



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO
ELÉCTRICO

TEMA:

“AUDITORÍA ELÉCTRICA EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO UTN”.

Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniería en
Mantenimiento Eléctrico.

AUTOR(A):

Báez Chamorro Dennis Ricardo

DIRECTOR(A):

PhD. Gerardo Collaguazo

Ibarra, 2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del Proyecto Repositorio Digital Institucional determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejamos sentada nuestra voluntad de participar en este proyecto, para lo cual se pone a disposición la siguiente información:

DATOS DEL AUTOR	
CEDULA DE IDENTIDAD	040157871-1
APELLIDOS Y NOMBRES	Báez Chamorro Dennis Ricardo
DIRECCIÓN	Ibarra
E-MAIL	denisbaez3@hotmail.com
TELÉFONO MÓVIL	0968092507
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	Auditoría eléctrica en el Campus Universitario UTN.
AUTOR	Dennis Ricardo Báez Chamorro
FECHA	02-04-2019
PROGRAMA	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERO EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO
ASESOR	PhD. Gerardo Collaguazo

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Báez Chamorro Dennis Ricardo, con cédula de identidad N°. 040157871-1, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión en concordancia con la Ley de Educación Superior artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

En la ciudad de Ibarra, a los 4 días del mes de febrero del 2019

EL AUTOR



.....
Báez Chamorro Dennis Ricardo

C.I. 040157871-1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Báez Chamorro Dennis Ricardo, con cédula de identidad N°. 040157871-1, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado: "AUDITORÍA ELÉCTRICA EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO UTN", que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos concedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma 

Nombre: Báez Chamorro Dennis Ricardo

Cedula: 040157871-1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, Báez Chamorro Dennis Ricardo, con cédula de identidad N°. 040157871-1, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de autoría; y que este no ha sido previamente presentado en ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de la Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normativa vigente de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, 04 de febrero de 2019.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Dennis", is positioned above a horizontal dotted line.

Báez Chamorro Dennis Ricardo

C.I.: 0401578711



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

Certifico que la Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico con el tema: AUDITORÍA ELÉCTRICA EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO UTN, ha sido desarrollado y terminado en su totalidad por el Sr. Báez Chamorro Dennis Ricardo, con cédula de identidad: 040157871-1.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Gerardo Collaguazo", is written over a horizontal dotted line.

PhD. Gerardo Collaguazo

DIRECTOR

DEDICATORIA

Este logro va dedicado para la mujer que me dio la vida y por la cual tuve la oportunidad de ser quien soy, mamá te doy las gracias por haber confiado en mí, por no dejar que me rinda jamás, por estar ahí siempre cuando te necesité, por enseñarme que no hay cosa más importante que una buena educación en valores y conocimientos, porque gracias a ti llevo en mi corazón tu enseñanza.

Te prometo además madre querida que este no será el último triunfo profesional que te daré, porque tu esfuerzo tiene que verse reflejado en los logros que tenga en mi vida. Por todo esto madre te agradezco de corazón y te dedico este logro a ti.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Dios en primer lugar porque gracias a él tengo a mi madre Magola Chamorro, quien, con su trabajo, esfuerzo, dedicación, enseñanzas y sobre todo el apoyo que nunca me faltó, he logrado superar este escalón más en mi vida estudiantil, para convertirme en un profesional y así poder cumplir el sueño de mi padre que, aunque ya no está con nosotros lo llevo en mi corazón.

A mi esposa, mis abuelos, mis hermanos, mis tíos que siempre tuvieron fe en mí, muchas gracias, a mis maestros de quienes me llevo lo más valioso sus conocimientos, a mis amigos y a todos quienes hicieron posible que hoy pueda tener mi título.

Un agradecimiento especial a mi director de tesis, PhD. Gerardo Collaguazo por su ayuda y dedicación, quien con sus conocimientos contribuyó permanentemente en la elaboración de este Trabajo de Grado y en particular por su amistad y confianza otorgada.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo la realización de una auditoría eléctrica en el Campus Universitario UTN, ubicada en el sector del Olivo. Así mismo la creación de una línea base del estado actual de las edificaciones auditadas.

En la primera parte se presenta los antecedentes, el estudio de los problemas existentes, la justificación para realizar este trabajo de titulación y los objetivos planteados para cumplir con la meta propuesta en esta tesis. En el capítulo uno se analiza los diferentes conceptos relacionados con la energía eléctrica y sus perturbaciones, el desarrollo teórico sobre las distintas etapas que conforman la realización de la auditoría eléctrica. En el capítulo dos se presenta el plan metodológico utilizado para la elaboración de este trabajo de tesis.

En el capítulo tres se presenta un informe del estado actual de las edificaciones y las propuestas de mejora para cada variable analizada previamente; en la segunda etapa se crea un modelo de previsión de los consumos eléctricos de cada facultad para la planificación futura de mantenimientos e incremento instalaciones.

Finalmente, en el capítulo cuatro se emite diferentes conclusiones y recomendaciones seguidas de Anexos en donde se encuentran las imágenes de conexión del equipo de medición en cada tablero de control y las características técnicas de los equipos propuestos para solucionar los problemas en las variables analizadas.

ABSTRACT

The objective of this certification work is to conduct an electrical audit in the UTN University Campus, located in the Olivo location. Likewise, the creation of a base of the current state of the audited buildings.

In the first part presents the background, the study of existing problems, the justification for carrying out this work of titling and the objectives set to meet the goal proposed in this thesis. In chapter one, the different concepts related to electrical energy and its disturbances are analyzed, the theoretical development on the different stages that make up the electrical audit. In chapter two, the methodological plan used to prepare this thesis is presented.

In chapter three presents a report on the current state of the buildings and the improvement proposals for each variable analyzed previously; In the second stage, a forecast model of the electric consumption of each faculty is created for the future planning of maintenance and increase of facilities.

Finally, in chapter four is presented different conclusions and recommendations, followed by Annexes where the connection images of the measuring equipment are found in each control panel and the technical characteristics of the proposed equipment to solve the problems in the variables analyzed.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	xv
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	xvi
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	xvi
JUSTIFICACIÓN.....	xvi
ALCANCE DEL TRABAJO.....	xvii
VIABILIDAD DEL TRABAJO.....	xvii
OBJETIVO GENERAL.....	xvii
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	xviii
CAPITULO I.....	1
FUNDAMENTO TEÓRICO	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Auditoría eléctrica.....	2
1.3 Auditoria energética eléctrica en edificaciones.....	2
1.4 Como se realiza la auditoría eléctrica.....	5
1.5 Áreas donde se puede permitir la auditoria eléctrica.....	6
1.6 El auditor energético.....	7
1.7 Normativa ISO 50001.....	7
1.8 Políticas de Eficiencia Eléctrica en Ecuador.....	8
1.9 Perturbaciones eléctricas en edificaciones.....	9
CAPITULO II.....	18
Planificación metodológica de la auditoría.	18
2.1 Introducción.....	18
2.2 Fases de la planificación.....	20
CAPITULO III.....	30
Estudio técnico de las edificaciones de la UTN.	30
3.1 Indicaciones generales.....	30
3.2 Informe de resultados de las edificaciones auditadas.....	31
3.2 Propuesta de mejora.....	81
3.3 Modelamiento Matemático de los consumos eléctricos.....	91
CONCLUSIONES.....	102
RECOMENDACIONES.....	103
Anexos.....	107

Índice de figuras o ilustraciones.

Ilustración 1; Armónicos en sistemas eléctricos.....	10
Ilustración 2; Variaciones rápidas de tensión	13
Ilustración 3; huecos de tensión	14
Ilustración 4; Micro cortes	15
Ilustración 5; Sobrevoltaje en seccion de control.....	16
Ilustración 6; Analizador de redes	25
Ilustración 7; Sistema trifásico de 4 hilos.	26
Ilustración 8; Equipo de medición.....	27
Ilustración 9; Conexión del equipo de medición.....	27
Ilustración 10; Datos numéricos de la medición.....	28
Ilustración 11; Daros en forma de onda.	29
Ilustración 12; Diagrama de flujo de tablero de control de la FICAYA.	32
Ilustración 13; Instantáneas en forma del análisis de carga.	38
Ilustración 14; Diagrama de flujo de tablero de control de la FICA.....	41
Ilustración 15; Instantáneas en forma del análisis de carga	46
Ilustración 16; Diagrama de flujo de tablero de control de la FACAE.	50
Ilustración 17; Instantáneas en forma del análisis de carga	55
Ilustración 18; Diagrama de flujo del tablero de control de la FECYT.....	58
Ilustración 19; Instantáneas en forma del análisis de carga	63
Ilustración 20; Diagrama de flujo del tablero de control de la FCCSS	66
Ilustración 21; Instantáneas en forma del análisis de carga.....	71
Ilustración 22; Diagrama de flujo del tablero de control del CAI	74
Ilustración 23; Instantáneas en forma del análisis de carga	79
Ilustración 24; Modelo matemático de previsión de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales	96
Ilustración 25; Modelo matemático de previsión de la facultad de ingeniería en ciencias aplicadas	97
Ilustración 26: Modelo matemático de previsión de la facultad de ciencias administrativas y económicas	98

Ilustración 27; Modelo matemático de previsión de la Facultad de educación ciencia y tecnología	99
Ilustración 28; Modelo matemático de previsión de la Facultad de Ciencias de la Salud	100
Ilustración 29; Modelo matemático de previsión del Centro Académico de Idiomas	101

Índice de tablas

Tabla 1: Áreas donde se puede realizar una auditoria eléctrica.	6
Tabla 2: Procedimientos para realizar una auditoría eléctrica.....	20
Tabla 3: Fases de una auditoria.	21
Tabla 4: Planificación de la auditoria	24
Tabla 5: Resumen de los indicadores de calidad y sus límites	30
Tabla 6: Características eléctricas de la FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES.....	31
Tabla 7: Características técnicas de los elementos del tablero de control.	33
Tabla 8: Análisis del efecto flicker Pst.	34
Tabla 9: Análisis de tensión.....	35
Tabla 10: Análisis de corriente.....	36
Tabla 11: Análisis de Armónicos de tensión.....	37
Tabla 12: Análisis del factor de potencia.....	39
Tabla 13: Características eléctricas de la FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS	40
Tabla 14: Características técnicas de los elementos del tablero de control.....	42
Tabla 15: Análisis del efecto flicker Pst.	43
Tabla 16: Análisis de tensión.....	44
Tabla 17: Análisis de corriente.....	44
Tabla 18: Análisis de Armónicos de tensión.....	45
Tabla 19: Análisis del factor de potencia.....	47
Tabla 20: Características eléctricas de la FACULTAD EN CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y ECONÓMICAS	49

Tabla 21: Características técnicas de los elementos del tablero de control.....	51
Tabla 22: Análisis del efecto flicker Pst.	52
Tabla 23: Análisis de voltaje.....	53
Tabla 24: Análisis de corriente.....	53
Tabla 25: Análisis de Armónicos de tensión.....	54
Tabla 26: Análisis del factor de potencia.....	56
Tabla 27: Características eléctricas de la FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA.....	57
Tabla 28: Características técnicas de los elementos del tablero de control.....	59
Tabla 29: Análisis del efecto flicker Pst.	60
Tabla 30: Análisis de tensión.....	61
Tabla 31: Análisis de corriente.....	61
Tabla 32: Análisis de Armónicos de tensión.....	62
Tabla 33: Análisis del factor de potencia.....	64
Tabla 34: Características eléctricas de la FACULTAD EN CIENCIAS DE LA SALUD.....	65
Tabla 35: Características técnicas de los elementos del tablero de control.....	67
Tabla 36: Análisis del efecto flicker.	68
Tabla 37: Análisis de tensión.....	69
Tabla 38: Análisis de corriente.....	69
Tabla 39: Análisis de Armónicos de tensión.....	70
Tabla 40: Análisis del factor de potencia.....	72
Tabla 41: Características eléctricas del CENTRO ACADÉMICO DE IDIOMAS..	73
Tabla 42: Características técnicas de los elementos del tablero de control.....	75
Tabla 43: Análisis del efecto flicker.	76
Tabla 44: Análisis de tensión.....	77
Tabla 45: Análisis de corriente.....	78
Tabla 46: Análisis de Armónicos de tensión.....	78
Tabla 47: Análisis del factor de potencia.....	80
Tabla 48: Valores de los parámetros utilizados en el modelamiento matemático	94

INTRODUCCIÓN

Una auditoría eléctrica es una inspección, estudio, análisis y recomendaciones de los flujos de energía con los objetivos de: de comprender la dinámica del consumo de energía del sistema bajo estudio, proponer recomendaciones para la optimización del consumo energético y buscar oportunidades para reducir la cantidad de energía de entrada en el sistema sin afectar la salida. Esta auditoría se realiza en un lugar determinado que se suponga emplea equipos eléctricos con niveles de eficiencia bajos, un mínimo mantenimiento en los equipos, produce pérdidas de calor o de frío por un aislamiento deficiente de sus instalaciones, desconocimiento de los hábitos adecuados de consumo; todo ello se debe analizar con ayuda de equipos de medición especializados para este tipo de trabajo y realizar un diagnóstico energético de las instalaciones; por lo tanto la auditoría energética propuesta será un proceso integral que permitirá elaborar conclusiones y recomendaciones encaminadas a la eficiencia energética de los edificios del campus UTN (Páez, 2012).

Un proyecto de auditoría eléctrica se desarrolla en función de una metodología aplicada que comprende diferentes etapas, la primera de recolección de datos técnicos del edificio, la segunda, la toma de mediciones del sistema eléctrico de la edificación y la tercera el diagnóstico en base a la toma de datos que se obtienen de los resultados de dichas mediciones (Chang, 2015).

La auditoría eléctrica consiste en realizar una medición de los parámetros que se desean evaluar como son: voltajes, corrientes, potencias, armónicos, factores de potencia, frecuencia y consumo de energía (Cárdenas et al, 2012).

El analizador de redes es un aparato utilizado para medir, consignar y usualmente conservar registros de los parámetros eléctricos más significativos de una instalación. Para un correcto funcionamiento del equipo y para obtener un conjunto de mediciones de la instalación será necesario disponer de las pinzas voltimétricas y amperimétricas del equipo analizador de redes que se esté utilizando (García et al, 2010).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es conocido que en los últimos años la carga instalada y la demanda de energía en el campus de la UTN ha tenido un crecimiento mayor al proyectado en sus diseños originales con posible afectación indirecta a la calidad de la energía eléctrica y eficiencia energética de sus instalaciones, debido principalmente al incremento de equipos instalados en los laboratorios de computación que brindan un servicio continuo a todos los estudiantes, además de los equipos portátiles propiedad de cada uno de los estudiantes y docentes que en conjunto representan una carga representativa de características no lineales y como es de conocimiento científico este tipo de cargas son fuente de generación de armónicos que distorsionan la señales de voltaje y corriente que son absorbidas por todos y cada uno de los equipos instalados dentro de la UTN deteriorando sus características operativas de funcionamiento y disminuyendo su vida útil.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el grado de contaminación y perturbación eléctricas a la que se encuentra expuesta las instalaciones eléctricas en los edificios de la UTN?

JUSTIFICACIÓN

En el Campus Universitario de la UTN es muy importante como necesario realizar una auditoria energética eléctrica ya que la ausencia de datos no nos brinda un estado real del comportamiento y aprovechamiento de la energía eléctrica en los distintos edificios porque al carecer de mediciones, diagramas eléctricos y planificación de un aumento de cargas en los edificios puede ocasionar un alto grado de perturbaciones eléctricas y por ende una mala eficiencia eléctrica.

Con la realización de este proyecto toda la universidad será muy beneficiada ya que se identificará si existe algún problema, el tipo y la magnitud, aparte se proporcionará datos exactos de cada edificio ya que estos carecen de información actualizada y real.

ALCANCE DEL TRABAJO

El alcance de este proyecto por la amplitud del tema será la de realizar una auditoría eléctrica en las cinco facultades como son: Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA), Facultad en Ciencias Administrativas y Económicas (FACAE), Facultad de Educación Ciencia y Tecnología (FECYT), Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA), Facultad en Ciencias de la Salud (FCCSS) y el Centro Académico de Idiomas (CAI) del Campus Universitario UTN del Olivo, donde se realizará mediciones tomando en cuenta los parámetros eléctricos principales como intensidad de corriente, factor de potencia, voltajes, potencia activa y reactiva, armónicos y flicker entre los más importantes.

Se realizará un marco teórico de conceptos de auditoría energética, además se realizará un estudio técnico de los resultados obtenidos de la auditoría en las edificaciones de la UTN tomando en cuenta las normativas vigentes.

VIABILIDAD DEL TRABAJO

La realización del presente trabajo de titulación es viable ya que se cuenta con suficiente información en revistas y documentos físicos y digitales. Para realizar la auditoría energética eléctrica se requiere un plazo normal (6 meses), de una inversión pequeña y del uso de equipos, herramientas eléctricas que se encuentra en los laboratorios de la carrera, además de un fácil acceso a las zonas necesarias para instalar los equipos. Además, del interés de las autoridades de la UTN.

OBJETIVO GENERAL

Realizar una auditoría eléctrica en el campus universitario UTN del Olivo, para la determinación del estado actual del funcionamiento energético de las instalaciones eléctricas, mediante toma de mediciones eléctricas y análisis de registros.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Realizar una planificación metodológica de la auditoría.
2. Evaluar en base a un estudio técnico de auditoría eléctrica, el estado de las instalaciones de las edificaciones de la UTN.
3. Elaborar los modelos matemáticos de los consumos de energía eléctrica de las edificaciones de la UTN.

CAPITULO I

FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1 Introducción

La energía eléctrica es una parte esencial dentro de la mayoría de procesos productivos o laborales que se realizan dentro edificios o diversas industrias del país y del mundo (Carro, 2012).

Una de las ventajas que tiene la energía eléctrica son sus variadas aplicaciones, ya que tiene una capacidad de transformarse en otros tipos de energías como: calor, luz, movimiento entre otras, conjuntamente con la posibilidad de tenerla y trasportarla en grandes cantidades brindan una facilidad en su uso (Serrano, 2013).

En el Ecuador la generación, transmisión y distribución de la electricidad dependen principalmente de la proyección del consumo de energía eléctrica. Sin embargo, en nuestro país el sector eléctrico no contó con una planificación sino hasta la creación del Instituto Ecuatoriano de Electricidad, INECEL, el cual publicó el primer plan de electrificación en 1966 (CONELEC, 2015).

En la actualidad nuestro país cuenta con una capacidad de producción de 8036.34 MW mientras que su consumo máximo es de tan solo 3746 MW, lo que equivale a un 47% de su capacidad total de la generación. Es decir, el 53% de la energía que se puede producir no es usada (Ministerio de Electricidad y Energía Renovables, 2017).

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable en el año 2009 presentó un proyecto de eficiencia energética para las Industrias. El objetivo primordial que tiene este plan es el de promover mejoras en la eficiencia energética de la industria ecuatoriana y la aplicación de metodologías de optimización de sistemas en procesos industriales (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2014).

El ahorro energético hoy en día juega un papel importante en la competitividad y aspectos sociales; en el Ecuador el principal problema son las inversiones iniciales muy

elevadas, falta de información y acceso limitado a tecnologías. A la fecha varias acciones han sido desarrolladas, entre ellas: limitar la comercialización de equipo ineficiente, planes de recambio de equipamiento, medidas arancelarias y tributarias para promover la eficiencia energética, reglamentos técnicos de cumplimiento obligatorio, entre otros (Cadena, 2016).

1.2 Auditoría eléctrica

Una auditoría eléctrica es aquel procedimiento ordenado el cual es destinado a obtener seguridad personal y conocimientos adecuados del perfil de consumo de energía eléctrica existente de un edificio o grupo de edificios determinados, de una instalación u operación industrial o comercial, e incluso de un servicio privado o público, así como para determinar y cuantificar las posibilidades de ahorro de energía a un costo eficiente e informar al respecto. Este tipo de auditorías se las realiza con el fin primordial de evaluar el avance de un programa o también se le puede realizar al inicio del programa de seguridad eléctrica, para conocer específicamente la situación en que se encuentra la instalación auditada (ACE, Servicios de Gestión de Energía, 2016).

1.3 Auditoría energética eléctrica en edificaciones

Según la Norma ISO 50001 (2016) una Auditoría Energética Eléctrica es un reconocimiento o un análisis sistemático del uso y consumo de energía en una instalación de: edificio, sistema y organización con el fin de identificar los flujos de energía y el potencial de mejora de la eficiencia energética.

Para realizar una auditoría eléctrica se puede incluir diferentes componentes y actividades dependiendo del objetivo y el tipo de la auditoría. En edificios residenciales, las actividades y los objetivos pueden ser diferentes de los de edificios industriales (Ministerio de Medio Ambiente de Finlandia, 2001).

Las auditorías energéticas eléctricas de acuerdo a su alcance se enfocan a determinadas áreas dentro de la instalación, estas pueden ser parciales o totales en el caso de que se incluya la totalidad del edificio. (Otero, 2011).

La razón para realizar una auditoría energética eléctrica es la necesidad de cumplir un meta primordial, la cual busca determinar formas para reducir el consumo de energía por unidad de producto o reducir los costos operativos. Según Chougule (2016), la auditoría eléctrica nos ayuda a proporcionar un punto de referencia para gestionar la energía en la organización y también proporciona una base para planificar un uso más eficiente de la energía en toda la organización.

1.3.1 Tipos de auditorías.

La técnica de auditoría eléctrica es un proceso matemático de utilización eficaz de la energía al proporcionar dispositivos eficientes en energía sin comprometer la producción de los sistemas (Govind 2015).

Según Ovacen (2017), Proyectos y Certificaciones (2016), Krarti (s.f.) y Blacktgreen (2017), existen varias formas de clasificar los tipos de auditorías eléctricas. Por lo general, estos tipos se diferencian en el nombre de su clasificación ya que sus características o acciones a realizar son similares en cada tipo de auditoría la cual detalla cada autor. Así Ovacen (2017), clasifica la auditoría eléctrica en:

➤ **Auditoría Preliminar.** - Este tipo de auditoría es el más sencillo o básico en la cual se realizará un diagnóstico visual del edificio, recopilación de datos básicos y un estudio no muy detallado sobre la facturación de los servicios energéticos, así como mediante la obtención de otros datos sobre su mantenimiento y explotación obteniéndose un diagnóstico no muy exhaustivo sobre las oportunidades de ahorro y mejora de la eficiencia energética, de manera que su costo suele ser más bien bajo.

➤ **Auditoría detallada.** - En este tipo de auditoría se realiza un estudio más detallado, partiendo de una base de información previa sobre los sistemas constructivos de las instalaciones (planos, memorias de proyecto, presupuestos y cualquier otro documento), así como realizar una serie de pruebas y verificar mediante el uso de equipos técnicos de medición, para obtener información todavía más real sobre el estado del edificio.

➤ **Auditoría especial.** - Este tipo es similar a la auditoría detallada, pero realizada con mayor profundidad, en donde conjuntamente con los datos tomados a través del equipo

de medida se detalla para crear un registro del consumo de cada equipo, ampliándose las mediciones a otros parámetros de manera que se van a necesitar equipos más complejos de medida y su coste será todavía más elevado.

1.3.2 Objetivos de la auditoría eléctrica

Según Núñez (2005), los objetivos de realizar una auditoría energética eléctrica son:

- a) Reducir costos.
- b) Por medio de diagramas unifilares, conocer como es la distribución de las cargas y sus principales circuitos.
- c) Conociendo los consumos y cargas, desarrollar un programa de eficiencia energética en la entidad.
- d) Por medio del análisis de distintos parámetros eléctricos, estimar el potencial de ahorro.
- e) Obtenido las mediciones de parámetros, cálculos realizados, interpretación de formas de onda generadas por la acción y efecto de la energía; por medio de estas conocer el estado en que se encuentra el sistema eléctrico.
- f) Incentivar un plan de acción de ahorro de energía eléctrica.

Cabe destacar que una auditoría ayuda a identificar puntos de mejora y corregir debilidades en las compañías, de esta manera cada auditor puede darle un análisis diferente a una auditoría eléctrica. El alcance que tendrá, la complejidad de los cálculos y el nivel de evaluación económica son todas las cuestiones que se pueden manejar diferente para cada auditor (Dearde, James, Trader, 1999).

1.3.3 Beneficios de la auditoría eléctrica

Según Navarro (2012), a3m (2014), Gestor Energético Econova (2016) y Risoul (2016), al realizar una auditoría eléctrica se puede obtener distintos beneficios tanto económicos como de seguridad.

Las auditorías energéticas eléctricas según Risoul (2016), pueden proporcionar algunos beneficios, tales como:

- **Ahorro de energía:** Cuando tenemos un bajo factor de potencia en las instalaciones debemos corregirlo, ya que esta es la razón que exista una mayor cantidad de energía consumida. La cual puede ser corregida logrando así un rendimiento similar, pero con un menor gasto de energía.

- **Evitar multas:** si las instalaciones eléctricas están en buen estado y en orden se puede evitar probables multas por parte de la compañía suministradora de electricidad.

- **Disminuir los paros no programados en la producción:** por lo general cuando se detecta un desbalance significativo en la tensión, corriente o armónicos y es corregido, se consigue evitar problemas de arranques y fallas en la maquinaria.

- **Mayor tiempo de vida de los equipos:** Cuando se evita las sobrecargas en los conductores eléctricos, se ayuda a prolongar la vida útil de los equipos y mejorar su funcionamiento.

1.4 Como se realiza la auditoría eléctrica

Según Zubialde (2012), Fenercom (s.f.) y a3m (2014), para llevar a cabo una auditoría eléctrica se la puede realizar siguiendo una serie de pasos. A continuación, se detalla las actividades a realizar:

Medición y toma de datos: El auditor necesita evaluar la información reunida durante la obtención de datos de la instalación en la cual se llevará a cabo el trabajo. Según Zubialde (2012), en este punto se debe obtener los datos de medición de campo, detallando la fechas y duración del trabajo realizado.

Definición de variables: La necesidad de puntualizar las variables que se medirán, viene planteada previamente del nivel de exigencia, necesidad o tipo de auditoría a realizar. En donde, el grado de amplitud del trabajo será el que determine la necesidad de realizar distintos tipos de mediciones, y la profundidad de las mismas (Chougule, 2016).

Instrumentos utilizados: los equipos de medición son instrumentos que pueden medir directamente diferentes variables como son: voltajes, corriente, potencia, flicker, energías, consumos máximos y mínimos de armónicos, factor de potencia, entre otras. Según López (s.f.), por lo general todos los equipos modernos de medición, disponen de la función de memorizar dichas mediciones de las variables configuradas.

Elaboración de informe: En esta etapa o fase se busca realizar una presentación de los resultados de forma clara y detallada al puntualizar las distintas variables registradas, en la cual debe constar toda la información conseguida a lo largo del estudio. Estos puntos que se deben presentar son: resumen ejecutivo, especificación de los resultados y conclusiones del trabajo (a3m, 2014).

1.5 Áreas donde se puede permitir la auditoría eléctrica

Una auditoría eléctrica se la puede realizar no solo en el sector privado, sino también en el sector público. Según Creara (s.f.), las áreas donde se puede realizar una auditoría eléctrica se observa en la Tabla 1.

Tabla 1: Áreas donde se puede realizar una auditoría eléctrica.

Fuente: Creara (s.f.)

Edificios residenciales o terciarios	Alumbrado Público	Instalaciones industriales	Comercios	Hoteles
Tasa de ahorro esperada: 15-25% (sin introducir solar térmica) Periodo de retorno simple: 2 a 4 años Tiempo de ejecución de la auditoría: 1 mes	Tasa de ahorro esperada: 25-35% Periodo de retorno simple: 3 a 5 años Tiempo de ejecución de la auditoría: 1 mes	Tasa de ahorro esperada: 5-20% Periodo de retorno simple: hasta 10 años Tiempo de ejecución de la auditoría: 1 a 3 meses	Tasa de ahorro esperada: 15-25% Periodo de retorno simple: 3 a 5 años Tiempo de ejecución de la auditoría: 1 mes	Tasa de ahorro esperada: 20-30% (sin introducir solar térmica) Periodo de retorno simple: 2 a 4 años Tiempo de ejecución: 1 mes

En la Tabla 1, se detalló las áreas en donde se puede realizar una auditoría eléctrica. En la cual, se observa los detalles de ahorro esperable para cada sector, el periodo de retorno y el tiempo de duración el cual se necesita para realizar un buen trabajo en cada zona.

1.6 El auditor energético

Un buen auditor según Escobar (2003), es aquel que realiza la auditoria en ocasiones incluso coordinando con un grupo de especialistas por la amplitud o complejidad de la instalación analizada, este deberá poseer una gran amplitud en los conocimientos necesarios que se necesitará para la realización de cálculos técnicos y económicos, así como la aptitud de realizar o dirigir las mediciones que sean necesarias.

Se dice que no es mejor auditor aquel que con más carga teórica habla sino el que sabe adaptarla tanto al caso práctico que le ocupa, como al cliente que tiene al frente (Dearde, James, Trader, 1999).

1.7 Normativa ISO 50001.

El propósito de esta Norma Internacional ISO 50001 es facilitar a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética y el uso y el consumo de la energía. La implementación de esta Norma Internacional está destinada a conducir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros impactos ambientales relacionados, así como de los costos de la energía a través de una gestión sistemática de la energía. Esta Norma Internacional es aplicable a organizaciones de todo tipo y tamaño, independientemente de sus condiciones geográficas, culturales o sociales. Su implementación exitosa depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización y, especialmente, de la alta dirección (ISO 50001, 2011).

La norma ISO 50001 para mejorar el desempeño energético requiere: la identificación, priorización y registro de oportunidades, incluyendo donde sea posible, fuentes energéticas potenciales, uso de energías renovables o alternativas, pero esta no establece ningún tipo de requisitos absolutos para el desempeño energético más allá del compromiso en la política energética de la organización y su obligación de cumplir con los requisitos legales y de otra índole que sean aplicables (Huang, 2011).

1.8 Políticas de Eficiencia Eléctrica en Ecuador

Para la promoción del programa de Políticas de Eficiencia Eléctrica en el Ecuador aplicados al Eje Residencial, Comercial y Público se han establecido tres importantes incentivos: Incentivo tarifario, financiamiento al usuario y el subsidio exclusivo para beneficiarios del Bono de Desarrollo Humano. Según el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos (2014), existen distintas políticas y lineamientos que controlan o regulan los sectores de producción de energía eléctrica como son:

Eficiencia energética en lámparas fluorescentes compactas (RTE¹ INEN² 036):

Con esta política se busca regular las importaciones de tal forma que solo se permita en el Ecuador la comercialización de lámparas fluorescentes compactas, es decir focos ahorradores (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2017).

Reemplazar equipos ineficientes, aplicar sistemas de cogeneración y adoptar la norma ISO 50001 en las industrias energo-intensivas: Se institucionalizará la gestión y la eficiencia energética en las industrias energo-intensivas, mediante la adopción de la norma ISO 50001, el recambio de equipos y la implementación de sistemas de cogeneración, así como por medio del reporte de consumos de energía al SINEE (Cárdenas, 2017).

Impulsar el desarrollo de un mercado de Empresas de Servicios Energéticos (ESCOs³) en el país: Se desarrollará un mercado de eficiencia energética mediante la creación de empresas orientadas a mejorar el uso de la energía eléctrica (ESCOs), las cuales implementarán medidas de mejora en el sector Industrial y su rédito será sobre los ahorros obtenidos por la disminución de consumo de energía en un tiempo o monto establecido, entre este tipo de empresas (ESCOs) y la industria (Cárdenas, 2017).

Fortalecer programas de recambio y etiquetado de electrodomésticos y equipos de alto consumo energético: Electrodomésticos y equipos eléctricos de alto consumo energético, que se comercializan en el país, que cuentan con etiqueta de eficiencia energética nacional (Cárdenas, 2017).

¹ RTE: Reglamento técnico ecuatoriano

² INEN: Instituto ecuatoriano de normalización

³ Empresas de Servicios Energéticos o Energy Service Companies

Eficiencia energética en artefactos de refrigeración de uso doméstico (RTE INEN 035): Promueve únicamente la comercialización de aparatos de refrigeración de rango energético de alto nivel, es decir un consumo de energía inferior al 55% de la medida (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2017).

Programa eficiencia energética para cocción por inducción y calentamiento de agua con electricidad en el sector residencial: Este programa busca sustituir el uso de gas licuado de petróleo (glp) por electricidad para la cocción de alimentos y el calentamiento de agua para uso sanitario en el sector residencial del país, mediante la introducción masiva de cocinas eléctricas de inducción de alta eficiencia y de equipos de calentamiento de agua (Cárdenas, 2017).

1.9 Perturbaciones eléctricas en edificaciones.

Según Llanos (2003), menciona que: en una auditoría eléctrica se puede encontrar diferentes tipos de perturbaciones. Entre las más importantes tenemos: Hueco de tensión, corte de tensión, sobre tensión, fluctuaciones de tensión, impulsos, armónicos, desequilibrio de tensión y variación de frecuencia.

En la Anexo A, se muestra un resumen de las perturbaciones que afectan al servicio eléctrico. Según IEEE Std. (1995), están clasificadas tanto en tipo como categoría que afectan a la calidad de onda.

1.9.1 Armónicos

Los armónicos son distorsiones de las ondas sinusoidales, que al encontrarse en el sistema eléctrico crea distintos inconvenientes tales como, el aumento de pérdidas de potencia activa, sobretensiones en los condensadores, errores de medición, mal funcionamiento de protecciones, daño en los aislamientos, deterioro de dieléctricos, disminución de la vida útil de los equipos, entre otros (RIOS, ARISTIZABAL, & GALLEGO, 2003).

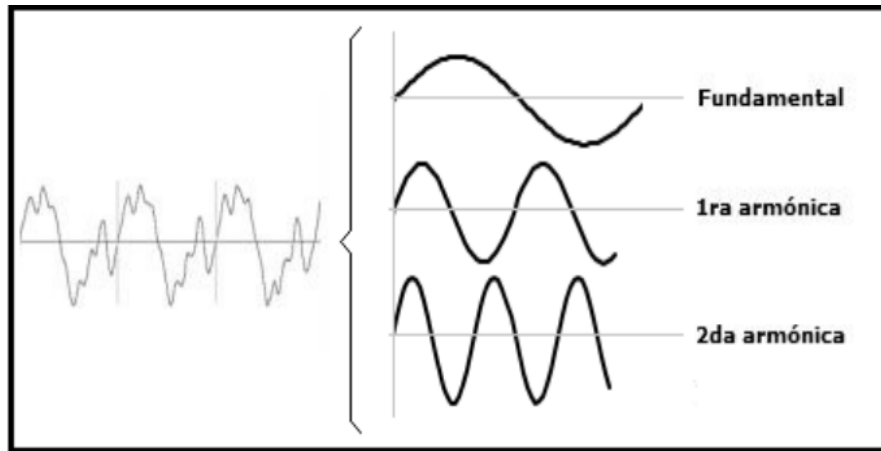


Ilustración 1; Armónicos en sistemas eléctricos

Fuente: Abundis, A. (2016). Causas y efectos de armónicos en sistemas electricos de potencia [imagen].

En la Figura 1, se puede observar algunos de los niveles de la distorsión armónica conjuntamente con una muestra en la forma de la onda según el nivel o tipo de armónico, este nivel de distorsión de los armónicos ha crecido en la actualidad por el aumento de dispositivos electrónicos conectados a la red.

Generalmente los armónicos se producen por cargas no-lineales que absorben corriente no sinusoidal. Según CIRCUITOR (2016), las cargas no lineales más comunes que se encuentran tanto en entornos industriales como domésticos, son las siguientes:

1. Variadores de velocidad/frecuencia
2. Lámparas de descarga (vapor de mercurio, de sodio, bajo consumo, fluorescentes)
3. Rectificadores
4. Convertidores C.A./C.C.
5. Soldadura por arco
6. Hornos de inducción
7. Ordenadores

1.9.2 Transitorios

Según Morini (2016), los transitorios son variaciones muy rápidas en la tensión o corriente, como picos u otro cambio muy rápido, que no duran por más de 1 o 2 ciclos. Son

potencialmente el tipo de perturbación energética más perjudicial, y se pueden dividir en 2 categorías:

Impulsivos. Se pueden definir como un cambio repentino a una frecuencia diferente a la fundamental, un cambio de la condición nominal de la tensión y de polaridad unidireccional (Apráiz, 2013).

Según la norma IEEE (2008), la característica principal de los transitorios impulsivos es su tiempo de duración y el tiempo de subida.

Oscilatorios. Consisten en una tensión o corriente en el cual su valor instantáneo cambia de polaridad rápidamente (Apráiz, 2013).

1.9.3 Variaciones de frecuencia

Son cambios en el ritmo de oscilación o frecuencia que nominalmente en nuestro país es de 60 Hz (hercios o ciclos por segundo). En condiciones normales no es posible tener una variación apreciable y permanente de la frecuencia de la red, debido a la interconexión en la que se encuentran los centros generadores. Esto se puede apreciar en áreas alimentadas con grupos electrógenos u otros independientes. Sin embargo, en ocasiones pueden producirse de forma transitoria cambios de frecuencia apreciables, estos cambios se producen principalmente como una consecuencia de cambios bruscos de grandes cargas y de los fenómenos de inestabilidad transitoria. FernandezFica (s.f.)

Si el sistema eléctrico se encuentra en condiciones normales, su capacidad de generación debe ser superior a la carga que existe en el mismo. Si llega a ocurrir algún tipo de irregularidad que aleje al sistema de su condición ideal, puede llegar a generar variaciones de la frecuencia que pueden provocar: (Canabal, 2014)

- Fallos en motores eléctricos.
- Problemas en filtros de armónicos.
- Sobreesfuerzos en turbinas de centrales.

La frecuencia está directamente relacionada con la velocidad de rotación de los generadores que componen el sistema. Usualmente se puede encontrar ligeras variaciones de frecuencia, esto se produce debido a la fluctuación del balance entre la generación y la demanda de potencia de un sistema. (Juan Campos et al., s.f.)

Si llega a producirse un cambio en el balance entre carga y generación, se crea una variación de frecuencia dentro de un sistema eléctrico de corriente alterna. La frecuencia se encuentra relacionada directamente con la velocidad de giro, o sea con el número de revoluciones por minuto de los alternadores. Para elaborar una idea dimensional de una variación de frecuencia, hace falta un cambio de carga de 1.200 MW para que se produzca una variación de frecuencia de 0,1 Hz (Votimum, 2004).

1.9.4 Variaciones lentas de voltaje

Son aquellas desviaciones del valor R.M.S. de la tensión, estas tienen un lapso de duración superior a un minuto. La norma ANSI C84.1, indica los niveles de tolerancia que soporta el voltaje en estado estable en un sistema de potencia. Para que una variación sea considerada de larga duración debe exceder el límite de la ANSI por más de un minuto. (Juan Campos et al., s.f.)

Una variación del voltaje de larga duración incluye las desviaciones rms en frecuencias de energía para más de un minuto. Existe dos tipos de variaciones de voltaje: de larga duración pueden ser sobre voltajes “overvoltages” o bajo voltajes “undervoltages”. Principalmente los sobre voltajes o bajo voltajes no son producidos por resultado de fallas en el sistema, si no son provocados por las variaciones de carga en el sistema y en el sistema de operaciones de conmutación (MORONI, 2016).

1.9.5 Variaciones rápidas de voltaje

Las variaciones de tensión de corta duración normalmente son originadas por las posibles fallas de un sistema eléctrico o energización de varios bloques de carga. Según las condiciones en que opere el sistema y la localización de las fallas, esta puede llegar a ocasionar depresión de tensión, una interrupción o incluso una elevación de tensión (Holguín & Gómez, 2010).

Las variaciones bruscas de tensión son variaciones del tipo errático, que pueden llegar a tener intervalos entre variaciones superiores a algunos segundos, estas por lo general se producen principalmente por la energización de cargas importantes, como son: el arranque de motores, la conexión (o desconexión) de bancos de baterías para corrección del factor de potencia o perfil de voltaje. (Pila & Zambrano, 2010)

En la Figura 2, se observa una onda de variación rápida de tensión.

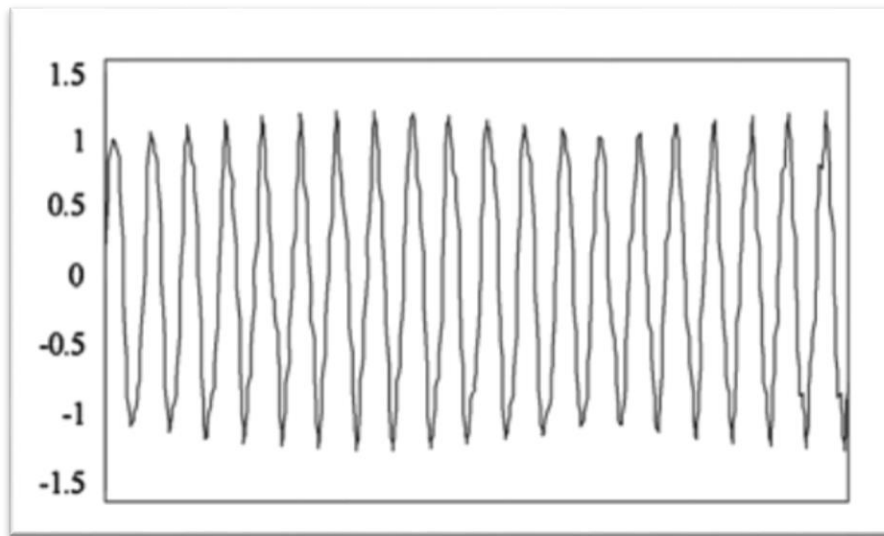


Ilustración 2; Variaciones rápidas de tensión

Fuente: Sánchez V. (2006). Perturbaciones en la red eléctrica [imagen].

En la Figura 2, se observa las fluctuaciones de onda variando muy rápidamente, pero este tipo de perturbaciones tienen como principal característica un tiempo corto de duración.

1.9.6 Huecos de tensión.

En un sistema eléctrico es muy común encontrar maniobras de arranque de motores, acoplamiento de transformadores a la red e inserción de condensadores que produce una alteración de la tensión. De la misma manera, en ocasiones el sistema eléctrico puede llegar a recibir impactos de rayos, que producen fallas entre fases o a tierra. En estos casos, la tensión sufre una brusca variación, que se transmite, atenuándose a todo el sistema (Cano, 2007).

Un hueco de tensión es una disminución brusca de la tensión de alimentación a un valor situado entre el 90% y el 1% de la tensión declarada, seguida de un restablecimiento de la tensión después de un corto lapso de tiempo. Por lo general un hueco de tensión dura entre 10 ms a 1 min. La profundidad de un hueco de tensión se la puede definir como la diferencia entre la tensión eficaz mínima durante el hueco de tensión y la tensión declarada. Se debe considerar que las variaciones de tensión que no logren reducir la tensión de alimentación a un valor mínimo del 90% de la tensión declarada no tiene la necesidad de ser considerada como huecos de tensión. (Monzón, 2013).

En la Figura 3, se observa un ejemplo en forma de onda de los huecos de tensión.

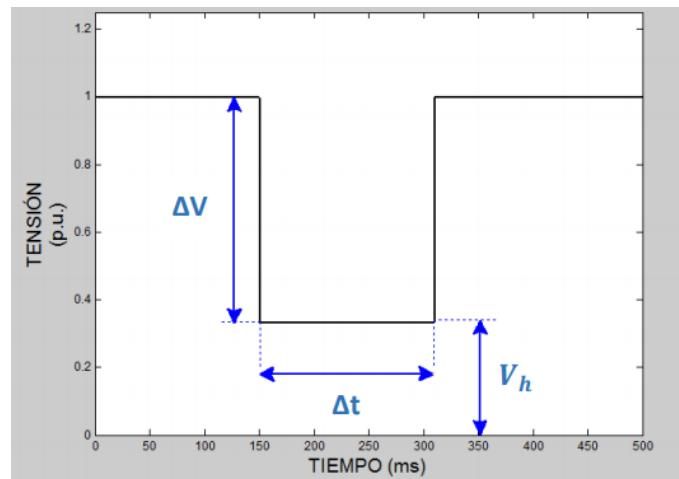


Ilustración 3; huecos de tensión

Fuente: Fuster V, García E. Methodology for evaluation of voltages sags [imagen].

Los huecos de tensión se producen por varias razones, para encontrar el origen de estos problemas debemos centrarnos en la operación brusca de cargas como los motores y los fallos en el sistema eléctrico, los más comunes son los cortocircuitos y disparos de los elementos de protección. Estos efectos se deben analizar principalmente bajo el concepto de tolerancia de cada equipo (Meléndez, Herraiz & Colomer, 2015).

1.9.7 Micro cortes

Un micro corte se lo puede considerar como una perturbación frecuente de la tensión normal de los equipos que utilizan electrónica de potencia, cuando la corriente es conmutada de una fase a otra. Durante este período ocurre un corto circuito entre las dos fases. Si el

efecto de corte ocurre continuamente es decir se encuentra en estado permanente, este puede ser caracterizado a través del espectro armónico. La principal fuente de cortes de tensión son los convertidores trifásicos. (Holguin, Gomezcoello, 2010).

Según la UNE-EN 50160, para que exista una interrupción de la alimentación, la tensión en los puntos de suministro deberá ser inferior al 1% de la tensión declarada. Por lo general la duración de un micro corte es de algunos mili segundos, es decir una duración menor a medio ciclo (Monzón, 2013).

En la Figura 4, se aprecia un ejemplo de onda en la cual ocurre micro cortes en diferentes zonas de la onda.

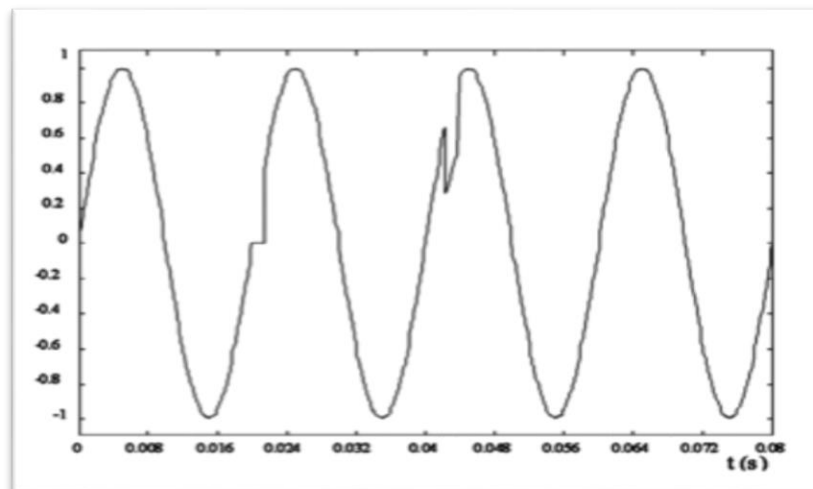


Ilustración 4; Micro cortes

Fuente: Sánchez V. (2006). Perturbaciones en la red eléctrica [imagen].

Los cambios de direcciones que se presentan en las ondas ya sean aumentando, disminuyendo o manteniéndose estacionario a través del tiempo, son los efectos que producen un micro corte en la homogeneidad de la onda.

1.9.8 Sobretensión

Le podemos llamar sobretensiones a los disturbios de larga duración que crean aumentos en la tensión, generalmente podemos encontrarlos en los taps del transformador cuando no están debidamente configurados, esto produce una reducción de la carga por el

uso de la energía fuera de temporada. La sobretensión crea un uso de la corriente muy elevada que hace disparar a los disyuntores aguas abajo incluyendo el sobrecalentamiento y sobre carga de equipos. (López, 2015)

En la Figura 5, se observa un incremento del voltaje rms, y un aumento en la forma de onda la cual ocurre a una frecuencia fundamental, en donde el tiempo de duracion es mayor a dos segundos, tal como se muestra en la Figura 5.

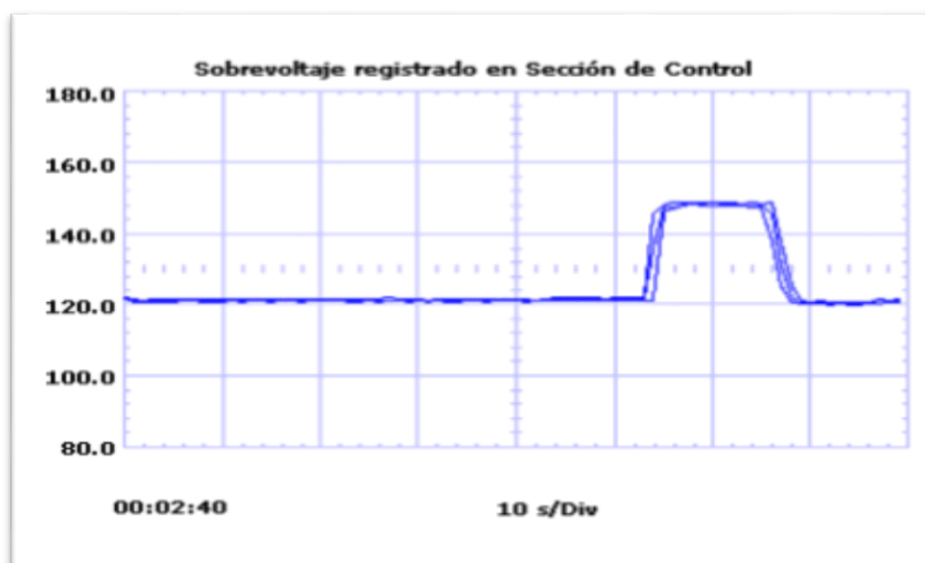


Ilustración 5; Sobrevoltaje en seccion de control

Fuente: Flores Z. (2008). Factores que afectan la calidad de la energía y su solución.

Las sobretensiones por lo general suelen ser más constantes, el calor excesivo puede servir como un indicador externo de una sobretensión. Los equipos (bajo condiciones ambientales y de uso normales), que usualmente producen una cierta cantidad de calor, debido al estrés causado por una sobretensión tiende a aumentar su salida calorífica. (Seymour, Horsley, 2005)

1.9.9 Flicker Pst

El efecto flicker Pst es conocido como el fenómeno por el cual se llegan a producir perturbaciones que son introducidas durante la generación, transmisión o distribución de energía, la aparición de este efecto principalmente se produce por el uso de grandes cargas

fluctuantes, en otras palabras, son las cargas en las cuales la demanda de potencia activa o reactiva fluctúa rápidamente. (Ferreyra, Gudiño, & Sada, 2013)

Las frecuencias que se considerarán como efecto flicker dependen de la tensión y frecuencia nominal de red. Para los sistemas de 50 Hz el rango de flicker es de 0,05 hasta 35 Hz a 230 V de tensión nominal y para 60Hz es de 0,05 Hz hasta 42 Hz a 120 V. (Legarrete, Gómez, & D'Attellis, 2006)

Según Pila y Zambrano (2010) en la norma CEI-868, la severidad del parpadeo flicker se lo expresa en función de dos parámetros: El Pst (corta duración) y el Plt (larga duración), tanto el Pst y el Plt son unidades de medida del flicker y no tienen dimensiones.

Cuando la severidad del parpadeo flicker en cualquier instalación supera los límites admisibles que se han estipulado en la normativa, o al menos adquiere valores preocupantes, resulta importante reducir la amplitud de las fluctuaciones rápidas de tensión asociadas (Ferreyra, Gudiño, & Sada, 2013).

CAPITULO II

Planificación metodológica de la auditoría.

2.1 Introducción

La planificación metodológica es una elaboración de un plan de trabajo que se utiliza para cumplir con las metas planteadas en un tiempo determinado. Tener una planificación es el primer paso antes de llevar a cabo una auditoría eléctrica, en este punto se coordinan las actividades, la disponibilidad de herramientas, equipos y el recurso humano necesario para cumplir con el trabajo. (Ortegón, 2005)

Para iniciar la planificación del presente trabajo se considera lo siguiente:

- Realizar una revisión exhaustiva a las instalaciones con el fin de obtener información actualizada.
-
- Analizar la información recaudada y de existir algún inconveniente previo, planificar la solución al problema.

El propósito de realizar una planificación metodológica en el presente proyecto fue facilitar el cumplimiento de los objetivos. Para lo cual, se sigue un proceso o fases las cuales ayudarán a realizar el trabajo de forma ordenada, clara y precisa. Según Certificados Energéticos (2016), las metas que ayudarán a cumplir la planificación serán:

- Organizar el tiempo en que se realizará el trabajo de auditoría.
- Determinar recursos necesarios a utilizar.
- -Programar la disponibilidad del supervisor para realizar la instalación.
- Determinar que instalaciones tienen acceso para el trabajo.

Al realizar una planificación se la debe elaborar de forma clara y precisa para mantenerse constante en el tiempo planificado. Pero a su vez una planificación debe ser adaptable a cualquier modificación que ocurra durante la ejecución de la auditoría, puesto que

de este punto dependerá la efectividad y precisión en el cumplimiento de los objetivos planteados del trabajo (Certificados Energéticos, 2016).

Se debe tener en cuenta que existen muchos procedimientos para llevar a cabo una auditoría eléctrica dependiendo de: el tipo de auditoría, de la profundidad del trabajo, del tiempo de disponibilidad, de las características del equipo y de los objetivos planteados.

Por lo general, se puede encontrar distintos procedimientos en los cuales existe una similitud en algunas etapas, a pesar de esto las actividades a realizar en cada una de ellas no siempre son iguales en su totalidad. De tal manera, en otros procedimientos se puede encontrar que una etapa abarca algunas actividades que por lo general se realizan en varias etapas.

Para la elección de las etapas que se utilizó en el presente trabajo, se realizó un cuadro comparativo de los distintos procedimientos investigados para llevar a cabo una auditoría eléctrica. En la Tabla 2, se observa los distintos procedimientos que se puede seguir al momento de realizar una auditoría, los cuales sirvieron como guía para crear el procedimiento que se usó en el presente trabajo.

Tabla 2: Procedimientos para realizar una auditoría eléctrica.

Fuente: Adaptado Autor

TIPOS DE PROCEDIMIENTOS PARA REALIZAR UNA AUDITORÍA ELÉCTRICA			
Según la página web Construction21 de España Fuente: www.construction21.org/espana/	Guía rápida para realizar una auditoría. Fuente: (Rivas, 2016)	Según Ramón Rosas. OLADE. Fuente: www.olade.org	Según la página web de OVANCE. Fuente: ovacen.com/auditorias-energeticas-fases-y-desarrollo/
Recopilatorio de información sobre el edificio y planificación de la auditoría.	Visita Inicial al Edificio y Recopilación de Información	Planificar los recursos y el tiempo	Recogida de datos y planificación de la auditoría.
Visita al inmueble: Estado actual, pruebas y comprobaciones.	Trabajo de Campo	Recopilar datos en sitio	Medidas y registro de factores relacionados con el balance energético.
Estudio y análisis del comportamiento energético	Informe final	Toma de mediciones	Estudio del balance energético.
Propuestas de mejora		Análisis de datos	Análisis para la mejora del comportamiento energético del edificio.
Estudio de viabilidad económica		Estimación del potencial de ahorro	Resultados finales y emisión de informe
Emisión del informe		Elaboración del reporte técnico	

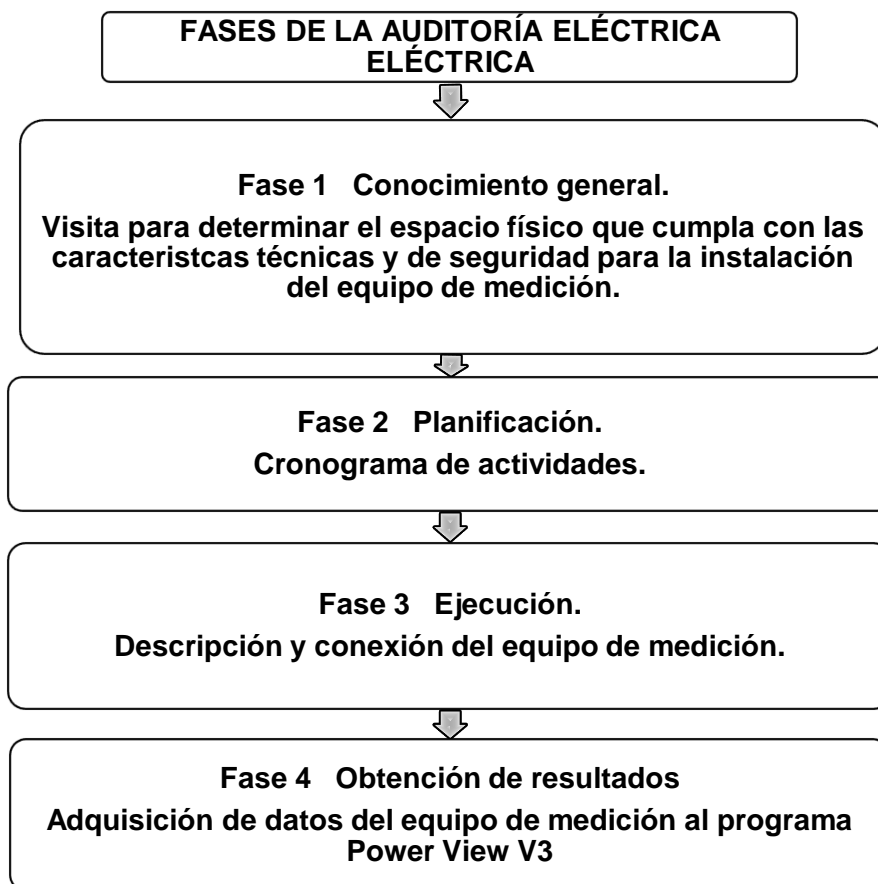
Como se observa en la Tabla 2, existen distintos procedimientos para realizar una auditoría eléctrica en los edificios de la UTN, de acuerdo con el requerimiento del autor para el presente proyecto se creó un procedimiento basado en las experiencias de los autores que permitió realizar la auditoría eléctrica de una forma fácil, completa y ordenada.

2.2 Fases de la planificación

La planificación de la auditoría eléctrica propuesta para este proyecto se basa en cuatro fases que se indican a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3: Fases de una auditoría.

Fuente: Adaptado Autor



En la Tabla 3, se observa las fases que se llevaron a cabo en el proyecto “Auditoría eléctrica en el campus universitario UTN”. Cada fase se conformó de una serie de actividades que ayudaron a agilizar y llevar el proyecto de forma fácil, completa y ordenada.

Por lo general las fases de una auditoría se ajustan a las metas planteadas o requerimientos solicitados. De esta manera, las fases utilizadas son las necesarias para cumplir con los objetivos planteados en este proyecto. Las actividades que se realizaron en cada fase se las indica a continuación:

2.2.1 Fase 1. Conocimiento genera

Actividad. Visita y observación de las edificaciones a auditar.

Esta actividad principal se refiere a los trabajos previos a la medición, conformada por serie de subactividades de acuerdo con las características eléctricas de las edificaciones para la conexión del equipo de medición y recopilación de datos.

Las subactividades desarrolladas fueron:

- a) Coordinar la o las visitas con el funcionario público responsable de la parte eléctrica de las edificaciones de la UTN.
- b) Realizar una primera visita en compañía del funcionario público para verificar la ubicación y disponibilidad de espacio físico en los tableros de control para la instalación de los equipos de medición.
- c) Buscar alternativas de no ser el caso el anterior para la instalación del equipo de medición.
- d) Verificar que las conexiones del tablero de distribución cumplan con las especificaciones del diseño.
- e) Adecuación de las instalaciones internas del tablero de distribución para la alimentación del equipo de medición.

Una vez cumplida la primera fase y desarrollado las actividades planteadas en cada edificación a auditar se observó que:

- Los tableros de control de las facultades FACA E, FECYT, FICA y FICAYA, brindan un fácil acceso y un amplio espacio para realizar la instalación del equipo de medición.
- Los tableros de control de las edificaciones FCCSS y CAI, están ubicados a la intemperie, su estado físico no presenta las garantías técnicas y de seguridad para la instalación del equipo de medición.

Para la puesta en operación del equipo de medición se realizó algunas actividades y adecuaciones como fueron:

1. Ubicar las fases de alimentación al tablero de distribución.
2. Identificar un espacio físico adecuado para la instalación del equipo de medición, que garantice un fácil acceso para la toma de lecturas eléctricas.
3. Señalizar cada una de las fases para la conexión del equipo de medición.

2.2.2 Fase 2. Planificación.

Actividad. Cronograma de actividades.

En esta actividad se elaboró un plan de trabajo a seguir durante la ejecución del proyecto, el mismo que ha considerado el aprovechamiento de recursos humanos y tecnológicos, sustentado en información obtenida durante la primera fase de la auditoria.

Al planificar el cronograma de actividades se consideró que cada edificación cumpla con las siguientes condiciones:

- Una normal afluencia de estudiantes durante el tiempo de adquisición de datos del equipo de medición.
- Disponibilidad del equipo de medición.
- Disponibilidad del supervisor.
- No exista planes de mantenimiento eléctrico que produzcan una desconexión del servicio eléctrico en la edificación a auditar.

En la Tabla 4, se observa la planificación del cronograma de actividades, la cual se coordinó con la participación del Ingeniero Supervisor del trabajo.

Tabla 4: Planificación de la auditoria

Fuente: Autor

Edificación	Fecha de inicio de auditoria	Fecha de culminación de auditoria	Supervisor o Responsable	Tarea	Sub- tareas
Facultad de ingeniería en ciencias agropecuarias y ambientales (FICAYA).	18-05-2018 09:30 am	25-05-2018 10:00 am	Ing. Richard Recalde	Conexión de equipo de medición en el tablero de control.	
Facultad de ingeniería en ciencias aplicadas (FICA).	25-05-2018 11:00 am	01-06.2018 11:30 pm	Ing. Richard Recalde	Conexión de equipo de medición en el tablero de control.	
Facultad de ciencias administrativas y económicas (FACAE).	01-06-2018 09:30 am	08-06-2018 10:00 am	Ing. Richard Recalde	Conexión de equipo de medición en el tablero de control.	
Facultad de educación, ciencia y tecnología (FECYT).	08-06-2018 10:45 am	15-06-2018 11:30 am	Ing. Richard Recalde	Conexión de equipo de medición en el tablero de control.	
Facultad de ciencias de la salud (FCCSS).	15-06-2018 12:30 pm	22-06-2018 02:30 pm	Ing. Richard Recalde	Conexión de equipo de medición.	Adecuación de la zona de conexión del equipo de medición en el tablero de control de la facultad
Centro académico de idiomas (CAI).	22-06-2018 03:00 pm	29-06-2018 05:00 pm	Ing. Richard Recalde	Conexión de equipo de medición.	Adecuación de la zona de conexión del equipo de medición en el tablero de control de la facultad

El cronograma de actividades planificado puede tener modificaciones en aspectos puntuales como: orden de instalación del equipo, fecha de inicio y fin de la instalación del equipo de medición.

La actividad que no puede modificarse es la desconexión del equipo de medición antes del tiempo mínimo establecido de siete días para realizar una auditoría eléctrica.

Las razones que podrían obligar a que el proceso de medición se reinicie desde el primer día son:

- Si el equipo de medición tiene desconexiones prolongadas de alguno de sus elementos.
- Si las actividades estudiantiles dentro de la edificación a auditar se detienen en su totalidad por un tiempo mayor a veinticuatro horas.
- Si existe un corte en el abastecimiento del suministro eléctrico mayor a veinticuatro horas

2.2.3 Fase 3. Ejecución.

Actividad. Descripción y conexión del equipo de medición

a) Descripción del equipo de medición

Para realizar la auditoría eléctrica en el Campus Universitario UTN, el equipo utilizado es un analizador de redes modelo MI 2792 Power Q4. En la Figura 6, se observa el instrumento utilizado para realizar las mediciones.



Ilustración 6; Analizador de redes

Fuente: METREL. (2013). Análisis de calidad de la energía. [Imagen].

Las características más importantes del equipo de medición son:

- 4 canales de tensión con una amplia escala de medición; 0 + 1000Vrms.
- 4 canales de tensión con posibilidad de reconocimiento automático de pinzas y selección de escala en el instrumento.
- 8 canales simultáneos – conversión AD de 16 bit para obtener mediciones de potencia.
- Registrador potente y fácil de utilizar con 8MB de memoria y posibilidad para registrar 524 firmas de calidad de las energías diferentes.
- Medición y registro de inter armónicos y señalización de red.
- Potentes herramientas de localización de problemas: registrador de sobretensiones transitorias, corriente de arranque y formas de onda.
- Captura de eventos de tensión y alarmas definidas por el usuario. (METREL, 2011)

b) Conexión del equipo de medición

El proceso realizado para la instalación del equipo de medición fue:

1. Configurar el diagrama de conexión para la adquisición de datos, para este proyecto la selección realizada es de un sistema trifásico de cuatro hilos, como se observa en la Figura 7.

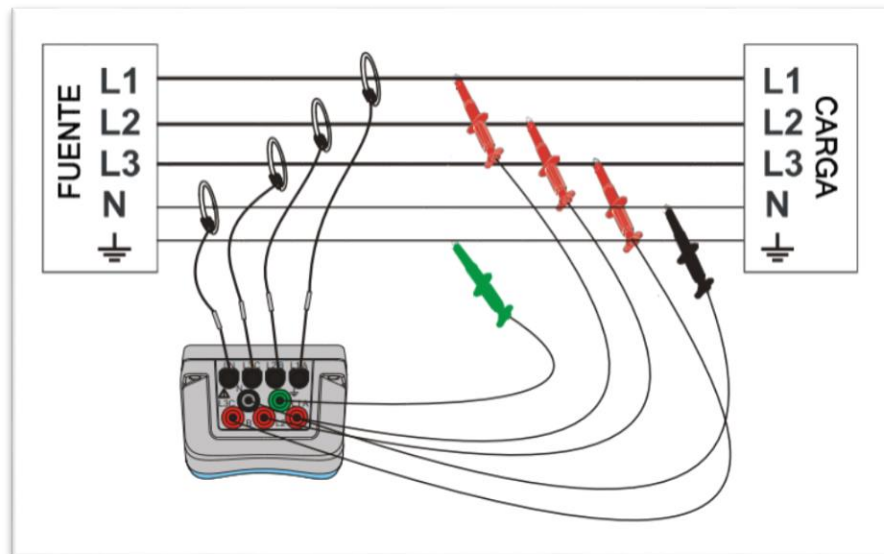


Ilustración 7; Sistema trifásico de 4 hilos.

Fuente: METREL. (2013). PowerQ4 y PowerQ4 Plus. Manual de funcionamiento. [Imagen].

2. Configurar las variables de medición como: flicker Pst, armónicos, niveles de voltaje, corriente, factor de potencia y cargas consumidas, como se observa en la Figura 8.

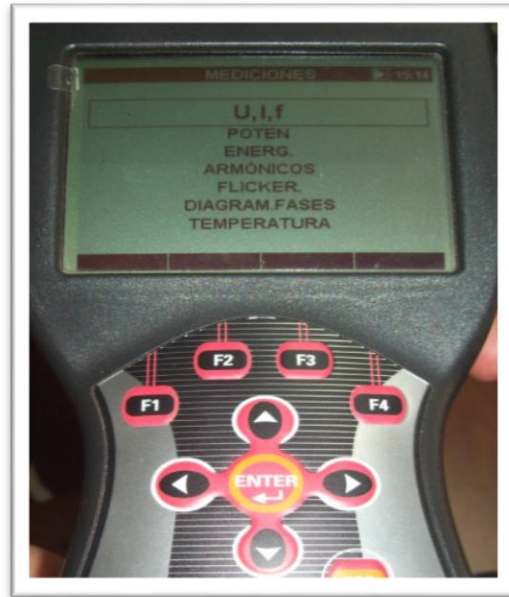


Ilustración 8; Equipo de medición

Fuente: Autor

3. Realizar la instalación del equipo de medición en el tablero de control de cada edificación por un tiempo mínimo de siete días, como se observa en la Figura 9.



Ilustración 9; Conexión del equipo de medición.

Fuente: Autor

2.2.4 Fase 4. Obtención de resultados

Adquisición de datos del equipo de medición al programa Power View V3.

Al finalizar el tiempo de medición se procede a descargar los datos al computador para ser analizados en el programa Power View V3, el cual permite realizar un análisis detallado de los datos grabados, la lectura directa desde la tarjeta de memoria micro SD, el análisis de registros a largo plazo y la creación automática de informes de pruebas profesionales.

En la Figura 10, se observa una muestra de los valores numéricos adquiridos al programa Power View V3.

The screenshot displays the Metrel PowerView v3 software interface. The main window shows a data table with the following columns: Time, U1 (Min [V], Pro [V], ProAct [V], Max [V]), U3 (Min [V], Pro [V], ProAct [V], Max [V]), and I2 (Min [kA], Pro [kA], ProAct [kA]). The data is organized into a tree view on the left, showing 'Registro General (R1) [12/06/18 10:45:00]' with sub-items for 'U/I/f', 'Tensión', 'Corriente', 'Frecuencia', 'Factor de cresta de tension', 'Factor de cresta corriente', 'Power & Energy', 'Consumida (+)', and 'Potencia y energía activa'. The table contains 20 rows of data, each representing a measurement at a specific time.

	U1				U3				I2		
	Min [V]	Pro [V]	ProAct [V]	Max [V]	Min [V]	Pro [V]	ProAct [V]	Max [V]	Min [kA]	Pro [kA]	ProAct [kA]
12/06/2018 10:54:59.922	125.000	125.800	125.800	126.600	126.800	128.000	128.000	128.600	0.039	0.044	0.044
12/06/2018 11:04:59.993	124.800	125.600	125.600	126.400	126.900	128.000	128.000	128.600	0.040	0.042	0.042
12/06/2018 11:14:59.866	124.700	125.800	125.800	126.500	126.400	127.800	127.800	128.500	0.036	0.044	0.044
12/06/2018 11:34:59.908	125.200	126.000	126.000	126.700	126.700	127.600	127.600	128.300	0.035	0.038	0.038
12/06/2018 11:44:59.856	125.200	126.000	126.000	126.700	126.900	127.800	127.800	128.600	0.034	0.039	0.039
12/06/2018 11:54:59.847	125.200	126.200	126.200	126.800	126.900	128.200	128.200	128.900	0.034	0.037	0.037
12/06/2018 12:04:59.905	125.100	126.200	126.200	126.900	127.000	128.000	128.000	128.700	0.032	0.038	0.038
12/06/2018 12:14:59.913	125.700	126.600	126.600	127.300	127.300	128.400	128.400	129.300	0.032	0.038	0.038
12/06/2018 12:24:59.946	126.000	126.800	126.800	127.400	127.900	128.800	128.800	129.500	0.034	0.036	0.036
12/06/2018 12:34:59.856	125.100	127.000	127.000	127.800	127.400	129.200	129.200	130.000	0.034	0.036	0.036
12/06/2018 12:44:59.843	126.300	127.200	127.200	128.000	128.600	129.400	129.400	130.100	0.032	0.036	0.036
12/06/2018 12:54:59.929	126.600	127.600	127.600	128.100	128.200	129.400	129.400	130.100	0.024	0.036	0.036
12/06/2018 13:04:59.924	126.700	127.800	127.800	128.200	128.400	129.600	129.600	130.100	0.023	0.030	0.030
12/06/2018 13:14:59.883	126.800	128.000	128.000	128.800	128.500	129.600	129.600	130.200	0.020	0.032	0.032
12/06/2018 13:24:59.933	126.800	127.800	127.800	128.500	128.400	129.600	129.600	130.300	0.018	0.023	0.023
12/06/2018 13:34:59.831	126.500	127.800	127.800	128.400	128.300	129.600	129.600	130.400	0.018	0.023	0.023
12/06/2018 13:44:59.845	126.900	127.800	127.800	128.600	128.300	129.400	129.400	130.100	0.020	0.023	0.023
12/06/2018 13:54:59.891	126.900	127.800	127.800	128.400	128.500	129.400	129.400	130.100	0.020	0.025	0.025
12/06/2018 14:04:59.938	126.300	127.600	127.600	128.300	128.400	129.400	129.400	130.100	0.020	0.027	0.027
12/06/2018 14:14:59.985	126.600	127.400	127.400	127.900	128.100	129.000	129.000	129.600	0.020	0.030	0.030

Ilustración 10; Datos numéricos de la medición.

Fuente: Autor

El Programa Power View V3, además de mostrar los valores de las mediciones de todas las variables configuradas en forma numérica, brinda la opción de observar los mismos datos en forma de onda, como se observa en la Figura 11.

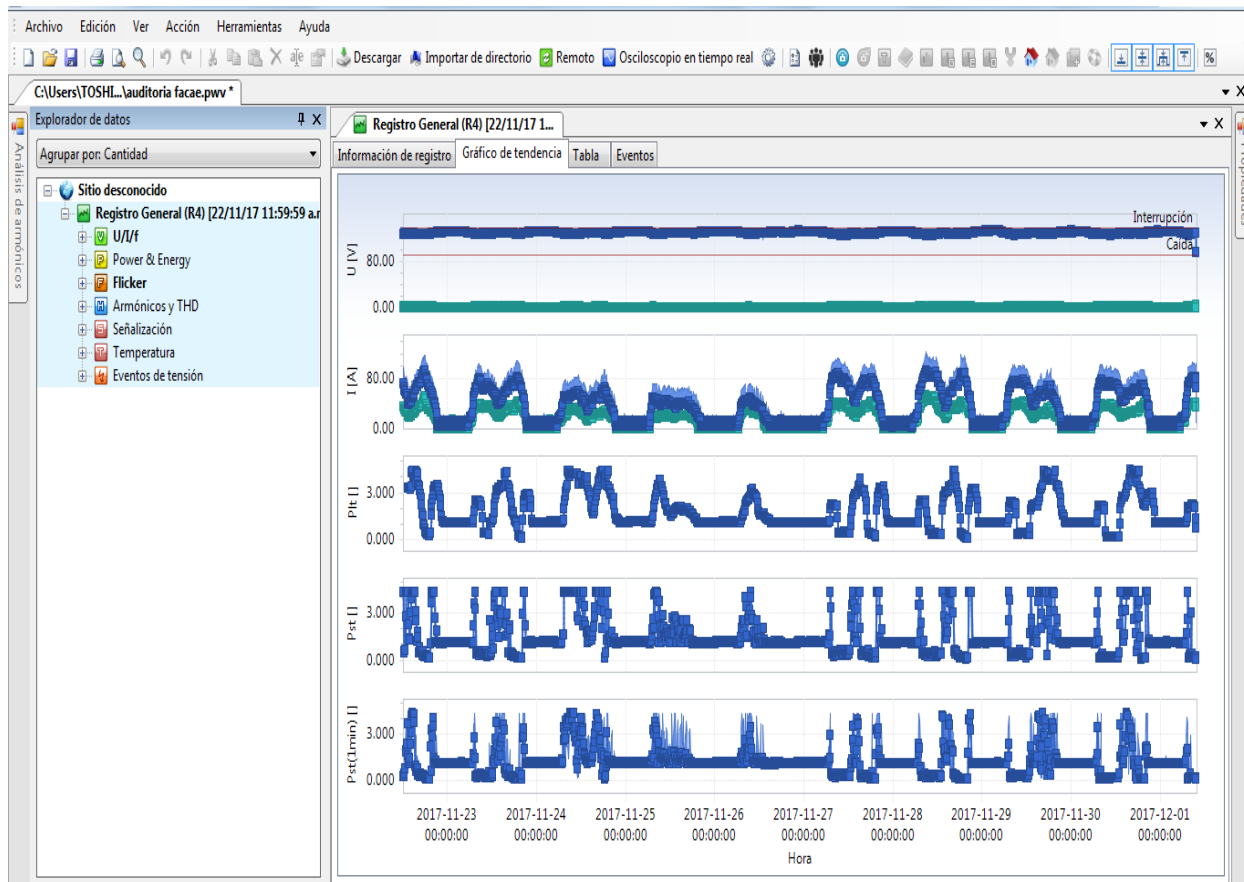


Ilustración 11; Daros en forma de onda.

Fuente: Autor

En la Figura 11, se observa los datos en forma de onda de algunas variables, su comportamiento a través del tiempo de medición permitiendo verificar los valores mínimos y máximos obtenidos durante el registro.

CAPITULO III

Estudio técnico de las edificaciones de la UTN.

3.1 Indicaciones generales.

En este capítulo se presenta un resumen de los datos registrados en cada edificación, teniendo en cuenta los niveles admisibles según la regulación 004/01 emitida por el CONELEC.

En la Tabla 5, se observa los indicadores de calidad del servicio eléctrico normalizados y sus límites, según la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC, que fueron considerados para el estudio del proyecto.

Tabla 5: Resumen de los indicadores de calidad y sus límites

Fuente: CONELEC. (2016). Calidad de servicio eléctrico de distribución.

Perturbaciones	Límites
Nivel de tensión	$\pm 8\%$ Vn. En la zona urbana
Flicker	1 en el 5% de tiempo de muestreo
Factor de potencia	0.92
Distorsión armónica de tensión	8%
Desbalance de corrientes	3% máximo

Conjuntamente con el análisis de los resultados obtenidos de las mediciones en cada edificación, se debe tomar en cuenta las características eléctricas y condiciones actuales de las instalaciones del tablero de control:

- Protecciones eléctricas
- Calibre del conductor de alimentación.
- Tipo de aislante del conductor de alimentación
- Puestas a tierra de la edificación a auditar
- Tuberías para transportar el conductor de alimentación
- Número de circuitos.

El tablero principal de distribución contiene para cada planta o piso dos circuitos, uno para alimentación y otro para iluminación.

3.2 Informe de resultados de las edificaciones auditadas.

A continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos en la auditoría eléctrica de las variables analizadas, los valores máximos, mínimos y promedios registrados durante la medición. Además, se presenta un análisis de los resultados comparados con los establecidos en la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC.

3.2.1 Informe de auditoría eléctrica de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA).

Durante la tercera y cuarta semana del mes de mayo del año 2018 se instaló un equipo de medición (analizador de redes) en el tablero de control de la FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, ubicada en el cantón de Ibarra, Provincia de Imbabura. El equipo permaneció en el sitio 9 días y 23 horas, registrando datos de todas las variables como son: voltajes, corrientes, armónicos, potencias, flicker Pst y factor de potencia en un lapso de tiempo de cada 10 minutos con un total de 1434 registros.

En la Tabla 6, se detallan las características eléctricas de protección y alimentación que tiene el tablero de control.

Tabla 6: Características eléctricas de la FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

Fuente: Autor

Protecciones	200 A/ fase en la alimentación principal
Calibre del conductor	2/0 / fase de alimentación principal
Tipo de aislante	THHN
Puestas a tierra	Sistema de red o malla
Tuberías	Tuberías de acero de dos pulgadas
Número de circuitos secundarios (10)	5 Para alimentación 5 Para iluminación

Estas características se obtuvieron a través de una observación a las instalaciones eléctricas en la zona de trabajo y mediante información brindada por personal de mantenimiento de la Universidad. En la Figura 12, se muestra el diagrama de flujo del tablero de control.

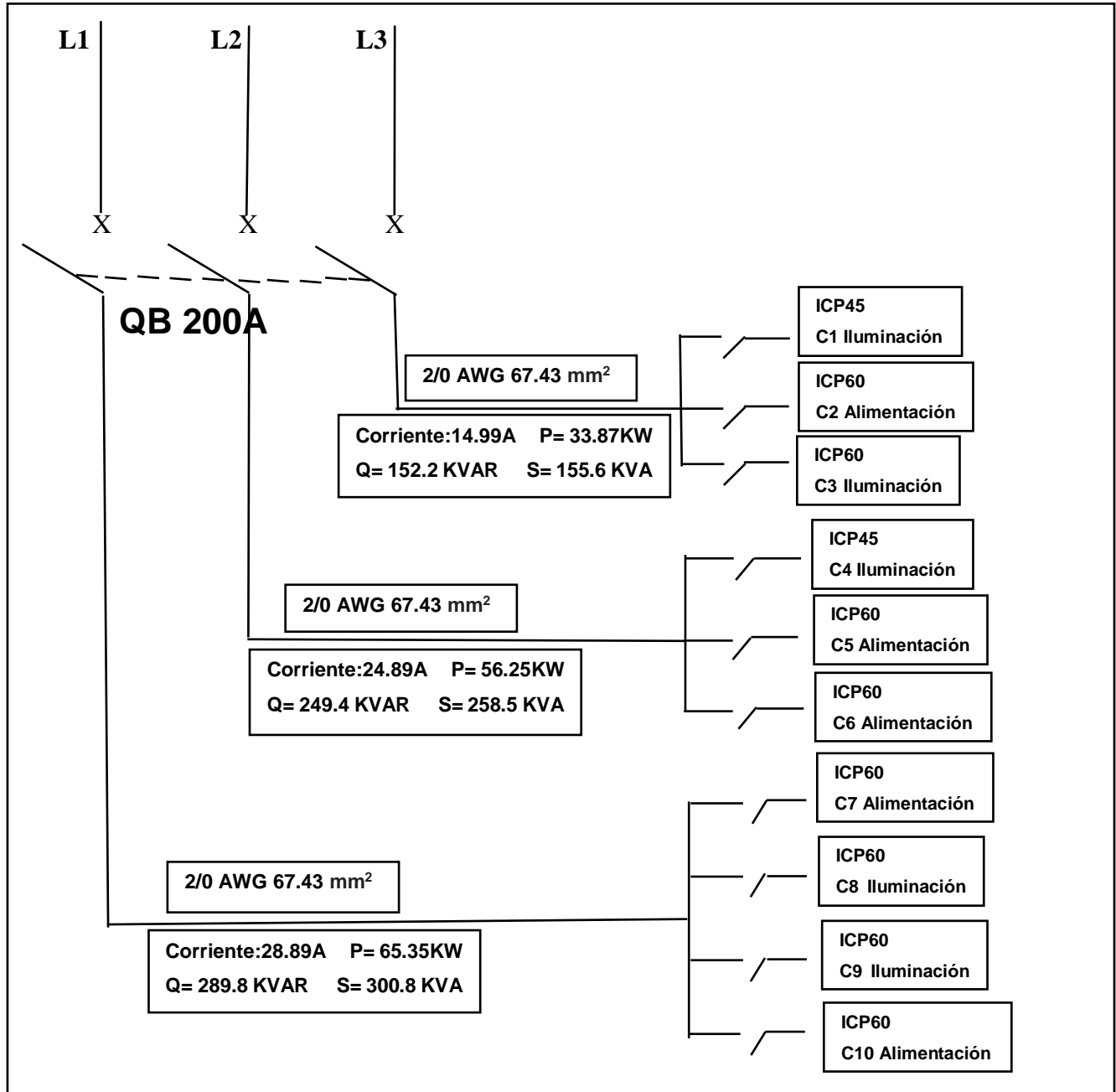


Ilustración 12; Diagrama de flujo de tablero de control de la FICAYA.

Fuente: Autor

Los valores que se muestran en la Figura 12, representan los datos adquiridos de corrientes y potencias consumidas (activa, reactiva y aparente) para cada fase durante el registro de medición, los dimensionamientos de las protecciones eléctricas tanto principal como para cada circuito. En la Tabla 7, se muestran las especificaciones técnicas de los elementos principales del tablero de control.

Tabla 7: Características técnicas de los elementos del tablero de control.

Fuente: Autor

Características técnicas de los elementos principales del tablero de control							
Protección principal (Breaker 200 A)		Protección secundaria (Breaker 60 A)		Protección secundaria (Breaker 45 A)		Conductor	
Nombre del producto	Compact NSX	Nombre del producto	60	Nombre del producto	45	Material	Cobre
Tipo de producto o componente	Interruptor de circuito	Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura	Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura	Calibre AWG	2/0
Aplicación de dispositivo	Distribución	Aplicación de dispositivo	Distribución	Aplicación de dispositivo	Distribución	Sección mm ²	67,43 mm ²
Descripción de los polos	3P	Descripción de los polos	1P	Descripción de los polos	1P	Número de hilos por diámetro	19x2,12
Descripción de polos protegidos	3t	Descripción de polos protegidos	1	Descripción de polos protegidos	1	Espesor aislamiento	1.27 mm
Frecuencia de red	50/60 Hz	Frecuencia de red	50/60 Hz	Frecuencia de red	50/60 Hz	Espesor chaqueta	0.18 mm
Corriente nominal (In)	100 A (40 °C)	Corriente nominal (In)	1 A at 30 °C	Corriente nominal (In)	1 A at 30 °C	Diámetro exterior	13.5 mm
Tensión nominal de aislamiento	800 V AC 50/60 Hz	Tipo de red	CA DC	Tipo de red	CA DC	Capacidad de corriente para 1 conductor al aire libre	300 A
Resistencia a picos de tensión	8 kV	Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético	Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético	Capacidad de corriente para 3 conductores en Conduit	195 A
Tensión de funcionamiento nominal	690 V AC 50/60 Hz	Apto para seccionamiento	Si conforme a IEC 60947-2	Apto para seccionamiento	Si conforme a IEC 60947-2	Tipo de cable	THHN

En la Tabla 7, se muestra las especificaciones técnicas principales de los elementos como: protección principal, protección para cada circuito y el calibre del conductor de alimentación al tablero del control.

1. Análisis de Flicker Pst

El reporte de medición indica que el efecto flicker Pst, incumple con la Regulación 004/01 en un 100% de sus valores registrados. En la Tabla 8, se describe los resultados obtenidos del efecto durante la medición realizada.

Tabla 8: Análisis del efecto flicker Pst.

Fuente: Autor

FLICKER Pst		
Referencia según la Regulación 004/01		
Límite Pst. 1pu	Número de muestras 1422	
Valores registrados en la medición		
Valor máximo 4.402	Valor promedio 2.2	Valor mínimo 1.224
Muestras dentro del límite 0 0%	Muestras fuera del límite 1422 100%	

La medición del efecto flicker fue realizada en una cantidad de 1422 eventos, en los cuales se constató que todas las muestras superaron el límite establecido por la Regulación 004/01. El valor máximo registrado en la medición fue de 4.402, mientras que el valor mínimo fue de 1.224, lo que muestra que durante todo el período de medición la variable estuvo sobre los límites indicados en la Regulación.

Estos altos valores en las mediciones del efecto flicker pueden ser ocasionadas por la conexión de grandes motores de inducción, los cuales se encuentran en equipos de refrigeración ubicados en los laboratorios de la facultad. Estos equipos tienen una capacidad entre 4HP y 5HP y al estar en pleno funcionamiento tienen una capacidad de consumo alrededor de 25 Amperios.

2. Análisis de voltaje

El reporte de medición de esta variable muestra un incumplimiento mínimo en las fases A y B, mientras que en la fase C no se presentó ningún problema con los valores registrados durante la medición. Los resultados obtenidos se resumen a continuación en la Tabla 9.

Tabla 9: Análisis de tensión

Fuente: Autor

Niveles de voltaje		
Límite admisible en el sector urbano según la Regulación 004/01		
Voltaje mínimo admisible (-8%) 116.84 V	Voltaje máximo admisible (8%) 137.16 V	
Valores registrados durante la medición		
Voltaje mínimo registrado 113.3 V (fase B)	Voltaje máximo registrado 139.2 V (fase A)	
Número de muestras fuera del límite		
Número de muestras por fase 1434	Menor al límite inferior 23	Mayor al límite superior 21
Incumplimiento con la Regulación 004/01		
Fase A 24 1.67%	Fase B 20 1.39%	Fase C 0 0%

Se realizó la medición de 1434 eventos para cada fase, se constató que 23 mediciones estuvieron por debajo del límite inferior y 21 mediciones por encima del límite superior. El voltaje máximo medido fue de 139.2V en la fase A, mientras que el voltaje mínimo fue de 113.3V en la fase B.

Los resultados obtenidos durante la medición muestran pequeñas variaciones fuera de los límites establecidos como son:

1. Los valores menores al límite inferior tienen una variación máxima del 3%.
2. Los valores mayores al límite superior tienen una variación máxima del 1.5%.

Según López (1997), las razones que provocan una variación en el nivel de voltaje son: un cambio momentáneo en la carga, por descargas atmosféricas, cortocircuitos y contactos a tierra de sus fases.

3. Análisis de corriente

Los registros de medición indican un desbalance de cargas superior al límite establecido y un valor considerablemente alto de la corriente del neutro. En la Tabla 10, se observa un resumen de los valores obtenidos.

Tabla 10: Análisis de corriente

Fuente: Autor

Corrientes				
Referencia según la Regulación 004/01	Valores registrados durante la medición en amperios (A)			
Límite admisible	Fase A	Fase B	Fase C	Neutro
3%	28.9	24.89	14.99	8.52
Desbalance de cargas por fases				
Fase A-B: 13.87%	Fase B-C: 39.77%		Fase A-C: 48.13%	

Al analizar los resultados se constató que existe un desbalance de cargas entre las tres fases, la cual se creó por el cambio y aumento de laboratorios de computación en la edificación, los cuales no tienen una planificación previa para realizar estas actividades. La razón de que exista una corriente en el neutro es el desbalance de cargas, las cuales superaron los límites establecidos en la Regulación 004/01, del 3% de diferencia máxima entre cada fase.

4. Análisis de Armónicos de tensión

El reporte de medición indica un incumplimiento de esta variable en las tres fases, sobrepasando el límite establecido en la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC. Los resultados obtenidos se detallan a continuación en la Tabla 11.

Tabla 11: Análisis de Armónicos de tensión.

Fuente: Autor

ARMÓNICOS FASE A				
Límite THDv 8%	Valor mínimo medido (%) 1.6%	Valor promedio medido (%) 3.5%	Valor máximo medido (%) 11.7%	Número de muestras 748
Cumplimiento con la Regulación	Muestras dentro del límite 685 (91.6%)		Muestras fuera del límite 63 (8.4%)	
ARMÓNICOS FASE B				
Límite THDv 8%	Valor mínimo medido (%) 1.7%	Valor promedio medido (%) 3.2%	Valor máximo medido (%) 11.1%	Número de muestras 742
Cumplimiento con la Regulación	Muestras dentro del límite 688 (92.7%)		Muestras fuera del límite 54 (7.3%)	
ARMÓNICOS FASE C				
Límite THDv 8%	Valor mínimo medido (%) 1.4%	Valor promedio medido (%) 2.7%	Valor máximo medido (%) 11.3%	Número de muestras 889
Cumplimiento con la Regulación	Dentro del límite 827 (93%)		Fuera del límite 62 (7%)	

Como muestran la Tabla 11, el número de eventos obtenidos durante la medición que supero los límites mayores al 8% para cada fase son:

- ❖ Fase A: 63 eventos de 748 posibles.
- ❖ Fase B: 54 eventos de 742 posibles.
- ❖ Fase C: 62 eventos de 889 posibles.

Los valores registrados en esta variable pueden causar daños como: disminución del factor de potencia, disparos de los interruptores, degradaciones de los aislamientos, entre otros (Fornieles, 2009).

La razón de que exista presencia de armónicos dentro de la edificación puede ser por: el funcionamiento de muchos computadores portátiles, fotocopiadoras e iluminación con lámparas fluorescentes existentes dentro de la facultad.

5. Análisis de carga

El reporte de medición de esta variable se refiere al nivel de carga consumida por la facultad durante el tiempo que se registró los datos. La potencia máxima obtenida es de 0.65

KWh, el promedio de carga es de 0.2 KWh, mientras que el valor mínimo es de 0 KWh. Los resultados descritos se observan en la Figura 13, a continuación.

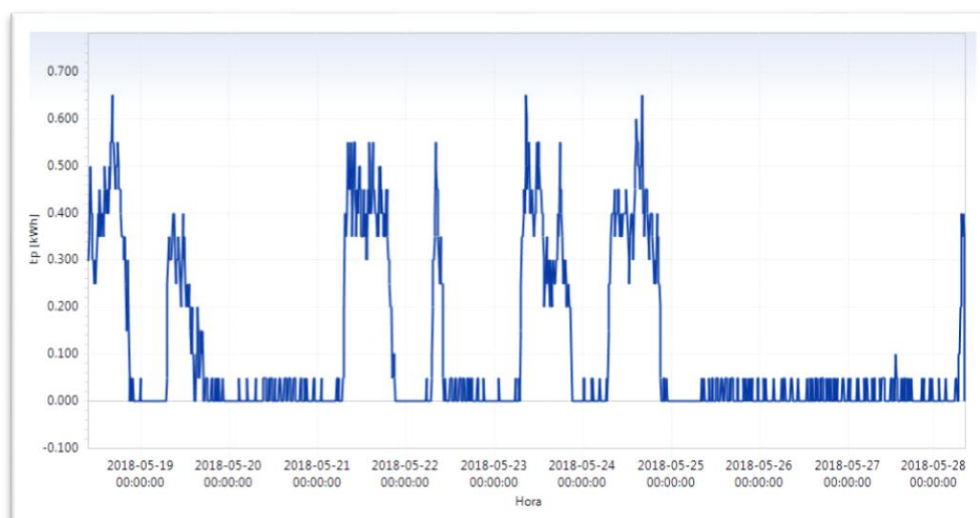


Ilustración 13; Instantáneas en forma del análisis de carga.

Fuente: Autor

El consumo de energía de la edificación durante el tiempo que estuvo conectado el equipo fue de 152.8KWh. Los datos de la medición muestran que el consumo de energía es mínimo a partir del jueves 24 de mayo en la noche en donde comenzó un feriado hasta el día lunes 28 de mayo en donde se reanuda las labores académicas y administrativas.

Los valores máximos de consumo de energía se registran en la tarde a partir de las 2:30 pm a 8:30 pm, por la gran mayoría de afluencia de estudiantes en horario vespertino y nocturno que tiene esta facultad.

6. Análisis de factor de potencia

Los resultados obtenidos durante la medición indican un incumplimiento del factor de potencia. Estos resultados se observan a continuación en la Tabla 12.

Tabla 12: Análisis del factor de potencia

Fuente: Autor

Factor de potencia		
Regulación 004/01 emitida por el CONELEC		
Valor mínimo admisible 0.92	Número de medidas	muestras 1434
Valores registrados durante la medición		
Valor mínimo medido 0.01	Valor máximo medido 0.99	Valor del factor de potencia 0.23
Valores mayores a 0.92 435 (29.85%)	Valores menores a 0.92 999 (70.15%)	

Los datos obtenidos durante la medición que presentan un incumplimiento con la Regulación 004/01 fueron en total 999. Los valores del factor de potencia que se encuentran dentro del límite establecido se produjeron en horario nocturno, a partir de las 8pm hasta las 7am, en donde se termina las jornadas académicas.

Para mejorar el factor de potencia que inicialmente es de 0.23 y elevarlo a un valor aceptable de 0.97 se necesita instalar un banco de capacitores. A continuación, se realiza el cálculo para determinar la capacidad de los capacitores, en donde los datos iniciales son valores registrados durante la medición y los obtenidos son valores encontrados realizando operaciones matemáticas.

Datos iniciales:

Potencia activa (P)= 152.8kw
 Potencia reactiva (Q)= 694.7 KVAR
 Potencia aparente(S)= 715.3 KVA
 fp= 0.23
 $\alpha=78.46^\circ$

Datos obtenidos:

Potencia activa (P)= 152.8kw
 Potencia reactiva (Q)= 38.21 KVAR
 Potencia aparente(S)= 157.3 KVA
 fp=0.97
 $\alpha=14.06^\circ$

$$S_N = \frac{P}{f_{PN}} = \frac{152.6}{0.97} = 157.3KVA \quad 3.2.1.1$$

$$Q_N = S_N \sin \alpha = (157.3KVA)(\sin 14.06) = 38.21KVAR \quad 3.2.1.2$$

$$Q_C = Q - Q_N = 694.7 - 38.21 = 656.49 \text{KVAR} \quad 3.2.1.3$$

$$C = \frac{Q_C}{(2\pi F)(V^2)} = \frac{656.49}{\sqrt{3}(2\pi 60)(220^2)} = 20.77 \mu\text{f} \quad 3.2.1.4$$

Para mejorar el factor de potencia a un valor aceptable de 0.97 se necesita un banco de capacitores con una capacidad total de 20.77 μf . Para este caso se deberá instalar 3 capacitores de paso fijo de 7 μf cada uno, estos se deberán conectar en paralelo a las borneras de alimentación principal de cada fase. Las especificaciones técnicas de los capacitores se encuentran en el Anexo B.

3.2.2 Informe de auditoría eléctrica de la Facultad de ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA).

Durante la quinta semana del mes de mayo del año 2018 se instaló un equipo de medición (analizador de redes) en el tablero de control de la FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, ubicada en el cantón de Ibarra, Provincia de Imbabura. El equipo permaneció en el sitio 7 días, 5 horas y 20 minutos, registrando datos de todas las variables como son: voltajes, corrientes, armónicos, potencias, flicker Pst y factor de potencia en un lapso de tiempo de cada 10 minutos con un total de 1040 registros. En la Tabla 13, se detallan las características eléctricas de protección y alimentación que tiene el tablero de control.

Tabla 13: Características eléctricas de la FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

Fuente: Autor

Protecciones	200 A/ fase en la alimentación principal
Calibre del conductor	2/0 / fase de alimentación principal
Tipo de aislante	THHN
Puestas a tierra	Sistema de red o malla
Tuberías	Tuberías de acero de dos pulgadas
Número de circuitos secundarios (10)	5 Para alimentación 5 Para iluminación

Estas características se obtuvieron a través de una observación a las instalaciones eléctricas en la zona de trabajo y mediante información brindada por personal de mantenimiento de la Universidad. En la Figura 14, se muestra el diagrama de flujo del tablero de control.

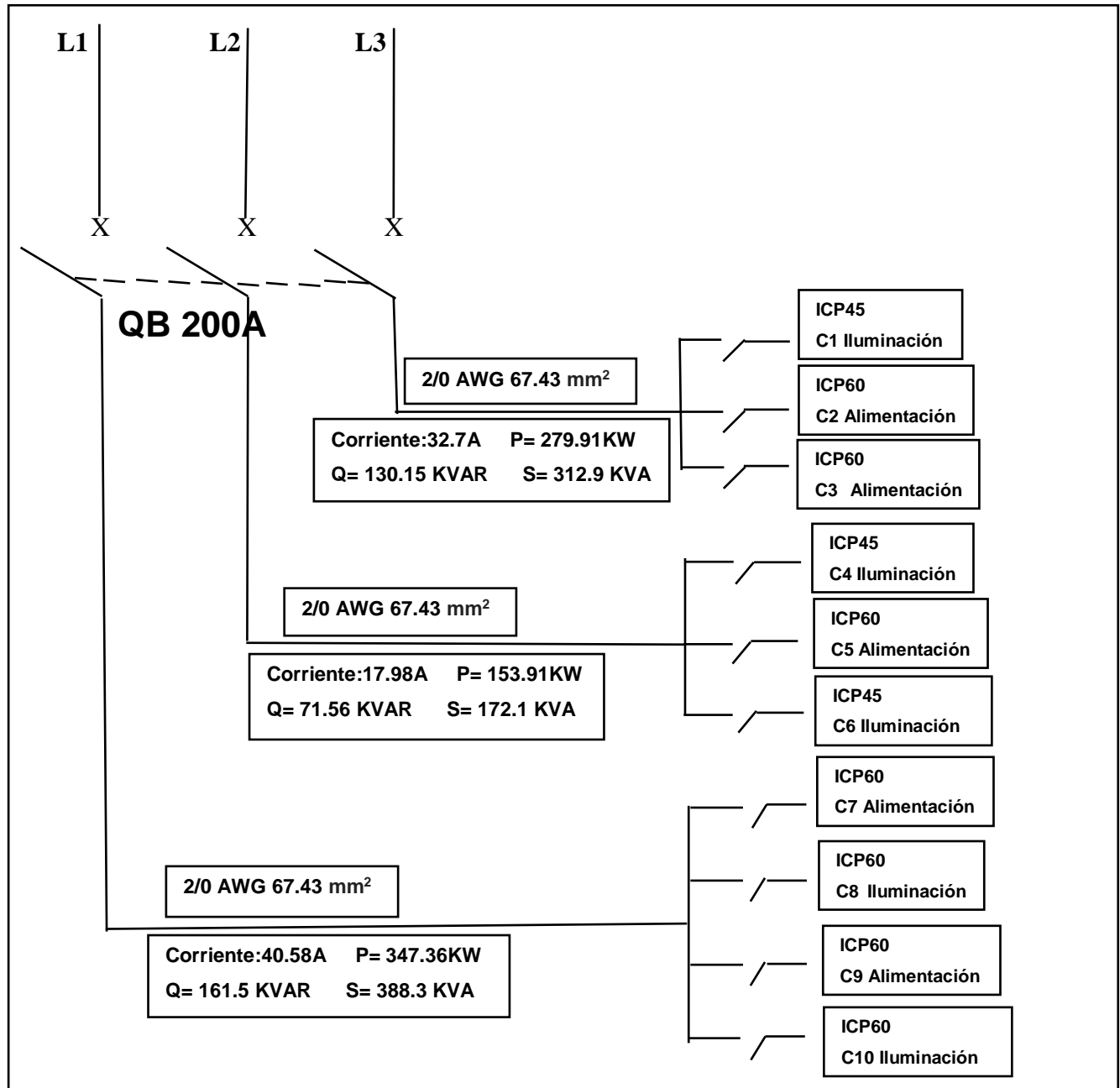


Ilustración 14; Diagrama de flujo de tablero de control de la FICA.

Fuente: Autor

Los valores que se muestran en la Figura 14, representan los datos adquiridos de corrientes y potencias consumidas (activa, reactiva y aparente) para cada fase durante el registro de medición, los dimensionamientos de las protecciones eléctricas tanto principal como para cada circuito. En la Tabla 14, se muestran las especificaciones técnicas de los elementos principales del tablero de control.

Tabla 14: Características técnicas de los elementos del tablero de control.

Fuente: Autor

Características técnicas de los elementos principales del tablero de control							
Protección principal (Breaker 200 A)		Protección secundaria (Breaker 60 A)		Protección secundaria (Breaker 45 A)		Conductor	
Nombre del producto	Compact NSX	Nombre del producto	60	Nombre del producto	45	Material	Cobre
Tipo de producto o componente	Interruptor de circuito	Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura	Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura	Calibre AWG	2/0
Aplicación de dispositivo	Distribución	Aplicación de dispositivo	Distribución	Aplicación de dispositivo	Distribución	Sección mm ²	67,43 mm ²
Descripción de los polos	3P	Descripción de los polos	1P	Descripción de los polos	1P	Número de hilos por diámetro	19x2,12
Descripción de polos protegidos	3t	Descripción de polos protegidos	1	Descripción de polos protegidos	1	Espesor aislamiento	1.27 mm
Frecuencia de red	50/60 Hz	Frecuencia de red	50/60 Hz	Frecuencia de red	50/60 Hz	Espesor chaqueta	0.18 mm
Corriente nominal (In)	100 A (40 °C)	Corriente nominal (In)	1 A at 30 °C	Corriente nominal (In)	1 A at 30 °C	Diámetro exterior	13.5 mm
Tensión nominal de aislamiento	800 V AC 50/60 Hz	Tipo de red	CA DC	Tipo de red	CA DC	Capacidad de corriente para 1 conductor al aire libre	300 A
Resistencia a picos de tensión	8 kV	Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético	Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético	Capacidad de corriente para 3 conductores en Conduit	195 A
Tensión de funcionamiento nominal	690 V AC 50/60 Hz	Apto para seccionamiento	Si conforme a IEC 60947-2	Apto para seccionamiento	Si conforme a IEC 60947-2	Tipo de cable	THHN

En la Tabla 14, se muestra las especificaciones técnicas principales de los elementos como: protección principal, protección para cada circuito y el calibre del conductor de alimentación al tablero del control.

1. Análisis de flicker Pst

El reporte de medición indica que el efecto flicker Pst, incumple con la Regulación 004/01 en un 78.15% de sus valores registrados. En la Tabla 15, se describe los resultados obtenidos del efecto durante la medición realizada.

Tabla 15: Análisis del efecto flicker Pst.

Fuente: Autor

FLICKER Pst		
Referencia según la Regulación 004/01		
Límite Pst. 1pu	Número de muestras 1039	
Valores registrados en la medición		
Valor máximo 4.3	Valor promedio 1.2	Valor mínimo 0.359
Muestras dentro del límite 227 21.85%	Muestras fuera del límite 812 78.15%	

La medición del efecto flicker Pst fue realizada en una cantidad de 1039 eventos, de los cuales 812 sobrepasan el límite establecido en la Regulación 004/01, lo que representa un 78.15% de incumplimiento. El valor máximo registrado fue de 4.3, el valor mínimo de 0.359 y el valor promedio de 1.2.

Los altos valores en las mediciones del efecto flicker pueden ser ocasionadas por la conexión de grandes motores de inducción, los cuales se encuentran en equipos de refrigeración ubicados en los laboratorios de la facultad. Estos equipos tienen una capacidad entre 4HP y 5HP y al estar en pleno funcionamiento tienen una capacidad de consumo alrededor de 25 Amperios.

2. Análisis de voltaje

El reporte de medición de esta variable muestra un cumplimiento con la Regulación 004/01 en las tres fases. En la Tabla 16, se muestra un resumen de los resultados obtenidos durante la adquisición de datos.

Tabla 16: Análisis de tensión

Fuente: Autor

Niveles de voltaje		
Límite admisible en el sector urbano según la Regulación 004/01		
Voltaje mínimo admisible (-8%) 116.84 V	Voltaje máximo admisible (8%) 137.16 V	
Valores registrados durante la medición		
Voltaje mínimo registrado 118.8 V (fase B)	Voltaje máximo registrado 131.8 V (fase C)	
Número de muestras fuera del límite		
Número de muestras por fase 1040	Menor al límite inferior 0	Mayor al límite superior 0
Incumplimiento con la Regulación 004/01		
Fase A 0 0%	Fase B 0 0%	Fase C 0 0%

Se realizó la medición de 1040 eventos para cada fase, se constató que ninguna medición estuvo fuera de los límites inferiores y superiores establecidos en la Regulación 004/01. El voltaje máximo registrado fue de 131.8V en la fase C, mientras que el voltaje mínimo fue de 118.8V en la fase B.

3. Análisis de corriente

Los registros de medición indican un desbalance de cargas que superan el límite establecido en la Regulación 004/01 y un valor de 0.67 amperios de corriente por el neutro. En la Tabla 17, se observa un resumen de los valores obtenidos.

Tabla 17: Análisis de corriente

Fuente: Autor

Corrientes				
Referencia según la regulación 004/01	Valores registrados durante la medición en amperios			
Límite admisible	Fase A	Fase B	Fase C	Neutro
3%	40.58	17.98	32.7	0.67
Desbalance de cargas por fases				
Fase A-B: 55.69%	Fase B-C: 45.01%		Fase A-C: 19.41%	

Al analizar los resultados se constató que existe un desbalance de cargas entre las tres fases, la cual se creó por el cambio y aumento de laboratorios de computación en la edificación, los cuales no tienen una planificación previa para realizar estas actividades.

La razón de que exista una corriente en el neutro es el desbalance de cargas, las cuales superaron los límites establecidos en la regulación 004/01, del 3% de diferencia máxima entre cada fase.

4. Análisis de Armónicos de tensión

El reporte de medición indica un incumplimiento de las tres fases en esta variable, el cual sobrepasa el límite establecido por la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC. Los resultados obtenidos se detallan a continuación en la Tabla 18.

Tabla 18: Análisis de Armónicos de tensión.

Fuente: Autor

ARMÓNICOS FASE A				
Límite THDv 8%	Valor mínimo medido (%) 0.7%	Valor promedio medido (%) 3.3%	Valor máximo medido (%) 9.7%	Número de muestras 815
Cumplimiento con la regulación	Muestras dentro del límite 408 (50.1%)		Muestras fuera del límite 407 (49.9%)	
ARMÓNICOS FASE B				
Límite THDv 8%	Valor mínimo medido (%) 0.6%	Valor promedio medido (%) 2.7%	Valor máximo medido (%) 8.5%	Número de muestras 834
Cumplimiento con la regulación	Muestras dentro del límite 340 (40.77%)		Muestras fuera del límite 494 (59.23%)	
ARMÓNICOS FASE C				
Límite THDv 8%	Valor mínimo medido (%) 1%	Valor promedio medido (%) 3.5%	Valor máximo medido (%) 13.9%	Número de muestras 739
Cumplimiento con la Regulación	Muestras dentro del límite 431 (58.33%)		Muestras fuera del límite 308 (41.67%)	

Como muestran los resultados el número de eventos obtenidos durante la medición que supero los límites mayores al 8% para cada fase son:

- ❖ Fase A: 407 eventos de 815 posibles.
- ❖ Fase B: 494 eventos de 834 posibles.

❖ Fase C: 308 eventos de 739 posibles.

Los valores registrados en esta variable pueden causar daños como: disminución del factor de potencia, disparos de los interruptores, degradaciones de los aislamientos, entre otros. (Fornieles, 2009).

La razón para que exista presencia de armónicos dentro de la edificación puede ser a causa del funcionamiento de muchas computadores portátiles, fotocopiadoras o iluminación con lámparas fluorescentes existentes dentro de la facultad.

5. Análisis de carga

El reporte de medición de esta variable se refiere al nivel de carga consumida por la facultad durante el tiempo que se registró los datos. La potencia máxima obtenida es de 2.1 KWh, el promedio de carga es de 0.8 KWh, mientras que el valor mínimo es de 0.2 KWh. Los resultados descritos se observan en la Figura 15, en forma de onda.



Ilustración 15; Instantáneas en forma del análisis de carga

Fuente: Autor

El consumo de energía de la edificación durante el tiempo que estuvo conectado el equipo de medición fue de 781.4KWh. Los datos registrados muestran un consumo mínimo

de energía a partir del viernes 1 de junio en la noche, en donde se terminó la jornada académica y administrativa.

Los valores máximos de consumo eléctrico se registran en la mañana a partir de las 8:30 am a las 12:30 pm, por la gran mayoría de afluencia de estudiantes y uso de laboratorios de computación en horario matutino en esta facultad.

6. Análisis de factor de potencia

Los resultados obtenidos durante la medición indican un incumplimiento de la regulación 004/01. Estos resultados se observan a continuación en la Tabla 19.

Tabla 19: Análisis del factor de potencia

Fuente: Autor

Factor de potencia		
Regulación 004/01 emitida por el CONELEC		
Valor mínimo admisible 0.92	Número de muestras medidas 1043	
Valores registrados durante la medición		
Valor mínimo medido 0.27	Valor máximo medido 0.97	Valor del factor de potencia 0.89
Valores mayores a 0.92 408 (39.12%)		Valores menores a 0.92 635 (60.88%)

Los datos obtenidos durante la medición que presentan un incumplimiento con la Regulación 004/01 fueron en total 635. Los valores del factor de potencia que se encuentran fuera del límite establecido se produjeron en horario matutino, a partir de las 8am hasta las 12pm, en donde son usados la mayoría de laboratorios.

Para mejorar el factor de potencia que inicialmente es de 0.89 y elevarlo a un valor aceptable de 0.97 se necesita instalar un banco de capacitores. A continuación, se realiza el cálculo para determinar la capacidad de los capacitores, en donde los datos iniciales son valores registrados durante la medición y los nuevos son obtenidos realizando el cálculo matemático.

Datos iniciales:

Potencia activa (P)= 781.4 KW
Potencia reactiva (Q)= 363.4 KVAR
Potencia aparente(S)= 874.1 KVA
fp= 0.89
 $\alpha=25^\circ$

Datos nuevos:

Potencia activa (P)= 781.4 KW
Potencia reactiva (Q)= 195.7 KVAR
Potencia aparente(S)= 805.56 KVA
fp=0.97
 $\alpha=14.06^\circ$

$$S_N = \frac{P}{fp_N} = \frac{781.4}{0.97} = 805.56KVA \quad 3.2.2.1$$

$$Q_N = S_N \sin \alpha = (805.56KVA)(\sin 14.06) = 195.7KVAR \quad 3.2.2.2$$

$$Q_C = Q - Q_N = 363.4 - 195.7 = 167.7KVAR \quad 3.2.2.3$$

$$C = \frac{Q_C}{(2\pi F)(V^2)} = \frac{167.7}{\sqrt{3}(2\pi 60)(220^2)} = 8.41\mu f \quad 3.2.2.4$$

Para mejorar el factor de potencia a un valor aceptable de 0.97 se necesita un banco de capacitores de una capacidad total de 5.3 μf . Para este caso se deberá instalar 3 capacitores de paso fijo de 4 μf cada uno, estos se deberán conectar en paralelo a las borneras de alimentación principal de cada fase. Las especificaciones técnicas de los capacitores se encuentran en el Anexo B.

3.2.3 Informe de auditoría eléctrica de la Facultad en Ciencias Administrativas y Económicas (FACAE).

Durante la primera y segunda semana del mes de junio del año 2018 se instaló un equipo de medición (analizador de redes) en el tablero de control de la FACULTAD EN CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y ECONÓMICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, ubicada en el cantón de Ibarra, Provincia de Imbabura. El equipo permaneció en el sitio 8 días y 21 horas, registrando datos de todas las variables como son: voltajes, corrientes, armónicos, potencias, flicker Pst y factor de potencia en un lapso de tiempo de cada 10 minutos con un total de 1282 registros.

En la Tabla 20, se detallan las características eléctricas de protección y alimentación que tiene el tablero de control.

Tabla 20: Características eléctricas de la FACULTAD EN CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y ECONÓMICAS

Fuente: Autor

Protecciones	200 A/ fase en la alimentación principal
Calibre del conductor	2/0 / fase de alimentación principal
Tipo de aislante	THHN
Puestas a tierra	Sistema de red o malla
Tuberías	Tuberías de acero de dos pulgadas
Número de circuitos secundarios (10)	5 Para alimentación 5 Para iluminación

Estas características se obtuvieron a través de una observación a las instalaciones eléctricas en la zona de trabajo y mediante información brindada por personal de mantenimiento de la Universidad. En la Figura 16, se muestra el diagrama de flujo del tablero de control.

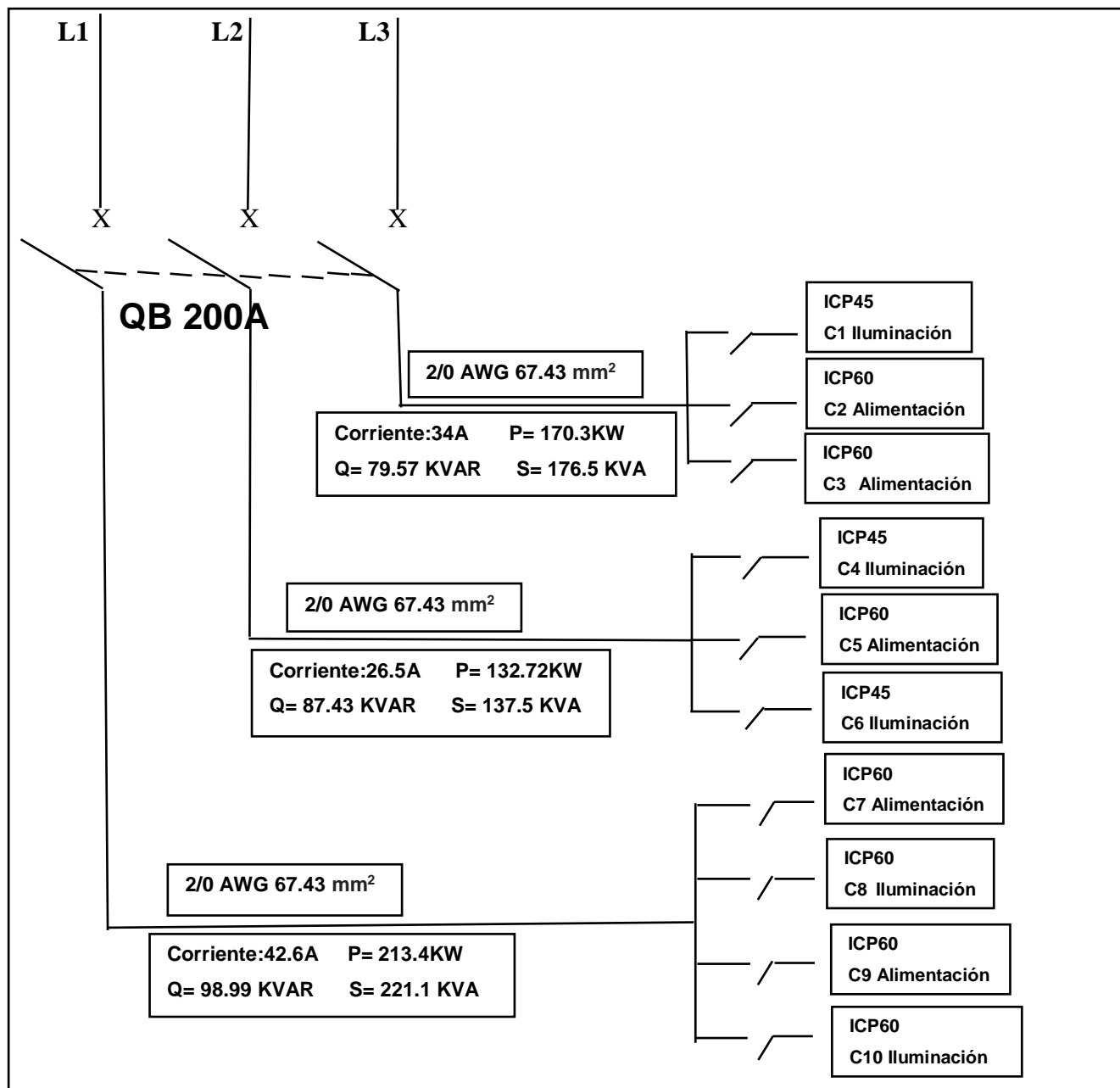


Ilustración 16; Diagrama de flujo de tablero de control de la FACAE.

Fuente: Autor

Los valores que se muestran en la Figura16, representan los datos adquiridos de corrientes y potencias consumidas (activa, reactiva y aparente) para cada fase durante el registro de medición, los dimensionamientos de las protecciones eléctricas tanto principal como para cada circuito. En la Tabla 21, se muestran las especificaciones técnicas de los elementos principales del tablero de control.

Tabla 21: Características técnicas de los elementos del tablero de control.

Fuente: Autor

Características técnicas de los elementos principales del tablero de control								
Protección principal (Breaker 200 A)		Protección secundaria (Breaker 60 A)		Protección secundaria (Breaker 45 A)		Conductor		
Nombre del producto	Compact NSX	Nombre del producto	60	Nombre del producto	45	Material	Cobre	
Tipo de producto o componente	Interruptor de circuito	Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura	Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura	Calibre AWG	2/0	
Aplicación de dispositivo	Distribución	Aplicación de dispositivo	Distribución	Aplicación de dispositivo	Distribución	Sección mm ²	67,43 mm ²	
Descripción de los polos	3P	Descripción de los polos	1P	Descripción de los polos	1P	Número de hilos por diámetro	19x2,12	
Descripción de polos protegidos	3t	Descripción de polos protegidos	1	Descripción de polos protegidos	1	Espesor aislamiento	1.27 mm	
Frecuencia de red	50/60 Hz	Frecuencia de red	50/60 Hz	Frecuencia de red	50/60 Hz	Espesor chaqueta	0.18 mm	
Corriente nominal (In)	100 A (40 °C)	Corriente nominal (In)	1 A at 30 °C	Corriente nominal (In)	1 A at 30 °C	Diámetro exterior	13.5 mm	
Tensión nominal de aislamiento	800 V AC 50/60 Hz	Tipo de red	CA DC	Tipo de red	CA DC	Capacidad de corriente para 1 conductor al aire libre	300 A	
Resistencia a picos de tensión	8 kV	Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético	Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético	Capacidad de corriente para 3 conductores en Conduit	195 A	
Tensión de funcionamiento nominal	690 V AC 50/60 Hz	Apto para seccionamiento	Si conforme a IEC 60947-2	Apto para seccionamiento	Si conforme a IEC 60947-2	Tipo de cable	THHN	

En la Tabla 21, se muestra las especificaciones técnicas principales de los elementos como: protección principal, protección para cada circuito y el calibre del conductor de alimentación al tablero del control.

1. Análisis de flicker Pst

El reporte de medición indica que el efecto flicker Pst, incumple con la regulación 004/01, en el 100% de sus valores registrados. En la Tabla 22, se describe los resultados obtenidos del efecto durante la medición realizada.

Tabla 22: Análisis del efecto flicker Pst.

Fuente: Autor

FLICKER Pst		
Referencia según la Regulación 004/01		
Límite Pst. 1pu	Número de muestras 1282	
Valores registrados en la medición		
Valor máximo 4.3	Valor promedio 2.1	Valor mínimo 1.124
Muestras dentro del límite 0 0%	Muestras fuera del límite 1282 100%	

La medición del efecto flicker fue realizada en una cantidad de 1282 eventos, en los cuales se constató que todas las muestras superaron el límite establecido por la Regulación 004/01. El valor máximo registrado en la medición fue de 4.3, el valor mínimo de 1.224, lo que muestra que durante todo el período de medición la variable estuvo sobre el límite indicado en la Regulación.

Estos altos valores en las mediciones del efecto flicker pueden ser ocasionadas por la conexión de grandes motores de inducción, los cuales se encuentran en equipos de refrigeración ubicados en los laboratorios de la facultad. Estos equipos tienen una capacidad entre 4HP y 5HP y al estar en pleno funcionamiento tienen una capacidad de consumo alrededor de 25 Amperios.

2. Análisis de voltaje

El reporte de medición de esta variable muestra un cumplimiento con la Regulación 004/01 en las tres fases. En la Tabla 23, se muestra un resumen de los resultados obtenidos durante la adquisición de datos.

Tabla 23: Análisis de voltaje

Fuente: Autor

Niveles de voltaje		
Límite admisible en el sector urbano según Regulación 004/01		
Voltaje mínimo admisible (-8%) 116.84 V	Voltaje máximo admisible (8%) 137.16 V	
Valores registrados durante la medición		
Voltaje mínimo registrado 123.2 V (fase A)	Voltaje máximo registrado 133.4 V (fase B)	
Número de muestras fuera del límite		
Número de muestras por fase 1282	Menor al límite inferior 0	Mayor al límite superior 0
Incumplimiento con la Regulación CONELEC 004/01		
Fase A 0 0%	Fase B 0 0%	Fase C 0 0%

Se realizó la medición de 1282 eventos para cada fase, se verificó que ninguna medición estuvo fuera de los límites inferiores y superiores establecidos en la Regulación 004/01. El voltaje máximo medido fue de 133.4 en la fase A, mientras que el voltaje mínimo fue de 123.2 en la fase B.

3. Análisis de corriente

Los registros de medición indican un desbalance de cargas superior al límite establecido y un valor considerablemente alto de la corriente del neutro. En la Tabla 24, se observa un resumen de los valores obtenidos.

Tabla 24: Análisis de corriente

Fuente: Autor

Corrientes				
Referencia según la Regulación 004/01	Valores registrados durante la medición en amperios			
Límite admisible	Fase A	Fase B	Fase C	Neutro
3%	42.6	26.5	34	26.17
Desbalance de cargas por fases				
Fase A-B: 37.79%	Fase B-C: 22.06%		Fase A-C: 20.19%	

Al analizar los resultados se constató que existe un desbalance de cargas entre las tres fases, la cual se creó por el cambio y aumento de laboratorios de computación en la edificación, los cuales no tienen una planificación prevista para realizar estas actividades.

La razón de que exista una corriente en el neutro es el desbalance de cargas, las cuales superaron los límites establecidos en la regulación 004/01, del 3% de diferencia máxima entre cada fase.

4. Análisis de Armónicos de tensión

El reporte de medición indica un incumplimiento mínimo de la fase A y C en esta variable, el cual sobrepasa el límite establecido por la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC. Los resultados obtenidos se detallan a continuación en la Tabla 25.

Tabla 25: Análisis de Armónicos de tensión.

Fuente: Autor

ARMÓNICOS FASE A				
Límite THDv (%)	Valor mínimo medido (%)	Valor promedio medido (%)	Valor máximo medido (%)	Número de muestras
8%	1.2%	2.7 %	9.7%	1282
Cumplimiento con la Regulación	Muestras dentro del límite 1280 (99.55%)		Muestras fuera del límite 2 (0.45%)	
ARMÓNICOS FASE B				
Límite THDv (%)	Valor mínimo medido (%)	Valor promedio medido (%)	Valor máximo medido (%)	Número de muestras
8%	1.5%	2.9%	7.8%	1282
Cumplimiento con la Regulación	Muestras dentro del límite 1282 (100%)		Muestras fuera del límite 0 (0%)	
ARMÓNICOS FASE C				
Límite THDv (%)	Valor mínimo medido (%)	Valor promedio medido (%)	Valor máximo medido (%)	Número de muestras
(8%)	1.4%	2.6%	8.6%	1282
Cumplimiento con la Regulación	Muestras dentro del límite 1281 (99.77%)		Muestras fuera del límite 1 (0.23%)	

Como muestran los resultados el número de eventos obtenidos durante la medición que supero los límites mayores al 8% para cada fase son:

- ❖ Fase A: 2 eventos de 434 posibles.
- ❖ Fase B: 0 eventos de 434 posibles.
- ❖ Fase C: 1 eventos de 434 posibles.

Los valores registrados en esta variable pueden causar daños como: disminución del factor de potencia, disparos de los interruptores, degradaciones de los aislamientos, entre otros (Fornieles, 2009).

La razón para que exista presencia de armónicos dentro de la edificación puede ser a causa del funcionamiento de muchos computadores portátiles, fotocopiadoras o iluminación con lámparas fluorescentes existentes dentro de la facultad.

5. Análisis de carga

El reporte de medición de esta variable se refiere al nivel de carga consumida por la facultad durante el tiempo de registró los datos. La potencia máxima obtenida es de 2.1 KWh, el promedio de carga es de 1.1 KWh, mientras que el valor mínimo es de 0 KWh. Los resultados descritos se observan en la Figura 17, en forma de onda.

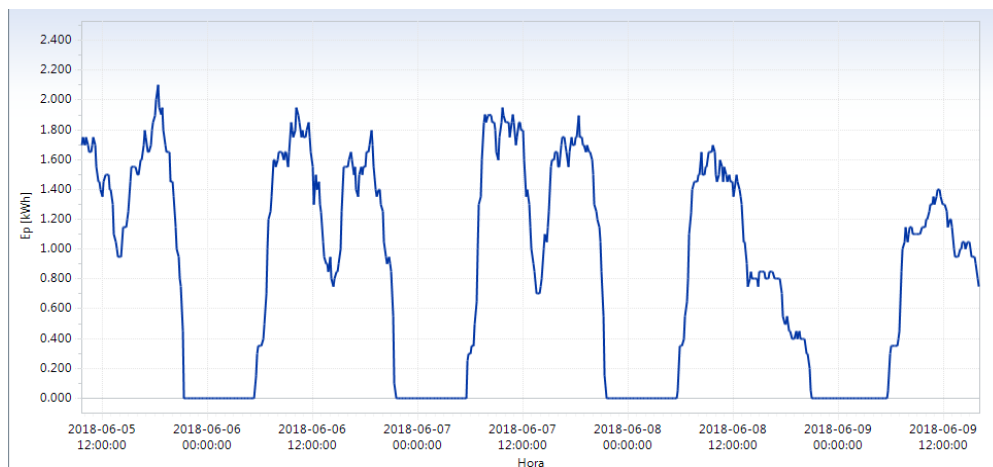


Ilustración 17; Instantáneas en forma del análisis de carga

Fuente: Autor

El consumo eléctrico de la edificación durante el tiempo que estuvo conectado el equipo de medición fue de 516KWh. Los datos de la medición muestran que el consumo de energía en la edificación es cero en horario nocturno, alrededor de las 9:30 pm hasta las 6:30 am, en donde se reanuda las labores académicas.

Los valores máximos de consumo eléctrico se registran en la tarde y noche a partir de las 5:30 pm hasta las 8:30 pm, por la gran mayoría de afluencia de estudiantes y encendido del sistema de iluminación.

6. Análisis de factor de potencia

Los resultados obtenidos durante la medición indican un incumplimiento en la Regulación 004/01 del 38.5%. Los resultados se resumen a continuación en la Tabla 26.

Tabla 26: Análisis del factor de potencia

Fuente: Autor

Factor de potencia		
Regulación 004/01 emitida por el CONELEC		
Valor mínimo admisible 0.92	Número de muestras registradas 1282	
Valores registrados durante la medición		
Valor mínimo medido 0.36	Valor máximo medido 0.97	Valor del factor de potencia 0.96
Valores mayores a 0.92 788 (61.5%)	Valores menores a 0.92 494 (38.5%)	

Los datos obtenidos durante la medición que presentan un incumplimiento con la Regulación 004/01 fueron en total 494. Los valores del factor de potencia que se encuentran fuera del límite establecido se produjeron en horario matutino, a partir de las 8 am hasta las 12 pm, donde son usados la mayoría de laboratorios.

Con los datos registrados durante la adquisición de datos se obtuvo como resultado un factor de potencia de 0.96, siendo un valor superior al límite establecido por la Regulación 004/01 de 0.92.

3.1.4 Informe de auditoría eléctrica de la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología (FECYT).

Durante la segunda semana del mes de junio del año 2018 se ha realizado la instalación de un equipo de medición (analizador de redes) en el tablero de control de la

FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, ubicada en el cantón de Ibarra Provincia de Imbabura. El equipo permaneció en el sitio 7 días, 21 horas y 10 minutos, registrando datos de todas las variables como son: voltajes, corrientes, armónicos, potencias, flicker Pst y factor de potencia en un lapso de tiempo de cada 10 minutos con un total de 1135 registros.

En la Tabla 27, se detallan las características eléctricas de protección y alimentación que tiene el tablero de control.

Tabla 27: Características eléctricas de la FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Fuente: Autor

Protecciones	200 A/ fase en la alimentación principal
Calibre del conductor	2/0 / fase de alimentación principal
Tipo de aislante	THHN
Puestas a tierra	Sistema de red o malla
Tuberías	Tuberías de acero de dos pulgadas
Número de circuitos secundarios (10)	5 Para alimentación 5 Para iluminación

Estas características se obtuvieron a través de una observación a las instalaciones eléctricas en la zona de trabajo y mediante información brindada por personal de mantenimiento de la Universidad. En la Figura 18, se muestra el diagrama de flujo del tablero de control.

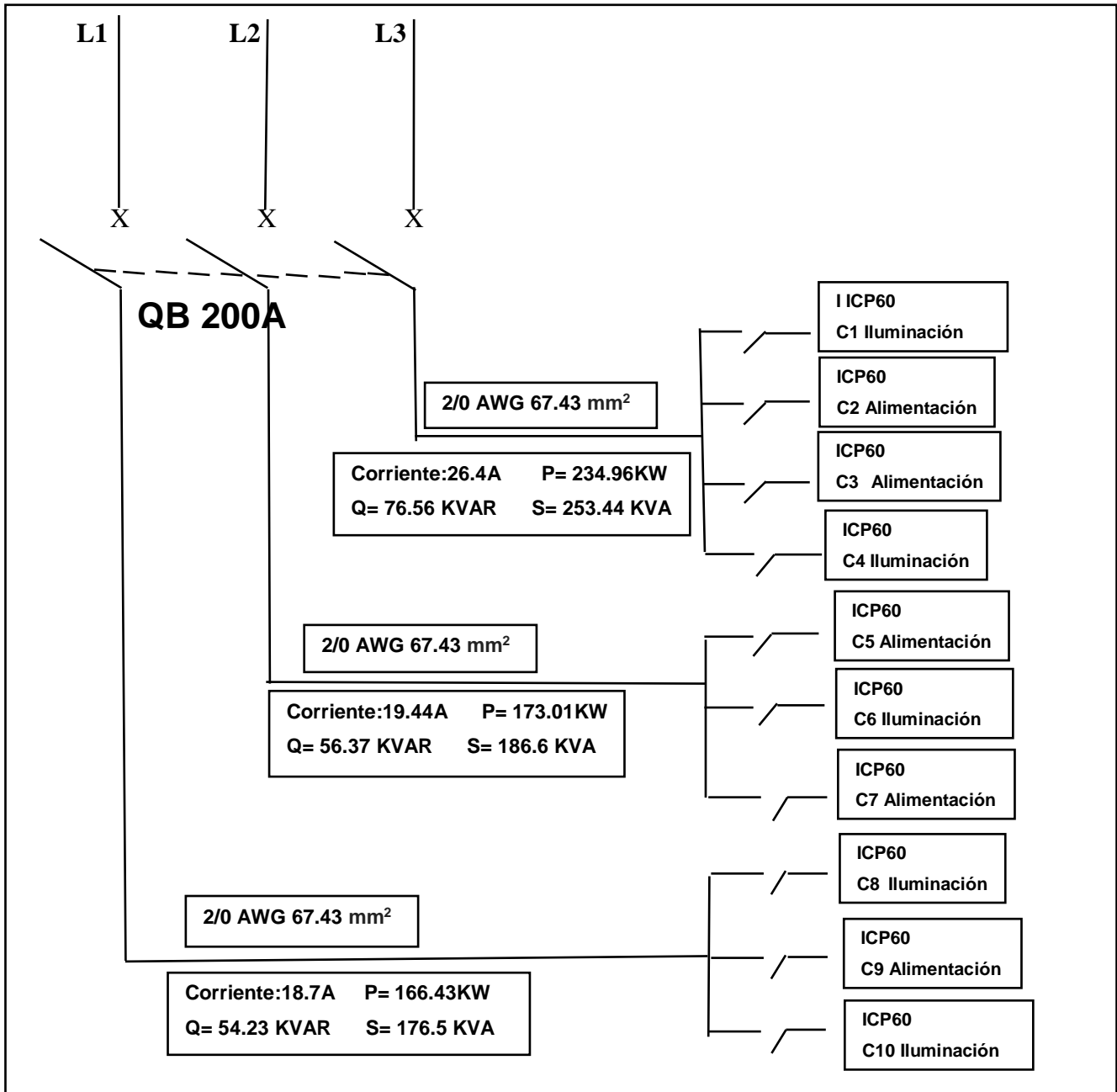


Ilustración 18; Diagrama de flujo del tablero de control de la FECYT.

Fuente: Autor

Los valores que se muestran en la Figura18, representan los datos adquiridos de corrientes y potencias consumidas (activa, reactiva y aparente) para cada fase durante el registro de medición, los dimensionamientos de las protecciones eléctricas tanto principal como para cada circuito. En la Tabla 28, se muestran las especificaciones técnicas de los elementos principales del tablero de control.

Tabla 28: Características técnicas de los elementos del tablero de control.

Fuente: Autor

Características técnicas de los elementos principales del tablero de control							
Protección principal (Breaker 200 A)		Protección secundaria (Breaker 60 A)		Protección secundaria (Breaker 45 A)		Conductor	
Nombre del producto	Compact NSX	Nombre del producto	60	Nombre del producto	45	Material	Cobre
Tipo de producto o componente	Interruptor de circuito	Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura	Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura	Calibre AWG	2/0
Aplicación de dispositivo	Distribución	Aplicación de dispositivo	Distribución	Aplicación de dispositivo	Distribución	Sección mm ²	67,43 mm ²
Descripción de los polos	3P	Descripción de los polos	1P	Descripción de los polos	1P	Número de hilos por diámetro	19x2,12
Descripción de polos protegidos	3t	Descripción de polos protegidos	1	Descripción de polos protegidos	1	Espesor aislamiento	1.27 mm
Frecuencia de red	50/60 Hz	Frecuencia de red	50/60 Hz	Frecuencia de red	50/60 Hz	Espesor chaqueta	0.18 mm
Corriente nominal (In)	100 A (40 °C)	Corriente nominal (In)	1 A at 30 °C	Corriente nominal (In)	1 A at 30 °C	Diámetro exterior	13.5 mm
Tensión nominal de aislamiento	800 V AC 50/60 Hz	Tipo de red	CA DC	Tipo de red	CA DC	Capacidad de corriente para 1 conductor al aire libre	300 A
Resistencia a picos de tensión	8 Kv	Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético	Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético	Capacidad de corriente para 3 conductores en Conduit	195 A
Tensión de funcionamiento nominal	690 V AC 50/60 Hz	Apto para seccionamiento	Si conforme a IEC 60947-2	Apto para seccionamiento	Si conforme a IEC 60947-2	Tipo de cable	THHN

En la Tabla 28, se muestra las especificaciones técnicas principales de los elementos como: protección principal, protección para cada circuito y el calibre del conductor de alimentación al tablero del control.

1. Análisis de flicker Pst.

El reporte de medición indica que el efecto flicker Pst, incumple con la regulación 004/01 en un 100% de sus valores registrados. En la Tabla 29, se describe los resultados obtenidos del efecto durante la medición realizada.

Tabla 29: Análisis del efecto flicker Pst.

Fuente: Autor

FLICKER Pst		
Referencia según la Regulación 004/01		
Límite Pst. 1pu	Número de muestras 1135	
Valores registrados en la medición		
Valor máximo 3.651	Valor promedio 1.2	Valor mínimo 1.07
Muestras dentro del límite 0 0%	Muestras fuera del límite 1135 100%	

La medición del efecto flicker Pst fue realizada en una cantidad de 1135 eventos, en los cuales se constató que todas las muestras superaron el límite establecido por la Regulación 004/01. El valor máximo registrado en la medición fue de 3.651, mientras que el valor mínimo fue de 1.07, lo que muestra que durante todo el período de medición la variable estuvo sobre los límites indicados en la regulación.

Los altos valores en las mediciones del efecto flicker pueden ser ocasionadas por la conexión de grandes motores de inducción, los cuales se encuentran en equipos de refrigeración ubicados en los laboratorios de la facultad. Estos equipos tienen una capacidad entre 4HP y 5HP y al estar en pleno funcionamiento tienen una capacidad de consumo alrededor de 25 Amperios.

2. Análisis de tensión

El reporte de medición de esta variable muestra un cumplimiento con la Regulación 004/01 en las tres fases. En la Tabla 30, se muestra un resumen de los resultados obtenidos durante la adquisición de datos.

Tabla 30: Análisis de tensión

Fuente: Autor

Niveles de voltaje		
Límite admisible en el sector urbano según Regulación 004/01		
Voltaje mínimo admisible (-8%) 116.84 V	Voltaje máximo admisible (8%) 137.16 V	
Valores registrados durante la medición		
Voltaje mínimo registrado 123.4 V (fase A)	Voltaje máximo registrado 132.3 V (fase C)	
Número de muestras fuera del límite		
Número de muestras por fase 1135	Menor al límite inferior 0	Mayor al límite superior 0
Incumplimiento con la Regulación 004/01		
Fase A 0 0%	Fase B 0 0%	Fase C 0 0%

Se realizó la medición de 1135 eventos para cada fase, se constató que ninguna medición estuvo fuera de los límites inferiores y superiores establecidos en la Regulación 004/01. El voltaje máximo medido fue de 132.3 en la fase C, mientras que el voltaje mínimo fue de 123.4 en la fase A.

3. Análisis de corriente

Los registros de medición indican un desbalance de cargas que superan el límite establecido en la Regulación 004/01. En la Tabla 31, se observa un resumen de los valores obtenidos.

Tabla 31: Análisis de corriente

Fuente: Autor

Corrientes				
Referencia según la Regulación 004/01	Valores registrados durante la medición en amperios			
Límite admisible	Fase A	Fase B	Fase C	Neutro
3%	18.7	19.44	26.4	0
Desbalance de cargas por fases				
Fase A-B: 55.69%	Fase B-C: 45.01%		Fase A-C: 19.41%	

Al analizar los resultados se constató que existe un desbalance de cargas entre las tres fases, la cual se creó por el aumento del flujo de estudiantes, cambio y aumento de

laboratorios de computación en la edificación, los cuales no tienen una planificación prevista para realizar estas actividades.

4. Análisis de Armónicos de tensión

El reporte de medición indica un cumplimiento de las tres fases en esta variable, el cual no sobrepasa en ningún evento el límite establecido por la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC. Los resultados obtenidos se detallan a continuación en la Tabla 32.

Tabla 32: Análisis de Armónicos de tensión

Fuente: Autor

ARMÓNICOS FASE A				
Límite THDv (%)	Valor mínimo medido (%)	Valor promedio medido (%)	Valor máximo medido (%)	Número de muestras
8%	1.4%	2%	2.9%	1135
Cumplimiento con la Regulación	Muestras dentro del límite 1135 (100%)		Muestras fuera del límite 0 (0%)	
ARMÓNICOS FASE B				
Límite THDv	Valor mínimo medido (%)	Valor promedio medido (%)	Valor máximo medido (%)	Número de muestras
8%	1.3%	2.1%	3.8%	1135
Cumplimiento con la Regulación	Muestras dentro del límite 1135 (100%)		Muestras fuera del límite 0 (0%)	
ARMÓNICOS FASE C				
Límite THDv	Valor mínimo medido (%)	Valor promedio medido (%)	Valor máximo medido (%)	Número de muestras
8%	1.4%	2.1%	3.3%	1135
Cumplimiento con la Regulación	Muestras dentro del límite 1135 (100%)		Muestras fuera del límite 0 (0%)	

Al realizar la medición de esta variable se obtuvo valores en las tres fases por debajo del límite establecido, esto es un indicativo de que la edificación cumple con la Regulación 004/01.

5. Análisis de carga

El reporte de medición de esta variable se refiere al nivel de carga consumida por la facultad durante el tiempo que se registró los datos. La potencia máxima obtenida es de 0.8 KWh, el promedio de carga es de 0.3 KWh, mientras que el valor mínimo es de 0.05 KWh. Los resultados descritos se observan en la Figura 19, en forma de onda.



Ilustración 19; Instantáneas en forma del análisis de carga

Fuente: Autor

El consumo de energía de la edificación durante el tiempo que estuvo conectado el equipo de medición fue de 350.3 kWh. Los datos registrados muestran un consumo mínimo de energía en la edificación a partir de las 8:30 pm hasta las 6:30 am, en donde inicia la jornada académica.

Los valores máximos de consumo eléctrico se registran en la mañana y tarde a partir de las 10 am hasta las 2 pm, por la gran mayoría de afluencia de estudiantes y uso de laboratorios de computación en horario matutino en esta facultad.

6. Análisis de factor de potencia

Los resultados obtenidos durante la medición indican un incumplimiento de la Regulación 004/01. Estos resultados se observan a continuación en la Tabla 33.

Tabla 33: Análisis del factor de potencia

Fuente: Autor

Factor de potencia		
Regulación 004/01 emitida por el CONELEC		
Valor mínimo admisible 0.92	Número de muestras medidas 1135	
Valores registrados durante la medición		
Valor mínimo medido 0.34	Valor máximo medido 0.96	Valor del factor de potencia 0.91
Valores mayores a 0.92 532 (46.88%)		Valores menores a 0.92 603 (53.12%)

Los datos obtenidos durante la medición que presentan un incumplimiento con la Regulación 004/01 fueron en total 603. Los valores de esta variable que se encuentran fuera del límite establecido se produjeron en horario matutino, a partir de las 9 am hasta las 12 pm, en donde hubo una mayor afluencia de estudiantes que en horario vespertino.

Para mejorar el factor de potencia que inicialmente es de 0.91 y elevarlo a un valor aceptable de 0.97 se necesita instalar un banco de capacitores. A continuación, se realiza el cálculo para determinar la capacidad de los capacitores, en donde los datos iniciales son valores registrados durante la medición y los nuevos son obtenidos realizando el cálculo matemático.

Datos iniciales:

Potencia activa (P)= 575.42 KW
 Potencia reactiva (Q)= 188.14 KVAR
 Potencia aparente(S)= 621.79 KVA
 fp= 0.91
 $\alpha=24.5^\circ$

Datos obtenidos

Potencia activa (P)= 575.42 KW
 Potencia reactiva (Q)= 144.11 KVAR
 Potencia aparente(S)= 593.21 KVA
 fp=0.97
 $\alpha=14.06^\circ$

$$S_N = \frac{P}{fp_N} = \frac{575.42}{0.97} = 593.21KVA \quad 3.2.4.1$$

$$Q_N = S_N \sin \alpha = (593.21KVA)(\sin 14.06) = 144.11KVAR \quad 3.2.4.2$$

$$Q_C = Q - Q_N = 188.14 - 144.11 = 44.03 \text{KVAR} \quad 3.2.4.3$$

$$C = \frac{Q_C}{(2\pi F)(V^2)} = \frac{44.03}{\sqrt{3}(2\pi 60)(220^2)} = 2.21 \mu\text{f} \quad 3.2.4.4$$

Para mejorar el factor de potencia y subir a un valor aceptable de 0.97 se necesita un banco de capacitores de una capacidad total de 2.21 μf . Para este caso se deberá instalar 3 capacitores de paso fijo de 2 μf cada uno, estos se deberán conectar en paralelo a las borneras de alimentación principal de cada fase. Las especificaciones técnicas de los capacitores se encuentran en el Anexo B.

3.1.5 Informe de auditoría eléctrica de la Facultad en Ciencias de la Salud (FSSCC).

Durante la cuarta y quinta semana del mes de junio del año 2018, se ha realizado la instalación de un equipo de medición (analizador de redes) en el tablero de control de la FACULTAD EN CIENCIAS DE LA SALUD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, ubicada en el cantón de Ibarra Provincia de Imbabura. El equipo permaneció en el sitio 7 días, 23 horas y 20 minutos, registrando datos de todas las variables como son: voltajes, corrientes, armónicos, potencias, flicker Pst y factor de potencia en un lapso de tiempo de cada 10 minutos con un total de 1148 registros.

En la Tabla 34, se detallan las características eléctricas de protección y alimentación que tiene el tablero de control.

Tabla 34: Características eléctricas de la FACULTAD EN CIENCIAS DE LA SALUD

Fuente: Autor

Protecciones	200 A/ fase en la alimentación principal
Calibre del conductor	2/0 / fase de alimentación principal
Tipo de aislante	THHN
Puestas a tierra	Sistema de red o malla
Tuberías	Tuberías de acero de dos pulgadas
Número de circuitos secundarios (10)	5 Para alimentación 5 Para iluminación

Estas características se obtuvieron a través de una observación a las instalaciones eléctricas en la zona de trabajo y mediante información brindada por personal de mantenimiento de la Universidad. En la Figura 20, se muestra el diagrama de flujo del tablero de control.

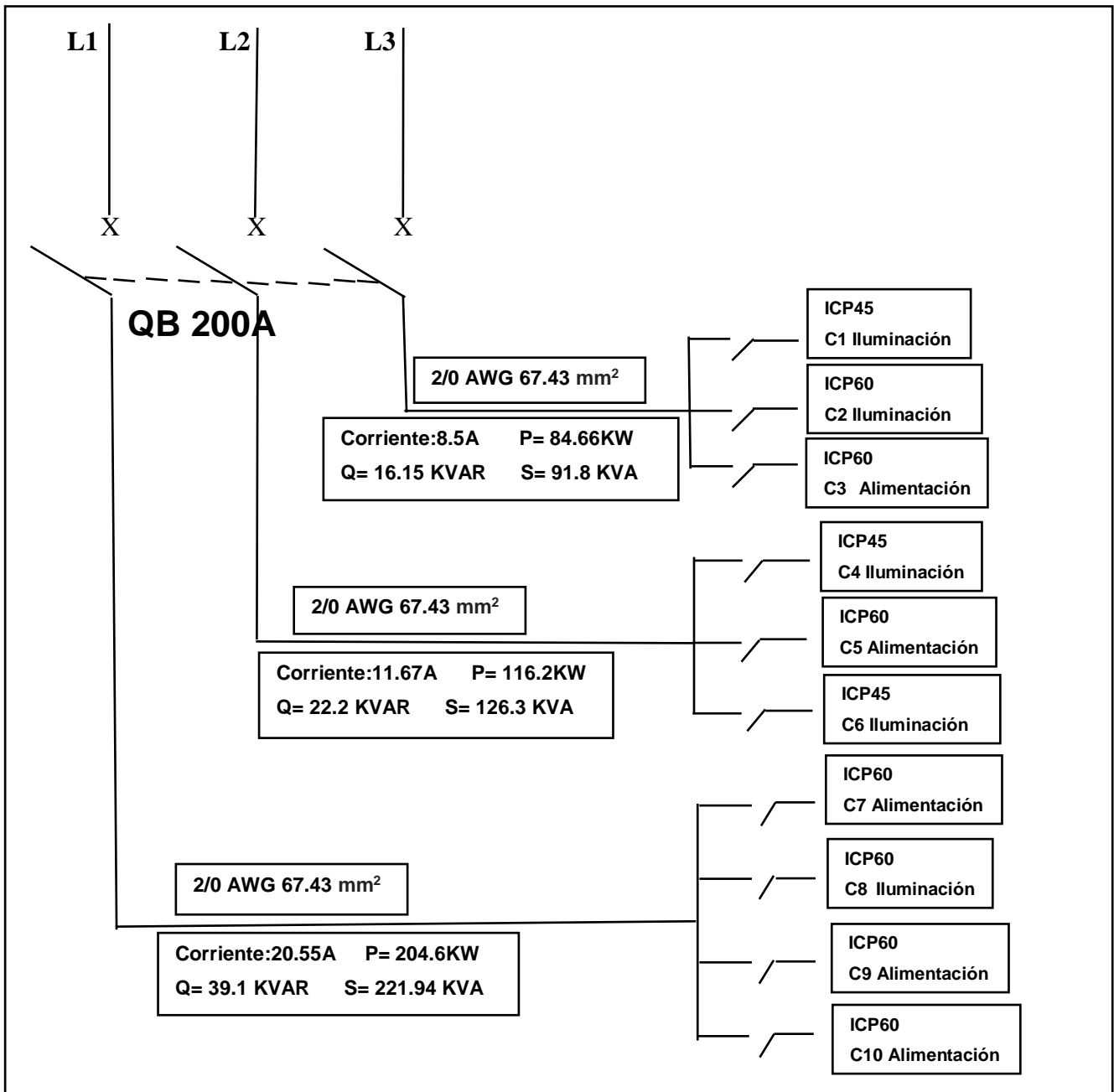


Ilustración 20; Diagrama de flujo del tablero de control de la FCCSS

Fuente: Autor

Los valores que se muestran en la Figura 20, representan los datos adquiridos de corrientes y potencias consumidas (activa, reactiva y aparente) para cada fase durante el registro de medición, los dimensionamientos de las protecciones eléctricas tanto principal como para cada circuito. En la Tabla 35, se muestran las especificaciones técnicas de los elementos principales del tablero de control.

Tabla 35: Características técnicas de los elementos del tablero de control.

Fuente: Autor

Características técnicas de los elementos principales del tablero de control								
Protección principal (Breaker 200 A)		Protección secundaria (Breaker 60 A)		Protección secundaria (Breaker 45 A)		Conductor		
Nombre del producto	Compact NSX	Nombre del producto	60	Nombre del producto	45	Material	Cobre	
Tipo de producto o componente	Interruptor de circuito	Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura	Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura	Calibre AWG	2/0	
Aplicación de dispositivo	Distribución	Aplicación de dispositivo	Distribución	Aplicación de dispositivo	Distribución	Sección mm ²	67,43 mm ²	
Descripción de los polos	3P	Descripción de los polos	1P	Descripción de los polos	1P	Número de hilos por diámetro	19x2,12	
Descripción de polos protegidos	3t	Descripción de polos protegidos	1	Descripción de polos protegidos	1	Espesor aislamiento	1.27 mm	
Frecuencia de red	50/60 Hz	Frecuencia de red	50/60 Hz	Frecuencia de red	50/60 Hz	Espesor chaqueta	0.18 mm	
Corriente nominal (In)	100 A (40 °C)	Corriente nominal (In)	1 A at 30 °C	Corriente nominal (In)	1 A at 30 °C	Diámetro exterior	13.5 mm	
Tensión nominal de aislamiento	800 V AC 50/60 Hz	Tipo de red	CA DC	Tipo de red	CA DC	Capacidad de corriente para 1 conductor al aire libre	300 A	
Resistencia a picos de tensión	8 kV	Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético	Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético	Capacidad de corriente para 3 conductores en Conduit	195 A	
Tensión de funcionamiento nominal	690 V AC 50/60 Hz	Apto para seccionamiento	Si conforme a IEC 60947-2	Apto para seccionamiento	Si conforme a IEC 60947-2	Tipo de cable	THHN	

En la Tabla 35, se muestra las especificaciones técnicas principales de los elementos como: protección principal, protección para cada circuito y el calibre del conductor de alimentación al tablero del control.

1. Análisis de flicker Pst

El reporte de medición indica que el efecto flicker Pst, incumple con la Regulación 004/01 en un 98.18% de sus valores registrados. En la Tabla 36, se describe los resultados obtenidos del efecto durante la medición realizada.

Tabla 36: Análisis del efecto flicker.

Fuente: Autor

FLICKER Pst		
Referencia según la Regulación 004/01		
Límite Pst. 1pu	Número de muestras 1147	
Valores registrados en la medición		
Valor máximo 4.3	Valor promedio 1.7	Valor mínimo 0.322
Muestras dentro del límite 21 1.82%	Muestras fuera del límite 1126 98.18%	

La medición del efecto flicker Pst fue realizada en una cantidad de 1147 eventos, de los cuales 1126 sobrepasan el límite establecido en la Regulación 004/01, lo que representa un 98.18% de incumplimiento. El valor máximo registrado fue de 4.3, el valor mínimo de 0.322 y el valor promedio de 1.7.

Los altos valores en las mediciones del efecto flicker pueden ser ocasionadas por la conexión de grandes motores de inducción, los cuales se encuentran en equipos de refrigeración ubicados en los laboratorios de la facultad. Estos equipos tienen una capacidad entre 4HP y 5HP y al estar en pleno funcionamiento tienen una capacidad de consumo alrededor de 25 Amperios.

2. Análisis de tensión

El reporte de medición de esta variable muestra un cumplimiento con la Regulación 004/01 en las tres fases. En la Tabla 37, se muestra un resumen de los resultados obtenidos durante la adquisición de datos.

Tabla 37: Análisis de tensión

Fuente: Autor

Niveles de voltaje		
Límite admisible en el sector urbano según Regulación 004/01		
Voltaje mínimo admisible (-8%) 116.84 V	Voltaje máximo admisible (8%) 137.16 V	
Valores registrados durante la medición		
Voltaje mínimo registrado 120.2 V (fase B)	Voltaje máximo registrado 131 V (fase B)	
Número de muestras fuera del límite		
Número de muestras por fase 1148	Menor al límite inferior 0	Mayor al límite superior 0
Incumplimiento con la Regulación 004/01		
Fase A 0 0%	Fase B 0 0%	Fase C 0 0%

Se realizó la medición de 1148 eventos para cada fase, se verificó que ninguna medición estuvo fuera de los límites inferiores y superiores establecidos en la Regulación 004/01. El voltaje máximo registrado fue de 131V en la fase B y el voltaje mínimo fue de 120.2V en la fase B.

3. Análisis de corriente

Los registros de medición indican un desbalance de cargas que superan el límite establecido en la Regulación 004/01. En la Tabla 38, se observa un resumen de los valores obtenidos.

Tabla 38: Análisis de corriente

Fuente: Autor

Corrientes				
Referencia según la regulación 004/01	Valores registrados durante la medición en amperios			
Límite admisible	Fase A	Fase B	Fase C	Neutro
3%	20.55	11.67	8.5	0
Desbalance de cargas por fases				
Fase A-B: 43.21%	Fase B-C: 27.16%		Fase A-C: 58.6%	

Al analizar los resultados se verificó que existe un desbalance de cargas entre las tres fases, la cual se pudo crear por el aumento del flujo de estudiantes, cambio y aumento de laboratorios de computación en la edificación, los cuales no tienen una planificación prevista para realizar estas actividades.

4. Análisis de Armónicos de tensión

El reporte de medición indica un cumplimiento de las tres fases en esta variable, el cual no sobrepasa en ningún evento el límite establecido por la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC. Los resultados obtenidos se detallan a continuación en la Tabla 39.

Tabla 39: Análisis de Armónicos de tensión

Fuente: Autor

ARMÓNICOS FASE A				
Límite THDv 8%	Valor mínimo medido (%) 0.5%	Valor promedio medido (%) 1.3%	Valor máximo medido (%) 3.2%	Número de muestras 1148
Cumplimiento con la Regulación	Muestras dentro del límite 1148 (100%)		Muestras fuera del límite 0 (0%)	
ARMÓNICOS FASE B				
Límite THDv 8%	Valor mínimo medido (%) 0.6%	Valor promedio medido (%) 1.5%	Valor máximo medido (%) 3.3%	Número de muestras 1148
Cumplimiento con la Regulación	Muestras dentro del límite 1148 (100%)		Muestras fuera del límite 0 (0%)	
ARMÓNICOS FASE C				
Límite THDv 8%	Valor mínimo medido (%) 0.8%	Valor promedio medido (%) 2.1%	Valor máximo medido (%) 4.5%	Número de muestras 1148
Cumplimiento con la Regulación	Muestras dentro del límite 0 (100%)		Muestras fuera del límite 0 (0%)	

Al realizar la medición de esta variable se obtuvo valores en las tres fases por debajo del límite establecido, esto es un indicativo de que la edificación cumple con la Regulación 004/01.

5. Análisis de carga

El reporte de medición de esta variable se refiere al nivel de carga consumida por la facultad durante el tiempo que se registró los datos. La potencia máxima obtenida es de 1.75 KWh, el promedio de carga es de 0.4 KWh, mientras que el valor mínimo es de 0 KWh. Los resultados descritos se observan en la Figura 21, en forma de onda.



Ilustración 21; Instantáneas en forma del análisis de carga

Fuente: Autor

El consumo de energía de la edificación durante el tiempo que estuvo conectado el equipo de medición fue de 405.7 KWh. Los datos registrados muestran un consumo de energía mínimo a partir de las 9 pm del día viernes 22, hasta las 6 am del día martes 26 de junio, cuando se terminó el feriado por motivo de la Provincialización de Imbabura.

Los valores máximos de consumo eléctrico se registran en la mañana a partir de las 10 am hasta las 3 pm, por la gran afluencia de estudiantes, a la que se suman alumnos que reciben clases de inglés en esta edificación.

6. Análisis de factor de potencia

Los resultados obtenidos durante la medición indican un incumplimiento de la Regulación 004/01. Estos resultados se observan a continuación en la Tabla 40.

Tabla 40: Análisis del factor de potencia

Fuente: Autor

Factor de potencia		
Regulación 004/01 emitida por el CONELEC		
Valor mínimo admisible 0.92	Numero de muestras medidas 1148	
Valores registrados durante la medición		
Valor mínimo medido 0.21	Valor máximo medido 0.99	Valor del factor de potencia 0.92
Valores mayores a 0.92 411 (35.8%)		Valores menores a 0.92 737 (64.2%)

Los datos obtenidos durante la medición que presentan un incumplimiento con la Regulación 004/01 fueron en total 737. Los valores del factor de potencia que se encuentran fuera del límite establecido se produjeron en horario nocturno, a partir de las 7 pm hasta las 5 am, en donde los registros llegaron a su valor mínimo de 0.21.

3.1.6 Informe de auditoría del Centro Académico de Idiomas (CAI).

Durante la quinta semana del mes de junio y la primera del mes de julio del año 2018 se ha realizado la instalación de un equipo de medición (analizador de redes) en el tablero de control en el edificio del CENTRO ACADÉMICO DE IDIOMAS de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, ubicada en el cantón de Ibarra Provincia de Imbabura. El equipo permaneció en el sitio 7 días, 3 horas y 40 minutos, registrando datos de todas las variables como son: voltajes, corrientes, armónicos, potencias, flicker Pst y factor de potencia en un lapso de tiempo de cada 10 minutos con un total de 1030 registros.

En la Tabla 41, se detallan las características eléctricas de protección y alimentación que tiene el tablero de control.

Tabla 41: Características eléctricas del CENTRO ACADÉMICO DE IDIOMAS

Fuente: Autor

Protecciones	200 A/ fase en la alimentación principal
Calibre del conductor	2/0 / fase de alimentación principal
Tipo de aislante	THHN
Puestas a tierra	Sistema de red o malla
Tuberías	Tuberías de acero de dos pulgadas
Número de circuitos secundarios (10)	5 Para alimentación 5 Para iluminación

Estas características se obtuvieron a través de una observación a las instalaciones eléctricas en la zona de trabajo y mediante información brindada por personal de mantenimiento de la Universidad. En la Figura 22, se muestra el diagrama de flujo del tablero de control.

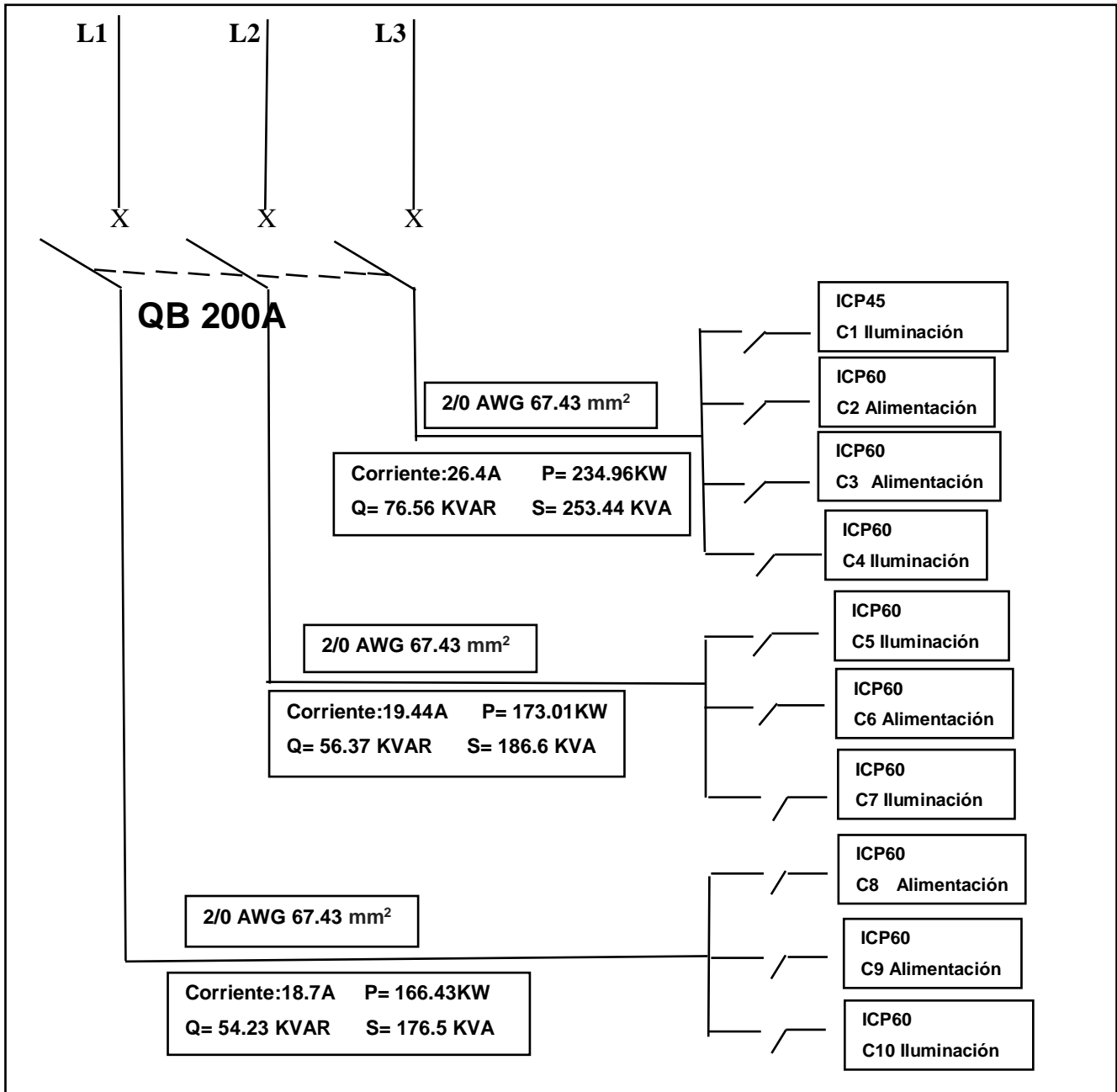


Ilustración 22; Diagrama de flujo del tablero de control del CAI

Fuente: Autor

Los valores que se muestran en la Figura 22, representan los datos adquiridos de corrientes y potencias consumidas (activa, reactiva y aparente) para cada fase durante el registro de medición, los dimensionamientos de las protecciones eléctricas tanto principal

como para cada circuito. En la Tabla 42, se muestran las especificaciones técnicas de los elementos principales del tablero de control.

Tabla 42: Características técnicas de los elementos del tablero de control.

Fuente: Autor

Características técnicas de los elementos principales del tablero de control								
Protección principal (Breaker 200 A)		Protección secundaria (Breaker 60 A)			Protección secundaria (Breaker 45 A)		Conductor	
Nombre del producto	Compact NSX	Nombre del producto	60	Nombre del producto	45	Material	Cobre	
Tipo de producto o componente	Interruptor de circuito	Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura	Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura	Calibre AWG	2/0	
Aplicación de dispositivo	Distribución	Aplicación de dispositivo	Distribución	Aplicación de dispositivo	Distribución	Sección mm ²	67,43 mm ²	
Descripción de los polos	3P	Descripción de los polos	1P	Descripción de los polos	1P	Número de hilos por diámetro	19x2,12	
Descripción de polos protegidos	3t	Descripción de polos protegidos	1	Descripción de polos protegidos	1	Espesor aislamiento	1.27 mm	
Frecuencia de red	50/60 Hz	Frecuencia de red	50/60 Hz	Frecuencia de red	50/60 Hz	Espesor chaqueta	0.18 mm	
Corriente nominal (In)	100 A (40 °C)	Corriente nominal (In)	1 A at 30 °C	Corriente nominal (In)	1 A at 30 °C	Diámetro exterior	13.5 mm	
Tensión nominal de aislamiento	800 V AC 50/60 Hz	Tipo de red	CA DC	Tipo de red	CA DC	Capacidad de corriente para 1 conductor al aire libre	300 A	
Resistencia a picos de tensión	8 kV	Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético	Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético	Capacidad de corriente para 3 conductores en Conduit	195 A	
Tensión de funcionamiento nominal	690 V AC 50/60 Hz	Apto para seccionamiento	Si conforme a IEC 60947-2	Apto para seccionamiento	Si conforme a IEC 60947-2	Tipo de cable	THHN	

En la Tabla 42, se muestra las especificaciones técnicas principales de los elementos como: protección principal, protección para cada circuito y el calibre del conductor de alimentación al tablero del control.

1. Análisis de flicker

El reporte de medición indica que el efecto flicker Pst, incumple con la regulación 004/01, en el 100% de sus valores registrados. En la Tabla 43, se describe los resultados obtenidos del efecto durante la medición realizada.

Tabla 43: Análisis del efecto flicker.

Fuente: Autor

FLICKER Pst		
Referencia según la Regulación 004/01		
Límite Pst. 1pu	Número de muestras 1029	
Valores registrados en la medición		
Valor máximo 1.972	Valor promedio 1.1	Valor mínimo 1.02
Muestras dentro del límite 0 0%	Muestras fuera del límite 1030 100%	

La medición del efecto flicker fue realizada en una cantidad de 1029 eventos, en los cuales se constató que todos superaron el límite establecido. El valor máximo detectado en la medición fue de 1.972, el valor mínimo de 1.02, lo que muestra que durante todo el período de medición la variable estuvo sobre los límites indicados en la Regulación 004/01.

Los altos valores en las mediciones del efecto flicker pueden ser ocasionadas por la conexión de grandes motores de inducción, los cuales se encuentran en equipos de refrigeración ubicados en los laboratorios de la facultad. Estos equipos tienen una capacidad entre 4HP y 5HP y al estar en pleno funcionamiento tienen una capacidad de consumo alrededor de 25 Amperios.

2. Análisis de tensión

El reporte de medición de esta variable muestra un incumplimiento con la regulación 004/01 en las tres fases. En la Tabla 44, se muestra un resumen de los resultados obtenidos durante la adquisición de datos.

Tabla 44: Análisis de tensión

Fuente: Autor

Niveles de voltaje		
Límite admisible en el sector urbano según Regulación 004/01		
Voltaje mínimo admisible (-8%) 116.84 V	Voltaje máximo admisible (8%) 137.16 V	
Valores registrados durante la medición		
Voltaje mínimo registrado 113.2 V (fase B)	Voltaje máximo registrado 139.2 V (fase A)	
Número de muestras fuera del límite		
Número de muestras por fase 1030	Inferior al límite 1	Superior al límite 968
Incumplimiento con la Regulación CONELEC 004/01		
Fase A 195 18.9%	Fase B 528 51.26%	Fase C 246 23.88%

Se realizó la medición de 1030 eventos registrados para cada fase, se constató que 1 registro estuvo por debajo del límite inferior y 968 por encima del límite superior. El voltaje máximo medido fue de 139.2 en la fase A, mientras que el voltaje mínimo fue de 113.2 en la fase B.

Los resultados obtenidos durante la medición muestran pequeñas variaciones fuera de los límites establecidos como son:

1. Los valores menores al límite inferior tienen una variación máxima del 3.1%.
2. Los valores mayores al límite superior tienen una variación máxima del 1.49%.

Las razones que pudieron provocar una variación en el nivel de voltaje son: un cambio momentáneo en la carga, descargas atmosféricas, cortocircuitos y contactos a tierra de sus fases (López, 1997).

3. Análisis de corriente

Los registros de medición indican un desbalance de cargas superior al límite establecido por la Regulación 004/01. En la Tabla 45, se observa un resumen de los valores obtenidos.

Tabla 45: Análisis de corriente

Fuente: Autor

Corrientes				
Referencia según la Regulación 004/01	Valores registrados durante la medición en amperios			
Límite admisible	Fase A	Fase B	Fase C	Neutro
3%	13.5	10.7	26.4	0
Desbalance de cargas por fases				
Fase A-B: 20.74%	Fase B-C: 59.46%		Fase A-C: 48.86%	

Al analizar los resultados se constató que existe un desbalance de cargas entre las tres fases, la cual se creó por el aumento del flujo de estudiantes, el cambio y aumento de laboratorios de computación en la edificación, los cuales no tienen una planificación prevista para realizar estas actividades. La carga más elevada se presenta en la fase C, la cual es usada para la alimentación de laboratorios de computación, mecatrónica, entre otros

4. Análisis de Armónicos de tensión

El reporte de medición indica un cumplimiento en esta variable, el cual no sobrepasa el límite establecido por la regulación 004/01 emitida por el CONELEC. Los resultados obtenidos se detallan a continuación en la Tabla 46.

Tabla 46: Análisis de Armónicos de tensión

Fuente: Autor

ARMÓNICOS FASE A				
Límite THDv 8%	Valor mínimo medido (%) 0.6%	Valor promedio medido (%) 1.9%	Valor máximo medido (%) 5.3%	Número de muestras 1030
Cumplimiento con la Regulación	Muestras dentro del límite 1030 (100%)		Muestras fuera del límite 0 (0%)	
ARMÓNICOS FASE B				
Límite THDv 8%	Valor mínimo medido (%) 0.6%	Valor promedio medido (%) 2.1%	Valor máximo medido (%) 6%	Número de muestras 1030
Cumplimiento con la Regulación	Muestras dentro del límite 1030 (100%)		Muestras fuera del límite 0 (0%)	
ARMÓNICOS FASE C				
Límite THDv 8%	Valor mínimo medido (%) 0.6%	Valor promedio medido (%) 1.9%	Valor máximo medido (%) 5.8%	Número de muestras 1030
Cumplimiento con la Regulación	Muestras dentro del límite 1030 (100%)		Muestras fuera del límite 0 (0%)	

Al realizar la medición de esta variable se obtuvo valores en las tres fases por debajo del límite establecido, esto es un indicativo de que la edificación cumple con la Regulación 004/01.

5. Análisis de carga

El reporte de medición de esta variable se refiere al nivel de carga consumida por la facultad durante el tiempo de registró los datos. La potencia máxima registrada es de 0.45 KWh, el promedio de carga de 0.2 KWh y el valor mínimo es de 0 KWh.

Los resultados descritos se observan en la Figura 23, en forma de onda.

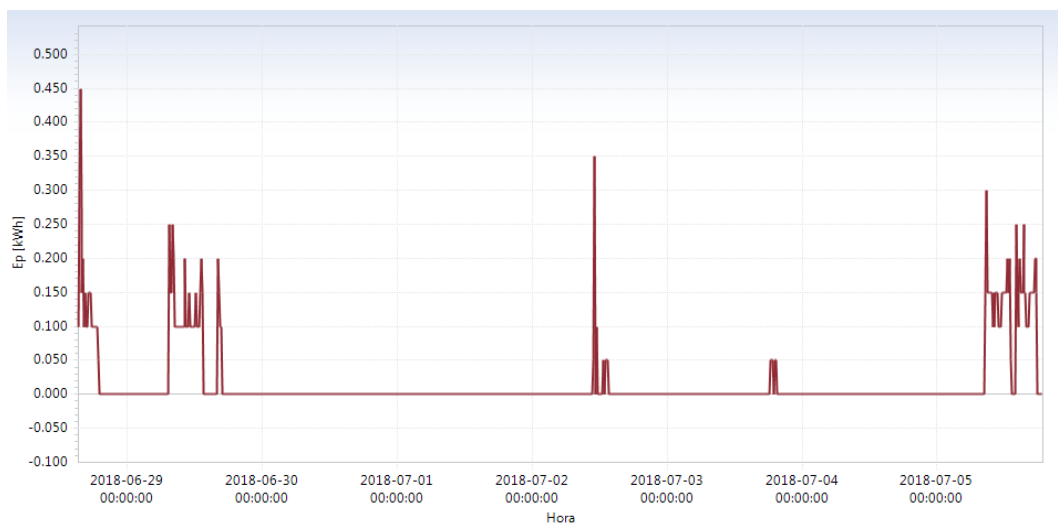


Ilustración 23; Instantáneas en forma del análisis de carga

Fuente: Autor

El consumo eléctrico de la edificación durante el tiempo que estuvo conectado el equipo de medición fue de 35 KWh. Los datos de medición muestran que el consumo de energía en la edificación es cero en horario nocturno, alrededor de las 9:30 pm hasta las 6:30 am, en donde se reanuda las labores académicas.

Los valores máximos de consumo eléctrico se registran horario matutino a partir de las 7:30 am hasta las 11:30 am, por la gran afluencia de estudiantes que reciben clases de inglés o preuniversitarios.

6. Análisis de factor de potencia

Los resultados obtenidos durante la medición indican un incumplimiento de la regulación 004/01. Estos resultados se observan a continuación en la Tabla 47.

Tabla 47: Análisis del factor de potencia

Fuente: Autor

Factor de potencia		
Regulación 004/01 emitida por el CONELEC		
Valor mínimo admisible 0.92	Numero de muestras medidas 1030	
Valores registrados durante la medición		
Valor mínimo medido 0.21	Valor máximo medido 0.99	Valor del factor de potencia 0.55
Valores mayores a 0.92 237 (30.98%)	Valores menores a 0.92 739 (69.02%)	

Los datos obtenidos durante la medición que presentan un incumplimiento con la Regulación 004/01 fueron en total 739. Los valores del factor de potencia que se encuentran fuera del límite establecido se produjeron en horario nocturno, a partir de las 8 pm hasta las 6 am, en donde los registros llegaron a su valor mínimo de 0.21.

Para mejorar el factor de potencia que inicialmente es de 0.55 y elevarlo a un valor aceptable de 0.97 se necesita instalar un banco de capacitores. A continuación, se realiza el cálculo para determinar la capacidad de los capacitores, en donde los datos iniciales son valores registrados durante la medición y los nuevos son obtenidos realizando el cálculo matemático.

Datos iniciales:

Potencia activa (P)= 17.2 KW
 Potencia reactiva (Q)= 19.2 KVAR
 Potencia aparente(S)= 30.8 KVA
 fp= 0.55
 $\alpha=56.05^\circ$

Datos obtenidos

Potencia activa (P)= 17.2 KW
 Potencia reactiva (Q)= 4.3 KVAR
 Potencia aparente(S)= 17.73 KVA
 fp=0.97
 $\alpha=14.06^\circ$

$$S_N = \frac{P}{fp_N} = \frac{17.2}{0.97} = 17.73 \text{ KVA} \quad 3.2.6.1$$

$$Q_N = S_N \sin \alpha = (17.73 \text{ KVA})(\sin 14.06) = 4.3 \text{ KVAR} \quad 3.2.6.2$$

$$Q_C = Q - Q_N = 19.2 - 4.3 = 14.9 \text{ KVAR} \quad 3.2.6.3$$

$$C = \frac{Q_C}{(2\pi F)(V^2)} = \frac{14.9}{\sqrt{3}(2\pi 60)(220^2)} = 74.7 \mu\text{f} \quad 3.2.6.3$$

Para mejorar el factor de potencia y subir a un valor aceptable de 0.97 se necesita un banco de capacitores de una capacidad total de 47.1 μf . Para este caso se deberá instalar 3 capacitores de paso fijo de 15 μf cada uno, estos se deberán conectar en paralelo a las borneras de alimentación principal de cada fase. Las especificaciones técnicas de los capacitores se encuentran en el Anexo B.

3.2 Propuesta de mejora

Una vez realizado las mediciones y obtenido los datos de las variables establecidas previamente, se encontró algunos problemas que se detallaran a continuación que están afectando a los equipos, instalaciones eléctricas y aprovechamiento eficiente de la energía eléctrica.

Los resultados de estas variables en cada una de las edificaciones presentan sus particularidades dependiendo sus ambientes como: aulas, laboratorios, oficinas, según sus funcionalidades equipos eléctricos como computadoras personales, equipos de comunicación, impresoras, infocus y según su afluencia de estudiantes, docentes y personal administrativo que tiene cada facultad. A continuación, se presenta las propuestas de mejora para cada edificación.

3.2.1 Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA).

Para solucionar los problemas en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales las acciones a propuestas son:

Efecto flicker.

Para solucionar la variable del efecto flicker que sobrepasa el límite establecido en la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC en un 100% de sus muestras registradas, existen algunos métodos como son: la modificación del sistema eléctrico de iluminación conformado por cables, empalmes y conductos, el uso del regulador de voltaje en los espacios físicos de mayor demanda o la modificación de la fuente generadora del flicker que son las luminarias. Para este caso considerando el valor de incumplimiento, el método propuesto es la sustitución o cambio del mayor número de lámparas fluorescentes, por lámparas leds sin parpadeo lumínico (flicker free). Las características técnicas de este tipo de lámparas se presentan en el Anexo C.

Variación de voltaje

Para proponer una solución a esta variable se analizó los valores registrados durante la medición en las cuales se encontró 42 muestras de 1434 posibles que representa el 2.92% que se encuentra fuera del límite máximo y mínimo establecido en la Regulación 004/01. En donde el valor más elevado que se obtuvo sobrepasó en 2V el límite superior y en 3.5V el límite inferior. A pesar de que se tiene mediciones fuera del rango establecido no es significativo el aporte de esta variable en el incumplimiento de la regulación, por lo que no es necesario la implementación de algún método correctivo.

Desbalance de cargas

En esta edificación existe un desbalance de cargas principalmente en las fases A y B con respecto a C. Para solucionar este problema se propone realizar un balance de cargas para equilibrar principalmente la fase C. A continuación, se detalla el procedimiento:

1. Para realizar un balance de cargas el primer paso es conectar el sistema eléctrico a plena carga, es decir en total funcionamiento todos los equipos eléctricos que se encuentren dentro de sus instalaciones.
2. Realizar mediciones puntuales de consumo en cada fase de alimentación al tablero principal.

3. Una vez identificada la(s) fase(s) que se encuentra(n) desbalanceada(s) se debe proceder a medir el consumo en cada uno de los diez circuitos principales que posee esta edificación.
4. Si los valores registrados permiten realizar un cambio en la conexión de un circuito principal a la fase que se encuentra desbalanceada sin producir un nuevo desbalance se procederá con el cambio, caso contrario se deberá realizar las mediciones en los sub circuitos para verificar a cuál de estos se deberá conectar a otra fase de alimentación.

Armónicos

Para solucionar la presencia de armónicos en esta edificación los cuales se produjeron principalmente en horas de la noche por el uso de luminarias fluorescentes, se recomienda la instalación de un filtro de bloqueo del tercer armónico el cual se produce por tener cargas no lineales como: computadoras personales, circuitos electrónicos, servidores, routers, alumbrado fluorescente entre otras. La instalación del filtro de bloqueo cuando se trata de cargas monofásicas se conecta en paralelo entre el hilo del neutro y la fase que las alimenta, para redes trifásicas se conectan en serie en el hilo del neutro. En el Anexo E, se muestran las especificaciones técnicas del filtro de bloqueo.

3.2.2 Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA).

Para solucionar los problemas en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA) las acciones propuestas son:

Efecto flicker.

Para solucionar la variable del efecto flicker que sobrepasa el límite establecido en la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC en un 100% de sus muestras registradas, existen algunos métodos como son: la modificación del sistema eléctrico de iluminación conformado por cables, empalmes y conductos, el uso del regulador de voltaje en los espacios físicos de mayor demanda o la modificación de la fuente generadora del flicker que son las luminarias. Para este caso considerando el valor de incumplimiento, el método propuesto es la sustitución

o cambio del mayor número de lámparas fluorescentes, por lámparas leds sin parpadeo lumínico (flicker free). Las características técnicas de este tipo de lámparas se presentan en el Anexo C.

Variación de voltaje

En esta edificación no se registró ninguna muestra de variación de voltaje que este fuera de los límites establecidos en la Regulación 004/01. Por lo tanto, no es necesario realizar ningún método correctivo a la presente fecha.

Desbalance de cargas

En esta edificación existe un desbalance de cargas principalmente en las fases A y C con respecto a B. Para solucionar este problema se propone realizar un balance de cargas para equilibrar principalmente la fase B. A continuación, se detalla el procedimiento:

1. Para realizar un balance de cargas el primer paso es conectar el sistema eléctrico a plena carga, es decir en total funcionamiento todos los equipos eléctricos que se encuentren dentro de sus instalaciones.
2. Realizar mediciones puntuales de consumo en cada fase de alimentación al tablero principal.
3. Una vez identificada la(s) fase(s) que se encuentra(n) desbalanceada(s) se debe proceder a medir el consumo en cada uno de los diez circuitos principales que posee esta edificación.
4. Si los valores registrados permiten realizar un cambio en la conexión de un circuito principal a la fase que se encuentra desbalanceada sin producir un nuevo desbalance se procederá con el cambio, caso contrario se deberá realizar las mediciones en los sub circuitos para verificar a cuál de estos se deberá conectar a otra fase de alimentación.

Armónicos

Para solucionar la presencia de armónicos en esta edificación los cuales se produjeron principalmente en horas de la noche por el uso de luminarias fluorescentes, se recomienda la instalación de un filtro de bloqueo del tercer armónico el cual se produce por tener cargas no lineales como: computadoras personales, circuitos electrónicos, servidores, routers, alumbrado fluorescente entre otras. La instalación del filtro de bloqueo cuando se trata de cargas monofásicas se conecta en paralelo entre el hilo del neutro y la fase que las alimenta, para redes trifásicas se conectan en serie en el hilo del neutro. En el Anexo E, se muestran las especificaciones técnicas del filtro de bloqueo.

3.2.3 Facultad en Ciencias Administrativas y Económicas (FACAE).

Para solucionar los problemas en la Facultad en Ciencias Administrativas y Económicas (FACAE) las acciones propuestas son:

Efecto flicker.

Para solucionar la variable del efecto flicker que sobrepasa el límite establecido en la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC en un 100% de sus muestras registradas, existen algunos métodos como son: la modificación del sistema eléctrico de iluminación conformado por cables, empalmes y conductos, el uso del regulador de voltaje en los espacios físicos de mayor demanda o la modificación de la fuente generadora del flicker que son las luminarias. Para este caso considerando el valor de incumplimiento, el método propuesto es la sustitución o cambio del mayor número de lámparas fluorescentes, por lámparas leds sin parpadeo lumínico (flicker free). Las características técnicas de este tipo de lámparas se presentan en el Anexo C.

Variación de voltaje

En esta edificación no se registró ninguna muestra de variación de voltaje que este fuera de los límites establecidos en la Regulación 004/01. Por lo tanto, no es necesario realizar ningún método correctivo a la presente fecha.

Desbalance de cargas

En esta edificación existe un desbalance de cargas principalmente en las fases A y C con respecto a B. Para solucionar este problema se propone realizar un balance de cargas para equilibrar principalmente la fase B. A continuación, se detalla el procedimiento:

1. Para realizar un balance de cargas el primer paso es conectar el sistema eléctrico a plena carga, es decir en total funcionamiento todos los equipos eléctricos que se encuentren dentro de sus instalaciones.
2. Realizar mediciones puntuales de consumo en cada fase de alimentación al tablero principal.
3. Una vez identificada la(s) fase(s) que se encuentra(n) desbalanceada(s) se debe proceder a medir el consumo en cada uno de los diez circuitos principales que posee esta edificación.
4. Si los valores registrados permiten realizar un cambio en la conexión de un circuito principal a la fase que se encuentra desbalanceada sin producir un nuevo desbalance se procederá con el cambio, caso contrario se deberá realizar las mediciones en los sub circuitos para verificar a cuál de estos se deberá conectar a otra fase de alimentación.

Armónicos

En esta edificación se registró solamente 3 muestras de 1302 posibles que representa el 0.23% de armónicos que estuvieron fuera de los límites establecidos en la Regulación 004/01, por lo cual no es necesario la aplicación de ningún método correctivo para esta variable

3.2.4 Facultad de Educación Ciencia y Tecnología (FECYT).

Para solucionar los problemas en la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología (FECYT) las acciones propuestas son:

Efecto flicker.

Para solucionar la variable del efecto flicker que sobrepasa el límite establecido en la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC en un 100% de sus muestras registradas, existen algunos métodos como son: la modificación del sistema eléctrico de iluminación conformado por cables, empalmes y conductos, el uso del regulador de voltaje en los espacios físicos de mayor demanda o la modificación de la fuente generadora del flicker que son las luminarias. Para este caso considerando el valor de incumplimiento, el método propuesto es la sustitución o cambio del mayor número de lámparas fluorescentes, por lámparas leds sin parpadeo lumínico (flicker free). Las características técnicas de este tipo de lámparas se presentan en el Anexo C.

Variación de voltaje

En esta edificación no se registró ninguna muestra de variación de voltaje que este fuera de los límites establecidos en la Regulación 004/01. Por lo tanto, no es necesario realizar ningún método correctivo a la presente fecha.

Desbalance de cargas

En esta edificación existe un desbalance de cargas principalmente en las fases A y B con respecto a C. Para solucionar este problema se propone realizar un balance de cargas para equilibrar principalmente la fase C. A continuación, se detalla el procedimiento:

1. Para realizar un balance de cargas el primer paso es conectar el sistema eléctrico a plena carga, es decir en total funcionamiento todos los equipos eléctricos que se encuentren dentro de sus instalaciones.
2. Realizar mediciones puntuales de consumo en cada fase de alimentación al tablero principal.
3. Una vez identificada la(s) fase(s) que se encuentra(n) desbalanceada(s) se debe proceder a medir el consumo en cada uno de los diez circuitos principales que posee esta edificación.
4. Si los valores registrados permiten realizar un cambio en la conexión de un circuito principal a la fase que se encuentra desbalanceada sin producir un nuevo

desbalance se procederá con el cambio, caso contrario se deberá realizar las mediciones en los sub circuitos para verificar a cuál de estos se deberá conectar a otra fase de alimentación.

Armónicos

En esta edificación no se registró ningún evento posible de armónicos fuera de los límites establecidos en la Regulación 004/01, por lo cual no es necesario la aplicación de ningún método correctivo para esta variable.

3.2.5 Facultad en Ciencias de la Salud (FSSCC).

Para solucionar los problemas en la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología (FECYT) las acciones propuestas son:

Efecto flicker.

Para solucionar la variable del efecto flicker que sobrepasa el límite establecido en la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC en un 98.18% de sus muestras registradas, existen algunos métodos como son: la modificación del sistema eléctrico de iluminación conformado por cables, empalmes y conductos, el uso del regulador de voltaje en los espacios físicos de mayor demanda o la modificación de la fuente generadora del flicker que son las luminarias. Para este caso considerando el valor de incumplimiento, el método propuesto es la sustitución o cambio del mayor número de lámparas fluorescentes, por lámparas leds sin parpadeo lumínico (flicker free). Las características técnicas de este tipo de lámparas se presentan en el Anexo C.

Variación de voltaje

En esta edificación no se registró ninguna muestra de variación de voltaje que este fuera de los límites establecidos en la Regulación 004/01. Por lo tanto, no es necesario realizar ningún método correctivo a la presente fecha.

Desbalance de cargas

En esta edificación existe un desbalance de cargas principalmente en la fase A con respecto B y C. Para solucionar este problema se propone realizar un balance de cargas para equilibrar principalmente la fase A. A continuación, se detalla el procedimiento:

1. Para realizar un balance de cargas el primer paso es conectar el sistema eléctrico a plena carga, es decir en total funcionamiento todos los equipos eléctricos que se encuentren dentro de sus instalaciones.
2. Realizar mediciones puntuales de consumo en cada fase de alimentación al tablero principal.
3. Una vez identificada la(s) fase(s) que se encuentra(n) desbalanceada(s) se debe proceder a medir el consumo en cada uno de los diez circuitos principales que posee esta edificación.
4. Si los valores registrados permiten realizar un cambio en la conexión de un circuito principal a la fase que se encuentra desbalanceada sin producir un nuevo desbalance se procederá con el cambio, caso contrario se deberá realizar las mediciones en los sub circuitos para verificar a cuál de estos se deberá conectar a otra fase de alimentación.

Armónicos

En esta edificación no se registró ningún evento posible de armónicos fuera de los límites establecidos en la Regulación 004/01, por lo cual no es necesario la aplicación de ningún método correctivo para esta variable.

3.2.6 Centro Académico de Idiomas (CAI).

Para solucionar los problemas en la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología (FECYT) las acciones propuestas son:

Efecto flicker.

Para solucionar la variable del efecto flicker que sobrepasa el límite establecido en la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC en un 100% de sus muestras registradas, existen algunos métodos como son: la modificación del sistema eléctrico de iluminación conformado por cables, empalmes y conductos, el uso del regulador de voltaje en los espacios físicos de mayor demanda o la modificación de la fuente generadora del flicker que son las luminarias. Para este caso considerando el valor de incumplimiento, el método propuesto es la sustitución o cambio del mayor número de lámparas fluorescentes, por lámparas leds sin parpadeo lumínico (flicker free). Las características técnicas de este tipo de lámparas se presentan en el Anexo C.

Variación de voltaje

Para corregir la variación de voltaje en esta edificación la cual tiene un alto porcentaje de eventos registrados mayores al límite superior establecido en la Regulación 004/01, se propone como solución la instalación de un regulador automático de voltaje trifásico 220V. Este equipo se deberá instalar antes del tablero de control de la edificación, conectando cada fase de alimentación a la respectiva bornera de entrada del regulador, mientras que cada fase de la bornera de salida del regulador se debe conectar al tablero de control principal. Las especificaciones técnicas del regulador de voltaje se presentan en el Anexo D.

Desbalance de cargas

En esta edificación existe un desbalance de cargas principalmente en las fases A y B con respecto a C. Para solucionar este problema se propone realizar un balance de cargas para equilibrar principalmente la fase C. A continuación, se detalla el procedimiento:

1. Para realizar un balance de cargas el primer paso es conectar el sistema eléctrico a plena carga, es decir en total funcionamiento todos los equipos eléctricos que se encuentren dentro de sus instalaciones.
2. Realizar mediciones puntuales de consumo en cada fase de alimentación al tablero principal.

3. Una vez identificada la(s) fase(s) que se encuentra(n) desbalanceada(s) se debe proceder a medir el consumo en cada uno de los diez circuitos principales que posee esta edificación.
4. Si los valores registrados permiten realizar un cambio en la conexión de un circuito principal a la fase que se encuentra desbalanceada sin producir un nuevo desbalance se procederá con el cambio, caso contrario se deberá realizar las mediciones en los sub circuitos para verificar a cuál de estos se deberá conectar a otra fase de alimentación.

Armónicos

En esta edificación no se registró ningún evento posible de armónicos fuera de los límites establecidos en la Regulación 004/01, por lo cual no es necesario la aplicación de ningún método correctivo para esta variable.

3.3 Modelamiento Matemático de los consumos eléctricos.

3.3.1 Introducción

Un modelamiento matemático es un procedimiento que permite interpretar de la mejor forma posible la realidad mediante métodos matemáticos. Estos pueden ser representados en esquemas, ecuaciones o diagramas con el fin de describir sistemas los cuales son creados para fines determinados. (Durán, 2006)

Para realizar un modelo matemático existen muchos métodos como: el suavizado exponencial (simple, doble o triple), doble método de Brown, etc. Incluso existen programas que nos ayudan a realizar este trabajo con mayor exactitud y facilidad como Matlab, Excel o Modellus entre otros.

El modelamiento que se realizó en el presente proyecto es el de previsión realizado en la plataforma de Excel 2016, el cual consta en generar un pronóstico gráfico y numérico, partiendo de datos históricos los cuales se usan para obtener una tendencia del comportamiento de los consumos eléctricos.

Según Hanke y Wichern (2017), la función previsión de Excel es un método seguro para realizar pronósticos futuros puesto que, su funcionamiento no se basa en la utilización de expresiones matemáticas creadas específicamente para esta función.

El método matemático usado es el Suavizado Exponencial Triple de Winter. Según Kaufmann (2006), Esta técnica muy recomendable puesto que predice valores futuros usando datos de duración definida existentes y se adapta a cambios, tendencias y patrones estacionales en el comportamiento de los variables.

Según Maldonado (2014), las aplicaciones realizadas en Excel con el modelo de Winter son:

- La demanda de la electricidad por horas:

Patrón a través de las horas de un día

- Diarios:

Patrón a través de los días de la semana

Ciclos Mensuales

- Call Center

Patrón de números de llamadas recibidas

- Negocios de alimentos estacionarios

Mañanas

- Tráfico aéreo internacional

Miles de pasajeros

A continuación, se presenta las ecuaciones matemáticas utilizadas en el método de Winter.

Atenuación de la serie de tiempo.

$$A_T = \alpha \frac{Y_T}{S_{T-L}} + (1 - \alpha)(A_{T-1} + T_{T-1})$$

3.4.1.1

Estimación de la tendencia del periodo del tiempo

$$T_T = \beta(A_T - A_{T-1}) + (1 - \beta)T_{T-1} \quad 3.4.1.2$$

Estimación de la estacionalidad

$$S_T = \gamma \frac{Y_T}{A_T} + (1 - \gamma)S_{T-L} \quad 3.4.1.3$$

Pronostico para periodos en el futuro

$$Y_{T+P} = (A_T - pT_T)S_{T-L+P} \quad 3.4.1.4$$

En donde:

- α Constante de atenuación del promedio de los datos ($0 < \alpha < 1$).
- β Constante de atenuación de la estimación de la tendencia ($0 < \beta < 1$).
- γ Constante de atenuación de la estacionalidad ($0 < \gamma < 1$).
- Y_T Valores de consumos de energía medidos
- A_T Valor atenuado en el periodo T
- T_T Estimación de la tendencia en el periodo T
- S_T Estimación de la estacionalidad del periodo T.
- (Y_{T+p}) Valores de consumo de energía a pronosticar
- **P** Número de periodos a pronosticar en el futuro.
- **L** Longitud de la estacionalidad.

En la Tabla 48, se presentan los parámetros y sus valores utilizados en las ecuaciones matemáticas empleadas en la creación del modelo matemático.

Tabla 48: Valores de los parámetros utilizados en el modelamiento matemático

Fuente: Autor

EDIFICACIÓN						
Parámetro	FICAYA	FICA	FACAE	FECYT	FCCSS	CAI
L Longitud de la estacionalidad	4	4	4	4	4	4
P Número de periodos a pronosticar en el futuro	686	675	716	1135	692	631
α Constante de atenuación del promedio de los datos	0.25	0.9	0.5	0.25	0.9	0.0
β Constante de atenuación de la estimación de la tendencia	0.02	0	0.01	0	0	0
γ Constante de atenuación de la estacionalidad	0.10	0.10	0.5	0.75	0.10	0.25
Y_T Valores de consumos de energía medidos	686	675	716	1135	692	631

Los valores mostrados en la Tabla 42, se encuentran detallados para cada edificación. A continuación, se justifica el valor de los parámetros utilizados para realizar el cálculo.

- ❖ **Longitud de estacionalidad.** El valor escogido fue de 4 para todas las edificaciones, pues cada este número de eventos existe un patrón de consumo similar no en cantidad, pero si en comportamiento.
- ❖ **Constantes de atenuación.** – Los valores de atenuación de promedio (α), tendencia (β) y estacionalidad (γ) son parámetros los cuales se permiten modificar para alcanzar un modelo con el menor error posible. La plataforma utilizada de Excel, permite realizar este procedimiento automáticamente empleando la herramienta de Solver.
- ❖ **Número de periodos a pronosticar (P).** - La cantidad de eventos a pronosticar para cada edificación, es similar al valor de registros obtenidos durante la adquisición de datos.

3.3.2 Presentación de los modelos matemáticos

Los modelamientos matemáticos de previsión que se presentan a continuación, son referencias o aproximaciones las cuales no siempre serán exactas ya que el comportamiento de consumo de energía no siempre es igual.

El modelamiento de previsión se lo realiza con el objetivo principal de disponer acciones futuras como: planificar la inclusión o restricción de nuevas conexiones de equipos eléctricos, evitar posibles daños o averías en el sistema por sobrecargas y preparar un plan de mantenimiento para las instalaciones eléctricas dependiendo de los resultados obtenidos (ESAN, 2015).

Para la creación de los modelos matemáticos los valores registrados de los días sábados y domingos no fueron utilizados, ya que las edificaciones no tienen ningún consumo durante estos días y estos valores afectan directamente en la forma de onda de los valores predichos.

A continuación, se detalla el modelo matemático para cada edificación auditada, el cual tiene un tiempo de duración similar al registrado originalmente para cada una de las facultades auditadas. La forma de onda de color azul se refiere a los datos reales obtenidos durante la medición y la naranja muestra el comportamiento de los datos conseguidos durante el modelamiento de previsión.

3.3.2.1 Modelamiento matemático de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA).

En la Figura 24, se muestra el modelamiento matemático de previsión para la FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES, en la cual se observa un comportamiento distinto al modelo inicial, tanto en la secuencia como en valores consumidos.

En el modelamiento de previsión las cargas consumidas tienden a cambiar a causa de la variación constante en el consumo eléctrico que se obtienen durante el día, esto no permite que la tendencia de estacionalidad sea mayor. Es decir, que el número de ciclos que se repitan

durante la medición sea más alto al obtenido, que para este caso fue de 218, y de esta manera lograr una mayor precisión.

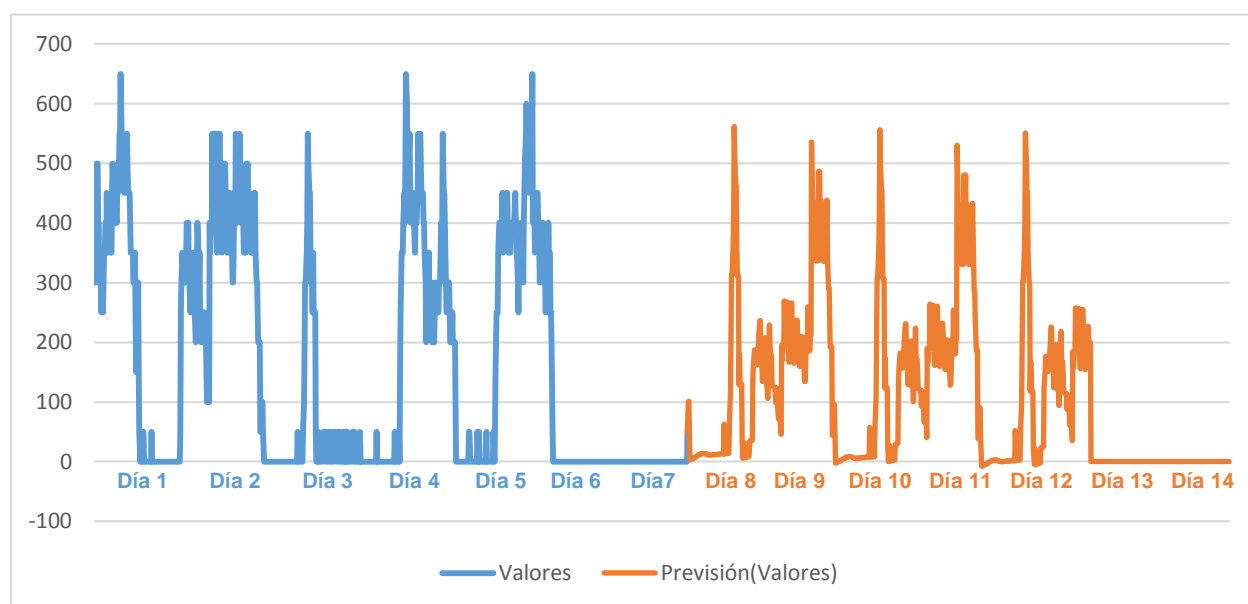


Ilustración 24; Modelo matemático de previsión de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales

Fuente: Autor

El resultado del modelamiento matemático de previsión muestra una reducción del consumo energético en esta facultad, el cual disminuyó de 139.75KWh a 126.56KWh durante el mismo periodo de tiempo de la medición original. En este modelo se puede apreciar que existen momentos puntuales del día en que los consumos son constantes, es decir tienen una tendencia de estacionalidad muy elevada la cual ayudara a mejorar la precisión al momento de realizar un nuevo modelo de previsión.

3.3.2.2 Modelamiento matemático de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA).

En la Figura 25, se muestra el modelamiento matemático de previsión para la FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS, en la cual se observa un cambio pequeño en el comportamiento del modelo inicial, tanto en la secuencia como en valores consumidos.

En el modelamiento de previsión las cargas consumidas tienden a cambiar a causa de la variación constante en el consumo eléctrico que se obtienen durante el día, esto no permite que la tendencia de estacionalidad sea mayor. Es decir, que el número de ciclos que se repitan durante la medición sea más alto al obtenido, que para este caso fue de 138, y de esta manera lograr una mayor precisión.

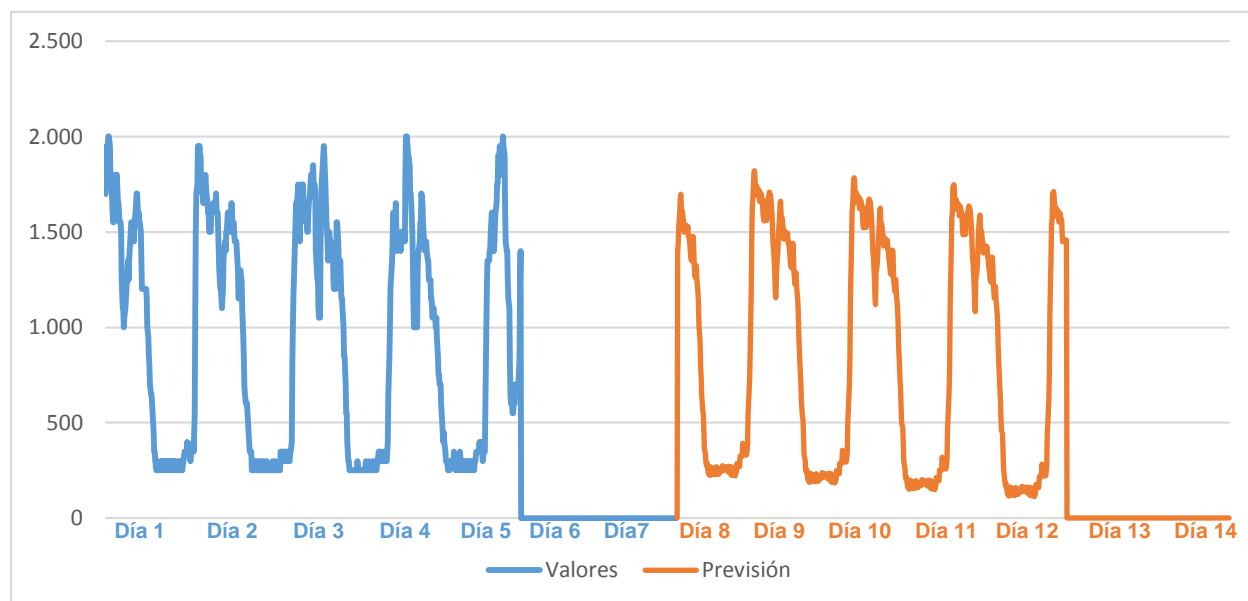


Ilustración 25; Modelo matemático de previsión de la facultad de ingeniería en ciencias aplicadas

Fuente: Autor

El resultado del modelamiento matemático de previsión muestra una reducción del consumo energético en esta facultad, el cual disminuyó de 581.108Kwh a 524.806Kwh durante el mismo periodo de tiempo de la medición original. En este modelo se puede apreciar que existen momentos puntuales del día en que los consumos son constantes, es decir tienen una tendencia de estacionalidad muy elevada la cual ayudara a mejorar la precisión al momento de realizar un nuevo modelo de previsión.

3.3.2.3 Modelamiento matemático de la Facultad en Ciencias Administrativas y Económicas (FACAE).

En la Figura 26, se muestra el modelamiento matemático de previsión para la FACULTAD EN CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y ECONÓMICAS, en la cual se observa un comportamiento distinto al modelo inicial, tanto en la secuencia como en valores consumidos.

En el modelamiento de previsión las cargas consumidas tienden a cambiar a causa de la variación constante en el consumo eléctrico que se obtienen durante el día, esto no permite que la tendencia de estacionalidad sea mayor. Es decir, que el número de ciclos que se repitan durante la medición sea más alto al obtenido, que para este caso fue de 133, y de esta manera lograr una mayor precisión.

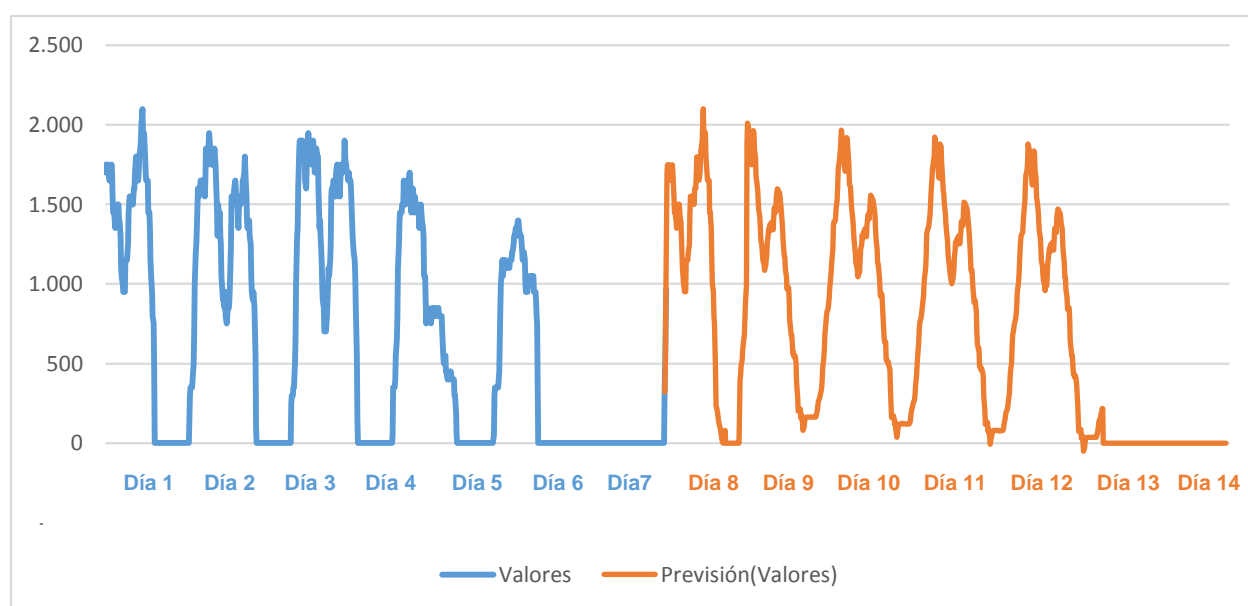


Ilustración 26: Modelo matemático de previsión de la facultad de ciencias administrativas y económicas

Fuente: Autor

El resultado del modelamiento matemático de previsión muestra un aumento del consumo energético en esta facultad, el cual se creció de 516.6Kwh a 536.25Kwh durante el mismo periodo de tiempo de la medición original. En este modelo se puede apreciar que existen momentos puntuales del día en que los consumos son constantes, es decir tienen una tendencia de estacionalidad muy elevada la cual ayudara a mejorar la precisión al momento de realizar un nuevo modelo de previsión.

3.3.2.4 Modelamiento matemático de la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología (FECYT).

En la Figura 27, se señala el modelamiento de previsión de la FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA Y TECNOLOGÍA, el cual muestra un consumo diferente con una forma de onda con picos muy bajos en relación o a los originales, pero lo cuales nunca llegan a cero en ningún momento de la medición.

En el modelamiento de previsión las cargas consumidas tienden a cambiar muy poco y sus variaciones cada día son muy similares entre sí. De esta manera, el número de ciclos que se repitieron durante la medición para este caso fue de 252, lo que significó una mayor precisión. Como en el modelo original, las mediciones predichas son menores en los días sábado y domingo, pero tienen un consumo considerablemente alto ya que sus instalaciones son usadas por los estudiantes de las carreras semipresenciales que ofrece la universidad.

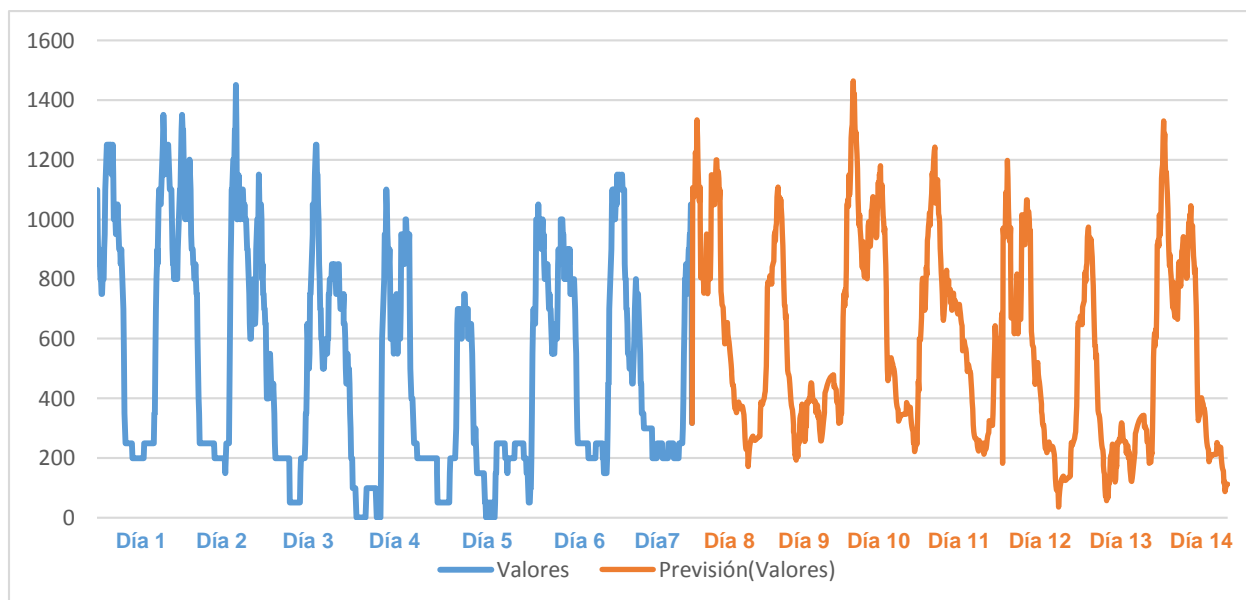


Ilustración 27; Modelo matemático de previsión de la Facultad de educación ciencia y tecnología

Fuente: Autor

El resultado del modelamiento matemático de previsión muestra un aumento del consumo energético en esta facultad, el cual creció de 575.4Kwh a 583.394Kwh durante el mismo periodo de tiempo de la medición original. En este modelo se puede apreciar que existen momentos puntuales del día en que los consumos son constantes, es decir tienen una tendencia de estacionalidad muy elevada la cual ayudara a mejorar la precisión al momento de realizar un nuevo modelo de previsión.

3.3.2.5 Modelamiento matemático de la Facultad en Ciencias de Salud (FCCSS).

El modelamiento matemático de previsión de LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD muestra un comportamiento más equilibrado es sus mediciones. Como se puede

observar en la Figura 28, el modelo de onda tiene un pico máximo de 1.1Kwh el cual no supera al original.

Para el modelamiento de previsión las cargas consumidas tienden a cambiar a causa de la variación constante en el consumo eléctrico que se obtienen durante el día, esto significó obtener una tendencia de estacionalidad muy baja. Para este caso, el número de ciclos que se repiten durante la medición fue de 142.

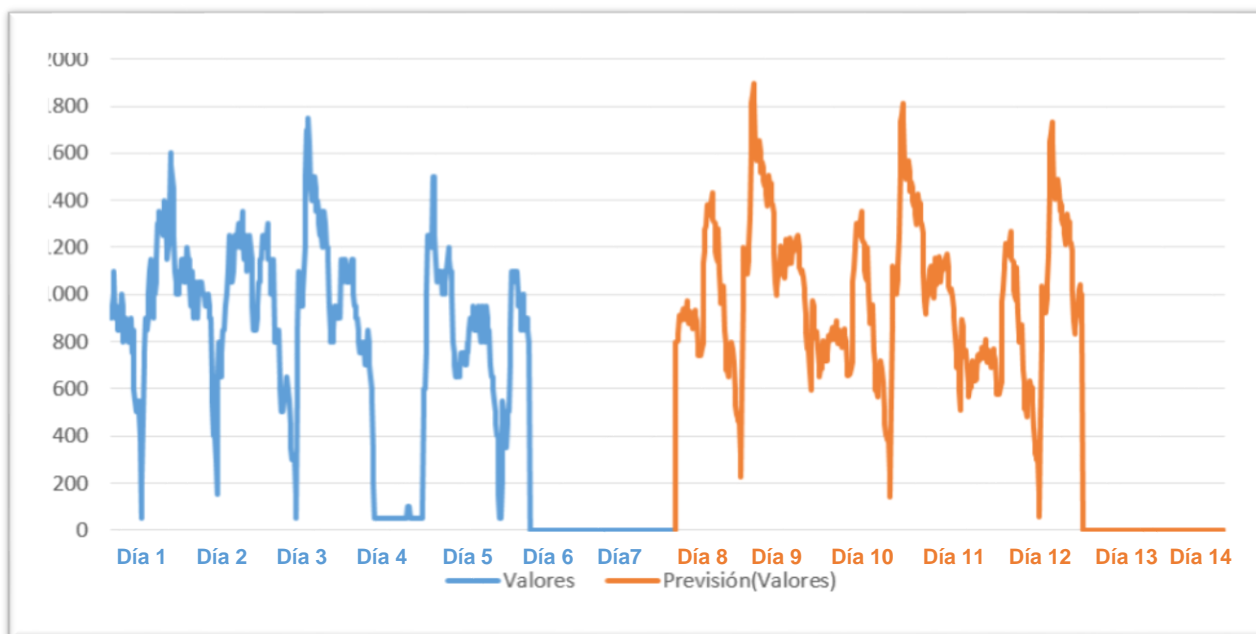


Ilustración 28; Modelo matemático de previsión de la Facultad de Ciencias de la Salud

Fuente: Autor

El resultado del modelamiento matemático de previsión muestra un aumento del consumo energético en esta facultad, el cual creció de 400.25Kwh a 461.7Kwh durante el mismo periodo de tiempo de la medición original. En este modelo se puede apreciar que existen momentos puntuales del día en que los consumos son constantes, es decir tienen una dde realizar un nuevo modelo de previsión.

3.3.2.6 Modelamiento matemático del Centro Académico de Idiomas (CAI).

En la Figura 29, se muestra el modelamiento matemático de previsión para el CENTRO ACADÉMICO de IDIOMAS, en la cual se observa un comportamiento distinto al modelo inicial, tanto en la secuencia como en valores consumidos.

En el modelamiento de previsión las cargas consumidas tienden a cambiar a causa de la variación constante en el consumo eléctrico que se obtienen durante el día, esto no permitió que la tendencia de estacionalidad sea mayor. Para este caso el número de ciclos que se repitan durante la medición fue de 98, lo que generó un cambio drástico en la forma de onda entre el modelamiento medido y el predicho, mientras que en valores numéricos el cambio no fue muy grande.

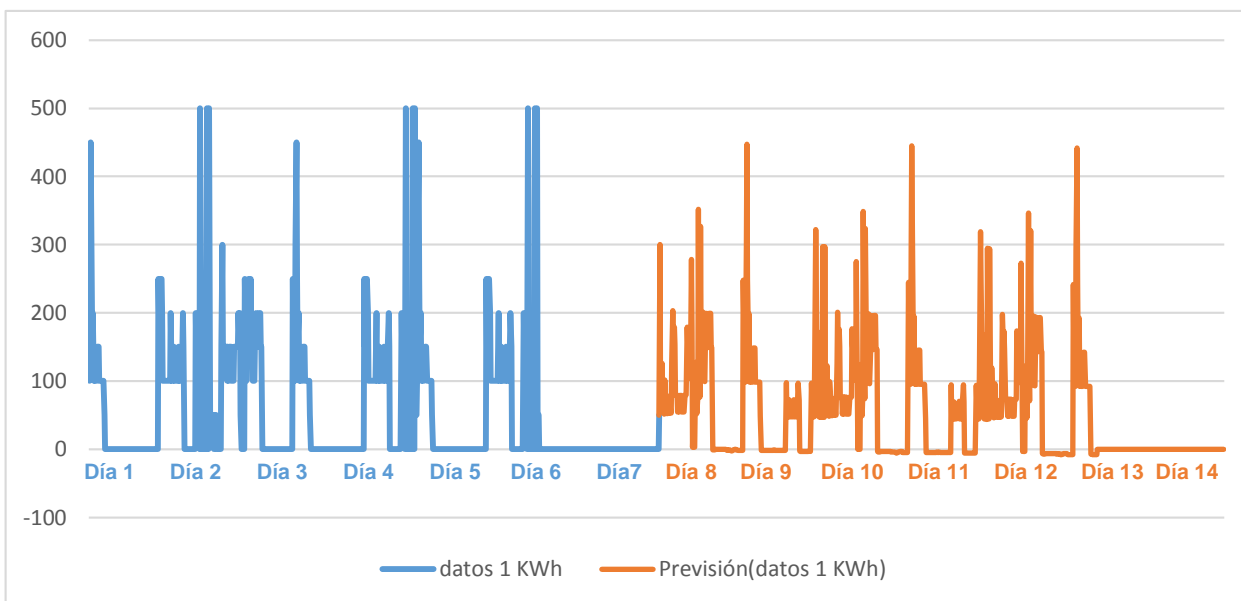


Ilustración 29; Modelo matemático de previsión del Centro Académico de Idiomas

Fuente: Autor

El resultado del modelamiento matemático de previsión muestra un aumento del consumo energético en esta facultad, el cual creció de 40.5Kwh a 40.7Kwh durante el mismo periodo de tiempo de la medición original. En este modelo se puede apreciar que existen momentos puntuales del día en que los consumos son constantes, es decir tienen una tendencia de estacionalidad muy elevada la cual ayudara a mejorar la precisión al momento de realizar un nuevo modelo de previsión.

CONCLUSIONES

Mediante la auditoría eléctrica realizada en las diferentes facultades de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, se demostró los puntos vulnerables del sistema eléctrico instalado, además se constató la falta de planificación previo a realizar trabajos de instalación, mantenimiento, reemplazo de circuitos y equipos eléctricos dentro de cada edificación auditada. Estos aspectos han conllevado a: un bajo factor de potencia, desbalance de cargas, variación de voltaje, elevada presencia de armónicos y flicker.

En la actualidad el Campus Universitario UTN, no dispone de instalaciones eléctricas en buen estado. Por lo tanto, las variables de calidad de energía analizadas muestran niveles poco aceptables según la Regulación 004/01 emitida por el CONELEC, principalmente en el factor de potencia y el parpadeo flicker.

Los resultados obtenidos de los modelamientos matemáticos de previsión muestran consumos muy similares al original, los cuales varían en un porcentaje máximo del 15% del valor original. Considerando las características de cada facultad (protecciones, calibres de conductor, número de circuitos, etc.), los datos predichos permiten concluir que: los valores de carga pronosticadas no crean ningún problema de sobrecarga en el sistema eléctrico, lo cual posibilita la planificación e inclusión de nuevas conexiones y cargas eléctricas dentro de las edificaciones auditadas.

Para realizar un balance de cargas en las edificaciones auditadas se debe tener en cuenta los cambios y aumentos de equipos eléctricos y laboratorios que se han realizado dentro de cada facultad, pero principalmente se debe analizar la afluencia de estudiantes la cual es cambiante cada semestre, tanto en cantidad como en horarios de clases.

RECOMENDACIONES

Crear un plan de mantenimiento en donde se realice un manejo adecuado de la información como: planos eléctricos actuales, equipos que se usan diariamente y análisis de cargas cuando se produzca un aumento o cambio de laboratorios. Se recomienda que estos datos sean digitalizados que permita tener una base de datos para cuando se requiera una evaluación del estado actual.

Implementar un sistema de automatización para luminarias ubicadas en escaleras y corredores de cada edificación, para controlar de esta forma el encendido innecesario durante la jornada de clases y así disminuir la presencia del tercer armónico H3 registrado en todas las facultades auditadas.

Instalar un banco de condensadores para corregir el factor de potencia el cual se encuentra en un nivel muy bajo en casi todas las edificaciones auditadas y de esta manera disminuir el consumo energético, aumentar la vida útil de los equipos y evitar el incremento de temperatura de los conductores.

Llevar un registro de actividades de los trabajos realizados en las instalaciones eléctricas, sistemas de suministro eléctrico y tableros de control; ya que esto ayudara con la identificación de los equipos, distribución de cargas y detección de variables que incumplan los niveles de calidad.

Preparar las instalaciones antes de realizar las conexiones del equipo de medición, ya que se evidenció que algunos tableros de control (Centro Académico de Idiomas, Facultad en Ciencias de la Salud, Facultad de Educación Ciencia y Tecnología) no brindaban las condiciones de seguridad ni facilidad de conexión del equipo de medición, puesto que se encuentran en mal estado e instalados a la intemperie sin ninguna protección.

REFERENCIAS

- Certificados Energéticos. (2016). Cinco pasos para planificar una auditoria energética. Recuperado en mayo del 2018, de <https://bit.ly/2x1R9Em>
- Dearde, James, Trader, R. (1999). Alcance y objetivo de la auditoria interna.
- Durán, G. (2006). Investigación de operaciones, modelos matemáticos y optimización.
- Renzetti, M. (2008). Que es el factor de potencia. Recuperado en junio del 2018, de <https://bit.ly/2x0XtvZ>
- Campos, J. et al.(s.f.). calidad de la energía eléctrica.
- Voltimum. (2014). Análisis de la calidad de la energía eléctrica en sistema trifásicos de distribución. Recuperado en septiembre del 2018, de <https://bit.ly/2Nt7FI6>
- a3e auditorias energeticas. (2016). Auditorias energeticas. Recuperado en marzo del 2018, de www.asociacion3e.org/conocimiento/auditorias-energeticas open_in_new
- AEMC. (s.f.). Manual de operación. Recuperado en abril del 2018, de www.chauvin-arnoux.us/pdfs_aemc/user-manuals/3945-POWERPAD_ES.pdf
- Alvarado, J. E. (2017). Carga, demanda y energía eléctrica. Recuperado en mayo del 2018, de es.linkedin.com/pulse/carga-demanda-y-energía-eléctrica-conceptos-para-la-espina-alvarado open_in_new
- CIRCUITOR. (s.f.). Procedimientos para el estudio y analisis de perturbaciones armónicas. Recuperado en marzo del 2018, de http://circuitor.com/docs/procedimientos_sp.pdf
- Escobar, G. (2003). Manual de auditorias energeticas.
- Flores, J. J. (2002). Fluctuaciones de tensión y Flicker. Recuperado en junio del 2018, de http://eia.udg.es/~secse/curso_calidad/curso5_fluctuaciones_flicker.pdf
- Govind, A. (2015). Department of Mechanical engineering.
- ISO 50001. (2016). Auditorias energéticas según UNE 16247.
- Krarti, M. (s.f.). AUDITORIAS ENERGÉTICAS PARA EDIFICIOS. Recuperado en abril del 2018.
- METREL. (2011). Manual de funcionamiento. Recuperado en mayo del 2018.
- METREL. (2011). Catalogo. Recuperado en mayo del 2018, de www.metrel.es/fileadmin/BAZA_od_Ziva_Klingenstein/Metrel_ES/Instruction_Manuals/MI_27_92_PowerQ4_Plus_SPA_Ver_1.0_20_751_904.pdf open_in_new

Otero, D. (2011). Metodología para auditorias. Recuperado en abril del 2018, de [upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13710/MEMORIA - Metodología para auditorias energéticas.pdf](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13710/MEMORIA%20-%20Metodolog%C3%ADa%20para%20auditorias%20energ%C3%A9ticas.pdf) open_in_new

RIOS, C. A., ARISTIZABAL, M., & GALLEGO, R. A. (2003). Auditorias Electricas.

Schneiderelectric. (s.f.). Mejora del factor de potencia y filtrado de armónicos. Recuperado en junio del 2018, de www.schneiderelectric.es/documents/local/productos-servicios/distribucion_electrica/guia_instalaciones_electricas/capitulo-I-mejora-factor-potencia-filtrado-armonicos.pdf open_in_new

Thumann, A. (s.f.). Handbook of energy audits.

CFE. (s.f.). Factor de Potencia. Recuperado en junio del 2018, de www.electricidadbasica.net/amp-vol-fre-fa.htm open_in_new

Electricidadbasica. (s.f.). Fundamentos básicos sobre electricidad. Recuperado en junio del 2018, de <http://www.electricidadbasica.net/amp-vol-fre-fa.htm>

UCO. (s.f.). Triangulo de potencias. Obtenido de http://www.uco.es/grupos/giie/cirweb/teoria/tema_04/tema_04_05.pdf

Medina, A. (2011). Armonicos en redes electricas.

Abundis, A. (2016). Causas y efectos de armónicos en sistemas eléctricos de potencia.

Canabal, E. (2014). Calidad de onda eléctrica. Recuperado en junio del 2018.

Cano, A. (2007). Huecos de tension. Recuperado en mayo del 2018, de <http://www.ambientum.com/revistanueva/2007-01/energia/tension.asp>

Diego Ferreyra, A. G. (2013). Calidad de energía.

FernandezFica. (s.f.). Perturbaciones de la red electrica. Recuperado en mayo del 2018, de <http://www.fernandezfica.cl/img/articulos/perturbaciones.pdf>

Laire, M. (2013). Guía de implementación de sistema de gestión energética basada en ISO 50001.

Tenaga, S. (2016). Electrical Energy Audit Guidelines for Building.

Arias. (2008). Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid.

Sánchez, V. (2006). Perturbaciones en la red eléctrica.

Mathew, L. Shimi, S. Thakur, R. (2014). Recent advances and trends in electrical engineering.

Ferreyra, D. Gudiño, A. (2013). Mediciones de parpadeo en una instalación urbana. Recuperado en abril del 2018, de <https://bit.ly/2Qg6rOR>

Huang, E. (2011). ISO 50001: conozca la nueva norma de gestión de energía. Recuperado en junio del 2018, de <https://bit.ly/2x5hFOh>

Legarrete, A. Gómez, A. (2006). Introducción al flicker en redes eléctricas. Recuperado en mayo del 2018, de <https://bit.ly/2wZjtHA>

Llanos, D. (2003). Sistema de corrección de perturbaciones. Recuperado en abril del 2018, de <https://bit.ly/2Oa7fDe>

Seymour, J. Horsley, T. (s.f.) Los siete tipos de problemas en el suministro eléctrico. Recuperado en junio del 2018, de <https://bit.ly/2Nydow0>

Chapman, S. (2000). Maquinas Eléctricas.

Yáñez, C. Ibsen, S. (2011). Enfoque metodológico de la auditoria a las tecnologías de la información y comunicaciones.

Segui, P. (2014). Como realizar una auditoria energética y no perderse. Recuperado en marzo del 2018 de <https://bit.ly/2wZprbH>

Artisaval., C. R.-M. (21 de 04 de 2003). Revistas UTP.

Chougule et al. (07 de 2016). Auditoria Energetica Electrica.

Rosas, R. (2010). Auditorías Energéticas. Recuperado en marzo del 2018, de <http://www.adinelsa.com.pe/files/publicaciones/1.pdf>

ANEXOS

Anexo A: Perturbaciones en edificaciones más comunes

Categoría	Espectro de frecuencia (típico)	Duración (típico)	Magnitud de la tensión (típica)
1. Transitorios			
1.1. Impulsivos			
1.1.1 Nanosegundos	tr=5 ns	<50 ns	
1.1.2. Microsegundos	tr= 1 us	50ns - 1ms	
1.1.3 Milisegundos.	Tr= 0.1 ms	> 0.1 ms	
1.2. Oscilatorios			
1.2.1 Frecuencia baja	< 5 kHz	0.3 – 50 ms	0 – 4 p.u.
1.2.2 Frecuencia media	5 – 500 kHz	20 ms	0 – 8 p.u.
1.2.3. Frecuencia alta	0.5 – 5 MHz	5 ms	0 – 4 p.u.
2. variaciones de corta Duración			
2.1. Instantáneas			
2.1.1. Sag (Dip)		0.5 – 30 ciclos	0.1 – 0.9 p.u.
2.1.2. Swell		0.5 – 30 ciclos	1.1 – 1,8 p.u.
2.2. Momentáneas			
2.2.1. Interrupción		0.5 ciclos – 3s	<0.1 p.u.
2.2.2. Sag (Dip)		30 ciclos – 3s	0.1 – 0.9 p.u.
2.2.3. Swell		30 ciclos – 3s	1.1 – 1,8 p.u.
2.3. Temporales			
2.3.1. Interrupción		3s – s1 min	<0.1 p.u.
2.3.2. Sag (Dip)		3s – 1 min	0.1 – 0.9 p.u.
2.3.3. Swell		30 ciclos – 3s	1.1 – 1,8 p.u.
3. Variaciones de larga Duración			
3.1. Interrupción sostenida			
		> 1 min	0.0 p.u.
3.2. Sub tensión			
		> 1 min	0.8 – 0.9 p.u.
3.3. Sobretensión			
		> 1 min	1.1 – 1.2 p.u.
4. Desequilibrio de tensión		Estado estacionario	0.5 – 2%
5. Distorsión de onda			
5.1. Componente D.C		Estado estacionario	0 – 0.1%
5.2. Armónicos		0 – 100 armónicos	Estado estacionario
5.3. Interarmónicos		0 – 60 KHz	Estado estacionario
5.4. Notch		> 10 KHz	Estado estacionario
5.5. Ruido		Banda Ancha	Estado estacionario
6. Fluctuaciones de tensión (Parpadeo-Flicker)		>25Hz	Intermitente
			0.1 – 7%
7. Variaciones de la frecuencia del sistema		< 10s	

Obtenidos: Meléndez & Herraiz. (marzo del 2015). Calidad de onda del servicio eléctrico. [Imagen].

Anexo B: Unidades Capacitivas

Tensión	Potencias reactivas KVA	Capacitancia (Uf), Conexión (delta)	Referencia	Corriente nominal (A)	Fusible gL/gG (A) (2)	Cable (mm ²) (2) (3)	Tamaño	Peso
230	0.5	10.0 x 3	UCWT0.5V34	1.26	2	1.5	4	0.54
230	0.75	15.1 x 3	UCWT0.75V34	1.88	4	1.5	4	0.54
230	1.00	20.1 x 3	UCWT1V34	2.51	4	1.5	5	0.54
230	1.50	30.1 x 3	UCWT1.5V34	3.77	6	1.5	5	0.54
230	2.00	40.1 x 3	UCWT2V34	5.02	10	1.5	5	0.54
230	2.50	50.2 x 3	UCWT2.5V34	6.28	10	1.5	5	0.70
230	3.00	60.2 x 3	UCWT3V34	7.53	16	1.5	5	0.70
230	5.00	100.3 x3	UCWT5V34	12.55	25	3.5	6	1.40
230	7.50	150.5 x 3	UCWT7.5V34	18.83	35	4	7	1.79
230	10.00	200.7 x 3	UCWT10V34	25.10	50	6	7	1.75
230	12.50	250.7 x 3	UCWT12.5V34	31.38	63	6	8	2.67
230	15.00	300.9 x 3	UCWT15V34	37.65	63	10	8	2.67
400	0.50	3.3 x 3	UCWT0.5V44	0.72	2	1.5	4	0.53
400	0.75	5.0 x 3	UCWT0.75V44	1.08	2	1.5	4	0.52
400	1.00	6.6 x 3	UCWT1V44	1.44	4	1.5	4	0.52
400	1.50	10.0 x 3	UCWT1.5V44	2.17	4	1.5	4	0.52
400	2.00	13.3 x 3	UCWT2V44	2.89	6	1.5	4	0.53
400	2.50	16.6 x 3	UCWT2.5V44	3.61	6	1.5	4	0.52
400	3.00	19.9 x 3	UCWT3V44	4.33	10	1.5	4	0.54
400	5.00	33.2 x 3	UCWT5V44	7.22	16	1.5	5	0.69
400	7.50	49.8 x 3	UCWT7.5V44	10.83	20	2.5	6	1.44
400	10.00	66.3 x 3	UCWT10V44	14.43	25	2.5	6	1.47
400	12.50	82.9 x 3	UCWT12.5V44	18.04	35	4	7	1.66
400	15.00	99.5 x 3	UCWT15V44	21.65	35	6	7	1.73

Obtenido: Weg. https://www.disai.net/wp-content/uploads/catalogos_pdf/CAPACITORES-WEG.pdf

Anexo C: Lámparas leds sin parpadeo flicker

Lámparas leds sin parpadeo lumínico (flicker free)	
Potencias existentes	De 9W hasta 23W
Casquillo estándar	G13 rotatorio – 100% compatible
Tamaño	Desde 60cm hasta 150cm
Ángulo de luz	160° con pantalla opaca
Garantía	3 años en todas las gamas
Disipador	Aluminio
Lugar de instalación	Zonas de estudio, trabajo y lectura

Obtenido: Sánchez C. (septiembre, 2014). Energy News

Anexo D: Regulador automático de voltaje Trifásico 220V estándar de 25KVA

Regulador automático de voltaje Trifásico 220V estándar de 25KVA	
Especificaciones Técnicas	Valor
Rango de entrada	Para sistema 220V: 155V – 255V Para sistema 440V: 390V – 440V
Voltajes de salida	220V / +-4.0 V
Eficiencia promedio	99%
Capacidad de sobrecara	Hasta 500% (por 10s)
Amperes por fase primarios	78 Amperes
Amperes por fase secundarios	66 Amperes
Precisión de voltaje	+ - 2.5 Volts
Ruido audible	10 Db a 1cm
Campo de regulación	+ - 16%
Distorsión	0%
Frecuencia	60 Hz
Temperatura de trabajo	0 – 35° C
Tiempo de respuestas	Menor a 3ms
Tiempo de vida útil	Superior a 25 años
Dimensiones aproximadas	80x52x76cm
Tipo de fabricación	Industrial

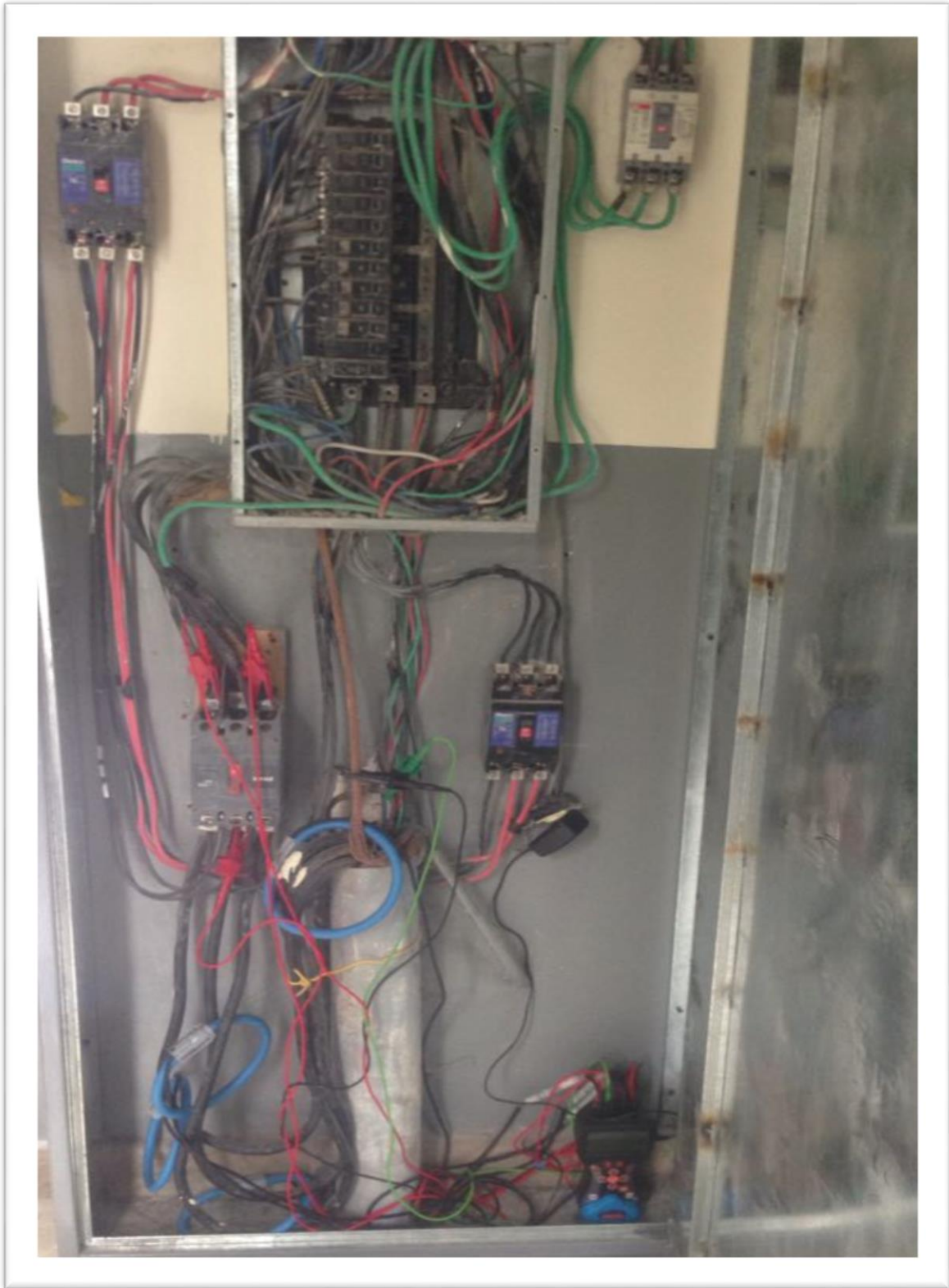
Obtenido: Corp. New Line. <https://corpnewline.com/assets/booklet---reguladores-new-line.pdf>

Anexo E: Filtro de bloqueo del tercer armónico

FILTRO DE BLOQUEO DEL TERCER ARMÓNICO	
Tensión Fase - Neutro	Hasta 750V
Frecuencia	50/60Hz
Corriente nominal neutro (IR)	6 a 100 A
Corriente máxima transitoria	1.5In (1 min. de cada 10 minutos)
Construcción	Armario metálico
Grado de protección	IP 00/IP21
Color	Gris Ral 7030
Instalación	Interior
Gama climática	-10° a +50° C
Protección	IP21

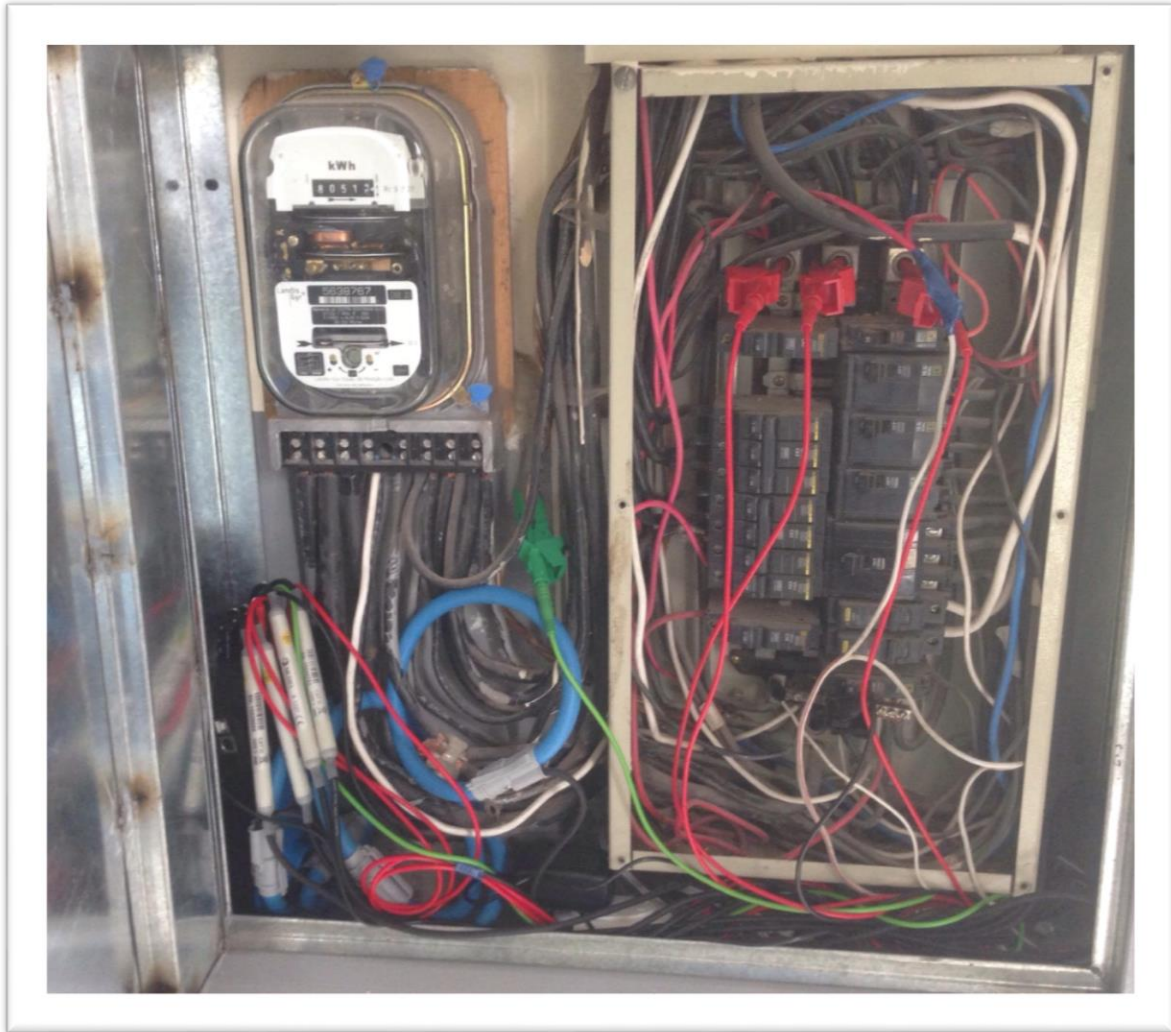
Fuente: Lifasa. Lifasa.com

Anexo F: Conexión del equipo de medición en el tablero de control de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA).



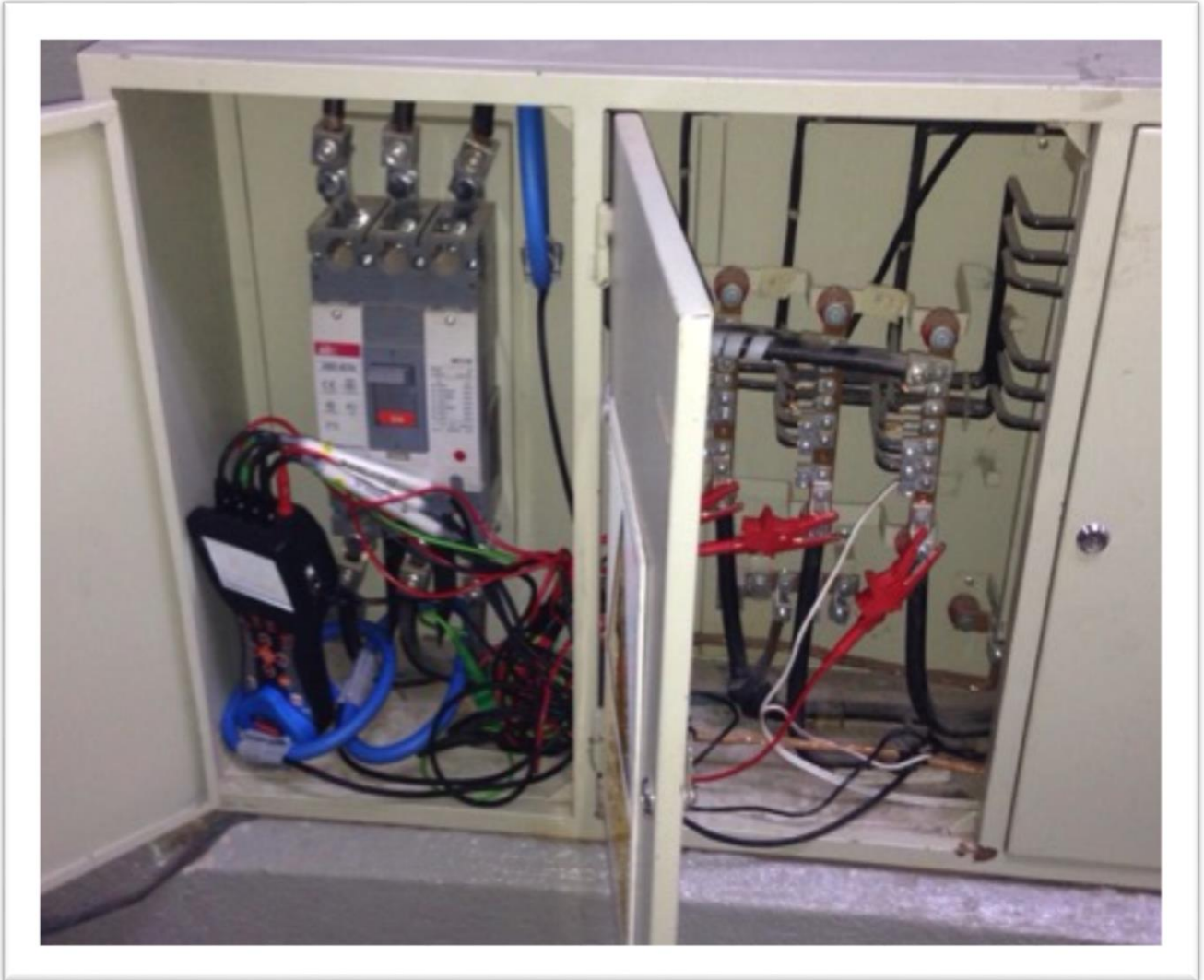
Fuente: Autor

Anexo G: Conexión del equipo de medición en el tablero de control de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA)



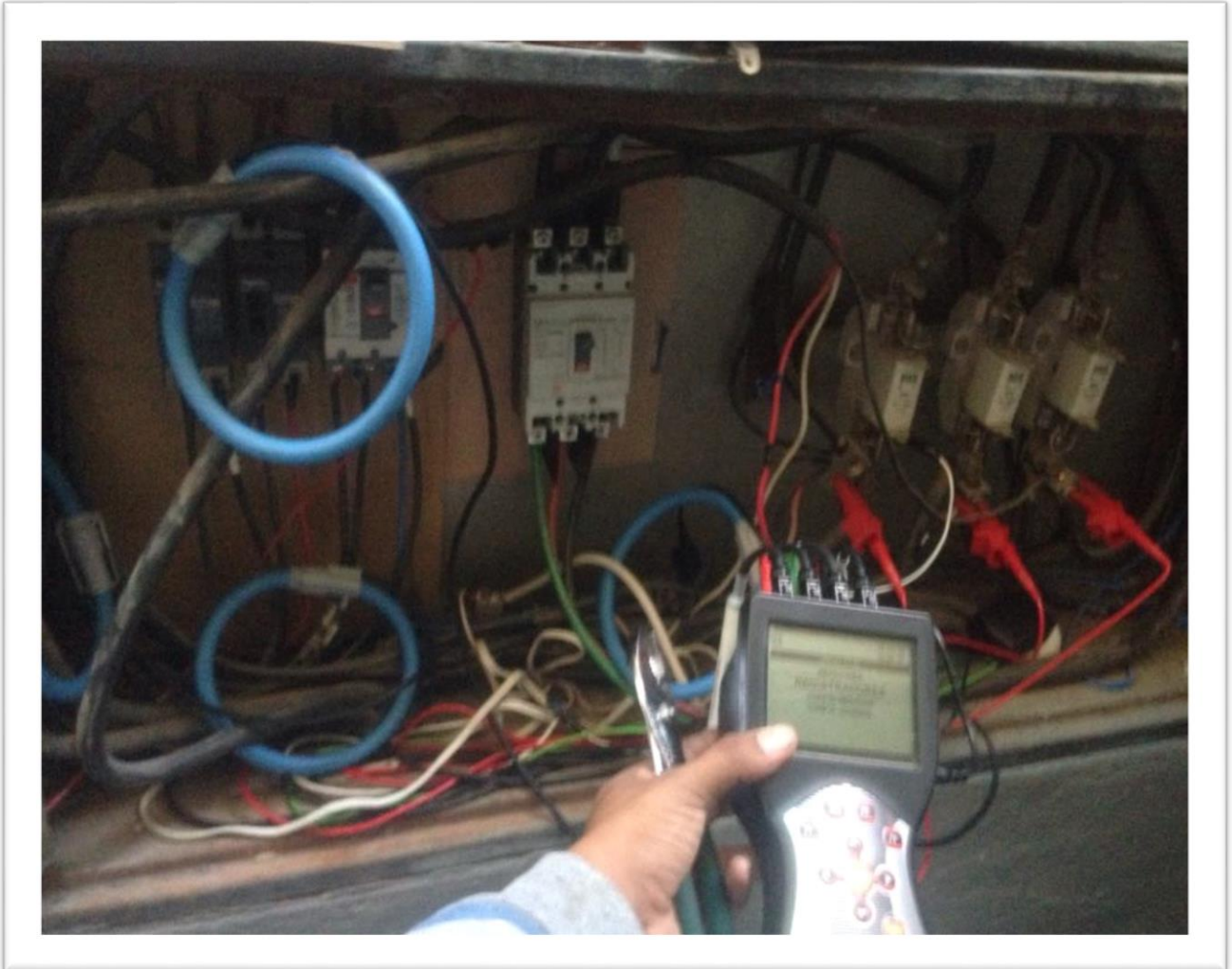
Fuente: Autor

Anexo H: Conexión del equipo de medición en el tablero de control de la Facultad en Ciencias Administrativas y Económicas (FACAE).



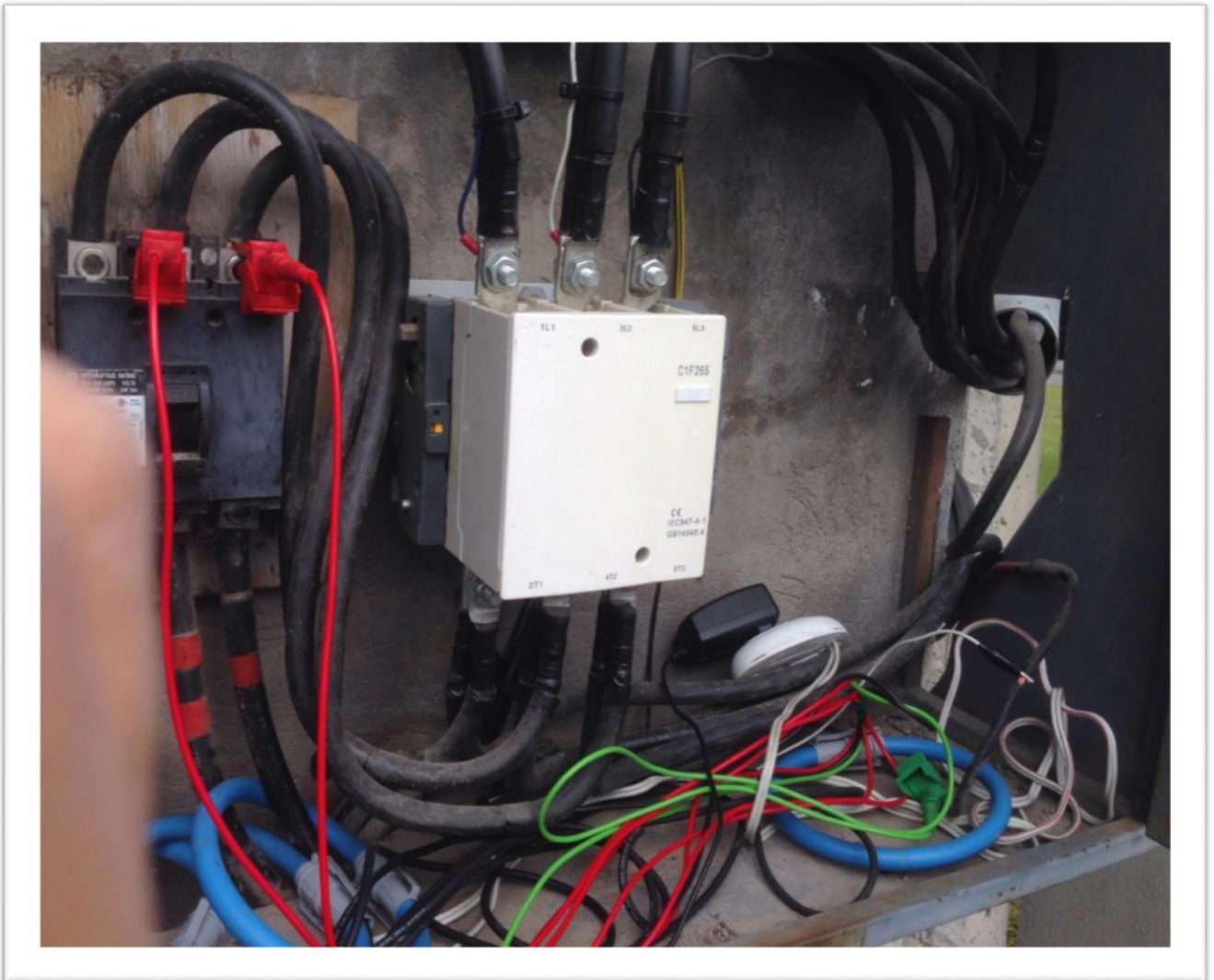
Fuente: Autor

Anexo I: Conexión del equipo de medición en el tablero de control de la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología (FECYT).



Fuente: Autor

Anexo J: Conexión del equipo de medición en el tablero de control de la Facultad en Ciencias de la Salud (FSSCC).



Fuente: Autor

