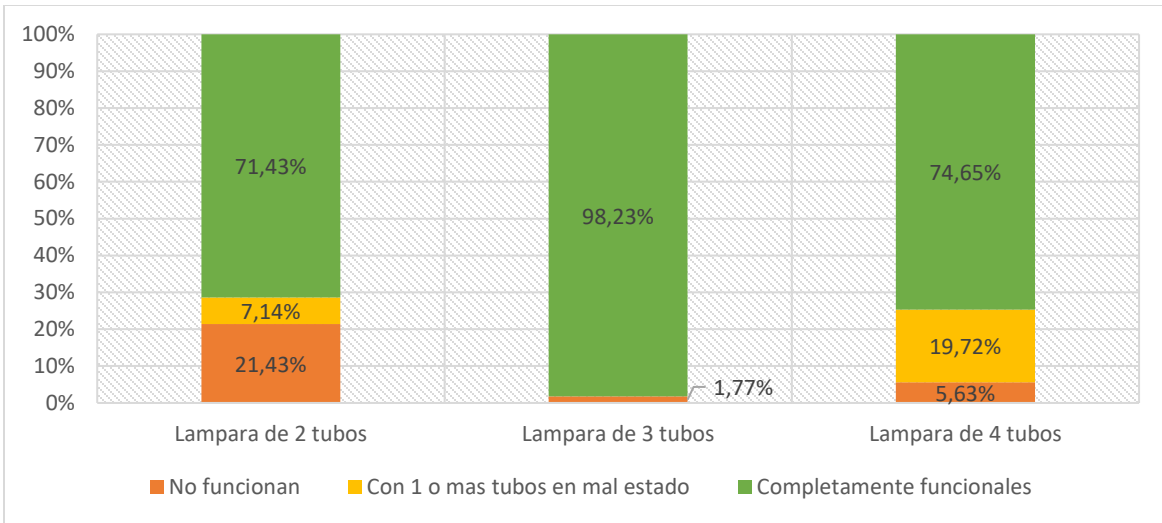


Figura 37. Análisis de funcionamiento y estructural de lámparas con tubos de 32W, en los bloques de la FEIRNNR.

Fuente: Compilada por el Autor

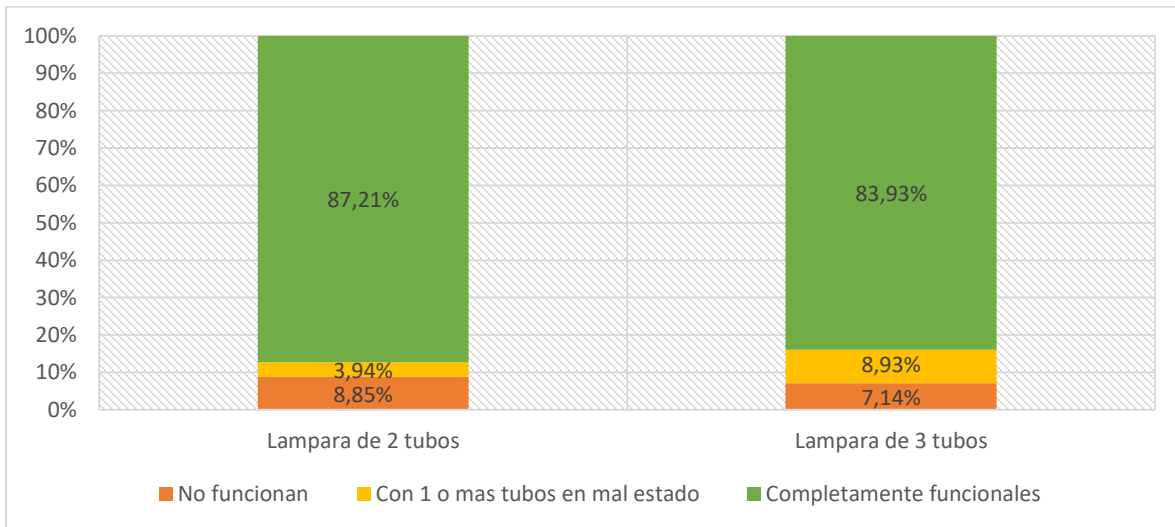


Figura 38: Análisis de funcionamiento y estructural de lámparas con tubos de 40W, en los bloques de la FEIRNNR.

Fuente: Compilada por el Autor

6.2 Plan de acción para la reducción de consumo eléctrico

La gestión de la energía no se debe analizar desde un punto de vista, en el que se eliminen procesos, con el objetivo de reducir costos de operación, se debe ver como la inversión necesaria para generar una mejor producción y que a su vez genera beneficios económicos reflejados en la reducción de consumos, al disminuir la energía total gastada en desarrollar el mismo proceso antes de incorporar políticas de gestión energética, permitiendo recuperar la inversión inicial.

La gestión energética comprende un proceso de monitoreo, registro, análisis y proceso de mejora continua sobre los elementos consumidores de energía (equipo eléctrico), área de análisis (delimitada por el alcance de la auditoría), procesos productivos y personal (administradores de los diferentes ambientes), para reducir consumos y gastos energéticos.

Para llegar a un nivel de eficiencia energética óptimo, se puede implementar dos estrategias:

- Desarrollo de buenas prácticas de consumo, mantenimiento de equipos y su correcta operación.
- Implementación de equipos y tecnologías con sistemas de eficiencia.

6.2.1 Desarrollo de buenas prácticas de consumo, mantenimiento de equipos y su correcta operación.

La optimización de los consumos de energía eléctrica se puede desarrollar en su mayor parte adoptando políticas de gestión energética, que permiten a los usuarios mejorar el uso de la energía, establecer políticas para reemplazar equipos defectuosos o que ya cumplieron su vida útil, y desarrollar guías para el uso efectivo de los diferentes equipos.

6.2.1.1 Mantenimiento de la red eléctrica.

El mantenimiento de los diferentes puntos de fallo, identificados en la presente investigación permiten la corrección del funcionamiento de la red eléctrica de la facultad, con el objetivo de minimizar costes por reparaciones o reemplazo de equipos, acciones que permiten generar seguridad a los usuarios de las instalaciones (Aulas de clase, laboratorios, oficinas, etc.),

este mantenimiento debe ser periódico y permanente, y enfocado a las actividades académicas, y para su desarrollo se establece 3 lineamientos base.

- **Mantenimiento Preventivo**

De acuerdo a los datos recolectados en la presente investigación, analizando los parámetros de funcionamiento y los puntos de fallo identificados con la finalidad de evitar graves consecuencias en la red eléctrica. Las acciones de mantenimiento se deben enfocar en:

- Localizar e identificar los diferentes pozos de revisión que forman parte de sistema eléctrico.
- Desarrollar procesos de mantenimiento a los pozos de revisión (limpieza de sustrato acumulado por el paso del tiempo, además de separación del cableado de distribución eléctrica y el cableado estructurado)
- Reemplazar las tapas de los pozos de revisión cuyas estructuras comprometan la integridad del sistema eléctrico soterrado y de los usuarios de las instalaciones de la facultad.
- Limpieza de la vegetación circundante a los postes de distribución eléctrica.
- Mantenimiento de áreas verdes para permitir un fácil acceso a los elementos que conforman la red eléctrica.
- Instalación de sistemas de protección eléctrica a los diferentes bloques.

Estas acciones permiten disminuir la aparición de nuevos puntos de fallo en la red eléctrica de la facultad.

- **Mantenimiento Correctivo**

El mantenimiento correctivo se centra en reparar, este proceso debe ser acompañado por un mantenimiento planificado para evitar, nuevos puntos de fallo en función de los ya identificados (funcionamiento deficiente y elementos deteriorados)

Dichas acciones no se orientan a cambiar las funciones de operación de la red eléctrica, se centran en corregir defectos técnicos, entendiendo como defectos las condiciones específicas de los componentes de la red eléctrica cuyo funcionamiento difiere de sus especificaciones técnicas

Las acciones de mantenimiento correctivo para la facultad deben centrarse en:

- Corregir y reemplazar las conexiones eléctricas, que distribuyen energía a los diferentes bloques de la facultad.
- Reemplazo del cableado que presenta fallas en su estructura física.
- Reemplazo del aislamiento de los empalmes eléctricos debido a que su ubicación y el paso del tiempo ha comprometido sus estructuras.
- Reemplazar los equipos de iluminación defectuoso en los diferentes ambientes de la facultad.

- **Mantenimiento Predictivo**

Se centrará en conocer el funcionamiento de la red a partir del estudio realizado, evaluando su desarrollo, considerando posibles fallos antes de que estos generen graves consecuencias, tomando en cuenta que este tipo de mantenimiento no debe afectar al funcionamiento de las actividades académicas durante su ejecución.

Las acciones identificadas para este proceso son:

- Periódicas revisiones a pozos de revisión con la finalidad de evitar nueva acumulación de sustrato
- Realizar cambios en los elementos que han superado su vida útil determinada en sus especificaciones técnicas.
- Verificar el estado de funcionamiento de los diferentes equipos usados en las actividades académicas, que puedan generar daños a la red eléctrica debido su mal uso o fallas de operación en sus componentes.

6.2.1.2 Ahorro energético en equipos de iluminación.

Las opciones de iluminación son muy variadas dependiendo de las actividades que se desarrollan en los diferentes ambientes y de las condiciones de iluminación necesarias para que dichas actividades se desarrollen de forma eficiente. La tecnología LED, permite dirigir el flujo luminoso directamente en dirección al plano de trabajo, evitando pérdidas generadas en luminarias convencionales.

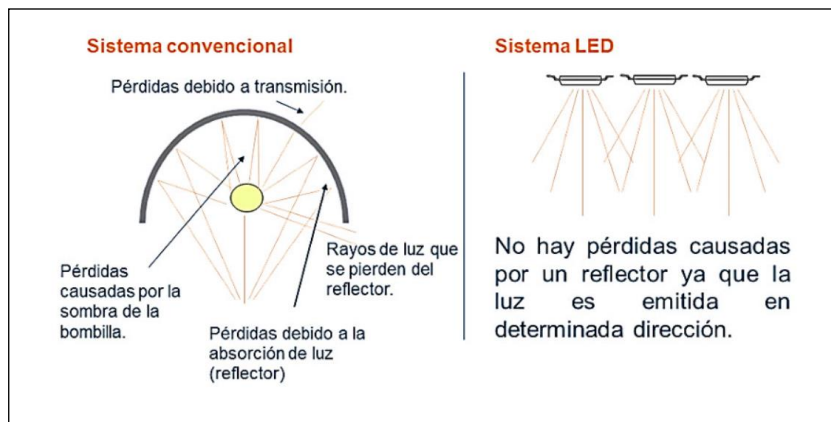


Figura 39. Flujo luminoso comparativo entre lámparas convencionales y sistemas de iluminación LED.

Fuente: (ILUMINICA, 2020)

- **Sustitución de lámparas por tecnología led**

Debido a que la iluminación en varios ambientes de la facultad se desarrolla mediante el uso de lámparas, entre las cuales se ha identificado lámparas fluorescentes, de luz halógena o incandescentes, de donde las lámparas halógenas presentan un comportamiento deficiente al existir rayos de luz que se pierden en el reflector de la lámpara, y aunque como ventaja su vida útil es mayor con respecto a lámparas incandescentes, estas características son superadas por la tecnología LED.

Por esta razón se propone la sustitución de dichas lámparas halógenas por lámparas con tecnología LED. Presentando como mayor ventaja que la migración a esta tecnología no requiere la sustitución de la estructura de la luminaria, ni el uso de balastro para su funcionamiento.



Figura 40. *Tipos de elementos de Iluminación con tecnología LED.*

Fuente: compilada por el autor basada en (LEDVANCE, 2021)

- **Reemplazo de iluminación por fluorescencia lineal con tecnología LED**

Del análisis de elementos consumidores de energía, presentes en la Facultad se determinó que la mayor parte de los diferentes bloques se iluminan por medio de lámparas de fluorescencia lineal. Este tipo de iluminación en varios ambientes de la facultad debido al paso del tiempo presentan deficiencia en su funcionamiento.

Razón por la cual, el lugar de reemplazarlos usando la misma tecnología se recomienda la sustitución de los tubos actuales de tipo T5 y T8, por Tubos LED.

Siendo importante recalcar que dicha sustitución no es directa, para llevarla a cabo es necesaria la adaptación de la luminaria, eliminando el equipo de arranque (balastro), condiciones que generan ahorro energético extra.



Figura 41. *Tubo LED, de bajo consumo de energía.*

Fuente: (LEDVANCE, 2021)

6.2.2 Implementación de equipos y tecnologías con sistemas de eficiencia, desarrollado mediante remodelaciones a los sistemas existentes.

De los resultados obtenidos, del análisis de las condiciones actuales de la red eléctrica de la facultad, se ha determinado que es necesario desarrollar procesos de remodelaciones en ciertos aspectos de la red eléctrica, que permitan la incorporación de Sistemas de gestión de la energía (SGE), y posibles incorporaciones de fuentes de generación de energía alternativa.

El sistema que se propone para implementar la gestión de la energía, se basa en la implementación de equipos que ayuden al control de la red eléctrica, para lo que es necesario previamente desarrollar un mantenimiento correctivo reemplazando elementos que ya cumplieron su vida útil o que permiten incorporar nuevas características a la red, siendo los elementos que requieren mayor celeridad en su remplazo e incorporación al sistema los medidores de energía eléctrica y disyuntores diferenciales.

6.2.2.1 Cambio de medidores

Se ha identificado que en la facultad existen medidores de distribución eléctrica ELSTER de las Serie A3R, como se muestra en la Figura 42, que permite mediciones de electricidad Avanzada, que puede reportar lecturas de medición, estatus, alarmas y condiciones de error, a través de la red local de radiofrecuencia, que puede ser incorporada con una tarjeta opcional de red LAN que incluye comunicación bidireccional en la banda de 900 MHz, las medidas realizadas se pueden enviar de forma inmediata al Sistema de Automatización de Medición (MAS) o pueden ser almacenadas.



Figura 42. *Medidor de distribución eléctrica ELTER serie A3R.*

Fuente: (Energía & Redes, 2021)

Por las características señaladas se recomienda que el medidor de distribución 26176 ubicado en las instalaciones del decanato, sea reemplazado por el modelo ELTER serie A3R (Anexo 15), que servirá de apoyo en la incorporación de redes inteligentes, además de presentar características que influyen en la incorporación de autoconsumo, estableciendo bases para el desarrollo de nuevos proyectos centrados en la gestión de la energía.

6.2.2.2 Incorporación de Disyuntores Diferenciales

En la identificación de los diferentes medidores de distribución eléctrica de la facultad se observa que dichos elementos poseen únicamente una protección Magnetotérmica la misma que es provista e instalada por la ERRSSA, al momento de instalar el servicio de distribución eléctrica como se observa en la Figura 43.



Figura 43. *Proteccion Magneto-Termica del medidor de distribucion Nro. 26176*

Fuente: Compilada por el Autor

Por lo que es recomendable implementar protecciones adicionales como el Disyuntor diferencial como se observa en la Figura 44, el cual permite cortar el suministro eléctrico ante una corriente de fuga, al comparar la corriente que entro por la fase y la que salió por el neutro, brindando protección a posibles accidentes del personal que utiliza y da mantenimiento a la red eléctrica.



Figura 44. *Disyuntor Diferencial Monofásico*

Fuente: (Schneider Electric, 2022)

Si bien varios de los bloques de la facultad cuentan en su estructura mayormente con aulas, en las que existen pocos elementos consumidores de corriente, lo que reduce el riesgo de corrientes de fuga, también hay que resaltar que hay bloques que poseen ambientes con varios elementos consumidores de energía, que por su uso o algún defecto de fabricación elevan la posibilidad de causar una corriente de fuga que podría poner en riesgo a los ocupantes de dichos ambientes.

6.3 Estrategias para la administración de energía eléctrica

Los desafíos generados en el camino hacia un uso eficiente de la energía deben ser afrontados conjuntamente entre el área administrativa, personal docente, los estudiantes y el personal responsable del sistema eléctrico de la facultad, permitiendo que los recursos energéticos generen confort a los usuarios de las instalaciones de la facultad en el desarrollo de sus actividades, siendo el área de iluminación y el uso de equipo especializado (Equipamiento de laboratorios, talleres u oficinas), los puntos de interés para generar ahorro energético.

Pautas primordiales para generar ahorro energético en función de las actividades académicas:

- Operar los equipos de oficina, laboratorios y talleres siguiendo las planificaciones académicas aprobadas.
- Apagar los equipos cuando las actividades en los diferentes ambientes hayan finalizado.
- Verificar que los equipos y sistemas de iluminación sean correctamente desactivados cuando las actividades diarias finalicen.
- Identificar las áreas que deban permanecer activas para un correcto funcionamiento de las actividades de la facultad.
- Identificar y corregir todos los reportes de equipos que presenten problemas de funcionamiento.
- Implementar controles automáticos de iluminación en las áreas que no requieran iluminación continua.
- Limpiar los equipos de iluminación periódicamente, en las áreas con mayor exposición a factores que deterioren su funcionamiento por acumulación de polvo, grasas, humedad u otros factores que comprometan la superficie de los equipos.

Pautas para generar ahorro energético en función de la estructura eléctrica de la FEIRNNR:

- Revisión constante de los pozos de revisión en busca de deterioro del cableado de distribución eléctrico.
- Limpieza periódica de las zonas identificadas como puntos de acceso de la red eléctrica pública hacia la FIERNNR.
- Reemplazo de los tomacorrientes identificados como defectuosos para evitar cortocircuitos y fallas a la red eléctrica.
- Evitar la sobrecarga de equipo especializados en áreas diferentes a laboratorios, que no cuentan con las protecciones necesarias para soportar sobrecargas por tiempos prolongados.
- Delegar en periodos rotativos al personal encargado del mantenimiento de la red eléctrica de la FEIRNNR, para revisiones preventivas.
- Establecer canales de comunicación para aumentar la celeridad de los reportes de fallos identificados, tanto por el personal que administra la red como por docentes, estudiantes y personal administrativo.

7. Discusión

Al analizar los datos obtenidos en el desarrollo de la auditoría energética eléctrica de la Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, se constata que el sistema de distribución eléctrica presenta múltiples puntos de fallo de carácter técnico, principalmente en el sistema de puesta a tierra, debido a ello se requiere implementar un sistema que brinde la protección requerida a los diferentes bloques de la facultad.

Para una correcta incorporación de sistemas de control orientados a la eficiencia energética de los diferentes ambientes de la facultad, es conveniente realizar cambios a los dispositivos analógicos presentes en la red eléctrica por elementos (digitales) que permitan realizar gestión.

7.1 Distribución y control del consumo eléctrico.

Por las condiciones expuestas en el análisis de la situación actual de la red eléctrica, no se ha logrado determinar con precisión cuantos, y cuáles de los bloques pertenecientes a la FEIRNNR, son abastecidos por cada uno de los medidores identificados, a diferencia del medidor 33614 que es específico del bloque A2 (Laboratorios).

Razón por la cual es necesario llevar a cabo un trabajo de Identificación y registro de los bloques que son abastecidos por cada medidor, proceso que se debe realizar luego de la identificación y limpieza de todos los pozos de revisión que forman parte de la red eléctrica con el objetivo de obtener información precisa.

Para desarrollar un control de los consumos es fundamental el reemplazo del medidor de distribución eléctrica 26176 ubicado en el bloque A13(Decanato), que por ser analógico limita la incorporación de sistemas de control.

7.2 Consumo del sistema de iluminación

Como se muestra en el Anexo 14, un tubo LED de 20W corresponde en equivalencia a una lámpara fluorescente 2x32W, usando estos datos y proyectando las condiciones más desfavorables,

se establece una comparativa de consumos entre las tecnologías de lámparas fluorescente y LED (Tabla 14)

Una ventaja adicional que presentan los tubos LED es su mayor tiempo de vida presentando una duración de hasta 30 000 horas con respecto a su homologado fluorescente que pueden tener una vida útil de hasta 20 000 horas, este aumento de la vida útil genera un ahorro económico, al tener que reemplazarlos con menos frecuencia.

Considerando que las actividades académicas se desarrollan de lunes a viernes en doble jornada de trabajo de seis horas y estableciendo el peor escenario posible, en el que la iluminación se use las 12 horas de actividad académica de forma continua por un promedio de 22 días de actividad al mes, al año las horas de trabajo del sistema eléctrico son de 3 168 horas, con estos datos la estimación de consumo anual es:

- Para un tubo de Led de 20 Watts al año el consumo es de 63,36 kWh
- Para un tubo fluorescente de 32 Watts al año el consumo es de 114,048 kWh

En la Figura 45 se evidencia la reducción en consumo producida al migrar a la tecnología LED, de donde con un precio referencial de \$ 0.1 se establece el costo por concepto de consumo eléctrico en el sistema de iluminación de la facultad en la Tabla 15.

Tabla 14

Comparativa de consumo entre lámparas fluorescentes y lámparas LED.

Tipo de Lámpara	Nº de Tubos por lámpara			Consumo Total kWh/año
	2 kWh/año	3 kWh/año	4 kWh/año	
Fluorescente	72 762.62	114 276.10	28 283.90	215 322.62
Led	20 211.84	42 324.48	8 997.12	71 533.44

Fuente: Compilada por el Autor

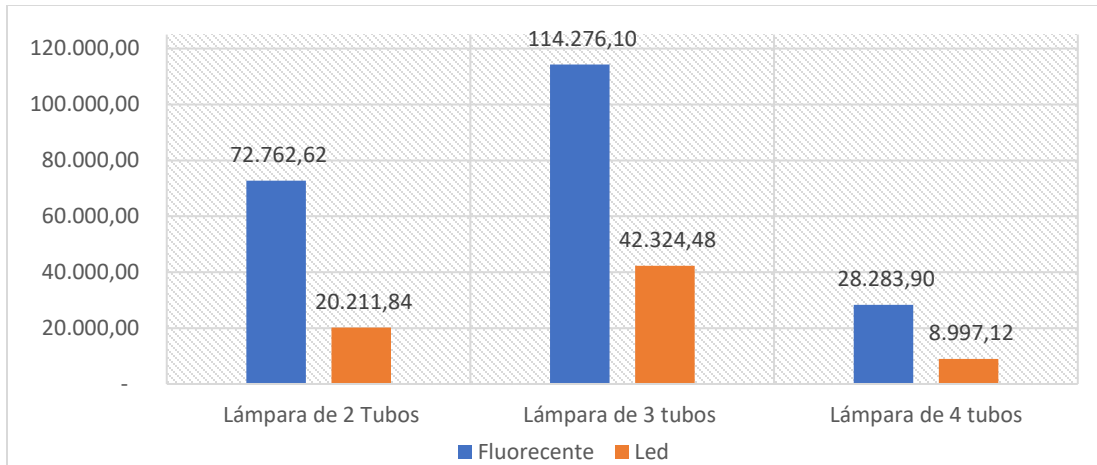


Figura 45: Comparativa de consumo del sistema de iluminación actual frente al reemplazo por tecnología LED.

Fuente: Compilado por el Autor

Tabla 15

Comparativa de costos de le energía por kWh/año entre Lámpara Fluorescentes y Lámparas LED

Tipo de Lámpara	Nro. de Tubos por Lámpara			Valor Total
	2	3	4	
Fluorescente	\$ 7 276.26	\$ 11 427.61	\$ 2 828.39	\$ 21 532.26
Led	\$ 2 021.18	\$ 4 232.45	\$ 899.71	\$ 7 153.34

Fuente: Compilada por el Autor

En la Tabla 15 se determina que la reducción de costo por concepto de consumo de energía al reemplazar los tubos fluorescentes por tubos LED es de hasta un 66.78 %.

Es importante recalcar que el análisis de costo por concepto de iluminación al reemplazar los tubos analógicos por tubos LED se desarrolla con la premisa, que un tubo LED de 20 W proporciona luminosidad equivalente a dos tubos fluorescentes de 32W, datos extraídos de las fichas técnicas detalladas en el Anexo 14.

Debido a que un tubo LED puede reemplazar por equivalencia lumínica a 2 tubos fluorescentes de 32W, la cantidad necesaria de tubos LED es de 1 434, debido a que sus equivalencias son:

- Una lampara fluorescente de dos tubos de 32W equivale a un tubo LED de 20 W

- Una lampara fluorescente de tres tubos de 32W equivale a dos tubos LED de 20 W
- Una lampara fluorescente de cuatro tubos de 32W equivale a dos tubos LED de 20 W
- Una lampara fluorescente de dos tubos de 40W equivale a dos tubos LED de 20 W
- Una lampara fluorescente de tres tubos de 40W equivale a dos tubos LED de 20 W

Y con un precio referencial de \$ 7 el costo de cambio de los tubos fluorescentes por tubos LED es de \$ 10 038,00 que adicionados al costo por concepto de consumo de energía eléctrica de \$ 7 153,34 (Tabla 15). El costo por el cambio y uso de tecnología LED en el primer año es de \$ 17 191,34. Valor inferior al consumo anual por concepto de uso de energía eléctrica con luminarias fluorescentes por lo que es rentable el cambio de tecnología.

Es importante mencionar que los tubos LED no requieren la utilización de balastos lo que contribuya a facilitar el cambio de tecnología de iluminación.

7.3 Sistema eléctrico soterrado y aislamiento de sus conexiones.

Como el sistema eléctrico de la facultad es un sistema soterrado es importante establecer pautas para el correcto funcionamiento de la red eléctrica, además de determinar políticas para garantizar la integridad del sistema y facilidad en su gestión.

7.3.1 Mantenimiento de áreas verdes

A través del análisis de campo, del sistema eléctrico se determinó que la acumulación de sustrato, el crecimiento de la vegetación y el clima cambiante de la ciudad de Loja han contribuido a que varios pozos de revisión no puedan ser identificados, por lo que su estado es desconocido, en la Figura 46 se observa un pozo de revisión identificado luego de un trabajo de limpieza desarrollado por la facultad.



Figura 46. *Pozo de revisión del sistema eléctrico identificado en la parte posterior del Bloque 8.*

Fuente: Compilada por el autor.

Por esta razón es necesario incorporar los trabajos de limpieza, de las áreas verdes que se encuentra en la parte posterior de los edificios de la facultad, a las políticas de mantenimiento con mayor frecuencia, estableciendo mayor importancia en:

- Los periodos previos al inicio de actividades académicas.
- El inicio de las temporadas de invierno.
- El desarrollo de trabajos de mantenimiento o ampliaciones de sistema soterrado.

Estos trabajos permitirían desarrollar un trabajo de forma más sencilla, que evite posibles complicaciones o comprometa la infraestructura existente.

7.3.2 Empalmes eléctricos

En el análisis de las condiciones de operación de la red eléctrica de la facultad, uno de los principales puntos de falla determinados son los empalmes eléctricos, debido a que el sistema eléctrico es soterrado, por lo que su estructura no es la óptima para soportar las condiciones de humedad, acumulación de sustrato y al paso del tiempo.

En la Figura 47 se detalla una opción de protección para empalmes eléctricos soterrados la cual cuenta con características aislantes con una protección de gel que mantiene la integridad de los empalmes.



Figura 47. *Protección para empalmes eléctricos con barrera aislante en gel.*

Fuente: (ELEKTRON, 2021)

Una opción adicional para la corrección de los empalmes eléctricos se muestra en la Figura 48, en la que se usa una protección termo retráctil para brindar aislamiento a las conexiones eléctricas.



Figura 48. *Protección para empalmes eléctricos termo retráctil.*

Fuente: (Electricaplicada, 2021)

Dichas opciones son viables por su relativamente sencilla forma de aplicación en diversas condiciones de trabajo, aunque existen una gran variedad de opciones en el mercado dependiendo del sitio en el que se implementarán, pero considerando el tamaño y la ubicación de los pozos de revisión, las mejores opciones son las protecciones basadas en gel para las áreas en las que se evidencia posibles crecimientos en infraestructura, por sus características que facilitan futuras intervenciones en la red eléctrica de forma sencilla, y las protecciones termo retractiles en las zonas que presentan poco espacio para su aplicación y mantenimiento, un claro ejemplo son las conexiones ubicadas en la parte posterior del bloque 10, en las que los pozos de revisión son pequeños, lo que limita el tamaño de los elementos que podemos incorporar en estos.

7.4 Propuesta de Red Eléctrica inteligente

En el desarrollo del presente trabajo de investigación, se determinó que existen parámetros que afectan al consumo de la energía eléctrica, generando pérdidas de electricidad, por tal motivo la incorporación de un sistema de gestión para la red eléctrica, permite mantener un control del sistema, generando una *smart-grid* que logre optimizar el consumo eléctrico a través de posibles incorporaciones de suministros de energía de fuentes autosustentables.

En la Figura 49 se observa un esquema simplificado del sistema de distribución inteligente, entre el sistema de distribución eléctrico que proporciona la EERSSA y el sistema eléctrico de la facultad, este sistema debe ser capaz de gestionar el consumo energético de la facultad de forma automática, garantizando un flujo constante de energía eléctrica y permitiendo la incorporación de fuentes alternativas de energía.



Figura 49. Esquema simplificado de smart-grid propuesto para la FEIRNNR.

Fuente: compilada por el autor.

En este contexto las posibles fuentes de energía que se pueden incorporar a la red eléctrica de la facultad son fotovoltaica, eólica e incluso energía generada a través de biomasa, debido a la cercanía de las instalaciones de la carrera de agropecuaria de las cuales se puede obtener la biomasa necesaria para una posible incorporación de un sistema de generación de energía.

Para que en el sistema eléctrico de la facultad sea posible la incorporación de un sistema de distribución inteligente es necesaria la incorporación de varios elementos que posibiliten la gestión de la red como se observa en la Figura 50, en la que el sistema de control se compone de una interfaz de comunicación, elementos actuadores y dispositivos que permitan la visualización de los datos y la manipulación de la red eléctrica de la facultad de acuerdo a las necesidades establecidas por los entes encargados de su control y mantenimiento. Este modelo de red también permite proporcionar la información de consumo a las autoridades rectoras de la Universidad compartiendo la información a través de la red de Internet. Facilitando un monitoreo de la red y permitiendo identificar picos de consumo para establecer políticas de gestión e incluso determinar posibles fallas en la red para corregirlas de forma temprana evitando altos consumos de energía.

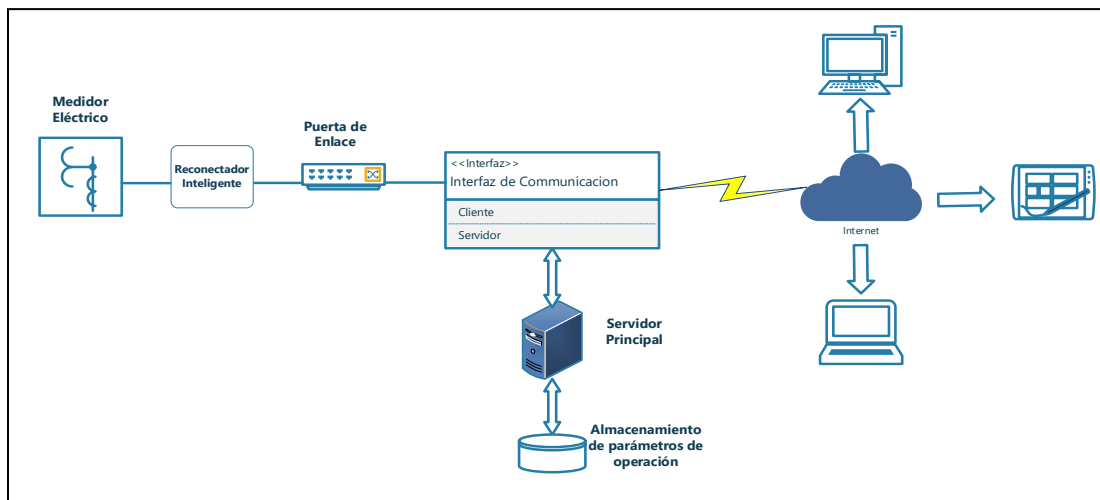


Figura 50. Esquema de red propuesta para la gestión de la red eléctrica de la facultad de la energía.

Fuente: Compilada por el autor

Los parámetros de operación que deben ser atendidos para dar solución a los problemas identificados a lo largo de la presente investigación son.

- Control continuo de las lecturas reales de los diferentes medidores de distribución eléctrica de la Facultad.
- Errores en las tomas de lecturas de consumo eléctrico, debido a que este proceso se desarrolla de manera presencial por parte del personal de la ERRSSA.
- Respaldo detallado del histórico de los consumos, debido a que la información disponible en la ERRSSA es mensual lo que no permite un análisis detallado para efectos de gestión energética por parte de la facultad.
- Respaldo para la red eléctrica de la facultad por posibles cortes eléctricos debido a posibles fallas en la red eléctrica de la ERRSSA, gracias a la incorporación de fuentes alternativas de generación de energía.

El modelo antes mencionado permite el desarrollo de futuros trabajos de investigación en las diferentes facultades de la Universidad, en las que por su ubicación o las actividades que se desarrollen en dichas facultades, pueda incorporarse alguna de las diferentes fuentes de energía alternativa antes planteadas.

8. Conclusiones

Después de haber realizado el análisis de los resultados de la auditoría energética eléctrica de la Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables se concluye lo siguiente:

- Al analizar el costo de implementación más el costo anual del uso de la tecnología de iluminación LED, el costo total del primer año asciende a \$ 17 191,34 siendo menor al costo anual del uso de luminarias fluorescentes de \$ 21 532,26 lo que permitiría una rápida recuperación de los recursos.
- La reducción del costo anual por concepto de consumo de energía eléctrica al reemplazar las lámparas fluorescentes por tecnología LED, luego de su implementación es del 66%, que equivale a \$ 14 378,92.
- También se determinó que los consumos de energía en el periodo de mínima actividad muestran índices elevados, concluyendo que existen fugas de energía en los diferentes bloques de la Facultad, que pueden reducirse mediante la incorporación de sistemas de control energético.
- En varios ambientes de la Facultad la iluminación es deficiente, debido a luminarias que por el paso del tiempo ya no presentan las condiciones necesarias para un uso continuo como lo es el ambiente académico.
- Del inventario de elementos se puede observar que la mayoría de las aulas no cuentan con un número adecuado de tomacorrientes, causando que los usuarios de estos ambientes recurran a extensiones para energizar sus equipos.
- El bloque A2 cuenta con un sistema de puesta a tierra que garantiza el funcionamiento de sus instalaciones, debido principalmente a que este es un bloque nuevo y todo se encuentra centralizado en el bloque A6.

- Los bloques A9 y A24, poseen puestas a tierra, pero estas no cumplen con las especificaciones técnicas debido a que sus valores de resistividad son muy elevados al valor máximo establecido en la “NEC 11”.
- Para el desarrollo de posibles incorporaciones tanto de sistemas de gestión energético y sistemas de generación de energía alternativa es necesario reemplazar el medidor de distribución eléctrica ubicado en el bloque A13

9. Recomendaciones

- Se deben realizar los mantenimientos periódicos de acuerdo al plan de acción para reducción de consumos eléctricos desarrollado en el presente trabajo investigativo, para identificar posibles puntos de falla en la red y corregirlos de forma rápida y eficiente.
- Así mismo, se recomienda desarrollar un proceso de migración en los elementos de iluminación convencional por tecnología LED.
- Se debe desarrollar los procesos necesarios con la EERSSA para el cambio del medidor de distribución eléctrico identificado en el Bloque A13 (Decanato) por un nuevo modelo (digital).
- Así mismo se recomienda desarrollar un proceso de mantenimiento e identificación de los pozos de revisión que sirven de soporte para la red eléctrica.
- Es necesario un proceso de instalación de tomacorrientes adicionales para las aulas, debido a que los usuarios de estas, recurren al uso de extensiones, lo que limita un análisis preciso de las cargas y consumos de potencia en varios bloques de la FEIRNNR
- Es importante que la Universidad incorpore en su catálogo bibliográfico las normas ISO destinadas a la gestión energética, herramientas que servirán en la capacitación de investigadores, docentes, alumnos y personal a cargo del mantenimiento del sistema de distribución eléctrico de la Universidad.

10. Bibliografía

- Aguilar, J. P., & Cuenca, J. F. (2009). *USO EFICIENTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS BLOQUES CÉNTRICOS DE LA CIUDADELA UNIVERSITARIA UNL*. Universidad Nacional de Loja.
- Aguilera, C. A. (2014). *ANÁLISIS DE AUDITORÍA ENERGÉTICA PARA OPTIMIZAR RECURSOS EN LA FÁBRICA MORETRAN C.A*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.
- Aguirre, J. Z. (2018). *Análisis De La Matriz Energética Ecuatoriana Y Plan De Desarrollo Energético Sostenible Para La Ciudad De Machala*. 1–80. <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/106306>
- AITELONG. (2015). *SAT-10C Probador de Tierra Digital*. <http://www.aitelong.com/es/sat-c-digital-earth-tester-27.html>
- Alvarez, A., & Molano, A. (2020). *USO DE LA DOMÓTICA Y LAS TIC EN EL CONTROL Y AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS HOGARES COLOMBIANOS*. Universidad EAN.
- Anchundia, D. E., & Balda, R. V. (2019). *Diseño de metodología para indicadores de desempeño energético para evaluación costos de producción*.
- ARC. (2020a). *Agencia de Control y Regulación de Energía y Recursos Naturales no Renovables*. El Decreto Ejecutivo Nro. 1036 de 6 de Mayo de 2020. <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/regulacion-y-control/>
- ARC. (2020b). *AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES - Balance Nacional de Energía Eléctrica*.
- Asamblea Nacional. (2008). *CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR*. In *Registro Oficial: Vol. Reformado* (Issue 20). www.lexis.com.ec
- Berenguer Ungaro, M. R., Deás Yero, D., Conde García, R. E., Hernández Rodríguez, N. R., & Arias Gilart, R. (2018). *Aplicaciones industriales Gestión de la calidad de la energía eléctrica*. *CITMA Revista de Ingeniería Energética*, 39(2), 62–68.
- Cárdenas, F., & Marcillo, D. (2012). *AUDITORIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA DEL CAMPUS SUR DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO*. UNIVERSIDAD

POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO.

- Carretero Peña, A., & García Sánchez, J. M. (2012). *Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora*. www.aenor.es
- Casado Lorenza, V. (2019). *Auditoría Energética del Instituto de Oftalmobiología Aplicada de la Universidad de Valladolid*. (IOBA). UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA.
- Castrillón, R. del P., & Gonzáles, A. J. (2018). *METODOLOGÍA PARA LA PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA A PARTIR DE LA NORMA ISO 50001* (Primera Ed).
- Chacon Santana, P. (2019). *Sistemas Smart Grid - er-Commerce*. En *Energia&redes*. <https://energiayredes.com/sistemas-smart-grid/>
- Chávez, P. (2017). *Construcción de escenarios urbano-energéticos a partir de la implementación de estrategias de eficiencia energética y energías renovables en el sector residencial*.
- Chumacero, C. J., & Paredes, H. A. (2019). “Evaluación mediante auditoría energética del sistema eléctrico en el campus de la Universidad Nacional de Jaén.” UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN.
- Churio Silvera, O., Vanegas Chamorro, M., & Valencia Ochoa, G. (2018). Estudio y diagnóstico de la calidad de la energía de un campus universitario en la costa norte de Colombia. *AVANCES: Investigación En Ingeniería*, 15(1), 271–285. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.4739>
- Cruz, P. G., & Pardo, H. B. (2012). *Implementación de la norma de gestión energética ISO/FDIS 50001 en el Campus San Cayetano de la UTPL*. UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA ESCUELA.
- Dehays, J., & Schuschny, A. (2019). Pobreza energética en américa latina y el caribe. Una propuesta de indicadores que midan el acceso a la energía con enfoque de desigualdad social y de género. *OLADE*, 008, 80.
- EERSSA. (2020). *Empresa Eléctrica Regional del Sur*. <https://www.eerssa.gob.ec>
- Electricaplicada. (2021). *Elementos que se deben utilizar para empalmes entre cables electricos*. <https://www.electricaplicada.com/empalmes-entre-cables/>
- Electrotec. (2021). *El Teluometro Su Función y Características*. <https://electrotec.pe/blog/teluometro>
- ELEKTRON. (2021). *Redes de distribución subterranas – Elektron*. <https://elektron.com.ec/suministros-electricos/redes-subterranas/>

- Energía & Redes. (2021). *MEDIDOR MARCA ELSTER A3 FORMA 16S ETHERNET KL2R*.
<https://energiayredes.com/producto/medidor-marca-elster-a3-forma-16s-ethernet-kl2r/>
- Energía y Sociedad. (2021). Eficiencia energética y electrificación en el sector industrial. *Boletín # 196*, 5. www.energiaysociedad.es
- Fernández, F. J. (2017). *ESTUDIO Y AUDITORÍA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO DE SERVICIOS GENERALES Y BIBLIOTECA DEL CAMPUS CIENTÍFICO TECNOLÓGICO DE LINARES* (Issue 20). UNIVERSIDAD DE JAÉN.
- FINAL TEST. (2021). *Instrumentos*. Instrumentos de Prueba y Medición.
<https://www.finaltest.com.mx/product-p/art-8.htm>
- Gaitan, B. R., & Zeledón, L. A. (2017). “Auditoria energética en las instalaciones eléctricas del taller escuela, Instituto Forestal e Industrial Latinoamericano (INFIL), correspondiente al periodo 2017”. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA.
- García Paiva, G. G. (2021). Auditoria Energética Eléctrica en el Campamento Palo Verde - Olmos.
 In *Universidad César Vallejo*.
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- GETMORE. (2021). *Wireless Motion Sensor Cabinet Lights 10LED USB Rechargeable LED Light Bar for Wardrobe Drawer Stairs Stick On Anywhere*. <https://www.getmore.com.my/10-led-rechargeable-motion-wall-cabinet-light>
- Gómez Godínez, D. A. (2018). *Universidad De San Carlos De Guatemala Facultad De Ingeniería*.
<http://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/wp-content/subidas/6ARTÍCULO-III-INDESA-SIE.pdf>
- Gómez, V., Hernández, C., & Rivas, E. (2018). Visión General, Características y Funcionalidades de la Red Eléctrica Inteligente (Smart Grid). *Información Tecnológica*, 29(2), 89–102.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000200089>
- Gonzalez, N., Cusguen, C., Mojica-Nava, E., & Pavas, A. (2017). Estrategias de control de calidad de energía en microrredes rurales. *Revista UIS Ingenierías*, 16(2), 93–104.
<https://doi.org/10.18273/revuin.v16n2-2017009>
- González, O., Pavas, A., & Sánchez, A. (2017). Cuantificación del ahorro de energía eléctrica en clientes residenciales mediante acciones de gestión de demanda Quantification of electrical energy savings in residential customers through demand management strategies. *UIS*

Ingenierías, 16(2), 217–225.

- Haro Haro, J. D., & Tandalla Tandalla, D. A. (2018). ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA EN EL ALIMENTADOR N.º 1 DE LA SUBESTACIÓN PUJILÍ A NIVEL DE 13,8 kV PERTENECIENTE A ELEPCO S.A PARA CUANTIFICAR LAS PÉRDIDAS TÉCNICAS Y PROPONER MEJORAS EN EL SISTEMA, EN EL AÑO 2017. In *Universidad Técnica De Cotopaxi Facultad* (Vol. 1). <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>
- Ibáñez Herrera, C. (2018). *Sistema de autocontrol energético a nivel de usuario jhf*.
- Ibujés Zambonino, A. S., & Rueda Flores, W. P. (2017). *DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI*. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>
- IEEE. (1983). *81-1983 - IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System Part 1 : Normal Measurements*. IEEE Xplore; IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/document/30647>
- ILUMINICA. (2020). *¿Por qué una luminaria LED es superior a una convencional? - Iluminica*. <http://iluminica.com/por-que-una-luminaria-led-es-superior-a-una-convencional/>
- INEC. (2020). *Proyecciones Poblacionales*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>
- ISO. (2014). *ISO-50002 Energy Audits - Requirements with guidance for use* (p. 34).
- ISO. (2018). *ISO-50001 Energy management systems - Requirements with guidance for use*.
- LEDVANCE. (2021). *Lámparas LED OSRAM – Argentina*. <https://www.ledvance.lat/productos/conocimiento-del-producto/led-especial/lamparas-led-osram---argentina/index.jsp>
- Márquez, J., & Rodríguez, G. (2020). *Análisis de seguridad del protocolo DLMS/COSEM en el contexto de Smart Grids*.
- Méndez Cruz, O., & Montalvo Rufasto, L. (2019). ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO DE UNA INSTALACIÓN INDUSTRIAL UTILIZANDO LA NORMA ISO 50001. In *Rueda Montoya, Rudsvi. 2018. "Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo."* 1–250.
- MIW Energía. (2020). *El Sistema Eléctrico dividido en cuatro actividades*. 18 Octubre. <https://www.miwenergia.com/sistema-electrico-espana-2/>
- Montes de Oca, S. (2017). *Estudio de la gestión de la demanda bajo el paradigma de smart grid*.

Universidad de la República Facultad de Ingeniería.

- Moralejo, R., Tobar, S., Mercado, G., Taffernaberry, C., Storni, A., Ledda, M., Alvarez, L., Benito, A., Verdejo, A., & Altamiranda, N. (2020). *Smart Micro Grid de Campus Universitario*. 169–173.
- Moreno, L. E., Escobar, R. L., & Castillo, E. H. (2018). *Auditoría energética de la Facultad de Tecnología de la Construcción de la Universidad Nacional de Ingeniería para el periodo del segundo semestre del año 2017*.
- NEC-11. (2013). *Norma Ecuatoriana de Construcción by Cieepi Ecuador - Issuu*. https://issuu.com/cieepi.ecuador/docs/nec2011-cap15_instalaciones_electro/6
- Nevárez-Toledo, M. R. (2020). Redes Inteligentes y Energías Renovables. *Polo Del Conocimiento*, 5(8), 1253–1263. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i8.1657>
- Olivares, J. C., Reyes, E., Gutiérrez, J. A., Molina, I., & Cerda, J. (2020). UNA REVISIÓN A LA CIBER SEGURIDAD EN REDES Resumen. *Pistas Educativas*, 41(135), 197–198.
- Ontaneda, S. M. (2018). *Auditoría Energética del Edificio de Sistemas de la Escuela Politécnica Nacional*. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.
- Ortiz, C. (2017). *ESTRATEGIAS DE AHORRO DE ENERGÍA ELECTRICA APLICABLES A LA INDUSTRIA HOTELERA MEXICANA [INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE]*. <https://rei.iteso.mx/handle/11117/5393>
- Pachacama Paredes, R. F. (2020). RESPUESTA DE LA DEMANDA SOBRE TARIFAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE ASIGNACIÓN ÓPTIMA DE RECURSOS EN MICRORREDES INTELIGENTES CONECTADAS A LA RED ELÉCTRICA. *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO*, 1, 32.
- Peralta, C. E., Gutierrez, C. S., & Chavarria, L. Y. (2017). “Auditoria energetica en el supermercado la Colonia, del municipio de Esteli, con énfasis en autogeneración de energía en el II semestre año 2016.” <https://core.ac.uk/download/pdf/94853788.pdf>
- Poczatek, B. S. (2019). *Flujo de cargas en sistemas de energía eléctrica ALUM*.
- Poma Aliaga, L. F. (2017). *Diseño de un sistema inteligente de ahorro de energía eléctrica*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU.
- Quinatoa Lema, A., Quispe Toapanta, V., & Lalaleo Achachi, D. (2020). CONTROL AUTOMÁTICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN RESIDENCIAL Y COMERCIAL CON FUNCIONAMIENTO POR PERFILES DE DEMANDA. *Investigación Tecnológica*,

2, 11.

- Real-Calvo, R., Moreno-Munoz, A., Pallares-Lopez, V., Gonzalez-Redondo, M. J., Moreno-Garcia, I. M., & Palacios-Garcia, E. J. (2017). Sistema Electrónico Inteligente para el Control de la Interconexión entre Equipamiento de Generación Distribuida y la Red Eléctrica. *Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial*, 14(1), 56–69. <https://doi.org/10.1016/j.riai.2016.11.002>
- Revelo Ger, J. A. (2017). *IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE ENTRENAMIENTO DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SMART GRID*.
- Rodríguez Gámez, M., Vázquez Pérez, A., Velez Quiroz, A. M., & Saltos Arauz, W. M. (2018). Mejora de la calidad de la energía con sistemas fotovoltaicos en las zonas rurales. *Revista Científica CIDC*, 3(33), 265–274. <https://doi.org/10.14483/23448350.13104>
- Rodríguez Navia, E. (2015). *Evaluación del desempeño energético de la cervecería “Antonio Díaz Santana” relativo a los requisitos de la NC ISO 50001*.
- Rojas Aravena, M. R. (2019). *ELABORACIÓN DE PERFILES DE DEMANDA A NIVEL DISTRIBUCIÓN PARA EFECTOS DE CONSIDERACIÓN EN PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LARGO PLAZO*.
- Schneider Electric. (2022). *Productos de distribución eléctrica de baja tensión | Schneider Electric Global*. <https://www.se.com/ww/en/work/products/low-voltage-products-and-systems/>
- Soria, F. L. (2019). *SISTEMAS DE AHORRO ENERGÉTICO, APLICADOS A LA FORMA SOSTENIBLE PARA EL DISEÑO DE UN CENTRO ASISTENCIAL PARA MUJERES MALTRATADAS EN LA CIUDAD DE TRUJILLO*. UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE.
- Unieléctrica. (2014). *Agentes del mercado eléctrico*. <https://www.unielectrica.com/agentes-del-mercado/>
- UNL. (2019). *CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Ciudad Universitaria “Guillermo Falconí Espinosa.”* <https://unl.edu.ec/sites/default/files/archivo/2019-10/Campus UNL Ciudad Universitaria GFE.pdf>
- Vega, A., Campoverde, C., Rodríguez, L., & Morillo, K. (2020). *Levantamiento elementos energéticos - Auditoria Energética*.
- Vega Escobar, A. M. (2018). *Gestión de la Energía Eléctrica Domiciliaria con base en la Gestión Activa de la Demanda*.

Zambrano Pinto, A. A. (2017). *Evaluación del impacto de la cargabilidad dinámica de líneas aéreas en indicadores de confiabilidad del sistema eléctrico de potencia* .

Zarate Abril, M. de los A., & Rojas Ruiz, J. E. (2018). *DISEÑO DEL PROGRAMA PARA EL CONTROL DEL RIESGO ELÉCTRICO DE LA EMPRESA AM ELECTRICISTAS S.A.*
AUTORES:

Zuluaga Cajiao, A. (2019). *Predicción de demanda eléctrica a corto plazo para la operación de microrredes aisladas*.

11.Anexos

Anexo 1: Áreas bajo la administración de la Facultad de la Energía las industrias y los Recursos Naturales no Renovables



Figura A. 1: Bloque #13 que establece el ingreso y delimita los bloques pertenecientes a la FEIRNNR. Fuente: Compilada por el Autor



Figura A. 2: Bloque #24 sirve de ingreso a los talleres de la FEIRNNR. Ubicado en área de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Fuente: Compilada por el Autor

Anexo 2: Medidores de distribución eléctrica de la FEIRNNR



Figura A. 3: Medidor de distribución eléctrica 33614. Ubicado en el Cuarto de Máquinas de la FEIRNNR. **Fuente:** Compilada por el autor.



Figura A. 4: Medidor de distribución eléctrica 26176. Ubicado en el Decanato de la FEIRNNR. **Fuente:** Compilada por el autor.



Figura A. 5: Medidor de distribución eléctrica 225180. Ubicado en el Edificio de Modalidad de Estudio a Distancia (MED). **Fuente:** Compilada por el autor.



Figura A. 6: Medidor de distribución eléctrica 32529. Ubicado en la parte posterior del Taller de Electromecánica. **Fuente:** Compilada por el autor.

Anexo 3: Tabla de históricos de consumos de energía eléctrica para los medidores de la FEIRNNR

Mes	Nro. de Medidor	Código CUEN	Consumo kWh/Mes	Costo Total
Enero	26176	1800369710	1475	83,29
Febrero	26176	1800369710	2208	128,53
Marzo	26176	1800369710	975	52,41
Abril	26176	1800369710	1763	99,4
Mayo	26176	1800369710	2058	119,27
Junio	26176	1800369710	2269	132,31
Julio	26176	1800369710	2320	135,45
Agosto	26176	1800369710	1467	82,78
Septiembre	26176	1800369710	1564	88,77
Octubre	26176	1800369710	2274	132,61
Noviembre	26176	1800369710	2119	123,05
Diciembre	26176	1800369710	2417	141,44
Enero	32529	1800100305	1118	81,48
Febrero	32529	1800100305	952	124,29
Marzo	32529	1800100305	1199	143,23
Abril	32529	1800100305	2384	139,4
Mayo	32529	1800100305	841	99,25
Junio	32529	1800100305	857	101,82
Julio	32529	1800100305	967	110,34
Agosto	32529	1800100305	1006	112,04
Septiembre	32529	1800100305	1155	148,71
Octubre	32529	1800100305	724	93,85
Noviembre	32529	1800100305	793	96,01
Diciembre	32529	1800100305	1297	133,81

Nota: La información completa se detalla en el documento: [Planillas de Consumo](#)

Anexo 4: Perfiles de consumo de los medidores de distribución eléctrica de la FEIRNNR, generados a través de los históricos de consumo de la EERSSA.

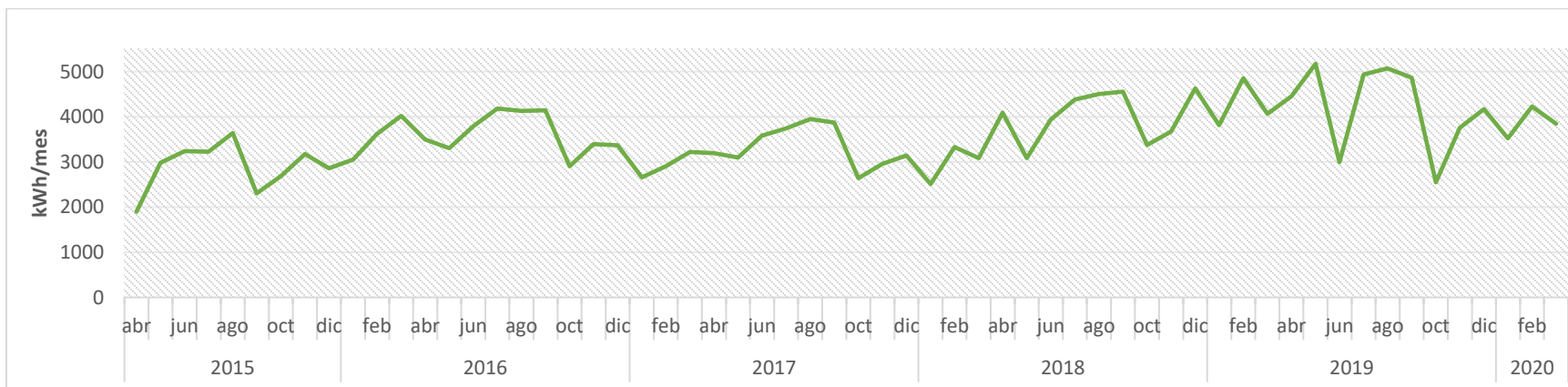


Figura A. 7: Perfil de consumo eléctrico del medidor de distribución 33614 correspondiente a la primera etapa de análisis en condiciones normales de operación de 2015 al 2019. **Fuente:** Compilada por el autor basada en el histórico de consumo (EERSSA, 2020)

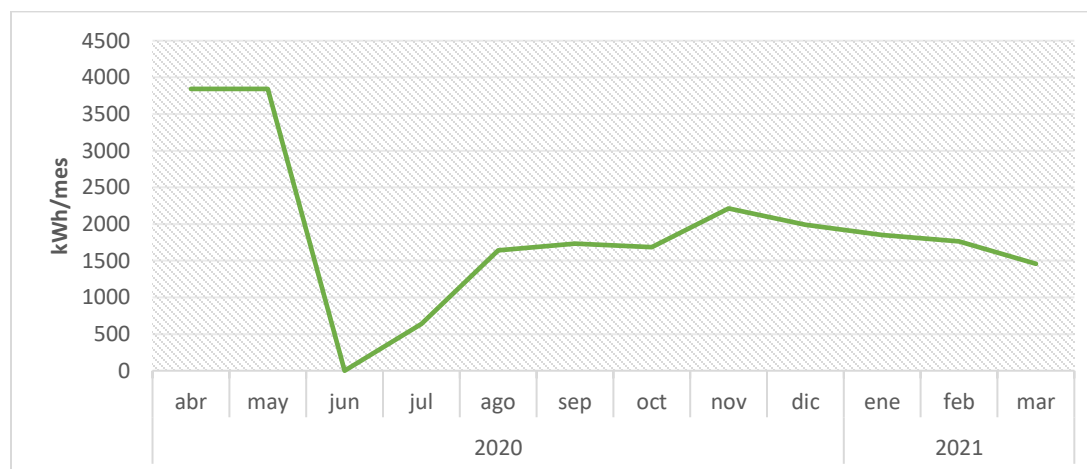


Figura A. 8: Perfil de consumo eléctrico del medidor de distribución 33614 correspondiente a la segunda etapa de análisis en condiciones mínimas de operación de 2020 a marzo del 2021. **Fuente:** Compilada por el autor basada en el histórico de consumo (EERSSA, 2020)

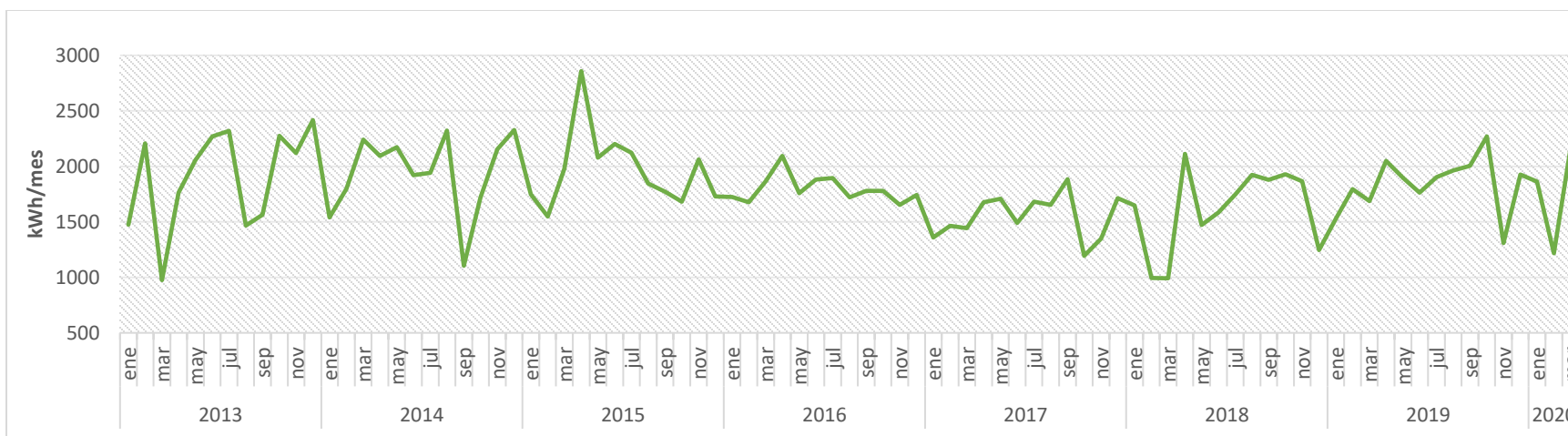


Figura A. 9: Perfil de consumo eléctrico del medidor de distribución 26176 correspondiente a la primera etapa de análisis en condiciones normales de operación de 2013 al 2019. **Fuente:** Compilada por el autor basada en el histórico de consumo (EERSSA, 2020)

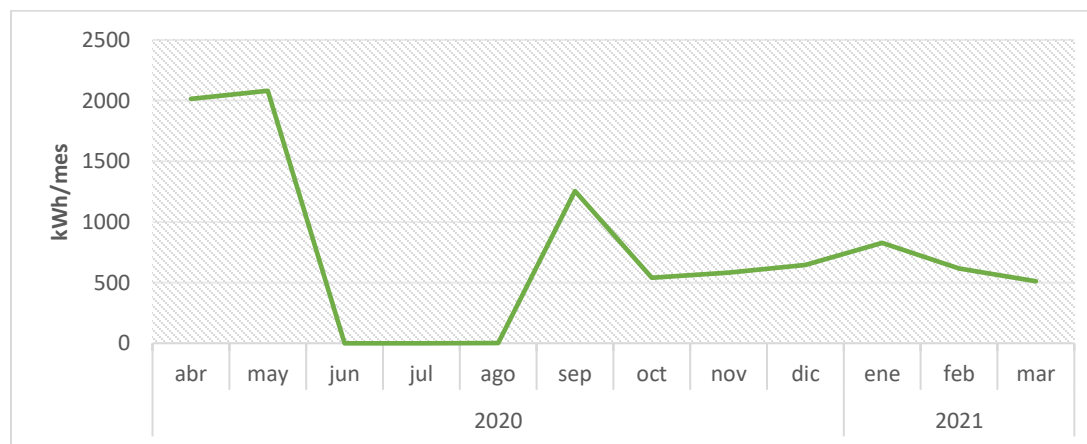


Figura A. 10: Perfil de consumo eléctrico del medidor de distribución 26176 correspondiente a la segunda etapa de análisis en condiciones mínimas de operación de 2020 a marzo del 2021. **Fuente:** Compilada por el autor basada en el histórico de consumo (EERSSA, 2020)

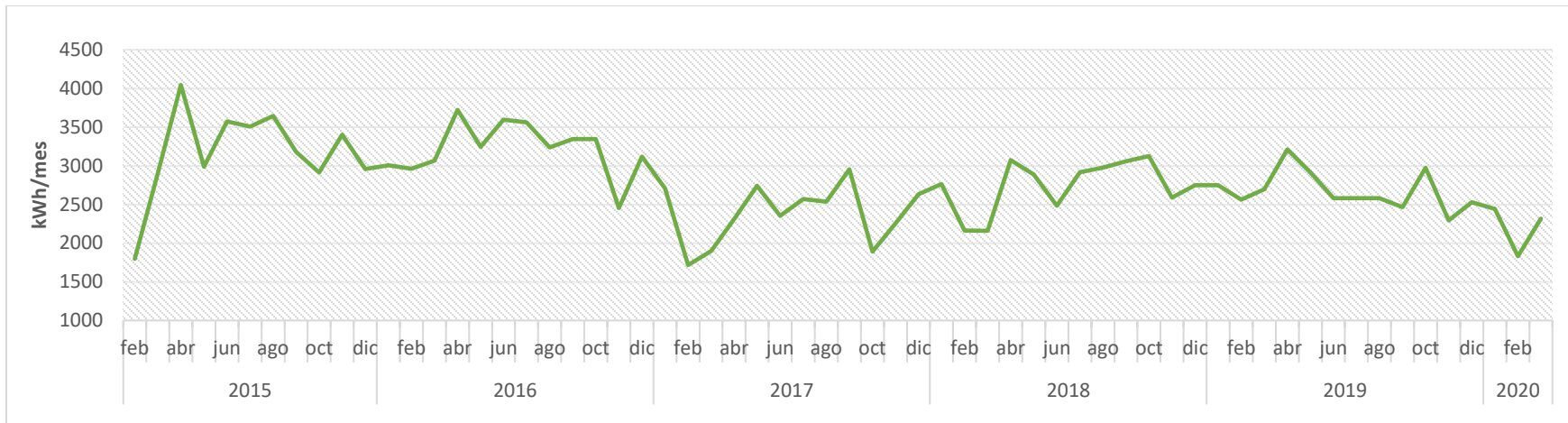


Figura A. 11: Perfil de consumo eléctrico del medidor de distribución 225180 correspondiente a la primera etapa de análisis en condiciones normales de operación de 2013 al 2019. **Fuente:** Compilada por el autor basada en el histórico de consumo (EERSSA, 2020)

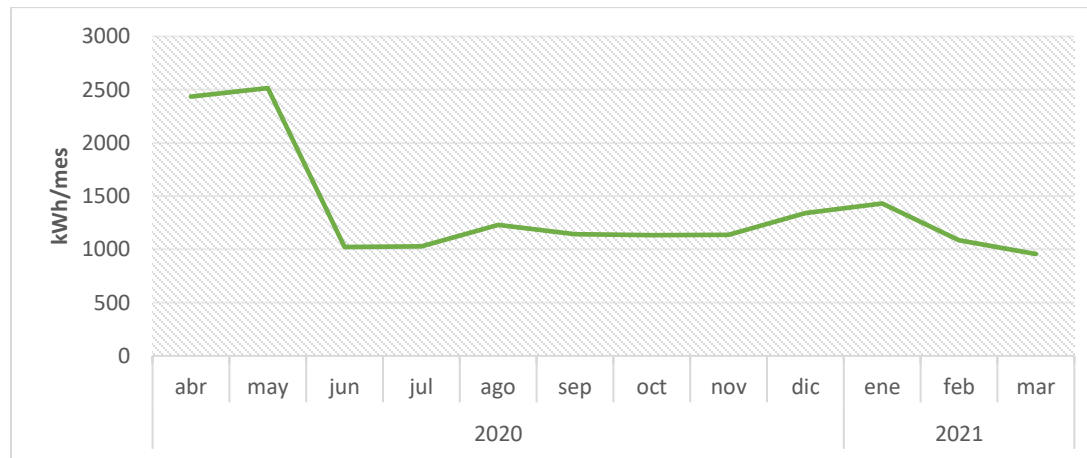


Figura A. 12: Perfil de consumo eléctrico del medidor de distribución 225180 correspondiente a la segunda etapa de análisis en condiciones mínimas de operación de 2020 a marzo del 2021. **Fuente:** Compilada por el autor basada en el histórico de consumo (EERSSA, 2020)

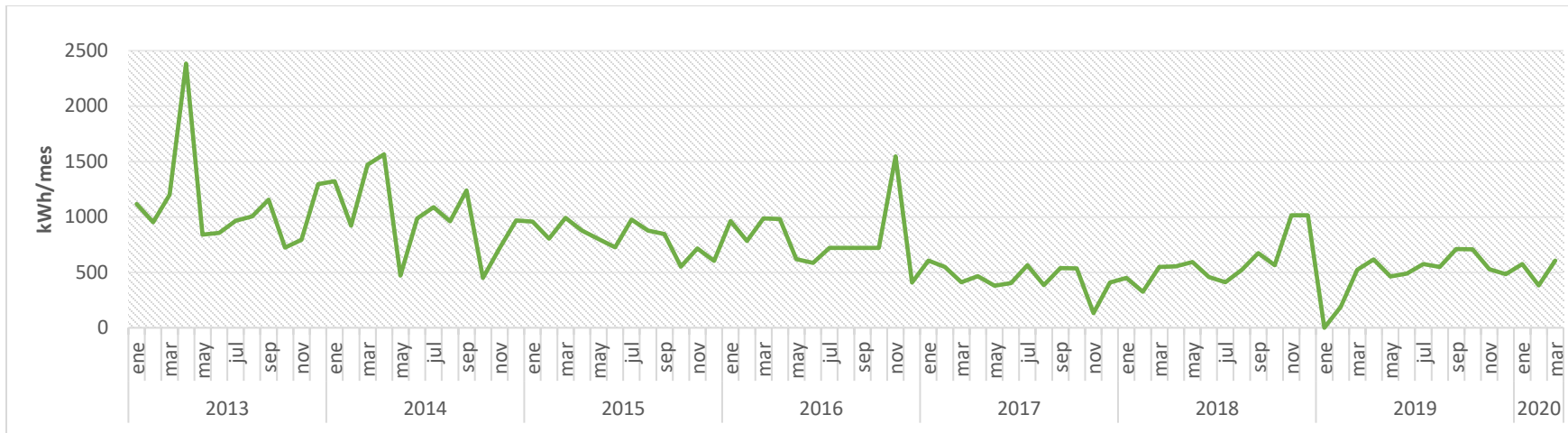


Figura A. 13: Perfil de consumo eléctrico del medidor de distribución 31529 correspondiente a la primera etapa de análisis en condiciones normales de operación de 2013 al 2019. **Fuente:** Compilada por el autor basada en el histórico de consumo (EERSSA, 2020)

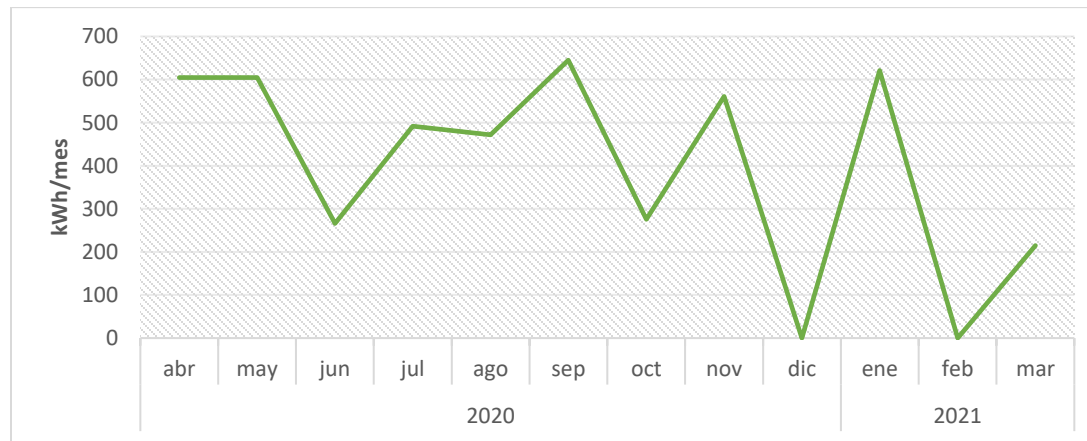


Figura A. 14: Perfil de consumo eléctrico del medidor de distribución 32529 correspondiente a la segunda etapa de análisis en condiciones mínimas de operación de 2020 a marzo del 2021. **Fuente:** Compilada por el autor basada en el histórico de consumo (EERSSA, 2020)

Anexo 5: Sistema de puesta a tierra del bloque A2 de la FEIRNNR.



Figura A. 15: Cuarto de máquinas (Bloque A6) que provee las conexiones eléctricas al Bloque A2.
Fuente: Compilada por el autor



Figura A. 16: Gabinete de distribución eléctrica del Bloque A2.
Fuente: Compilada por el autor



Figura A. 17: Pozo de revisión interno del Bloque A6 convergencia de las diferentes conexiones del Bloque A2. **Fuente:** Compilada por el autor.



Figura A. 18: Puesta a tierra del sistema eléctrico del bloque A2.
Fuente: Compilada por el autor

Anexo 6: Búsqueda e identificación de Puesta a tierra en los diferentes bloques de la FEIRNNR.



Figura A. 19: Puesta a tierra identificada detrás del bloque A3.

Fuente: Compilada por el autor



Figura A. 20: Puesta a tierra ubicada detrás del bloque A7. INACTIVA.

Fuente: Compilada por el autor



Figura A. 21: Puesta a tierra identificada en el pozo de revisión junto al bloque A9.

Fuente: Compilada por el autor



Figura A. 22: Puesta a tierra identificada en el pozo de revisión detrás bloque A10.

Fuente: Compilada por el autor



Figura A. 23: Puesta a tierra identificada detrás bloque A13, INACTIVA.

Fuente: Compilada por el autor



Figura A. 24: Puesta a tierra identificada al ingreso del bloque A25.

Fuente: Compilada por el autor

Anexo 7: Medidas de resistividad del sistema de puesta a tierra del bloque A9 (Cafetería).



Figura A. 25: Medición de resistividad del sistema de tierra del bloque A9. **Fuente:** Compilada por el Autor.



Figura A. 26: Medida de resistividad del sistema de tierra del bloque A9 con 4 metros de separación entre las varillas. **Fuente:** Compilada por el Autor.







Figura A. 27: Medida de resistividad del sistema de tierra del bloque A9 con 2 metros de separación entre las varillas. **Fuente:** Compilada por el Autor.



Figura A. 28: Medida de resistividad del sistema de tierra del bloque A9 con 1 metro de separación entre las varillas. **Fuente:** Compilada por el Autor.

Anexo 8: Medidas de resistividad del sistema de puesta a tierra del bloque A24 (Taller de mecánica automotriz).

 <p>A photograph showing a trench dug into the ground. Inside the trench, there are several metal rods (varillas) and a network of colorful electrical wires (red, green, yellow) connected to a measurement device. The trench is bordered by a concrete wall on one side and a stone wall on the other.</p>	 <p>A close-up photograph of the ATELONG SAT-10C Earth Tester. The LCD screen displays the number '50.6'. The device has several buttons labeled 'SAVE', 'ADJUST', 'VIEW', 'TEST', 'DEL', and 'SAVE', along with a large rotary dial at the bottom.</p>
<p>Figura A. 29: Medición de resistividad del sistema de tierra del bloque A24. Fuente: Compilada por el Autor</p>	<p>Figura A. 30: Medida de resistividad del sistema de tierra del bloque A24 con 4 metros de separación entre las varillas. Fuente: Compilada por el Autor</p>
 <p>A close-up photograph of the ATELONG SAT-10C Earth Tester. The LCD screen displays the number '4.13'. The device features a control panel with buttons and a rotary dial.</p>	 <p>A close-up photograph of the ATELONG SAT-10C Earth Tester. The LCD screen displays the number '32.6'. The device is shown with its control panel and rotary dial.</p>
<p>Figura A. 31: Medida de resistividad del sistema de tierra del bloque A24 con 2 metros de separación entre las varillas. Fuente: Compilada por el Autor</p>	<p>Figura A. 32: Medida de resistividad del sistema de tierra del bloque A24 con 1 metro de separación entre las varillas. Fuente: Compilada por el Autor.</p>

Anexo 9: Registros de resistividad de los bloques de A9 (Cafetería) y A25 (Taller de mecánica automotriz).



UNL

Universidad Nacional de Loja

**MEDICION DE RESISTENCIA ELECTRICA
DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA**



Responsable de la medida	Ronier Francisco Conde Jiménez
Area de trabajo	FEIRNMR Bloque A24
Telurometro / Marca	AJTELONG modelo sat-10c
Metodo de Medición	wenner
Fecha	19-agosto-2021

Estado del Terrano

Seco

Lluvia

Direccion "1"	a	Ohm*m	ln	(Xi-x)2
	1	60.6		0.00
2	41.3		0.00	0.000
4	32.6		0.00	0.00
Direccion "2"		Ohm*m	ln	(Xi-x)2
	1		0.00	0.00
2		0.00	0.00	0.00
4		0.00	0.00	0.00
Promedio				0.00
S				0.00
Z Normal				0.52
S*Z+x				0.00
RESISTIVIDAD (Ohm*m) ANTLN				1.00

Observaciones

Solo se desarrollo la medida de resistividad en una dirección por las condiciones del terreno.



UNL

Universidad Nacional de Loja

MEDICION DE RESISTENCIA ELECTRICA DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA



Responsable de la medida	Ronier Francisco Conde Jiménez
Area de trabajo	FEIRNNA Bloque A9
Telurometro / Marca	AITELONG modelo sat-10c
Metodo de Medición	wenner
Fecha	18 - agosto - 2021

Estado del Terrano Seco Lluvia

	a	Ohm*m	ln	(Xi-x)2
Direccion "1"	1	61.8	0.00	0.000
	2	51.1	0.00	0.000
	4	34.4	0.00	0.00
Direccion "2"		Ohm*m	ln	(Xi-x)2
	1		0.00	0.00
	2		0.00	0.00
	4		0.00	0.00
	Promedio			0.00
	S			0.00
	Z Normal			0.52
	S*Z+x			0.00
	RESISTIVIDAD (Ohm*m) ANTLN			1.00

Observaciones Debido al terreno la medida de resistividad solo se desarrollo en una direccion

Anexo 10: Pozos de revisión identificados que permiten la interconexión de la red eléctrica para los diferentes bloques de la FEIRNNR



Figura A. 33: Pozo de revisión entre el Bloque los A2 (laboratorios) y A6 (Cuarto de máquinas).
Fuente: Compilada por el autor



Figura A. 34: Pozo de revisión ubicado frente al bloque A5
Fuente: Compilada por el autor



Figura A. 35: Pozo de revisión ubicado detrás del bloque A7. Ingreso de red eléctrica al bloque.
Fuente: Compilada por el autor



Figura A. 36: Pozo de revisión ubicado detrás del bloque A7. Ingreso de la red de media tensión a la facultad.
Fuente: Compilada por el autor



Figura A. 37: Pozo de revisión ubicado detrás del bloque A10.
Fuente: Compilada por el autor



Figura A. 38: Pozo de revisión ubicado fuera del bloque A13 (Decanato).
Fuente: Compilada por el autor

Anexo 11: Codificación para la identificación de los diferentes elementos eléctricos auditados en la FEIRNNR.

Código	Elemento
AA	Amplificador de audio
AI	Aire acondicionado
AP	Access Point
BI	Biométrico
BT	Batidora
BZ	Balanza
CE	Computador Escritorio
CF	Cafetera
CL	Climatizador de aire
CM	Compresor eléctrico
CO	Copiadora
CT	SISTEMA CCTV
CV	Cámara de video
DA	Dispensador de Agua
EA	Equipos de audio
EM	Esmeril
EV	equipos de video
FF	Foco Fluorescente
FI	Foco Incandescente
FL	Foco Led
FP	Fuente de poder
FR	FRESADORA
GB	Grabadora
GF	Generador de Funciones
HN	Horno
IM	Impresora
LF	Lámpara Fluorescentes
LL	Lámparas Led
LV	Lampara de vapor de sodio

Código	Elemento
ME	Motor eléctrico
MO	MONITOR
MP	Microscopio Electrónico
MZ	Mezcladora
OF	Ojo de buey fluorescente
OL	Ojo de buey led
OS	Osciloscopio
OT	Otros
PH	Prensa Hidráulica
PI	Panel de Incendio
PL	PARLANTE
PT	Plotter
PY	Proyector
PZ	Pizarra Eléctrica
RD	RADIO
RV	Regulador de voltaje
RW	Router
SC	SCANNER
SL	Soldadora
ST	Estufa
SW	Switchs
TC	Toma Corriente
TF	Teléfono IP
TL	Taladro
TN	Torno
TR	Transformador
TV	Televisor
UP	UPS Regulador
VB	Vibrador

Anexo 12: Inventario de elementos eléctricos detallando su ubicación en la FEIRNNR, elemento, numero de secuencia y código para su correcta identificación.

Edificio / Bloque	Piso/Sector/ Ala	Aula/Oficina/ Ambiente	Elemento	Secuencia	Código	Observaciones
A2	P1	1	LF	001	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-001	3/3 - 32 W
A2	P1	1	LF	002	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-002	3/3 - 32 W
A2	P1	1	LF	003	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-003	3/3 - 32 W
A2	P1	1	LF	004	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-004	3/3 - 32 W
A2	P1	1	LF	005	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-005	3/3 - 32 W
A2	P1	1	LF	006	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-006	3/3 - 32 W
A2	P1	1	LF	007	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-007	3/3 - 32 W
A2	P1	1	LF	008	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-008	3/3 - 32 W
A2	P1	1	LF	009	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-009	3/3 - 32 W
A2	P1	1	LF	010	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-010	3/3 - 32 W
A2	P1	1	LF	011	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-011	3/3 - 32 W
A2	P1	1	LF	012	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-012	3/3 - 32 W
A2	P1	1	LF	013	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-013	3/3 - 32 W
A2	P1	1	LF	014	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-014	3/3 - 32 W
A2	P1	1	LF	015	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-015	3/3 - 32 W
A2	P1	1	LF	016	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-016	3/3 - 32 W
A2	P1	1	LF	017	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-017	3/3 - 32 W
A2	P1	1	LF	018	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-018	3/3 - 32 W
A2	P1	1	LF	019	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-019	3/3 - 32 W
A2	P1	1	LF	020	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-020	3/3 - 32 W
A2	P1	1	LF	021	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-021	3/3 - 32 W
A2	P1	1	LF	022	AFEIRNNR-A2-P1-1-LF-022	3/3 - 32 W

Nota: La información completa se detalla en el documento: [Inventario de Elementos Eléctricos](#)

Anexo 13: Número de elementos consumidores de energía eléctrica identificados en los diferentes bloques de la Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables.

Elemento	Bloques de la FEIRNNR													Total
	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A13	A14	A24	A25	
AA			1											1
AI	1								1					2
AP	8	2	6				2		3	2	1	2		26
BI	3													3
BT												1		1
BZ									1			3		4
CE	79		32					1	25	14	4	1		156
CF	1		3						1	3				8
CL										1				1
CM									1			1		2
CM	2													2
CO	2										3			5
CT										1				1
CV	23		4				2							29
DA			1											1
EA	3													3
EM												4		4
EV	5													5
FF	12	10	6			4		12	4			3	2	53
FI	2							1	3					6
FL	4	1	51	2	1				4			3		66
FP	11													11
FR	1													1
GF	13													13
GR									1	1		1		3
HN									1			2		3
IM	7	2	2				1	1	7	17	1	1		39
LF	236	87	89	31			96	9	74	42	5	43		712
LL		4	5			13	7	6	16					51
LV													4	4

Elemento	Bloques de la FEIRNNR													Total	
	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A13	A14	A24	A25		
MC										1				1	
ME	15				4							1		20	
ME	22													22	
MO									4	1				5	
MP									6					6	
MZ												1		1	
OF	8		4	5				12	12					41	
OL	3		7	4				2	19					35	
OS	14													14	
OT									10			2	2	14	
PH									2			1		3	
PI	1													1	
PL	36					14								50	
PR									3					3	
PT									2					2	
PY	25	2	6				5		1					39	
PZ									1			1		2	
RD										1				1	
RV			27						11					38	
RW								2				1		3	
SC										1				1	
SL												11		11	
ST									2					2	
SW	9	1	3				1	1	1	3	2	1		22	
TC	542	87	164	37			37	36	20	114	52	4	57	4	1154
TF	3									4	15			22	
TL												4		4	
TN	1											6		7	
TV											1			1	
UP									3	6				9	
VB												1		1	
VC							2							2	
Total	1092	196	411	79	5	69	152	67	339	161	18	152	12	2753	

Anexo 14: Ficha técnica del tubo led tipo T8, LEDVANCE LINEAR 20W 100-240V



LEDVANCE® LINEAR 8W/14W/20W 100-240V 4.000K/6.500K

Luminaria LED LINEAR.



Aplicaciones

- Iluminación de ambientes internos como:
- Gargantas
- Pasillos, entradas
- Estacionamientos
- En integración en muebles y estantes
- Cocinas
- Tiendas

Beneficios

- Hasta 70% de ahorro de energía
- Vida útil 30.000 hs
- Fácil instalación y permite la conexión de hasta 10 luminarias en serie
- Accesorios incluidos: soportes de fijación y conectores
- 5 años de garantía



Diciembre 21, 2016

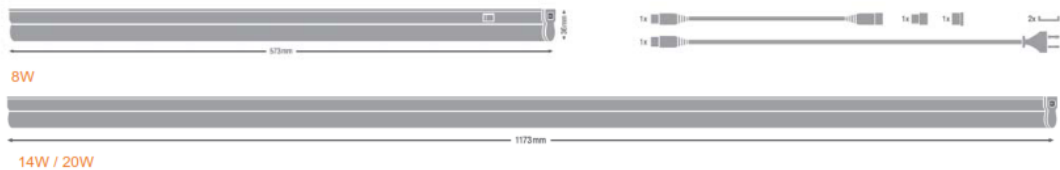
LEDVANCE® LINEAR

Página 1 de 2

Technical product sheet

Potencia nominal	8W / 14W / 20W
Equivalencia	1x tubo fluorescente 1x18W / 1x36W / 2x36W
Tensión nominal	100-240V
Flujo luminoso	800lm / 1.400lm / 2.000lm
Eficiencia en lm/W	100lm/W
Temperatura de color	4.000K / 6.500K
Indice de reproducción cromática (CRI)	>80
Angulo de luz	140°
Factor de potencia	> 0.5
Vida	30.000hs (L70)
IP	IP20
Dimerizable	No
Rango de temperatura de operación	-20 ... + 40°C
Rango de temperatura de almacenamiento	-40... + 80°C
Garantía	3 años

Esquema técnico



Datos logísticos

Código SAP	Descripción	EAN 10	EAN 40	Peso neto de producto (g)
7013807	LEDVANCE LINEAR 8W/840 BIV ON/OFF	4058075814394	4058075814400	245
7013808	LEDVANCE LINEAR 8W/865 BIV ON/OFF	4058075814417	4058075814424	245
7013809	LEDVANCE LINEAR 14W /840 BIV	4058075814431	4058075814448	355
7013810	LEDVANCE LINEAR 14W /865 BIV	4058075814455	4058075814462	355
7013811	LEDVANCE LINEAR 20W /840 BIV	4058075814479	4058075814486	360
7013812	LEDVANCE LINEAR 20W /865 BIV	4058075814493	4058075814509	360

Código SAP	Dimensiones EAN10 (mm)	Peso EAN10 (g)	Dimensiones EAN40 (mm)	Peso EAN 40 (g)	Unidades por caja
7013807	780x40x30	305	800x175x151	3.675	15
7013808	780x40x30	305	800x175x151	3.675	15
7013809	1380x40x30	470	1400x175x151	5.325	15
7013810	1380x40x30	470	1400x175x151	5.325	15
7013811	1380x40x30	476	1400x175x151	5.400	15
7013812	1380x40x30	476	1400x175x151	5.400	15

Diciembre 21, 2016

LEDVANCE® LINEAR

Página 2 de 2

Anexo 15: Ficha técnica del medidor de distribución eléctrica ELSTER A3R

Medidor A3 Alpha® Nodo de EnergyAxis®



Disponibles en formas Monofásico y Polifásico, el medidor A3 Alpha Nodo es una solución para redes con Infraestructura de Medición Avanzada en clientes Comerciales, Industriales y Residenciales.

Medición de Electricidad Avanzada

Como un componente del sistema EnergyAxis, el medidor A3 Alpha Nodo ofrece capacidades de infraestructura de medición avanzada a las aplicaciones Comerciales, Industriales y Residenciales, donde se requiere la medición de energía activa y reactiva. Las compañías de servicio pueden obtener datos de perfil de carga, lecturas de energía activa y reactiva, tarifas horarias e información crítica anti-fraude a través de la red inalámbrica de EnergyAxis.

Para operar como un componente del sistema EnergyAxis, el medidor A3 Alpha es suministrado con una tarjeta opcional de red LAN que incluye la capacidad de comunicación bidireccional en la banda de 900 MHz. Esta tarjeta incluida dentro de la cubierta del medidor A3 Alpha permite que la solución de comunicación en Red inalámbrica sea tan simple como la instalación de un medidor y tenga capacidad de actualizar remotamente el medidor. No se requiere equipo especial ya que los medidores automáticamente determinan la trayectoria óptima de comunicación hacia el colector. Si las condiciones de la red cambian, los medidores instalados encontrarán en forma automática un nuevo camino de comunicación.

La información que Usted Necesita

El medidor A3 Alpha tiene alta precisión de facturación 0.2 de acuerdo a normas ANSI C12.20. Ofrece diversos tipos iniciando con el básico A3D para medición de energía activa y demanda, A3T que ofrece energía activa, demanda y tarifa horaria. El A3R, A3K y A3Q son utilizados donde se requiere energía activa y reactiva o bidireccional.

Cada una de las cantidades de medición son almacenadas en memoria no volátil e incluyen energía, demanda, datos de tarifa horaria y grabación por intervalos.

Como un nodo del sistema EnergyAxis, el medidor A3 Alpha reporta lecturas de medición, estatus, alarmas, condiciones de error y datos de intervalo al colector a través de la red local de Radiofrecuencia, las cuales pueden ser enviadas inmediatamente al Sistema de Automatización de Medición (MAS) o almacenados para ser leídos posteriormente de acuerdo al calendario programable de lectura.

Dependiendo del tipo de medidor y su programación, las lecturas de electricidad reportadas a través de la red pueden incluir:

- Energía en 4 tarifas horarias y totales para dos variables de energía activa o reactiva.
- 4 Demandas en tarifa horaria para dos variables de demanda de energía activa o reactiva. Cada lectura de demanda esta asociada a una estampa de tiempo y fecha de ocurrencia.
- 4 Demandas coincidentes en tarifa horaria para dos variables de demanda activa o reactiva.
- Voltajes por fase
- 2 Canales de perfil de carga para cualquier variable de energía medida en intervalos de 5, 15, 30 ó 60 minutos.

Adicionalmente el medidor A3 Alpha puede ser programado para reportar cuando un límite de demanda programado haya sido excedido.

Construido en base al diseño del medidor Alpha, el medidor A3 Alpha Nodo, ofrece funcionalidad de infraestructura de medición avanzada AMI y alta precisión para medición de energía activa y reactiva bidireccional.

Operación de la Red

Los datos de medición eléctrica son enviados al colector a través de la red local de radiofrecuencia, donde son almacenados para ser leídos por el Servidor de Automatización de Medición (MAS). En adición, todos estos datos están disponibles para la compañía de servicio cuando se requieran y a nivel de cliente individual, permitiendo el mas alto nivel de soporte al cliente y precisión en la facturación.

Para optimizar la red de comunicaciones del EnergyAxis, cada medidor A3 Alpha Nodo puede actuar como un repetidor. Esto fortalece la ya robusta red de comunicaciones inalámbrica, maximizando el rango de comunicación de cada colector.

Todos los Nodos en el sistema EnergyAxis tienen una identificación única programada en fábrica.

Este identificador enlaza los datos del medidor a un cliente en particular para una facturación precisa y un mejor servicio al cliente. Un segundo identificador, ha sido implementado para los medidores de compañías de servicio, para asegurar que todos los medidores se encuentren en la misma red.

Funcionalidad de Interrupciones y Restablecimiento

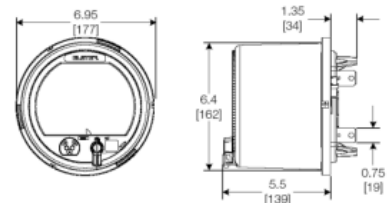
El medidor A3 Alpha ofrece a las compañías de servicio la información necesaria para la administración de interrupciones y restablecimientos de energía, permitiendo a estas la mas rápida identificación de este tipo de fallas, con mensajes para validar que la energía ha sido restablecida en cada cliente.

Acerca del Grupo Elster

El Grupo Elster es el líder mundial en manufactura y suministro de medición integrada y soluciones de alta precisión para la industria del gas, electricidad y agua.

Especificaciones del Medidor

Formas	1S, 2S, 3S, 4S, 35S, 35A, 12S, 13A, 36S, 36A, 9S, 10S, 10A, 16S, 16A
Voltaje	Rango Nominal de Placa 120V a 480V
Corriente	Rango de Operación 96V a 528V
Frecuencia	0 a Corriente de Clase
Temperatura	Nominal 50 Hz o 60 Hz +/- 5%
Humedad	-40°C a +85°C bajo la cubierta del medidor
Características de Operación	
Consumo fuente de alimentación	0% a 100% no condensada
Carga por fase de corriente	Menor a 4 Watts
Carga por fase de voltaje	0.1 milliohms típico a 25°C
Precisión	0.008 W @120 V, 0.03 W @ 240 V y 0.04 W @ 480 V.
Comunicación	Cumple con ANSI C12.20 para precisión clase 0.2%
Características de desempeño	Tecnología de RF en la banda de 902 a 928 MHz (Frequency hopping Spread spectrum)
Corriente de Arranque	10mA para Clase 20
	100mA para Clase 200
	160mA para Clase 320
Deslizamiento 0.000 Amp.	Forma 1S y Forma 3S
Base primaria de tiempo	5mA para Clase 20
Batería (opcional)	Todas las demás Formas
Velocidad de Comunicación	50mA para Clase 200
Estándares	80mA para Clase 320
Otros	No mas de un pulso medido por cantidad, de acuerdo a ANSI C 12.1
	Frecuencia de la línea (50Hz o 60Hz), o con oscilador de cristal
	Batería de LiSOCl ₂ 800mAh, 3.6 V, vida de 20 años, 5 años cont. a 25°C
	Puerto Óptico 300 a 28,000 bps
	Puerto remoto 1200 a 19,200 bps
	ANSI C12.1, C12.10, C12.18, C12.19, C12.20 y C12.21
	Cubierta de Policarbonato



Dimensiones en pulgadas (milímetros). Solo para Referencia.

Elster
 208 S Rogers Lane
 Raleigh, NC 27610-2144
 United States

T + 1 800 338 5251 (US toll free)
 T + 1 905 634-4895 (Canada)
 F +1 919 212 4801

support@us.elster.com
 www.elster.com

©2007 by Elster. All rights reserved.

Anexo 16: Certificado de Traducción del Abstract



**FINE-TUNED ENGLISH
LANGUAGE INSTITUTE**

Líderes en la Enseñanza del Inglés

Ing. María Belén Novillo Sánchez.

ENGLISH TEACHER - FINE TUNED ENGLISH CIA LTDA.

CERTIFICA:

Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma español al idioma inglés del trabajo de titulación **“AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LA FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, CON PROPUESTA DE RED INTELIGENTE PARA LA GESTIÓN ELÉCTRICA.”** autoría de **Ronier Francisco Conde Jiménez** con número de cédula **1105165706**, estudiante de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifico en honor a la verdad y autorizo al interesado hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.



Loja, 01 de agosto del 2022

Ing. María Belén Novillo Sánchez.

ENGLISH TEACHER- FINE TUNED ENGLISH CIA LTDA.

Matriz - Loja: Macará 205-51 entre Rocafuerte y Miguel Riofrío - Teléfono: 072578899
Zamora: García Moreno y Pasaje 12 de Febrero - Teléfono: 072608169
Yantzaza: Jorge Mosquera y Luis Bastidas - Edificio Sindicato de Choferes - Teléfono: 072301329

www.fte.edu.ec