

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico

**PROPUESTA DE ACCIONES PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS
INSTALACIONES Y EQUIPOS ELÉCTRICOS DE UNA EMPRESA FLORÍCOLA.
CASO DE ESTUDIO: FLORÍCOLA FEEL FLOWERS.**

Trabajo de grado presentado ante la Universidad Técnica del Norte previo a la
obtención del título de grado de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico

Autor:

Jimmy Jonathan Tirira Tana

Director:

MSc. Olger Gilberto Arellano Bastidas

Ibarra- Ecuador
2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401928171		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Tirira Tana Jimmy Jonathan		
DIRECCIÓN:	San Gabriel		
EMAIL:	jjetirirat@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	+593 0989450036

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	PROPUESTA DE ACCIONES PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS ELÉCTRICOS DE UNA EMPRESA FLORÍCOLA. CASO DE ESTUDIO: FLORÍCOLA FEEL FLOWERS.
AUTOR (ES):	Tirira Tana Jimmy Jonathan
FECHA: DD/MM/AAAA	02/10/2020
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en mantenimiento eléctrico
ASESOR /DIRECTOR:	MSc. Olger Gilberto Arellano Bastidas

2. CONSTANCIA

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, es el 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.

Ibarra, a los 2 días del mes de octubre de 2020

EL AUTOR:



Jimmy Jonathan Tirira Tana
0401928171



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO

Yo, Olger Arellano en calidad de tutor del señor estudiante: Tirira Tana Jimmy Jonathan, certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado: **“PROPUESTA DE ACCIONES PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS ELÉCTRICOS DE UNA EMPRESA FLORÍCOLA. CASO DE ESTUDIO: FLORÍCOLA FEEL FLOWERS”**. Para la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico; aprobando la defensa, impresión y empastado.

.....
MSc. Olger Arellano
DIRECTOR DE TESIS

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado con mucho amor y cariño a mis padres Enma y Fernando quienes con su apoyo incondicional permitieron la culminación de este objetivo. A mis hermanas Fernanda y Dayana por confiar en mí y darme aliento cada día para seguir adelante, a toda mi familia y amigos quienes han sido partícipes de mi formación personal y profesional.

Agradecimientos

Primeramente agradezco a Dios por brindarme fortaleza y sabiduría para poder culminar con mis metas y objetivos. A toda mi familia por su apoyo constante, a mis compañeros, amigos y a todos mis docentes por haber compartido sus conocimientos en el transcurso de mi preparación académica.

Agradezco de manera especial a mi tutor MSc. Olger Arellano por su paciencia, disponibilidad y ayuda que me brindó para la elaboración del presente proyecto de investigación, a mi querida Universidad y a todas las autoridades por permitirme concluir con una etapa más de mi vida.

TABLA DE CONTENIDO

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	II
CONSTANCIA	III
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO.....	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS.....	VI
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XV
Contextualización	xv
Planteamiento Del Problema	xvi
Objetivo General.....	xvii
Objetivos Específicos	xvii
Justificación.....	xvii

CAPÍTULO 1

AUDITORÍA ELÉCTRICA

1.1 Conceptos de auditoría eléctrica.....	1
1.2 Tipos de auditorías energéticas eléctricas	1
1.3 Preparación para realizar una auditoría eléctrica	2
1.4 Recolección de datos.....	2
1.4.1 Datos básicos de las instalaciones.....	2
1.5 Información relevante en instalaciones eléctricas de bajo voltaje	3
1.5.1 Circuitos eléctricos de iluminación	3
1.5.1.1 Cálculo de iluminación	4
1.5.2 Circuitos eléctricos de fuerza	8
1.5.3 Conductores eléctricos.....	9
1.5.3.1 Aislamiento eléctrico	10
1.5.4 Criterios para selección del calibre de conductores y protecciones eléctricas	11
1.5.4.1 Calibre de los conductores eléctricos	11
1.5.4.2 Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos.....	12
1.5.6 Diagramas unifilares	14
1.5.7 Desbalance de carga	14

1.6 Mediciones y equipos	14
1.6.1 Analizador de redes	14
1.6.2 Termografía Infrarroja	15
1.6.2.1 Cámara termográfica	15
1.6.3 Telurómetro	17
1.6.3.1 Sistemas de puesta a tierra.....	17
1.7 Calidad de energía	20
1.7.1 Los armónicos se pueden clasificar según el orden, secuencia y frecuencia	21
1.7.2 Calidad del suministro de energía por parte de la empresa de distribución	22
1.7.3 Obligaciones del consumidor	23
1.7.4 Importancia de la calidad de energía	24

CAPÍTULO 2

DIAGNÓSTICO TÉCNICO

2.1 Introducción	25
2.1.1 Investigación bibliográfica o documental	25
2.1.2 Investigación de campo	25
2.1.3 Investigación aplicada.....	25
2.2 Métodos de la investigación	25
2.2.1 Método inductivo.....	25
2.2.2 Método deductivo	26
2.3 Diagrama de flujo del proceso de una auditoría energética	26
2.4 Recopilación de datos básicos de las instalaciones	26
2.4.1 Consumo de energía eléctrica mensual	26
2.4.2 Carga instalada.....	28
2.4.4 Área de mayor consumo	30
2.4.5 Planos y esquemas unifilares de los circuitos de fuerza y de iluminación	31
2.5 Mediciones	32
2.5.1 Sistema de puesta a tierra	32
2.5.2 Inspección termográfica	32
2.5.3 Análisis termográfico de las instalaciones y equipos eléctricos de la florícola.....	33
2.5.3 Análisis de calidad de energía	42
2.5.3.8 Factor de potencia	48

CAPITULO 3

PROPUESTA

3.1 Circuitos de iluminación	50
3.2 Conductores y protecciones.....	52
3.3 Puntos calientes identificados por termografía	54
3.4 Sistema de puesta a tierra	55
3.5 Factor de potencia	59
3.5.1 Compensación de reactivos por bajo factor de potencia	59
3.6 Estudio económico	60
3.6.1 Viabilidad económica	60
3.6.2 Valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR)	62
3.7 Resumen de la propuesta	66
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIAS	70
ANEXOS	76

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. 1 Características geométricas del área de iluminación	6
Fig. 1. 2 Sistema de potencia típico, con cargas lineales y no lineales	21
Fig. 2. 1 Proceso de una auditoría energética.....	26
Fig. 2. 2 Consumo de energía eléctrica del transformador #1 en kW.....	27
Fig. 2. 3 Consumo de energía eléctrica del transformador #1 en dólares	27
Fig. 2. 4 Consumo de energía eléctrica del transformador #2 en kW.....	27
Fig. 2. 5 Consumo de energía eléctrica del transformador #2 en dólares	28
Fig. 2. 6 Consumo de energía eléctrica en porcentaje de las áreas de la florícola Feel Flowers	31
Fig. 2. 7 Porcentaje de consumo de energía en iluminación, fuerza y equipos electrónicos e informáticos	31
Fig. 2. 8 Imagen termográfica de las líneas de bajo voltaje	33
Fig. 2. 9 Imagen termográfica del interruptor térmico del tablero principal del transformador #1	34
Fig. 2. 10 Imagen termográfica del interruptor térmico del tablero principal del transformador #2	35
Fig. 2. 11 Imagen termográfica del interruptor térmico de la bomba de goteo.....	36
Fig. 2. 12 Imagen termográfica de la bomba de duchas.....	37
Fig. 2. 13 Imagen termográfica de la bomba de goteo	38
Fig. 2. 14 Imagen termográfica de los bornes inferiores del interruptor térmico del tablero de control de la bomba de goteo.....	39
Fig. 2. 15 Imagen termográfica de los bornes superiores del interruptor térmico del tablero principal de cuartos fríos.....	40
Fig. 2. 16 Imagen termográfica de los bornes inferiores del interruptor termomagnético del compresor 1	41
Fig. 2. 17 Voltaje RMS del transformador #1	43
Fig. 2. 18 Voltaje RMS del transformador #2	43
Fig. 2. 19 Fenómenos transitorios Dip, Surge e interrupciones de voltaje del transformador #1.....	44
Fig. 2. 20 Fenómenos transitorios Dip, Surge e interrupciones de voltaje del transformador #2.....	44
Fig. 2. 21 Armónicos individuales en el transformador #1	46
Fig. 2. 22 Armónicos individuales en el transformador #2	46
Fig. 2. 23 Cargabilidad de la fase A y B del transformador #1	47
Fig. 2. 24 Cargabilidad de la fase A y B del transformador #2	48

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. 1 Niveles de iluminación recomendado en locales comerciales e industriales	4
TABLA 1. 2 Niveles de iluminación en el lugar de trabajo	4
TABLA 1. 3 Magnitudes de iluminación	5
TABLA 1. 4 Fórmulas para el cálculo del índice local.....	6
TABLA 1. 5 Coeficiente de reflexión.....	7
TABLA 1. 6 Factor de utilización	7
TABLA 1. 7 Características generales del cobre y aluminio	9
TABLA 1. 8 Descripción de los cables para bajo voltaje aislados con compuestos termoestables	10
TABLA 1. 9 Acciones sugeridas con respecto al aumento de temperatura	17
TABLA 1. 10 Tipos de electrodos de puesta a tierra	18
TABLA 1. 11 Resistividad de los diferentes tipos de terreno	19
TABLA 1. 12 Limites establecidos por ARCONEL 005/18.....	22
TABLA 1. 13 Tipos de compensadores de energía reactiva.....	24
TABLA 2. 1 Carga instalada de los equipos eléctricos, electromecánicos del transformador #1	28
TABLA 2. 2 Carga instalada de los equipos eléctricos, electromecánicos del transformador #2	29
TABLA 2. 3 Carga instalada de las luminarias existentes	30
TABLA 2. 4 Sistema de puesta a tierra.....	32
TABLA 2. 5 Datos técnicos obtenidos de la imagen termográfica mostrada en la figura 2.8	33
TABLA 2. 6 Datos técnicos obtenidos de la imagen termográfica mostrada en la figura 2.9	34
TABLA 2. 7 Datos técnicos obtenidos de la imagen termográfica mostrada en la figura 2.10	35
TABLA 2. 8 Datos técnicos obtenidos de la imagen termográfica mostrada en la figura 2.11	36
TABLA 2. 9 Datos técnicos obtenidos de la imagen termográfica mostrada en la figura 2.12	37
TABLA 2. 10 Datos técnicos obtenidos de la imagen termográfica mostrada en la figura 2.13	38
TABLA 2. 11 Datos técnicos obtenidos de la imagen termográfica mostrada en la figura 2.14	39
TABLA 2. 12 Datos técnicos obtenidos de la imagen termográfica mostrada en la figura 2.15	40
TABLA 2. 13 Datos técnicos obtenidos de la imagen termográfica mostrada en la figura 2.16	41
TABLA 2. 14 Niveles de voltaje	42

TABLA 2. 15 Niveles de flicker	45
TABLA 2. 16 Niveles de distorsión armónica de voltaje	45
TABLA 2. 17 Registro de corrientes RMS máximas	47
TABLA 2. 18 Factor de potencia total y por fase	48
TABLA 2. 19 Penalización por bajo factor de potencia.....	49
TABLA 3. 1 Características del tubo LED T8	50
TABLA 3. 2 Niveles de iluminación para áreas del trabajo	50
TABLA 3. 3 Cálculo del número de luminarias para cada área de la empresa Feel Flowers	51
TABLA 3. 4 Cálculo de ahorro de energía con las luminarias propuestas.....	52
TABLA 3. 5 Conductores y protecciones propuestas para el tablero general de ambos transformadores	52
TABLA 3. 6 Conductores y protecciones principales propuestas para los subtableros existentes	53
TABLA 3. 7 Conductores y protecciones propuestas para los circuitos de los subtableros	53
TABLA 3. 8 Acciones sugeridas para suprimir el aumento de temperatura en las intalaciones y equipos eléctricos	55
TABLA 3. 9 Descripción de los sistemas de puesta a tierra para cada subtablero	56
TABLA 3. 10 Calibre de conductores de puesta a tierra	56
TABLA 3. 11 Valores de resistencia en (Ohm) de cada SPAT	57
TABLA 3. 12 Resultados de la reducción de resistencia aplicando una sola dosis de 5 kilos de thor gel	58
TABLA 3. 13 Dosis de thor gel	58
TABLA 3. 14 Datos principales para el cálculo de la energía reactiva	59
TABLA 3. 15 Inversión de la propuesta para el cambio de luminarias	60
TABLA 3. 16 Inversión de la propuesta el bajo factor de potencia.....	60
TABLA 3. 17 Inversión de la propuesta para mejorar las instalaciones eléctricas	61
TABLA 3. 18 Ahorro anual de los cambios propuestos para iluminación y el factor de potencia	61
TABLA 3. 19 Valor actual neto y tasa interna de retorno para la propuesta de iluminación en el TD#1	63
TABLA 3. 20 Valor actual neto y tasa interna de retorno para la propuesta de compensación de reactivos en el TD#1	65

RESUMEN

La problemática con respecto a las perturbaciones eléctricas de voltaje, corriente y los fenómenos causados por las cargas no lineales presentes en las pequeñas industrias florícolas, pueden originar daños en los equipos eléctricos, electromecánicos e informáticos, los cuales son indispensables para la continuidad en el proceso de producción de estas industrias. Los motores de inducción y máquinas eléctricas utilizadas permanentemente dentro de la industria demandan un alto consumo de energía reactiva para su funcionamiento, dando como resultado un bajo factor de potencia, el cual origina corrientes altas que producen aumento de temperatura, ocasionando la existencia de puntos calientes en los conductores, protecciones y equipos electromecánicos lo cual conlleva a disminuir la vida útil del aislamiento de los mismos y genera pérdidas de energía eléctrica. El proyecto de investigación tiene como objetivo realizar una propuesta de acciones para el mejoramiento de las instalaciones y equipos eléctricos mediante un diagnóstico técnico que determine las posibles causas de los problemas existentes en la florícola Feel Flowers. Para realizar el diagnóstico técnico se efectuó la recolección de datos técnicos eléctricos y lumínicos mediante el método de investigación aplicada ya que se utilizó varias técnicas para la obtención de información como la observación directa de las instalaciones, diagramas técnicos, equipos de medición y experiencia de los técnicos eléctricos. Los resultados obtenidos con respecto a la recolección de datos corroboran la existencia del bajo factor de potencia, la ausencia de sistemas de puesta a tierra y muestra varias anomalías en las instalaciones eléctricas de la empresa florícola.

Palabras claves: Perturbaciones eléctricas, cargas no lineales, Bajo factor de potencia, consumo de energía, eficiencia.

Abstract

The issues related to electrical disturbances of voltage, current and phenomena caused by non-linear charges present in small flower industries can cause damage to electrical, electromechanical and computer equipment, which are essential for continuity in the process of production in these industries. Induction motors and electrical machines used permanently within the industry demand a high consumption of reactive energy for their operation, resulting in a low power factor, which originates high currents that produce a rise in temperature, causing the existence of hot spots in conductors, protections and electromechanical equipment, which leads to a decrease in the useful life of their insulation and generates electrical energy losses. The research project aims to carry out a proposal of actions for the improvement of electrical installations and equipment through a technical diagnosis that determines the possible causes of the existing problems in the Feel Flowers floriculture. To carry out the technical diagnosis, the collection of electrical and lighting technical data was carried out by means of the applied research method since various techniques were used to obtain information such as direct observation of the facilities, technical diagrams, measurement equipment and experience of the electrical technicians. The results obtained with respect to data collection corroborate the existence of the low power factor, the absence of grounding systems and show several anomalies in the electrical installations of the floricultural company.

Keywords: Electrical disturbances, non-linear loads, Low power factor, energy consumption, efficiency.

INTRODUCCIÓN

Contextualización

El aumento del consumo energético mundial se ha posesionado como el factor principal del cambio climático causado por las emisiones de CO₂ producidas por los combustibles fósiles, petróleo, gas y carbón utilizados mayormente para el suministro energético. La demanda de energía a causa del incremento del sector industrial en los países más desarrollados ha repercutido en el uso demesurado de los recursos energéticos, se dice que un país industrializado tiene un consumo de energía elevado de 5 veces más que un país de latinamérica (Ruíz, 2007).

En los últimos años el sector industrial ha crecido en nuestro país, puesto que ha pasado de ser el tercer grupo con mayor consumo de energía en el 2007 (1.782,05 GWh), a ser el segundo grupo de más consumo en el 2016 (4.778,08 GWh), mostrando un incremento de 2.996,03 GWh, que en porcentaje representó 168,12%.(ARCONEL, 2016, p.117)

Gran parte de las industrias florícolas ecuatorianas se encuentran en el Cantón Cayambe. Los procesos para la producción y comercialización necesitan de un alto uso de energía eléctrica por parte de las instalaciones y equipos , tanto en oficinas que requieren iluminación, cuartos frios, bombas de agua y demás instalaciones.

En toda instalación eléctrica se deben considerar los factores de riesgo que pueden poner en peligro la integridad física de las personas, así mismo es importante preveer de protecciones adecuadas a los equipos eléctricos contra situaciones anormales que puedan influenciar negativamente su funcionamiento normal (Chicaiza y Guamán, 2015).

En sectores industriales donde existe un mayor número de motores y máquinas de gran consumo, el aumento de la demanda de energía reactiva para el funcionamiento normal de los equipos es evidente, sin embargo a mayor demanda de energía reactiva el factor de potencia tiende a bajar ocasionando pérdidas en conductores, caidas de voltaje, aumento de la corriente y aumento en el valor de pago del servicio eléctrico (Cañar, 2007).

En la actualidad, el uso de los motores con variadores de frecuencia representan el 80% de los motores eléctricos industriales, el funcionamiento eficiente de los mencionados depende de las instalaciones, conductores y protecciones adecuadas que puedan minimizar los fallos los cuales pueden generar diversos problemas en la industria como el paro en la cadena de producción que representa un costo considerable para la empresa (Granados, 2017).

Los sistemas de aire acondicionado, compresores, sistema de refrigeración, balastos y operación de soldadores, entre otros, son los causantes de los transitorios generados, los cuales causan una oscilación en la forma de onda de la señal lo suficiente para provocar un daño paulatino o bien la destrucción de los equipos en funcionamiento conectados al mismo segmento de la red de energía (Coronel, 2013).

El uso de equipos para detección de fallas como, analizadores de red, cámaras termográficas, y otros dispositivos han contribuido en la prevención de daños severos en los equipos eléctricos. El mantenimiento adecuado de las instalaciones y equipos eléctricos contribuye al buen funcionamiento de los mismos.

Planteamiento Del Problema

En el cantón Pedro Moncayo se encuentran presentes gran parte de las industrias florícolas ecuatorianas, dentro de estas Feel Flowers, empresa de producción y exportación que cuenta con diferentes áreas para sus procesos, uno de ellos es el sistema eléctrico que se alimenta de las redes de distribución de EMELNORTE. Cuenta con un sistema de generación propia cuando hay desabastecimiento de energía o en caso de mantenimiento interno o externo.

Las instalaciones y equipos eléctricos utilizados para el funcionamiento de los diferentes sistemas de riego, iluminación, informática y cuartos fríos de la empresa tienen en la actualidad problemas en el nivel de voltaje. Esta situación es continua al momento de activar todos los equipos eléctricos de la florícola, ocasionando averías recurrentes en los variadores de frecuencia que son utilizados en las bombas de agua para el sistema de riego ya que estas son trifásicas y el sistema de alimentación es monofásico a tres hilos. Además se evidencian daños de los kits de arranque de los compresores para los cuartos fríos y balastos electromecánicos de las lámparas fluorescentes instaladas en las diferentes áreas de la empresa adicionalmente se presentan fallas en las unidades UPS y en las fuentes de alimentación del sistema informático.

Debido al gran número de equipos eléctricos que consumen reactivos de la red se evidencia un bajo factor de potencia el cual provoca corrientes más altas de las nominales, esto hace que existan mayores pérdidas en los conductores por el efecto Joule y un aumento de energía consumida al mes que se refleja en las planillas de consumo mensuales.

Objetivo General

Realizar una propuesta de acciones para el mejoramiento de las instalaciones y equipos eléctricos mediante un diagnóstico técnico que determine las posibles causas de los problemas existentes en la florícola.

Objetivos Específicos

- ✚ Realizar un estudio bibliográfico sobre auditoría energética en industrias.
- ✚ Efectuar un diagnóstico técnico del estado actual de las instalaciones y equipos eléctricos de la empresa.
- ✚ Proponer acciones y correcciones técnicas para el mejoramiento de las instalaciones y equipos de la florícola.

Justificación

La importancia de este estudio radica en la necesidad de ofrecer una solución a los problemas actuales de la empresa, mejorando el funcionamiento de las instalaciones y equipos eléctricos que son esenciales para realizar las actividades de producción y exportación de la florícola. Es necesario considerar el riesgo que causa la problemática existente en el sistema eléctrico de la empresa ya que puede agravarse con el tiempo reduciendo la vida útil de los equipos e instalaciones. Esto puede ocasionar reducción de la producción provocando pérdidas económicas.

El estudio técnico permitirá determinar la existencia de posibles problemas de calidad de energía como pueden ser la presencia de distorsiones armónicas, flicker, sags, y otras perturbaciones de la de onda fundamental y elementos que nos lleven a identificar las causas que originan los continuos daños de los equipos.

El presente proyecto de investigación tiene como fin elaborar una propuesta en la cual se determinen las acciones y correcciones necesarias para el mejoramiento de la calidad y eficiencia de las instalaciones y equipos eléctricos, contribuyendo al uso eficiente de la energía y a la reducción de costos por mantenimiento y cambio de nuevos equipos en mal estado.

Hoy en día la energía eléctrica se ha vuelto indispensable para el funcionamiento de pequeños y grandes equipos eléctricos que se utilizan, desde nuestro hogar hasta en procesos grandes de la industria y es por eso que en el objetivo 5 del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 , establece : Garantizar el suministro energético con calidad, oportunidad, continuidad y seguridad, con una matriz energética diversificada, eficiente, sostenible y soberana como eje de la transformación productiva y social.

Actualmente la calidad y uso eficiente de la energía es un tema muy importante que contribuye a la preservación de los recursos naturales es por eso que la actual regulación y normativa eléctrica en su regulación 019 establece: “El consumidor es responsable del buen uso de la energía, del mantenimiento adecuado de las instalaciones eléctricas internas y obras civiles; y de los costos por daños ocasionados a terceros por este incumplimiento” (ARCONEL, 2018, p.19)

CAPÍTULO 1

Auditoría eléctrica

1.1 Conceptos de auditoría eléctrica

La auditoría energética es un conjunto de métodos que contribuyen entre sí para determinar la eficiencia energética con respecto a la demanda de la empresa y los factores que afectan en el consumo excesivo de energía. Es indispensable en empresas las cuales cuentan con instalaciones de alto riesgo ya que proporciona información actualizada del funcionamiento actual de instalaciones y equipos, lo cual permitirá llevar un registro que nos facilite establecer probidad en los mantenimientos requeridos. De este modo es posible reducir las pérdidas técnicas y económicas minimizando riesgos humanos y ambientales que puedan producirse. (López, 2017).

De igual manera se puede definir a la auditoría eléctrica como un proceso crucial y sistemático que se realiza para detectar anomalías en el sistema eléctrico las cuales influyen en el mal funcionamiento de los equipos y por ende en consumos de energía elevados. Los métodos primordiales como la inspección técnica, el estudio y análisis del flujo de energía eléctrica de la empresa ayudan a determinar las posibles fallas y correcciones de nuestros circuitos existentes en la instalación (Vintimilla y Paladines, 2012). Existen diferentes factores que determinan la vida útil de nuestra instalación los cuales se detectan por medio de instrumentos que miden los parámetros eléctricos como el voltaje, corriente, entre otros.

1.2 Tipos de auditorías energéticas eléctricas

Se ha clasificado las auditorías en 3 tipos las cuales se relacionan entre sí:

- a) **Diagnóstico Técnico.** - Este tipo de auditoría es básico, su objetivo principal es diagnosticar el estado actual de las instalaciones y equipos de la empresa a la que se realiza.
- b) **Auditoría Energética.** - Además de realizar un diagnóstico técnico en este tipo de auditoría se presenta propuestas de acciones que contribuyan a minimizar pérdidas técnicas y económicas.
- c) **Auditoría Energética profunda.** - En esta se integran las dos anteriores y se adiciona un sistema de gestión energética el cual se rige por políticas energéticas que incluyen al proceso productivo (Figuroa, 2015)

1.3 Preparación para realizar una auditoría eléctrica

Antes de realizar una auditoría eléctrica es importante entrevistarse con los encargados del departamento donde el auditor profundice datos importantes que ayuden a formular una idea clara del estado real de las instalaciones. Luego de haber realizado un trabajo previo de oficina se efectúa un recorrido por las instalaciones el cual permite obtener cierta información del establecimiento. A continuación, se nombra algunos aspectos expuestos por la Agencia de Sostenibilidad Energética y el Ministerio de Energía en su guía metodológica de auditoría energética en cementos del año 2019 en la etapa de planificación.

- a) Reconocer la zonificación, sistemas y/o equipos que serán auditados.
- b) Realizar consultas generales de horarios y operación de los sistemas.
- c) Evaluar las condiciones para instalar equipos de medición.
- d) Identificar aspectos de seguridad que deben ser considerados.
- e) Identificación de equipos de difícil acceso como equipos en altura, espacios confinados, entre otros.
- f) Identificar las áreas de acceso restringido para gestionar permisos de acceso.

Generalmente se hace un recorrido en la empresa para precisar la información brindada por la empresa en la entrevista con el auditor lo cual facilitará la ejecución de las actividades que se mencionan a continuación.

1.4 Recolección de datos

Rueda (2016) refiere que los datos técnicos recolectados son primordiales para analizar el estado actual de las instalaciones y así determinar el potencial de ahorro de energía y por ende el aumento de eficiencia energética en las instalaciones de la empresa. La información fundamental que se puede recolectar se nombra a continuación.

1.4.1 Datos básicos de las instalaciones

Rueda (2016) menciona:

- a) Costos de la energía eléctrica, facturas y tarifas.
- b) Consumo de electricidad actual e histórico.
- c) Plano eléctrico de la empresa.
- d) Distribución de los elementos eléctricos.
- e) Listado del equipamiento eléctrico instalado.
- f) Identificación de los mayores consumidores de energía y horas de operación.
- g) Problemas reincidentes en las instalaciones y equipos eléctricos.

1.4.2 Datos técnicos eléctricos

- a) Carga instalada en la empresa.
- b) Esquemas y planos unifilares eléctricos.
- c) Placa de datos de cargas eléctricas monofásicas y trifásicas.
- d) Circuitos eléctricos de fuerza, alumbrado y de puesta a tierra.
- e) Características de los conductores, protecciones, conductos y canaletas.

1.4.3 Datos técnicos lumínicos

Figueroa (2015) refiere:

- a) Inventario de luminarias y lámparas de alumbrado.
- b) Área geométrica de los espacios de trabajo que están iluminados.
- c) Ubicación y altura de los puntos de luz en referencia a los puestos de trabajo
- d) Niveles lumínicos
- e) Mantenimiento de lámparas.
- f) Tipos de balasto.

1.5 Información relevante en instalaciones eléctricas de bajo voltaje

1.5.1 Circuitos eléctricos de iluminación

La iluminación en un determinado lugar se lleva a cabo mediante dispositivos que convierten la energía eléctrica en energía lumínica y expresan su capacidad en lúmenes. El uso de estos dispositivos depende del lugar al cual se va a iluminar y de las características técnicas que ofrecen cada uno de ellos. En la actualidad la tecnología led se ha posesionado como una de las que presenta mejores características, dejando en el abandono las luminarias convencionales como las halógenas e incandescentes las cuales no son eficientes. El uso de esta nueva tecnología contribuye al ahorro energético pero implica una mayor inversión la cual es recuperable si se considera la disminución del costo de energía en las planillas del servicio eléctrico mensuales (Serrano, Martínez, Guarddon y Santaolalla, 2015).

Por otra parte, es importante tomar en cuenta el funcionamiento adecuado de estos sistemas, lo cual depende de algunos factores como por ejemplo el deslumbramiento provocado por el exceso de luz en algún lugar ya sea en el hogar o en el trabajo causando estrés e incomodidad en las personas. Herrero (2019) argumenta: “El deslumbramiento incapacitante es la pérdida del rendimiento visual como resultado de que un objeto de alta luminancia produzca molestias que nos dificulta realizar cualquier actividad” (p.5). Finalmente es necesario considerar una buena iluminación como un ambiente sano y placentero para quien haga uso de las instalaciones.

Un buen sistema eléctrico de iluminación y de fuerza necesita gozar de instalaciones eléctricas bien diseñadas, conductores adecuados, sistemas de control en buen estado y repartición correcta de circuitos, entre otros. Villavicencio (2015) menciona: “La iluminación industrial es aquel sistema de iluminación cuya principal finalidad es facilitar la visualización de las cosas, en unas condiciones aceptables de eficacia, comodidad y seguridad “(p.15). De ese modo es posible cumplir con tales condiciones tomando en cuenta los datos técnicos recomendados por la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC). En la Tabla 1.1 Se mencionan los niveles mínimos de iluminación los cuales se utilizan para diseñar o rediseñar circuitos eléctricos de iluminación acordes a la necesidad de cada lugar.

TABLA 1. 1
NIVELES DE ILUMINACIÓN RECOMENDADOS EN LOCALES COMERCIALES E INDUSTRIALES

TIPO DE LOCAL	NIVEL MÍNIMO DE ILUMINACIÓN RECOMENDADO
Áreas de trabajo	300 luxes
Áreas de circulación (pasillos, corredores, etc.)	50 luxes
Escaleras, escaleras mecánicas	100 luxes
Áreas de parqueaderos cubiertos	30 luxes

Fuente: (NEC, 2013)

Así mismo, basándose en la Tabla 1.2. se puede clasificar los niveles de iluminación con respecto a las exigencias visuales en el área de trabajo.

TABLA 1. 2
NIVELES DE ILUMINACIÓN EN EL LUGAR DE TRABAJO

ZONA O PARTE DEL LUGAR DE TRABAJO (*)	NIVEL MÍNIMO DE ILUMINACIÓN (LUX)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
• Bajas exigencias visuales	100
• Exigencias visuales moderadas	200
• Exigencias visuales altas	500
• Exigencias visuales muy altas	1000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, 2015)

1.5.1.1 Cálculo de iluminación

Existen varios métodos que facilitan el cálculo de iluminación, como por ejemplo el método de lúmenes el cual se define ampliamente más adelante. Antes de proceder a la parte de cálculos es primordial tener en cuenta las magnitudes y unidades luminotécnicas

mostradas en la Tabla 1.3. las cuales son mencionadas por la (CONELEC) en su regulación denominada Prestación del Servicio de Alumbrado Público RESOLUCIÓN Nro. CONELEC - 005/14.

TABLA 1. 3
MAGNITUDES DE ILUMINACIÓN

MAGNITUD LUMINOSA	SÍMBOLO DE REPRESENTACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	DEFINICIÓN
Flujo luminoso	FI (ϕ)	lumen (lm)	Es la potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible.
Iluminancia	(E)	lux (lx) = $\frac{\text{lm}}{\text{m}^2}$	Es el flujo luminoso recibido por una superficie.
Intensidad luminosa	(I)	candela (cd)	Es el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta.
Luminancia	(L)	cd /m ²	Es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada.

Fuente: CONELEC 005/14

✚ Métodos de lúmenes

El método de lúmenes es muy utilizado por su simplicidad y eficiencia ya que los resultados de cálculo del nivel medio de iluminancia presentan un margen mínimo de error en un intervalo de $\pm 5\%$ y nos da una idea aproximada de las necesidades de iluminación en una instalación de alumbrado general. Por lo tanto, es válido cuando las instalaciones no requieren de precisión en su sistema de iluminación (Castilla, Blanca, Martínez, Pastor, 2011).

✚ Procedimiento

La información básica del lugar de estudio es primordial ya que se requiere de algunos datos imprescindibles como por ejemplo el área en m² del establecimiento, características geométricas del lugar, actividades a las que se dedican, y características de construcción, entre otras. Así mismo es importante seleccionar el tipo de luminaria que se va a utilizar lo cual depende de la necesidad del lugar. Finalmente, para realizar el cálculo de iluminación por este método es necesario contar con algunos datos técnicos como el factor de utilización y el factor de mantenimiento.

Características geométricas del área de iluminación (Pollo, 2017).

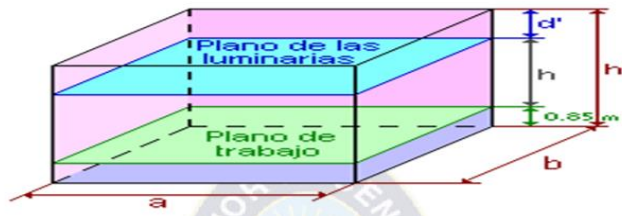


Fig. 1. 1 Características geométricas del área de iluminación

Fuente: (pablo, 2017)

Donde:

a = Ancho

b = Largo

d = altura del plano de trabajo al techo

d'= altura entre el techo y las luminarias

h = altura entre el plano de trabajo y las luminarias

h'= altura del local

Procedimiento para determinar el factor de utilización

A continuación, en la Tabla 1.4 se citan las fórmulas para calcular el índice del local que se fundamentan en base a la superficie del área a iluminar. Por lo tanto, este dato es importante para elegir el coeficiente de reflexión y así finalmente determinar el factor de utilización.

TABLA 1. 4

FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE LOCAL

SISTEMA DE ILUMINACIÓN	ÍNDICE LOCAL
Iluminación directa, semidirecta, directa-Indirecta y general difusa.	$k = \frac{a \cdot b}{h(a + b)}$
Iluminación indirecta y semiindirecta.	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + h') \cdot (a + b)}$

Fuente: (Castilla et al., 2011)

Nota: K es un número comprendido entre 1 y 10. A pesar de que se pueden obtener valores mayores de 10 con la fórmula, no se consideran pues la diferencia entre usar diez o un número mayor en los cálculos es despreciable

Coeficiente de reflexión

Este valor viene establecido para los diferentes tipos de acabados en techos, paredes y pisos como se observa en la Tabla 1.5. Si no lo tenemos determinado se puede tomar un valor por defecto de 0.5 para el techo, 0.3 para las paredes y 0.1 para el suelo (Ruiz, 2019).

TABLA 1. 5
COEFICIENTE DE REFLEXIÓN

Superficies	Color	Factor de reflexión
	Blanco o muy claro	0.7
Techo	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Claro	0.5
Paredes	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
	Claro	0.3
Suelo	Claro	0.3
	Oscuro	0.1

Fuente: (Ruiz, 2019)

✚ Coeficiente de utilización

En la Tabla 1.6 se determina el coeficiente de utilización con relación a los valores ya calculados.

TABLA 1. 6
FACTOR DE UTILIZACIÓN

Reflectancia en cavidad de techo en %	80				70				50				30				10			
	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10			
Reflectancia en pared %	COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN																			
Índices de local																				
1	0.58	0.56	0.53	0.51	0.56	0.54	0.52	0.50	0.52	0.50	0.49	0.50	0.48	0.47	0.48	0.47	0.46			
2	0.53	0.49	0.45	0.42	0.52	0.48	0.45	0.42	0.46	0.43	0.41	0.45	0.42	0.40	0.43	0.41	0.39			
3	0.49	0.44	0.40	0.36	0.48	0.43	0.39	0.36	0.41	0.38	0.35	0.40	0.37	0.35	0.38	0.36	0.34			
4	0.45	0.39	0.35	0.32	0.44	0.38	0.35	0.31	0.37	0.34	0.31	0.36	0.33	0.30	0.35	0.32	0.30			
5	0.42	0.35	0.31	0.27	0.41	0.35	0.30	0.27	0.33	0.30	0.27	0.31	0.29	0.27	0.31	0.29	0.26			
6	0.39	0.32	0.27	0.24	0.38	0.31	0.27	0.24	0.30	0.27	0.24	0.30	0.26	0.24	0.29	0.26	0.23			
7	0.36	0.29	0.25	0.22	0.35	0.29	0.25	0.22	0.28	0.24	0.21	0.27	0.24	0.21	0.27	0.23	0.21			
8	0.34	0.27	0.22	0.20	0.33	0.27	0.22	0.20	0.25	0.22	0.19	0.25	0.21	0.19	0.24	0.21	0.19			
9	0.31	0.24	0.20	0.17	0.31	0.24	0.20	0.16	0.23	0.20	0.17	0.23	0.19	0.17	0.22	0.19	0.17			
10	0.29	0.22	0.18	0.16	0.29	0.22	0.14	0.14	0.22	0.18	0.16	0.21	0.18	0.15	0.21	0.18	0.15			

Fuente: (palo, 2017)

✚ Factor de mantenimiento Fm

Este factor depende del nivel de suciedad en el ambiente y el mantenimiento frecuente que se efectuó en el lugar. Los valores se establecen en 0.6 en ambientes sucios y 0.8 en ambientes limpios. A continuación se presentan las fórmulas que se utilizan para el cálculo.

✚ Flujo luminoso total (Payllo, 2017).

$$\Phi T = \frac{E.S}{n.fm} \quad (1)$$

Dónde:

ΦT = flujo luminoso total

E = iluminancia media deseada

S = superficie del plano de trabajo

η = factor de utilización

fm = factor de mantenimiento

✚ Cálculo del número de luminarias (Payllo, 2017).

$$N = \frac{\theta t}{n.\theta L} \quad (2)$$

Dónde:

N = número total de luminarias

ΦT = flujo luminoso total

ΦL = flujo luminoso de una lámpara

n = número de lámparas por luminaria

✚ Distribución de las luminarias

La distribución en lugares uniformes se efectúa en filas paralelas a los ejes de simetría del lugar. La distancia máxima de separación dependerá del ángulo de apertura y de la altura de las luminarias. Para calcular la distancia de separación aproximada de las luminarias se utiliza Payllo, (2017) plantea la Ecuación 3 y 4.

$$N_{\text{Ancho}} = \sqrt{\text{Número total de luminarias} * \frac{\text{Ancho}}{\text{Largo}}} \quad (3)$$

$$N_{\text{Largo}} = \sqrt{\text{Número total de luminarias} * \frac{\text{Largo}}{\text{Ancho}}} \quad (4)$$

1.5.2 Circuitos eléctricos de fuerza

Los circuitos de fuerza están presentes en todas las instalaciones eléctricas básicamente desde residencias hasta grandes industrias. Por lo tanto, es importante tenerlos en cuenta como factores fundamentales en la ingeniería eléctrica. Se definen como circuitos que comprenden a los tomacorrientes y que están formados por cargas que realizan un trabajo como motores, generadores y mecanismos que se alimentan de la red eléctrica denominadas cargas especiales. Los más populares los encontramos en nuestro hogar como, por ejemplo,

secadores, refrigeradoras, lavadoras, cafeteras, microondas y máquinas de gran potencia en industrias (Cueva y Quinga, 2013).

Para alimentar las cargas es necesario tener instalados los tomacorrientes adecuados con relación al lugar en donde se los vaya a utilizar. Existe gran variedad de tomacorrientes para los diferentes tipos de instalaciones en las que se trabaja con voltajes monofásicos, bifásicos y trifásicos. El uso adecuado de los elementos mencionados no solamente depende de su alimentación, también dependen del ambiente al que son expuestos como agua, polvo entre otros.

De igual manera el buen funcionamiento de los circuitos eléctricos de potencia depende de las protecciones adecuadas, tipo de conductor, y del tipo de carga. El mal dimensionamiento de los factores anteriormente mencionados puede producir riesgos de cortocircuito y sobrecarga. Es por eso que existen diferencias entre los dispositivos de protección que se usan en el hogar y los de las industrias, la razón principal radica en las corrientes altas originadas por cargas eléctricas que consumen mayor potencia (Guijarro, 2012).

1.5.3 Conductores eléctricos

Se los puede definir como el medio de transporte por el cual viajan los electrones y por lo tanto son considerados primordiales para la construcción de circuitos en instalaciones eléctricas. Existen diferentes materiales como el cobre y el aluminio los cuales son utilizados para su fabricación. El uso del tipo de conductores depende de las características propias de cada uno según las necesidades requeridas en las instalaciones (Ramírez, 2004). En la Tabla 1.7 se detallan las características básicas de los conductores de cobre y aluminio.

TABLA 1. 7
CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL COBRE Y ALUMINIO

CARACTERÍSTICAS	COBRE	ALUMINIO
Peso específico [gr/cm ³]	8.96	2.7
Conductividad eléctrica a 20 °C [SIEMENS x m/mm ²]	59.0	35.36
Conductividad eléctrica a 20 °C [ohm x mm ² /m]	0.01673	0.02828
Conductividad calórica [cal-gr/°C/cm ² /cm]	0.941	0.53
Coefficiente de dilatación lineal	16.5 x 10 ⁻⁶ por °C	23.6 x 10 ⁻⁶ por °C
Punto de fusión [°C]	1083.0	660.0
Calor específico medio [cal/gr x °C]	0.092	0.215
Punto de ebullición [°C]	2595.0	2450.0
Módulo de elasticidad [kg/ mm ²]	12700.0	7200.0
Resistencia a la tracción [kg/mm]	15 a 20	16 a 20
Alargamiento a la rotura [%]	0.3	30.0

Fuente: (Guamán y Pesántez, 2014)

1.5.3.1 Aislamiento eléctrico

El aislamiento eléctrico es esencial para que el conductor no haga contacto con el exterior, evitando así las posibles fugas de corriente. Del mismo modo se encuentran constituidos por aditivos que lo protegen contra factores, térmicos, mecánicos y ambientales los cuales garantizan su eficiencia y prolongan el tiempo de vida útil (Rodríguez, 2015).

Los materiales aislantes tienen la función de proteger al conductor físicamente y proporcionarle cierto margen de seguridad, estos materiales están compuestos de cualquier tipo de polímero(...). El material polimérico puede variar según la clase de voltaje que vaya a soportar el cable. (Guamán y Pesántez, 2014, p.7)

Existe gran variedad de materiales aislantes como los polímeros termoplásticos, termoestables y elastómeros cada uno con características diferentes. CENTELSA (2015) refiere: “Los cables con aislamientos termoestables han venido desplazando los tradicionales cables aislados con compuestos termoplásticos como el PVC (Policloruro de Vinilo) o el PE (Polietileno), especialmente en las instalaciones eléctricas de uso industrial” (p.1).

A continuación, en la Tabla 1.8 se detallan los aislantes termoestables con respecto a la temperatura máxima admisible y al voltaje nominal de operación.

TABLA 1. 8
DESCRIPCIÓN DE LOS CABLES PARA BAJO VOLTAJE AISLADOS CON COMPUESTOS TERMOESTABLES

DESCRIPCIÓN	LETRAS DE TIPO	TEM.MAX.DE FUNCIONAMIENTO	TENSIÓN NOMINAL V	APLICACIONES PREVISTAS	RECURRIMIENTO EXTERNO
Plástico termoestable o también llamado reticulado	RHH	90°C	600 ó 2000	Lugares secos y húmedos	Recubrimiento no metálico, resistente a la humedad y retardante a la llama - FR
Plástico termoestable o también llamado reticulado resistente a la humedad	RHW	75°C	600 ó 2000	Lugares secos y mojados. Si el aislante es de más de 2000V debe ser resistente al ozono	Recubrimiento no metálico, resistente a la humedad y retardante a la llama - FR
Plástico termoestable o también llamado reticulado resistente a la humedad	RHW-2(*)	90°C	600 ó 2000	Lugares secos, húmedos y mojados	Recubrimiento no metálico, resistente a la humedad y retardante a la llama - FR
Plástico termoestable o también llamado reticulado	XHH	90°C	600	Lugares secos	Ninguno
Plástico termoestable o también llamado reticulado resistente a la humedad	XHHW	75°C	600	Lugares mojados	Ninguno
Plástico termoestable o también llamado reticulado resistente a la humedad	XHHW-2(*)	90°C	600	Lugares secos, húmedos y mojados	Ninguno

Fuente: (CENTELSA, 2015)

1.5.4 Criterios para selección del calibre de conductores y protecciones eléctricas

1.5.4.1 Calibre de los conductores eléctricos

Para realizar el cálculo de los conductores es necesario determinar los siguientes factores como el voltaje de alimentación (V), la demanda de la potencia total del circuito (S) y el factor de potencia ($\cos \theta$), los cuales nos permitirán calcular la corriente que fluye por cada uno de ellos como se muestra en la Ecuación 1 y Ecuación 2. Por lo tanto, si conocemos este valor, la elección del calibre del conductor con respecto a la corriente admisible máxima es información que vienen determinada en tablas proporcionas por los fabricantes. A continuación, Recalde & Tulcán, (2015) plantean la Ecuación 5 y 6 para calcular el calibre de conductores.

✚ Fórmula de corriente para voltaje de alimentación monofásico

$$I = \frac{P}{V} \text{ [A]} \quad (5)$$

✚ Fórmula de corriente para Voltaje de alimentación trifásico

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \theta} \text{ [A]} \quad (6)$$

Así mismo es importante tener en cuenta la caída de voltaje que se produce en los conductores cuando se instalan a longitudes distantes de la carga ya que entre mayor sea la distancia, más alto será el porcentaje de caída de voltaje con relación al nominal. A continuación, se presenta la fórmula para obtener la caída de voltaje, Recalde & Tulcán (2015) plantean las siguientes Ecuaciones 7 y 8.

$$\Delta V = \frac{2 * Z * L * I}{V\theta} * 100 \text{ Monofásico} \quad (7)$$

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * Z * L * I}{V_{ff}} * 100 \text{ Trifásico} \quad (8)$$

Donde:

Z = Impedancia eléctrica del cable Ω/km

L= Longitud de circuito en km

I = Corriente

V θ = Voltaje fase – neutro

V $_{ff}$ = Voltaje fase _ fase

La Norma Ecuatoriana de Construcción del año 2013 en la sección 15-1, denominada Instalaciones eléctricas de bajo voltaje establece los siguientes requerimientos.

- a) La sección de los conductores de los alimentadores y subalimentadores será tal que la caída de voltaje provocada por la corriente máxima que circula por ellos no exceda del 3% del voltaje nominal.
- b) La sección mínima a usar en circuitos eléctricos interiores de iluminación será 14 AWG (2.08mm²), y en circuitos de tomacorrientes o fuerza será 12 AWG (3.31mm²).
- c) El neutro de alimentadores monofásicos tendrá la misma sección del conductor de fase.
- d) La carga máxima en un circuito de iluminación o de tomacorrientes deberá ser a lo más el 70% de la capacidad nominal del circuito.

Es importante tener en cuenta los factores que inciden en el cálculo de conductores para los circuitos que alimentan a motores de elevadas potencias ya sean monofásicos, bifásicos y trifásicos. INEN (2001) refiere:

- a) En servicio continuo, los conductores que conectan el secundario de un motor de corriente a.c. de rotor devanado con el controlador, deben tener una capacidad nominal no menor al 125 % de la corriente del secundario del motor a plena carga.
- b) Los conductores de un circuito que suministre corriente a un equipo de conversión utilizado como parte de un sistema de accionamiento de velocidad variable, deben tener una capacidad de corriente no menor al 125 % de la entrada nominal al equipo de conversión de fuerza.
- c) La capacidad de corriente de los conductores de un circuito de condensadores no debe ser menor al 135 % de la corriente nominal del condensador. (p. 363-365)

1.5.4.2 Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos

Chávez y Jaigua (2017) Argumentan: “Una sobrecarga se produce cuando el consumo de energía de la instalación supera la capacidad de los conductores usados para dicha instalación, esto genera riesgo para la instalación y para las personas” (p.9).

Quishpe y Pillajo (2018) refieren que un cortocircuito se define como el contacto de dos conductores que tienen diferente potencial. De ese modo la unión entre fase-fase, fase-tierra y fase-neutro son los cortocircuitos más frecuentes dados en instalaciones eléctricas lo cual produce riesgos de temperaturas elevadas que pueden llegar hasta 2000 C.

Existen varios dispositivos que protegen una instalación eléctrica, la elección y el dimensionamiento adecuado de las protecciones determinan la eficiencia y seguridad en cada una de ellas. Los aparatos utilizados en B.T. para protección contra sobrecargas son: Interruptor automático, interruptor magnetotérmico, fusibles, contactor con relé térmico. El

aparato de protección se debe desconectar antes de que se alcance la temperatura admisible (Trasancos,2016, p.145). Los dispositivos más utilizados para protecciones eléctricas en instalación de bajo voltaje se definen a continuación:

Interruptor magnetotérmico o automáticos

Los interruptores automáticos al igual que los magnetotérmicos cumplen las mismas funciones destinadas a proteger la instalación contra sobrecargas y cortocircuitos. Estos dispositivos se definen por la capacidad propia de cada uno (Vargas, 2017).

Interruptor diferencial

Los interruptores diferenciales son aquellos que trabajan con corrientes residuales las cuales se determinan por la diferencia entre la corriente de entrada con respecto a la corriente de salida. El valor de estas debe ser idealmente las mismas para que su diferencia sea cero. Por lo tanto, si existe algún cambio entre la corriente de salida con respecto a la de entrada ya sea por cualquier situación como por ejemplo una fuga a tierra, contactos directos e indirectos el dispositivo se accionará interrumpiendo el circuito (Mejía y Espinoza, 2016).

Relé térmico

El relé térmico es un dispositivo que sirve para protección contra sobrecargas en los circuitos de fuerza. Está constituido por contactos auxiliares normalmente abiertos y cerrados para maniobra del circuito de control, su rango de operación depende de la corriente nominal de la carga. Para su instalación es necesario el uso del contactor el cual es un dispositivo que posee una parte mecánica que permite interrumpir un circuito abriendo o cerrando los contactos mecánicos a su necesidad. Este equipo utiliza un mecanismo integrado por bobinas las cuales se energizan creando un campo magnético el cual posibilita la acción de los elementos mecánicos. (Arce, 2019).

Trasancos (2016) menciona: “La protección mediante la combinación de fusible-contacto y relé térmico se utiliza en la protección de motores. El fusible protege contra cortocircuitos y el contacto con el relé térmico protegen contra sobrecargas. El fusible debe resistir sin fundirse la corriente de arranque del motor” (p.149).

Los relés de protección de sobrecarga para motores de más de 1HP se deben seleccionar con relación al valor nominal de la corriente a plena carga la cual viene establecida en la placa de datos del motor. Para dimensionar un relé de sobrecarga para motores con factor de servicio no menor a 1,15 y motores con aumento de temperatura que no superen los 40°C se debe utilizar un relé que no sobrepase el 140% de la corriente nominal y 130% para los demás motores. (INEN,2001, p.369)

1.5.6 Diagramas unifilares

Representan un esquema simplificado de las instalaciones los cuales nos brindan información significativa que nos permite conocer la distribución eléctrica del lugar. De ese modo facilita la interpretación de los datos técnicos como el calibre de los conductores, protecciones, ductos, distancias, capacidad de cortocircuito y por ende el factor de demanda de los centros de carga y la distinción de los circuitos ramales. La actualización constante de los esquemas unifilares contribuye favorablemente para analizar las oportunidades de mejora y realizar el mantenimiento de manera más rápida y eficiente (García, 2016).

1.5.7 Desbalance de carga

El desbalance de carga es un aspecto técnico que se debe a la distribución inadecuada de circuitos en las fases en sistemas bifásicos y trifásicos. Es difícil mantener este aspecto en buenas condiciones ya que no se puede lograr un balance perfecto de las cargas, es importante que este factor sea mínimo para evitar problemas de estabilidad en el sistema ya que un alto porcentaje de desbalance puede provocar desequilibrio de voltaje.

Los problemas generados por desequilibrio originan, pérdidas de potencia, caídas y aumentos de voltaje, calentamiento en máquinas y equipos eléctricos, entre otros. Es importante que el desbalance no supere el 10% en las instalaciones ya que la existencia de un mayor porcentaje puede llegar a dañar el transformador de distribución (Mellado, 2018).

El efecto del desbalance de voltaje puede también ser severo en equipos tales como motores de inducción, convertidores electrónicos de potencia y Accionamientos de velocidad variable (ASDs). (...) En 1954, Williams probó que un motor de inducción que funciona bajo condiciones de desbalance de voltaje experimentaría una reducción de su eficiencia (Galeas y Urrutia, p.33).

1.6 Mediciones y equipos

El éxito de realizar un diagnóstico técnico depende de los datos que se obtienen de las mediciones efectuadas con equipos apropiados que miden las variables consideradas importantes para el estudio.

1.6.1 Analizador de redes

Dispositivo que permite medir variables eléctricas como voltaje y flujo de corriente en los conductores. Su mecanismo posee un microprocesador que permite calcular datos de energía consumida, potencias activas, reactivas, aparentes, Factor de potencia, THD (tasa de distorsión armónica), frecuencia y armónicos individuales. Las características de medición dependen de la marca y de la tecnología empleada en su construcción (López, 2017).

1.6.2 Termografía Infrarroja

Costilla (2017) menciona: “Esta técnica se basa en captar radiación infrarroja que emiten todos los cuerpos por el mero hecho de tener una temperatura mayor a 0°K, debida a la caracterización energética de la materia” (p.21).

Iglesias y Abarca (2012) refiere: “La termografía o imágenes térmicas infrarrojas se utilizan como un método eficaz de ensayo no destructivo y forma parte importante del mantenimiento predictivo” (p.15). El empleo de esta tecnología en la industria evita el riesgo de daños irreparables en equipos e instalaciones eléctricas ya que una cámara termográfica ayuda a detectar la radiación infrarroja que emite un cuerpo y la transforma en información de temperatura lo cual permite realizar un análisis termográfico.

1.6.2.1 Cámara termográfica

La cámara termográfica es una herramienta de mucha utilidad en aplicaciones eléctricas y mecánicas ya que permite realizar un monitoreo térmico en tiempo real, verificando el funcionamiento normal de las instalaciones y equipos examinados. La tecnología infrarroja utilizada no requiere de contacto y su principal fuente de radiación es el calor que emite un cuerpo. Los métodos de aplicación de esta tecnología dependen de los requerimientos del estudio a realizarse. La termografía cualitativa es la técnica más utilizada en las industrias ya que se fundamenta en el hallazgo de anomalías que con el tiempo pueden originar un problema grave causando pérdidas técnicas y por ende económicas (Morales, 2018).

Existe gran variedad de aplicaciones donde el uso de la termografía infrarroja es fundamental como por ejemplo en una auditoría eléctrica, planes de mantenimiento, entre otros. El análisis mediante cámaras termográficas está recomendado para los siguientes ámbitos. RENOVETEC (2019) menciona:

- ✚ Instalaciones y líneas eléctricas de alto y bajo voltaje.
- ✚ Cuadros, conexiones, bornes, transformadores, fusibles y empalmes eléctricos.
- ✚ Motores eléctricos, generadores, bobinados, etc.
- ✚ Reductores, frenos, rodamientos, acoplamientos y embragues mecánicos.
- ✚ Hornos, calderas e intercambiadores de calor.
- ✚ Instalaciones de climatización.
- ✚ Líneas de producción, corte, prensado, forja, tratamientos térmicos.

a) Ventajas del uso de la cámara termográfica

El uso de la cámara termográfica o la termografía infrarroja tiene varias aplicaciones en la industria y sus características propias ofrecen varias ventajas. Aznarán & Reyes (2016) refieren:

- ✚ El monitoreo se lo realiza en tiempo real y sin contacto alguno lo cual aumenta la fiabilidad y disminuye el riesgo de accidentes para el personal encargado.
- ✚ Los sensores infrarrojos captan varios puntos de temperatura lo cual permite determinar rápidamente la falla existente.
- ✚ La rápida acción del monitoreo termográfico permite programar el mantenimiento requerido para corregir fallas, evitar riesgos y aumentar la vida útil del equipo.

b) Desventajas del uso de la cámara termográfica

Se ha mencionado anteriormente que el uso de la termografía infrarroja en la industria tiene muchos beneficios, pero cabe recalcar las desventajas que presenta. Aznarán & Reyes (2016) refieren:

- ✚ El ambiente en que se trabaja es muy importante ya que factores como el reflejo del sol puede ocasionar inexactitud en las mediciones lo cual conlleva a realizar un análisis termográfico ineficiente.
- ✚ Muchas veces los defectos internos de algún equipo o máquina no son detectados ya que la falla no se manifiesta en forma de temperatura.
- ✚ El estado de carga puede influenciar al momento de determinar la gravedad de la falla.
- ✚ Capacidad limitada en las mediciones a grandes distancias.
- ✚ Costo elevado del estudio termográfico y por ende de la cámara termográfica.

c) Análisis termográfico

La calidad del análisis termográfico depende de la interpretación de las termografías realizadas las cuales determinan los problemas más habituales que originan los niveles de temperatura irregulares o también llamados puntos calientes en instalaciones eléctricas o mecánicas los cuales son producidos por; Conexiones eléctricas sueltas o con corrosión, desequilibrios en las fases, problemas en las protecciones, y descargas eléctricas. Otros factores como el flujo de aire insuficiente, desequilibrio de voltaje, de sobrecarga, fallo inminente de un rodamiento, fallo del aislamiento o la mala alineación del eje causan sobrecalentamiento a un motor eléctrico produciendo puntos calientes en las partes afectadas (Juan Palacios, 2019).

Finalmente, el análisis termográfico determina la severidad del problema con respecto al aumento de temperatura producido y establece las acciones oportunas a ejecutarse como se puede observar en la Tabla 1.9.

TABLA 1. 9
ACCIONES SUGERIDAS CON RESPECTO AL AUMENTO DE TEMPERATURA

Temperature difference (ΔT) based on comparisons between similar components under similar loading	Temperature difference (ΔT) based upon comparisons between component ambient air temperatures	Recommended Action
1°C - 3°C	1°C - 10°C	Possible deficiency; warrants investigation
4°C - 15°C	11°C - 20°C	Indicates probable deficiency; repair as time permits
.....	21°C - 40°C	Monitor until corrective measures can be accomplished
>15°C	>40°C	Major discrepancy; repair immediately

Fuente: (ANSI/NETA ATS-2009)

1.6.3 Telurómetro

Es un dispositivo que nos permite medir la resistencia de un sistema de puesta a tierra para verificar el ohmiaje que determina el estado de funcionamiento del mismo. Además, es posible medir la resistividad del suelo lo cual es un factor indispensable para diseñar este tipo de sistemas.

1.6.3.1 Sistemas de puesta a tierra

Según Jiménez (2015) considera: “El objetivo principal del sistema de puesta a tierra es mantener un funcionamiento confiable y proporcionar protección para el personal y equipo durante condiciones de falla” (p.49). Los SPAT son esenciales en todas las instalaciones eléctricas ya que sirven como una referencia común de voltaje, ayudan a mitigar las perturbaciones producidas y desvían las corrientes de falla a tierra ya sea por contactos directos o indirectos, sobrecargas y descargas atmosféricas.

Por lo tanto, se deben considerar algunos factores como el tipo de electrodo, la resistividad del terreno y calibre de conductor de tierra para que un SPAT sea eficiente y confiable.

a) Tipos de electrodos utilizados en los sistemas de puesta a tierra

Existen varias formas de electrodos de puesta a tierra que se utilizan de acuerdo con las necesidades o requerimientos de un lugar determinado. Las características de cada uno de ellos se muestran en la Tabla 1.10.

TABLA 1. 10
TIPOS DE ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA

Tipos	Características
Barras o electrodos verticales	Es la forma más común de electrodos por su costo relativamente bajo
	Puede usarse para alcanzar en profundidad un suelo de baja resistividad
	Esta elaborada de cobre puro o de acero recubierto de cobre
Electrodos horizontales	Tienen poca área de contacto
	Hechos de cintas de cobre de alta conductividad o conductores retorcidos
Placas	Mayor costo de instalación
	Esta elaborada de cobre puro o de acero recubierto de cobre
	Tienen mayor área de contacto pero se instalan a menos profundidad por su baja longitud
Electrodo químico	Adecuadas para terrenos difíciles de excavar
	Se deben instalar realizando una fosa y colocando compuesto para alargar su vida útil
	Tubo de cobre que contiene poliacrilamida para mejorar la conductividad del terreno (se activa con agua)
Mallas metálicas	Vida útil de la poliacrilamida de 1 año
	Se deben instalar realizando una fosa y colocando compuesto para alargar su vida útil
Mallas metálicas	Formadas por electrodos simples unidas entre si

Fuente: (Villa, 2010)

b) Resistividad del terreno

La resistividad del terreno es un factor primordial para la construcción de un sistema de puesta a tierra la cual se ve afectada por varios factores ambientales como la naturaleza, humedad, temperatura y salinidad del terreno.

Gualpa, (2013) menciona que es importante tomar en cuenta las características del terreno ya que su nivel de resistividad depende de la naturaleza del lugar, por ejemplo en lugares secos y compactos la resistividad tiende a ser más alta, por lo tanto, se considera que a mayor humedad, baja temperatura y presencia de sales la conductividad de corrientes es alta y por ende su resistividad baja. Es por eso que en época de lluvias los terrenos presentan una resistividad muy baja. A continuación se presenta los tipos de terrenos y sus características de resistividad en la siguiente Tabla 1.11.

TABLA 1. 11

RESISTIVIDAD DE LOS DIFERENTES TIPOS DE TERRENO

Naturaleza del terreno	Resistividad
Terrenos pantanosos	De algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humues	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silicea	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedentes de alteraci3n	1500 a 10000
Granitos y gres muy alterados	100 a 600

Fuente: (Gualpa, 2013)

c) Calibre del conductor electrodo de puesta a tierra

El calibre del conductor de los sistemas de puesta a tierra se determina de acuerdo con la secci3n del conductor de alimentaci3n del circuito o equipo el3ctrico a aterrizar, los calibres recomendados por la NEC 2008 se presentan en el anexo L.

El C3digo El3ctrico Nacional con respecto a los sistemas de puesta a tierra establece varias disposiciones que se mencionan a continuaci3n (NEC, 2008):

- ✚ Todos los tableros de distribuci3n deben tener una barra o puente de conexi3n a tierra independiente en la cual se puedan conectar todas las masas de la instalaci3n.
- ✚ El m3nimo conductor a utilizarse en una malla de tierra es de calibre 1/0.
- ✚ La separaci3n de varillas o picas no ser3 menor a 1.8m
- ✚ El electrodo tipo varilla debe tener m3nimo 15,9 mm de di3metro y 1,8 m de longitud.
- ✚ El punto de uni3n entre el conductor del electrodo de puesta a tierra y la puesta a tierra debe ser accesible y hacerse con soldadura exot3rmica. La parte superior del electrodo enterrado debe quedar a m3nimo 15 cm de la superficie.
- ✚ Cuando se instalen varios conductores por fase en dos o m3s canalizaciones, el conductor de tierra en cada canalizaci3n se basar3 en el calibre del conductor activo de la acometida en la canalizaci3n, pero nunca menor que 1/0 AWG.

d) Niveles de resistencia admitidos para un SPTA

Para que una puesta a tierra sea eficiente y segura necesita cumplir con los valores de resistencia indicadas en el Código Eléctrico Nacional y en empresas de distribución como la Empresa Eléctrica Quito, las cuales establecen un valor de 25 Ω para redes aéreas y 5 Ω para redes subterráneas. Para comprobar estos valores es necesario el uso del telurómetro y la aplicación de los métodos de medición existentes. A continuación, Chauvin Arnoux Group (2015) menciona:

- ✚ Método de 3 polos llamado del 62%
- ✚ Método en triangulo (dos picas)
- ✚ Método de 4 polos
- ✚ Método variante del 62% (una pica)
- ✚ Medida de bucle fase_PE.
- ✚ Método 4 polos selectivo
- ✚ Pinza de tierra
- ✚ Medida de bucle de tierra con 2 pinzas. (p.13).

Los métodos anteriormente mencionados son eficientes según su aplicación como por ejemplo el método de 3 polos llamado del 62%, es el más utilizado por su efectividad en las mediciones realizadas en lugares donde se pueda conectar los electrodos auxiliares y desconectar el conductor de protección.

Por otro lado, el método de bucle de tierra con 2 pinzas es bastante rápido y no necesita la desconexión de la varilla de puesta a tierra evitando así alteraciones en el sistema. De este modo el uso de cada método de medición depende de las características de la instalación tales como la posibilidad de desconexión de voltaje, toma de tierra única, toma de tierra en paralelo con otras, lugar (urbano y rural), precisión y esquemas de conexión (Chauvin Arnoux Group, 2015).

1.7 Calidad de energía

La calidad de la energía eléctrica se valora a partir de parámetros como la amplitud, la frecuencia, la forma de onda y la simetría de las señales de voltaje y de corriente. La misma es afectada por diferentes fenómenos electromagnéticos que ocurren en las redes; estas perturbaciones en su mayoría son causadas por fallas, descargas atmosféricas, cargas no lineales, maniobras y operaciones en el sistema, entre otras. (Cardozo, Arza, Riveros y Gonzales, 2018, p.164)

La calidad de energía eléctrica es un tema primordial que se ha venido desarrollando en base al uso creciente de los elementos electrónicos en cada uno de los equipos eléctricos que se utilizan en la actualidad. Los equipos electrónicos tienen varias aplicaciones las cuales

contribuyen a los procesos industriales, como los rectificadores, variadores de frecuencia, máquinas de soldar, iluminación fluorescente, entre otros. Aunque los elementos mencionados anteriormente son de mucha utilidad son considerados como cargas no lineales las cuales son la principal fuente de armónicos.

Las cargas no lineales son las causantes de los problemas en la red ya que se alimentan de un voltaje sinusoidal y devuelven una corriente no sinusoidal que en algunos casos causan distorsión en la onda de voltaje de alimentación. Es importante tomar en cuenta que los fenómenos de distorsión definidos como armónicos e interarmónicos de voltaje y corriente se propagan por la red, causando problemas a los demás usuarios conectados al sistema (Trujillo,2015).

En la Figura 1.2 se ilustra el impacto generado sobre otros usuarios debido a las perturbaciones de corriente producidas por otro usuario que opera cargas no lineales.

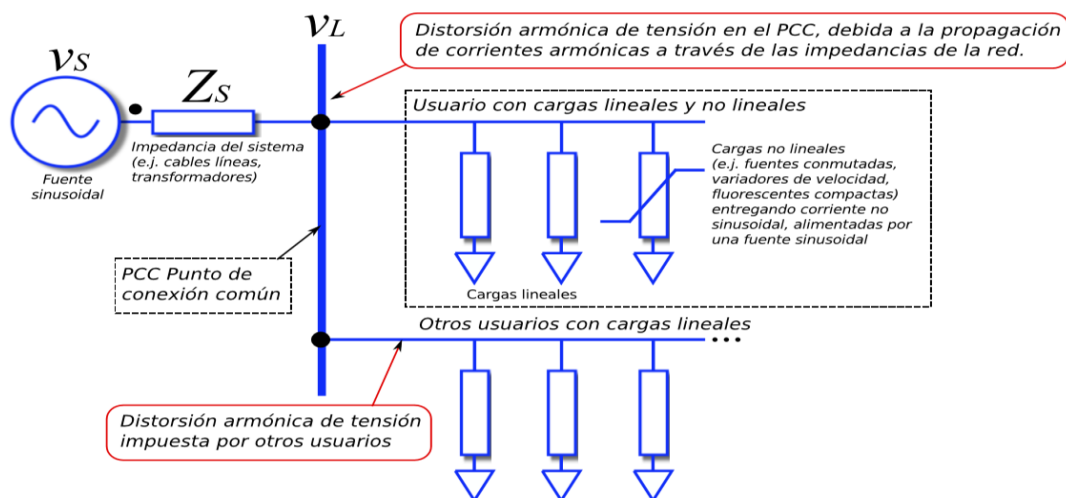


Fig. 1. 2 Sistema de potencia típico, con cargas lineales y no lineales

Fuente: (Trujillo,2015)

1.7.1 Los armónicos se pueden clasificar según el orden, secuencia y frecuencia

Los armónicos pares no son considerados importantes ya que solo existen cuando se produce una asimetría en la señal debido a la componente continua y no causan inconvenientes como los armónicos impares que si son perjudiciales y se encuentran mayormente en las instalaciones industriales. Los armónicos pueden ser secuencia positiva, negativa y de secuencia cero, es importante verificar la presencia de cada uno de ellos para prevenir daños severos en las instalaciones y equipos eléctricos (López, 2005).

Por lo general los armónicos más perjudiciales son los de secuencia negativa ya que pueden cambiar de giro a un motor provocando calentamiento y deterioro en los ejes y

engranajes. Se debe tomar en cuenta también los de secuencia positiva los cuales generan una sobrecorriente causando calentamiento en motores, transformadores y cables, así como también los secuencia cero que producen mayor intensidad en el neutro y reducen la vida útil del mismo (López, 2005).

Normalmente los armónicos múltiplos de 3 se encuentran en instalaciones con alimentación monofásica y pueden producir altas corrientes en el neutro, superiores a las que circulan por la fase. Esto puede ser debido a la iluminación fluorescente en el lugar. Los equipos que generan armónicos de orden 5, son muy comunes en la industria los cuales son generados por rectificadores y variadores de velocidad (López, 2005).

1.7.2 Calidad del suministro de energía por parte de la empresa de distribución

Con base a los argumentos citados anteriormente la calidad de energía se la puede expresar como la ausencia de variaciones de corriente, frecuencia y fluctuaciones de voltaje, las cuales en su mayoría son producidas por cargas no lineales que originan armónicos en la red y cargas inductivas que son las que generalmente causan bajo factor de potencia.

En otras palabras, se resume el término de calidad de energía como la normalización de los parámetros establecidos por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad los cuales se utilizan para medir la eficiencia en la prestación de servicio de energía eléctrica por parte de las empresas distribuidoras, la valoración de calidad de energía por parte de la ARCONEL en su regulación N° 005/18 relaciona varios aspectos con respecto a la calidad de producto, los cuales se nombran a continuación:

- a) Nivel de voltaje
- b) Perturbaciones rápidas de voltaje
- c) Armónicos.

Los límites establecidos para los parámetros de calidad del producto en bajo voltaje se muestran a continuación en la Tabla 1.12.

TABLA 1. 12
LÍMITES ESTABLECIDOS POR ARCONEL 005/18

Parámetros	Rango máximo admisible
Niveles de voltaje %	± 8%
Desequilibrio de voltaje %	2
Flicker	1
Factor de potencia	≤ 92
Armónicos individuales %	5
THDv%	8

Fuente: (ARCONEL 005/18)

1.7.3 Obligaciones del consumidor

Se establecen las disposiciones obligatorias del consumidor el cual debe ejecutar las acciones necesarias para cumplir con las exigencias establecidas y así evitar sanciones por parte de la empresa. Los factores técnicos considerados por la ARCONEL para el consumidor son los siguientes.

Factor de potencia

Flores (2008) refiere: “El factor de potencia se define como la relación entre la potencia activa (kW) usada en un sistema y la potencia aparente (kVA) que se obtiene de la compañía eléctrica”.

Se plantea la Ecuación 5 para el factor de potencia (Flores, 2008).

$$\text{Factor de potencia} = \frac{kW}{kVA} \quad (9)$$

Se puede expresar al factor de potencia como una medida que determina el aprovechamiento de la energía que se convierte en trabajo con respecto a la energía que se extrae de la red de alimentación. Por lo tanto, se lo toma como un indicador de rendimiento el cual es evaluado en valores entre cero y uno.

En el pliego tarifario del servicio público de energía eléctrica del periodo de enero- diciembre 2020, establece que para aquellos consumidores de la categoría general con medición de energía reactiva que presenten un factor de potencia menor a 0.92 se aplicará la sanción correspondiente. Así mismo cuando el valor medio del factor de potencia sea inferior a 0,60, la distribuidora, previa notificación, podrá suspender el servicio público de energía eléctrica hasta que el consumidor adecue sus instalaciones a fin de superar dicho valor límite.

Bajo factor de potencia

La presencia de cargas inductivas como motores asíncronos, transformadores, sueldas eléctricas y lámparas fluorescentes son los principales causantes de un bajo factor de potencia ya que son cargas que al estar conectadas a la red eléctrica requieren de gran energía reactiva para su funcionamiento. Las consecuencias de operar con un bajo factor de potencia producen efectos negativos como sobrecargas (aumento de corriente), calentamiento de conductores, aumento de las caídas de voltaje, penalizaciones por incumpliendo con la regulación, mayor consumo de energía y por ende aumento de la factura del servicio eléctrico. Es por eso la importancia de mejorar el factor de potencia lo cual se explica a continuación (Zabala y Murillo, 2017).

Corrección del bajo factor de potencia

Para corregir el factor de potencia es necesario determinar la cantidad de energía reactiva que se necesita compensar, lo cual se efectúa mediante un banco de capacitores que se instalan dependiendo de los requerimientos de la instalación. Los beneficios de corregir el factor de potencia se reflejan en la disminución de pérdidas en los conductores, menor dimensionamiento del calibre, disminución de las caídas de voltaje, mayor eficiencia y disponibilidad de transformadores, eliminación de penalizaciones por parte de la empresa y finalmente disminución en la factura por servicio de energía eléctrica. Para determinar el banco de capacitores adecuado es importante realizar un análisis con respecto al comportamiento del factor de potencia en un día laborable (Navarrete, 2017).

Banco de capacitores

La clasificación de compensadores de energía reactiva se menciona en la Tabla 1.13:

TABLA 1. 13
TIPOS DE COMPENSADORES DE ENERGÍA REACTIVA

Ubicación del compensador de energía reactiva		
Según el tipo de carga	Compensación de tipo fija	Suministran energía reactiva constante pueden ser comandados por interruptores, contactores y temporizadores.
	Compensación automática	Trabajan con cargas variables ya que utilizan un relé varimétrico el cual mide el factor de potencia y determina el momento exacto de conexión para la compensación de reactivos mediante una o dos baterías de condensadores
Según el tipo de instalación	Compensación individual	Los condensadores se instalan junto a las cargas inductivas de consumo constante.
	Compensación parcial por grupos	Se instalan para diferentes cargas de poca potencia
	Compensación global centralizada	Se instala en el tablero general de la instalación

Fuente: (Vera,2019)

1.7.4 Importancia de la calidad de energía

El estudio de calidad de energía es importante para detectar las distintas anomalías o fenómenos electromagnéticos que disminuyen la confiabilidad y seguridad del sistema eléctrico ya sea en lugares residenciales, comerciales e industriales. Además, es útil para realizar estudios de cargabilidad lo cual contribuye para determinar la capacidad de potencia para saber si se puede implementar nuevos equipos y no tener problemas de sobrecargas.

Otro aspecto positivo para el consumidor es conocer la cantidad de energía que se consume en el día y en una hora exacta para así tener una visión clara de los costos operativos y así mejorar la situación realizando cambios operativos como por ejemplo la desconexión de cargas durante los horarios en los cuales la tarifa de la energía es más costosa, modificando los horarios de funcionamiento a horarios de mayor provecho.

CAPÍTULO 2

Diagnóstico Técnico

2.1 Introducción

El capítulo presenta el procedimiento que se llevó a cabo para realizar el diagnóstico técnico en las instalaciones y equipos eléctricos de la florícola Feel Flowers. La investigación realizada es de tipo bibliográfica, de campo y aplicada la cual es necesaria para el desarrollo de este proyecto.

2.1.1 Investigación bibliográfica o documental

La investigación realizada en este proyecto fue de carácter bibliográfico o documental ya que se hizo uso de la información encontrada en libros, revistas, trabajos de grado, documentos, revistas, y artículos científicos.

2.1.2 Investigación de campo

Para el desarrollo de esta investigación fue primordial efectuar un estudio de campo el cual nos permitió obtener la información necesaria para el análisis posterior. El estudio realizado se basó principalmente en la recolección de datos técnicos eléctricos y lumínicos, así como de los inconvenientes que presenta la empresa.

2.1.3 Investigación aplicada

La recolección de datos se ejecutó mediante el método de investigación aplicada ya que se utilizó varias técnicas para la obtención de datos como la observación directa de las instalaciones, diagramas técnicos, equipos de medición y conceptos básicos para el empleo correcto de cada uno de ellos.

2.2 Métodos de la investigación

2.2.1 Método inductivo

Este método permitió efectuar un análisis técnico de los hechos y aspectos observados durante la investigación de campo que se realizó para la recolección de datos importantes de este estudio. De esta manera se pudo establecer la causa que originaban los fenómenos existentes en las instalación y equipos electromecánicos de la empresa.

2.2.2 Método deductivo

El método deductivo facilitó la comprensión de los diferentes conceptos y teorías plasmadas en el marco teórico. De ese modo se desarrolló el aprendizaje de nuevos conocimientos que permitió deducir los distintos puntos de vista que se aplican al proyecto.

2.3 Diagrama de flujo del proceso de una auditoría energética

En el siguiente Figura 2.1 se presenta un esquema organizado sobre los pasos principales para el desarrollo de una auditoría eléctrica.

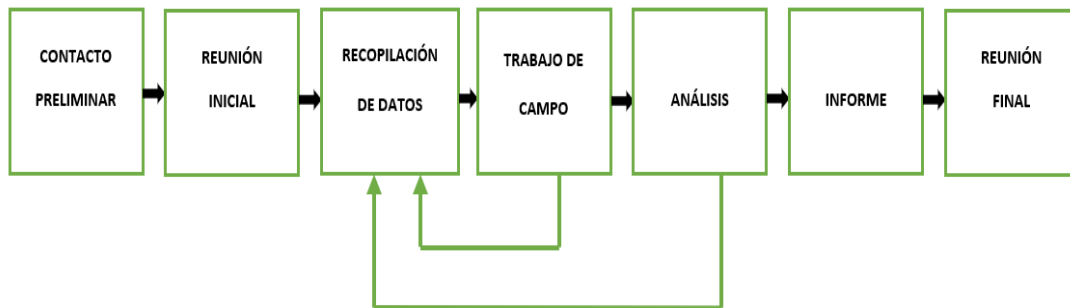


Fig. 2. 1 Proceso de una auditoría energética

Fuente: (UNE-EN 16247-2)

2.4 Recopilación de datos básicos de las instalaciones

La empresa Feel Flowers está ubicada en el sector Santa Clara, parroquia Tupigachi, provincia de Pichincha, la cual se abastece de energía eléctrica del circuito 3 de la subestación eléctrica Cayambe perteneciente a la concesión de la empresa pública EMELNORTE, mediante 2 transformadores monofásicos de 50 kVA instalados independientemente para las diferentes cargas. A continuación, se presenta la línea base del consumo energético mensual, el inventario de los equipos eléctricos, electromecánicos, lumínicos y la hora de operación de cada uno de ellos contrastando el área de mayor consumo.

2.4.1 Consumo de energía eléctrica mensual

Para tener una referencia del consumo energético de la empresa que nos permita realizar el análisis económico, se realiza una línea base del consumo de energía con los valores de las facturas emitidas por la empresa eléctrica durante los últimos doce meses, lo cual ayudará a determinar el porcentaje de ahorro energético que se puede alcanzar efectuando las acciones propuestas en el proyecto.

Las Figuras 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5, muestran el consumo de energía eléctrica por cada medidor con su respectivo costo en dólares.

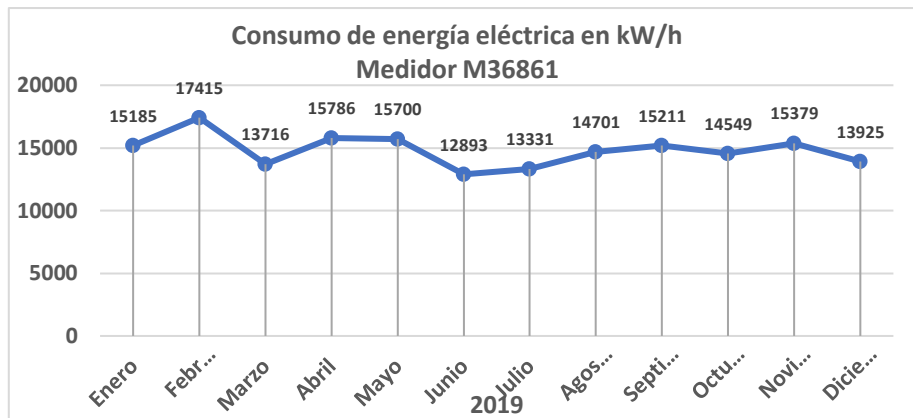


Fig. 2. 2 Consumo de energía eléctrica del transformador #1 en kW

Fuente: (Autor)

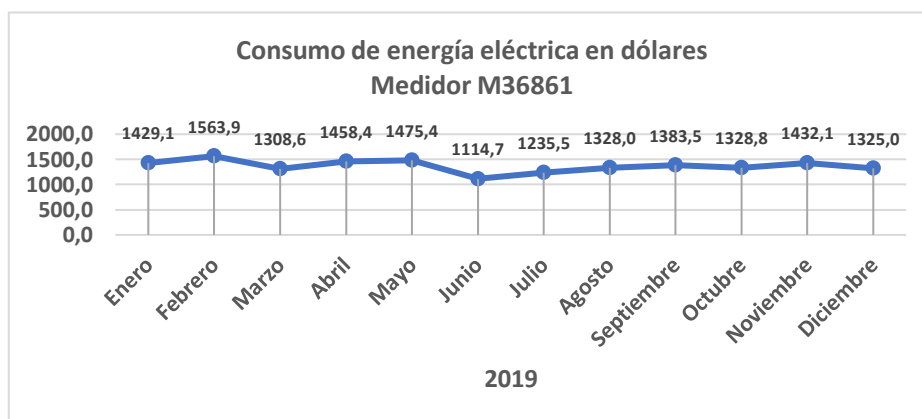


Fig. 2. 3 Consumo de energía eléctrica del transformador #1 en dólares

Fuente: (Autor)

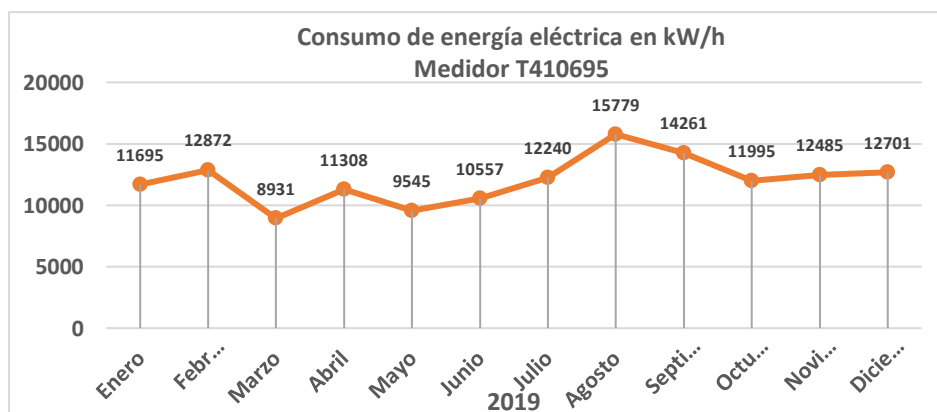


Fig. 2. 4 Consumo de energía eléctrica del transformador #2 en kW

Fuente: (Autor)

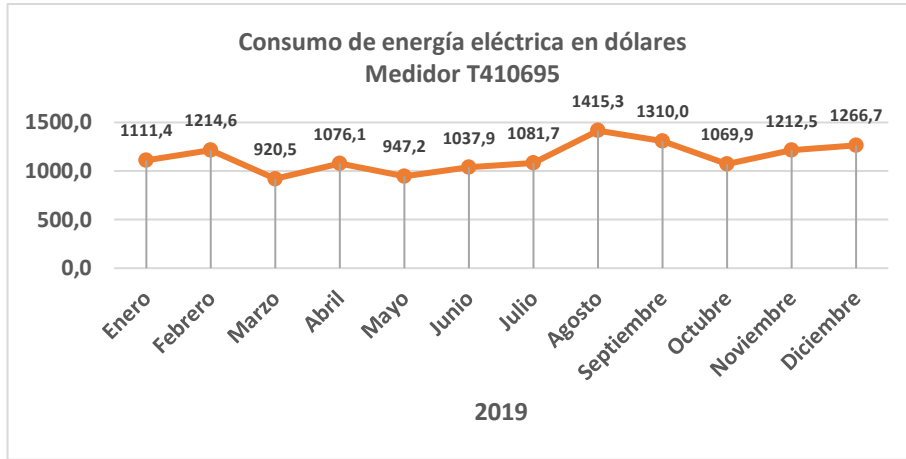


Fig. 2. 5 Consumo de energía eléctrica del transformador #2 en dólares

Fuente: (Autor)

2.4.2 Carga instalada

El levantamiento de carga se efectuó con respecto a cada transformador y a los subtableros de distribución existentes en las diferentes áreas de las empresa. Los datos técnicos como la potencia y el nivel de voltaje se obtuvieron de la placa de datos de cada equipo eléctrico, electromecánico y lumínico. En las Tablas 2.1 y 2.2 se resume el cuadro de carga de todas las áreas de la empresa florícola

TABLA 2. 1
CARGA INSTALADA DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS, ELECTROMECÁNICOS Y ELECTRODOMÉSTICOS DEL TRANSFORMADOR #1

Subtableros de distribución	Área	Cargas	Alimentación		Potencia (W)	#	Carga instalada total (W)
			120V	240V			
SUB-TD1	Mantenimiento y área para soldar	Compresor neumático	x		2200	1	2200
		Motor smeril	x		375	1	375
		Computador	x		205	1	205
		Sierra circular		x	2200	1	2200
		Maquina cortadora de cartón		x	1500	1	1500
SUB-TD2	Fertilizantes, bodega y RRHH	Computador	x		250	3	750
		IMPRESORA	x		100	1	100
		Dosificador de fertilizantes		x	2200	1	2200
		Motor trifásico con VFD		x	2200	1	2200
		Proyector digital	x		205	1	205
SUB- TD3	Oficinas administrativas	Impresora	x		1500	1	1500
		Computador de escritorio	x		250	5	1250
		Laptop	x		50	2	100
		Dispensador de agua	x		1200	1	1200
		Horno microondas	x		1400	1	1400
		Refrigeradora	x		170	1	170
		LCD	x		60	1	60

		Horno microondas	x	1400	1	1400	
		Cafetera	x	700	1	700	
SUB-TD4	Dispensario médico	Laptop	x	50	1	50	
		Lámpara de exploración flexible	x	7	1	7	
SUB-TD5	Almacenamiento de agua	Motor sumergible		x	1500	1	1500
		Motobomba		x	1500	2	3000
		Eligadora	x	375	2	750	
SUB-TD 6	Sala de poscosecha	Sunchadora	x	3700	1	3700	
		Computadoras	x	250	2	500	
		Banda transportadora		x	4500	2	9000
		Compresor 10hp		x	7500	3	22500
SUB-TD7	Cuartos fríos 1 -2	Compresor 5hp		x	3750	1	7500
		Termostato		x	1200	1	1200
SUB-TD8	Cuarto frío 3	Compresor 10hp		x	7500	2	15000
		Motor para rehidratación		x	375	1	375
TOTAL					46	84797	

Fuente: (Autor)

TABLA 2. 2
CARGA INSTALADA DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS, ELECTROMECÁNICOS Y ELECTRODOMÉSTICOS DEL TRANSFORMADOR #2

Subtableros de distribución	Área	Cargas	Alimentación		Potencia (W)	#	Carga instalada (W)
			120V	240V			
		Bomba de goteo con VFD		x	7500 W	2	15000
SUB-TD9	Bombas de riego	Bomba de duchas		x	7500W	1	7500
		Bomba de río		x	7500W	1	7500
		Motor sumergible		x	1500 W	1	1500
SUB-TD10	Cocina	Refrigeradora	x		375 W	1	375
		Licuadaora	x		500 W	1	500
TOTAL						7	11505

Fuente : (Autor)

2.4.2.1 Luminarias

La mayoría de las luminarias instaladas en los circuitos de iluminación son fluorescentes de 40W y 32W, con balastos electromecánicos conformadas de hasta 4 tubos de diferentes características en algunos casos. En la siguiente Tabla 2.3 se muestra las luminarias existentes en cada área de la empresa.

TABLA 2. 3
CARGA INSTALADA DE LAS LUMINARIAS EXISTENTES

Área	Luminarias	Nº	LED	FL	Carga instalada (W)
Mantenimiento y área para soldar	1-40W	1		x	40
	2-32W	1		x	64
	1-32W	1		x	72
Fertilizantes, bodega, RRHH	1-40W	1		x	72
	2-32W	2		x	128
	2-40W	5		x	400
Oficinas administrativas	2-32W	9		x	576
	3-32W	1		x	96
	15W	3	x		45
Dispensario médico	5W	8	x		40
	80W	2		x	160
	100W	1		x	100
Almacenamiento de agua	50W	2		x	100
	50W	1		x	50
	4-18W	15	x		1080
Sala de poscosecha	3-18W	1	x		54
	2-18W	6	x		216
	4-40W	1		x	160
	4-32W	16		x	2048
	2-32W	5		x	320
	2-40W	17		x	1360
	1-32W	1		x	32
	1-32W	6		x	432
	1-40W	6		x	432
	2-32W	2		x	288
Cuartos fríos	2-40W	1		x	104
	1-40W	1		x	104
Primera hidratación	2-40W	22		x	1760
Material de empaque	100W	1		x	100
	1-32W	1		x	72
Cocina	1-40W	1		x	72
	3-32W	1		x	96
	2-32W	12		x	768
TOTAL					10761

Fuente: Autor

A continuación, se determina el área de mayor consumo la cual nos permite enfocarnos de manera más profunda y así realizar un análisis que nos permita tomar las medidas adecuadas que puedan mejorar la instalación..

2.4.4 Área de mayor consumo

El área de postcosecha y cuartos fríos son áreas en las cuales se consumen mayor energía ya que para realizar sus procesos se utilizan máquinas para corte y empaque de bonches que luego son almacenadas en los cuartos fríos los cuales utilizan equipos de refrigeración que son indispensables para la preservación y humidificación de flores. Así mismo el área de riego necesita suficiente energía para el funcionamiento normal de las bombas las cuales consumen potencias elevadas, el tiempo de operación de estas máquinas y equipos eléctricos es aproximadamente de 9 a 24 horas del día.

En la siguientes Figura 2.6 y 2.7 se muestra el consumo de energía eléctrica en porcentaje por cada área de la empresa y el porcentaje de consumo de energía en iluminación, fuerza y equipos electrónicos e informáticos

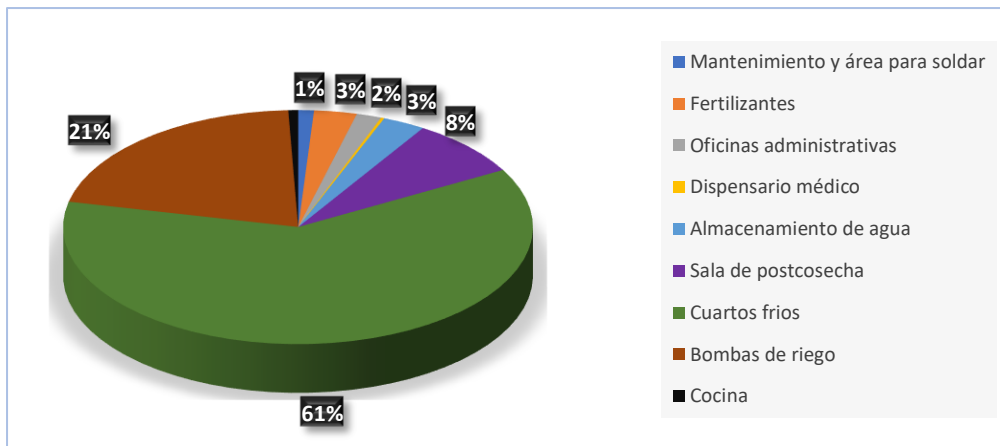


Fig. 2. 6 Consumo de energía eléctrica en porcentaje de las áreas de la florícola Feel Flowers

Fuente: (Autor)

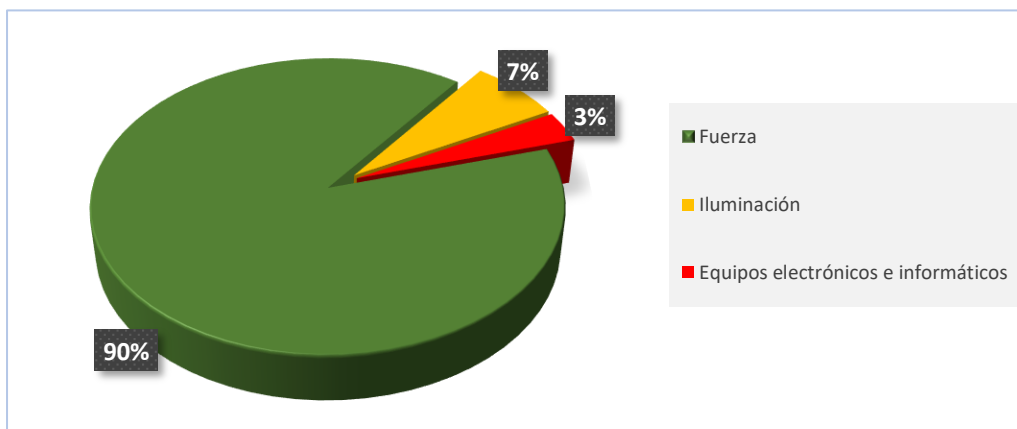


Fig. 2. 7 Porcentaje de consumo de energía en iluminación, fuerza y equipos electrónicos e informáticos

Fuente: (Autor)

2.4.5 Planos y esquemas unifilares de los circuitos de fuerza y de iluminación

Los planos y esquemas eléctricos unifilares se elaboraron de acuerdo a la distribución de los equipos eléctricos, electromecánicos y de iluminación. Además se ubicó las acometidas, tableros de distribución general y subtableros que se encuentran en las diferentes áreas de la empresa. Al mismo tiempo se hizo reconocimiento de los circuitos existentes, protecciones, conductores y canalizaciones eléctricas. En resumen se ha elaborado el plano de los circuitos de fuerza, iluminación y el diagrama unifilar general por cada transformador de la empresa. Los símbolos utilizados para este proyecto fueron tomados de las normas INEN y de las normas NEC. Los planos y esquemas eléctricos se muestran en los anexos D-E.F.G.H.I al final del documento.

2.5 Mediciones

2.5.1 Sistema de puesta a tierra

Para verificar el ohmiaje de los sistemas de puesta a tierra se emplea el equipo digital de marca FLUKE 1625-2, el cual tiene la cualidad de realizar la medición sin usar ninguna pica de tierra lo cual es ventajoso en lugares en los cuales es dificultoso realizar la medición por el método convencional. Así mismo no se necesita desconectar los electrodos por lo que no se altera el sistema de puesta a tierra existente durante la medición. Es por eso que se optó por efectuar la medición utilizando solamente las pinzas para comprobar el ohmiaje de las puestas a tierra instaladas en cada transformador, del poste terminal de la red de distribución, y de los contadores de energía.

En los subtableros de distribución del área de riego y fertilizantes se notó la existencia del conductor de tierra en el tablero, pero no se ubicó el lugar de su instalación a tierra. Así mismo en los demás subtableros se pudo evidenciar la inexistencia del sistema de puesta a tierra. En la siguiente Tabla 2.4 se muestra los valores de las mediciones realizadas con el telurómetro.

TABLA 2. 4
SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

ÁREA	EVIDENCIA DE SPT (SI/NO)	RESISTENCIA (Ω)	OBSERVACIONES
Transformador1	SI	18,89	Resistencia normal
Transformador2	SI	25,76	Resistencia normal
Poste terminal1	SI	22,71	Resistencia normal
Poste terminal2	SI	31,1	Resistencia alta
Contador 1	SI	0	Puesta a tierra desconectada
Contador 2	SI	22,98	Resistencia normal

Fuente: (Autor)

2.5.2 Inspección termográfica

Para realizar la inspección termográfica en las instalaciones y equipos eléctricos de la empresa florícola se utilizó la Cámara infrarroja Fluke Ti32, la cual tiene una precisión de medición de temperatura de $\pm 2^\circ \text{C}$ y su rango de operación es de -20°C a $+600^\circ \text{C}$. El análisis de las termografías se realizó en base a la norma ANSI/NETA ATS-2009 la cual determina la severidad de daño de cada equipo y la acción a realizar, con respecto al aumento de la temperatura detectado como se muestra en la Tabla 1.8 del capítulo anterior.

A continuación, se muestran las imágenes termográficas con su respectivo análisis.

2.5.3 Análisis termográfico de las instalaciones y equipos eléctricos de la florícola

TERMOGRAFÍA 1

En la siguiente Figura 2.8 se presenta la imagen termográfica con su información y las observaciones técnicas realizadas correspondientes a las líneas de bajo voltaje en el transformador #2



Fig. 2. 8 Imagen termográfica de las líneas de bajo voltaje

Fuente: (Autor)

TABLA 2. 5

DATOS TÉCNICOS OBTENIDOS DE LA IMAGEN TERMOGRÁFICA MOSTRADA EN LA FIGURA 2.8

T. Ref. °C	11,1 °C	Emisividad	0,93	CONDICIONES DE TRABAJO:	
T. Max. °C	81,6°C			NEUTRO	
T. Amb. °C	17°C	Humedad relativa	0,48	FASE A	
Delta T. °C	70,5°C			FASE B	CONECTOR

Fuente: (Autor)

Observaciones

La diferencia de temperatura en el conector de la línea de bajo voltaje se sitúa como severidad de problema de grado 4, la causa posible es:

- Falso contacto entre conductor y conector (conector flojo o sulfatado).

✚ TERMOGRAFÍA 2

A continuación en la Figura 2.9 se muestra la imagen termográfica del tablero general de distribución del Transformador #1



Fig. 2. 9 Imagen termográfica del interruptor térmico del tablero principal del transformador #1

Fuente: (Autor)

TABLA 2. 6

DATOS TÉCNICOS OBTENIDOS DE LA IMAGEN TERMOGRÁFICA MOSTRADA EN LA FIGURA 2.9

T. Ref. °C	32,6 °C	Emisividad	0,93	CONDICIONES DE TRABAJO:	
T. Max. °C	63,8 °C			NEUTRO	
T. Amb. °C	17°C	Humedad relativa	0,48	FASE A	BORNE SUPERIOR
Delta T. °C	31,2 °C			FASE B	

Fuente : (Autor)

Observaciones

La diferencia de temperatura en los bornes superiores del interruptor térmico del tablero principal del transformador 1 se sitúa como severidad de problema de grado 3, las causas posibles son:

- Falso contacto entre conductores
- Mal dimensionamiento del calibre de los conductores

TERMOGRAFÍA 3

En la siguiente Figura 2.10 se presenta la imagen termográfica con su información y las observaciones técnicas realizadas correspondientes a las líneas de bajo voltaje en el transformador #2

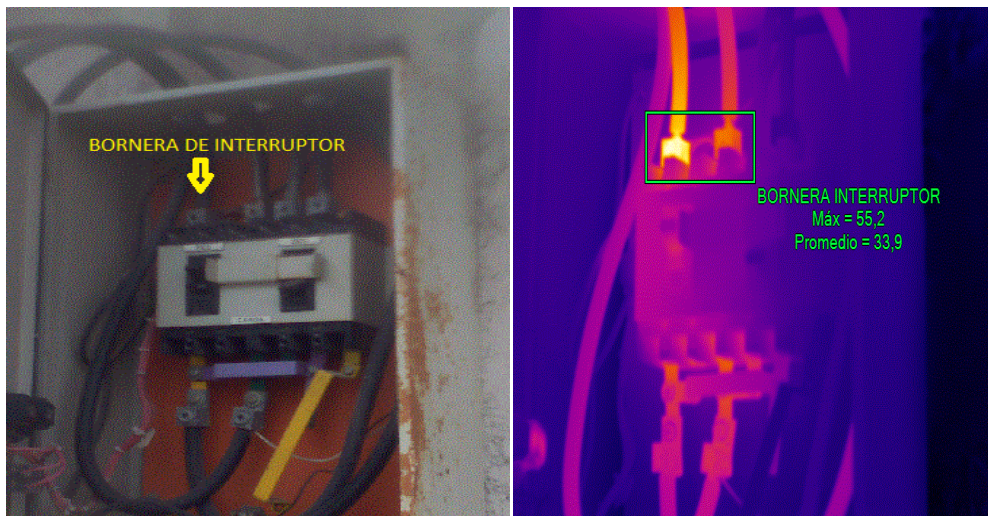


Fig. 2. 10 Imagen termográfica del interruptor térmico del tablero principal del transformador #2

Fuente: (Autor)

TABLA 2. 7

DATOS TÉCNICOS OBTENIDOS DE LA IMAGEN TERMOGRÁFICA MOSTRADA EN LA FIGURA 2.10

T. Ref. °C	30 °C	Emisividad	0,93	CONDICIONES DE TRABAJO:	
T. Max. °C	55,2 °C			NEUTRO	
T. Amb. °C	17°C	Humedad relativa	0,48	FASE A	BORNE DEL INTERRUPTOR
Delta T. °C	25,2 °C			FASE B	

Fuente: (Autor)

Observaciones

La diferencia de temperatura en el conector de la línea de bajo voltaje se sitúa como severidad de problema de grado 3, la causa posibles es:

- a) Falso contacto entre conductor
- b) terminal del interruptor (terminal flojo o sulfatado).

✚ TERMOGRAFÍA 4

En La Figura 2.11 se presenta la imagen termográfica con su información y las observaciones técnicas correspondientes a los bornes de salida de los interruptores automáticos instalados en el área de bombas de riego.

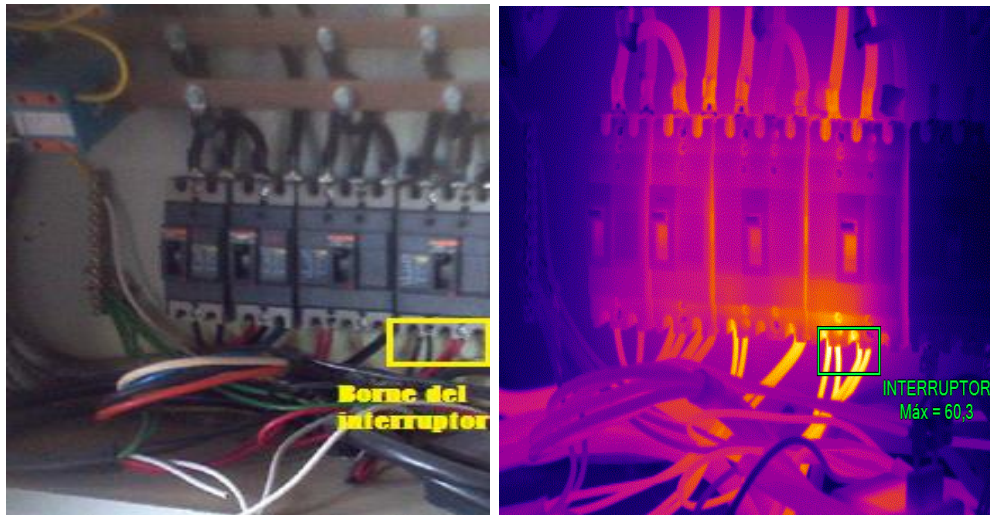


Fig. 2. 11 Imagen termográfica del interruptor térmico de la bomba de goteo

Fuente: (Autor)

TABLA 2. 8

DATOS TÉCNICOS OBTENIDOS DE LA IMAGEN TERMOGRÁFICA MOSTRADA EN LA FIGURA 2.11

T. Ref. °C	20 °C	Emisividad	0,93	CONDICIONES DE TRABAJO:	
T. Max. °C	60,3 °C			NEUTRO	
T. Amb. °C	17°C	Humedad relativa	0,48	FASE A	BORNE DEL INTERRUPTOR
Delta T. °C	40,3 °C			FASE B	BORNE DEL INTERRUPTOR

Fuente: (Autor)

Observaciones

La diferencia de temperatura en el borne inferior del interruptor se sitúa como severidad de problema de grado 4, las causas posibles son:

- Falso contacto entre conductor y terminales del interruptor
- Mal dimensionamiento del calibre.

✚ TERMOGRAFÍA 5

En La Figura 2.12 se presenta la imagen termográfica con su información y las observaciones técnicas correspondientes al cable principal de la bomba de duchas.

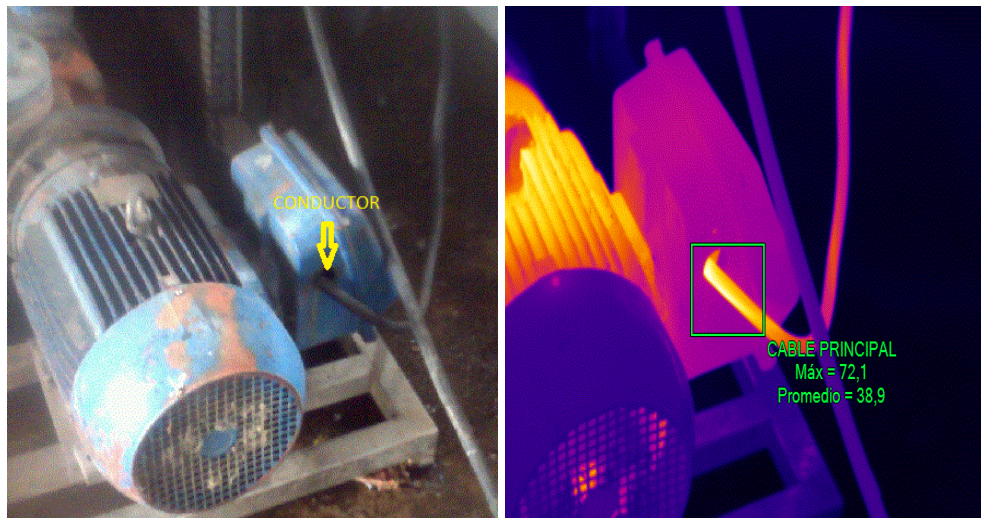


Fig. 2. 12 Imagen termográfica de la bomba de duchas

Fuente: (Autor)

TABLA 2. 9

DATOS TÉCNICOS OBTENIDOS DE LA IMAGEN TERMOGRÁFICA MOSTRADA EN LA FIGURA 2.12

T. Ref. °C	38,9 °C	Emisividad	0,93	CONDICIONES DE TRABAJO:	
T. Max. °C	72,1 °C			NEUTRO	
T. Amb. °C	17°C	Humedad relativa	0,48	FASE A	CABLE PRINCIPAL
Delta T. °C	33,2 °C			FASE B	

Fuente: (Autor)

Observaciones

La diferencia de temperatura en el cable principal que energiza a la bomba se sitúa como severidad de problema de grado 4, las causas posibles son:

- Falso contacto entre conductor y terminales de la bomba flojos o sulfatados
- Mal dimensionamiento del calibre del conductor.

✚ TERMOGRAFÍA 6

En La Figura 2.13 se presenta la imagen termográfica con su información y las observaciones técnicas correspondientes a los terminales de la bomba de duchas.

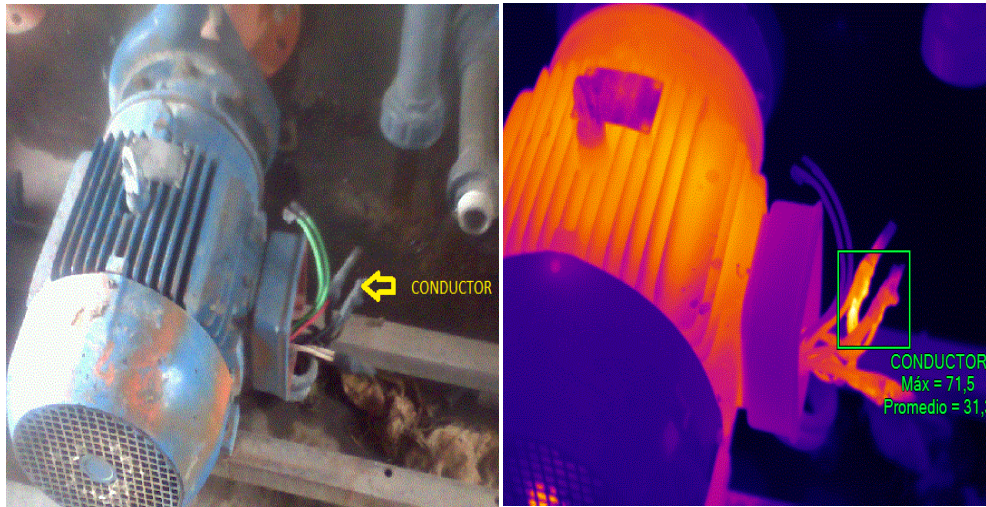


Fig. 2. 13 Imagen termográfica de la bomba de goteo

Fuente: FEEL FLOWERS

TABLA 2. 10

DATOS TÉCNICOS OBTENIDOS DE LA IMAGEN TERMOGRÁFICA MOSTRADA EN LA FIGURA 2.13

T. Ref. °C	31,3 °C	Emisividad	0,93	CONDICIONES DE TRABAJO:	
T. Max. °C	71,5 °C			NEUTRO	
T. Amb. °C	17°C	Humedad relativa	0,48	FASE A	EMPALMES
Delta T. °C	40,2 °C			FASE B	

Fuente: (Autor)

Observaciones

La diferencia de temperatura en el conector de la línea de bajo voltaje se sitúa como severidad de problema de grado 4, las causas posibles son:

- a) Falso contacto en los empalmes de los terminales del motor
- b) Mal dimensionamiento del calibre de los conductores

✚ TERMOGRAFÍA 7

En La Figura 2.14 se presenta la imagen termográfica con su información y las observaciones técnicas correspondientes a los bornes inferiores del interruptor automático de la bomba de goteo.

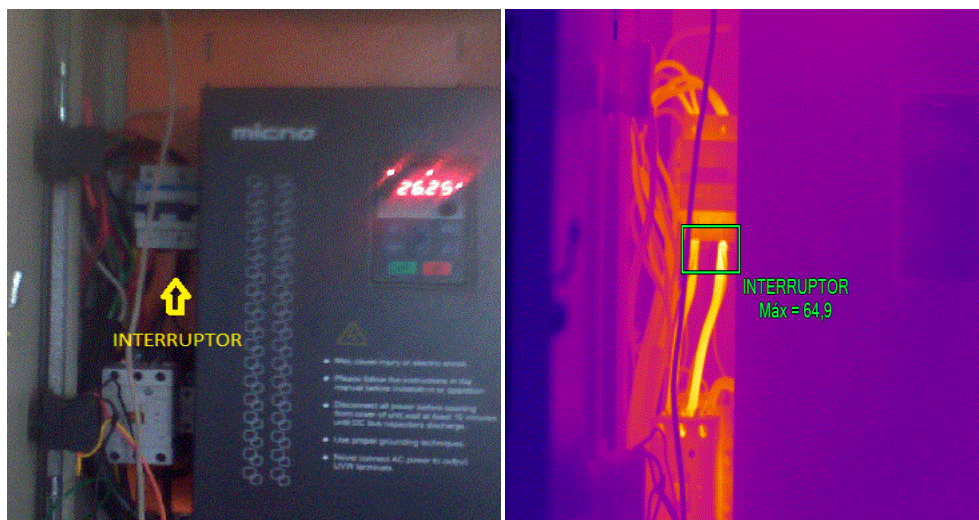


Fig. 2. 14 Imagen termográfica de los bornes inferiores del interruptor térmico del tablero de control de la bomba de goteo

Fuente: (Autor)

TABLA 2. 11

DATOS TÉCNICOS OBTENIDOS DE LA IMAGEN TERMOGRÁFICA MOSTRADA EN LA FIGURA 2.14

T. Ref. °C	20 °C	Emisividad	0,93	CONDICIONES DE TRABAJO:	
T. Max. °C	64,9 °C			NEUTRO	BORNES INFERIORES
T. Amb. °C	17°C	Humedad relativa	0,48	FASE A	
Delta T. °C	44,9 °C			FASE B	

Fuente: (Autor)

Observaciones

La diferencia de temperatura en los bornes inferiores del interruptor termomagnético del tablero de control del motor se sitúa como severidad de problema de grado 4, las causas posibles son:

- Falso contacto en los bornes del interruptor.
- Interruptor en mal estado o mal dimensionado

✚ TERMOGRAFÍA 8

En La Figura 2.15 se presenta la imagen termográfica con su información y las observaciones técnicas correspondiente a los bornes superiores del subtablero de distribución 6.

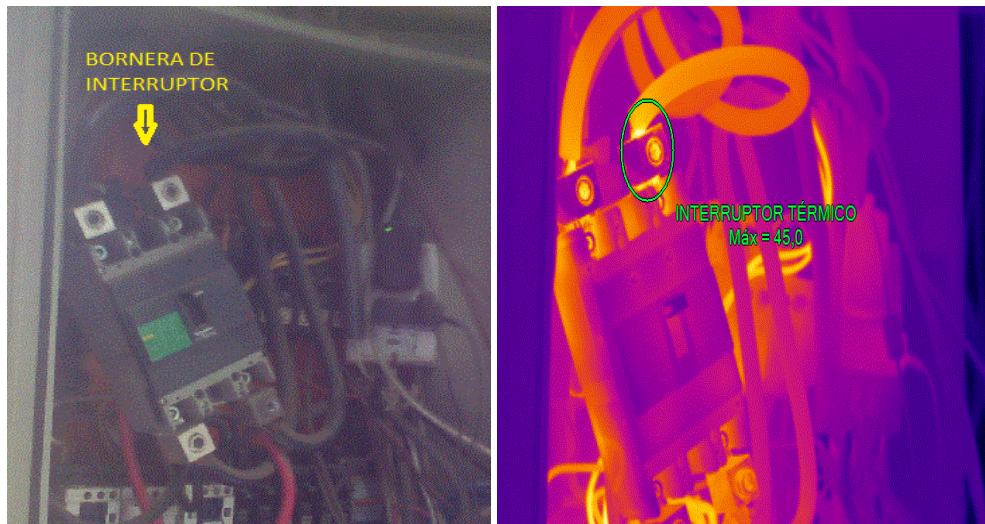


Fig. 2. 15 Imagen termográfica de los bornes superiores del interruptor térmico del tablero principal de cuartos fríos

Fuente: (Autor)

TABLA 2. 12

DATOS TÉCNICOS OBTENIDOS DE LA IMAGEN TERMOGRÁFICA MOSTRADA EN LA FIGURA 2.15

T. Ref. °C	10 °C	Emisividad	0,93	CONDICIONES DE TRABAJO:	
T. Max. °C	45,0 °C			NEUTRO	
T. Amb. °C	17°C	Humedad relativa	0,48	FASE A	
Delta T. °C	35,0 °C			FASE B	BORNES SUPERIORES

Fuente: (Autor)

Observaciones

La diferencia de temperatura en los bornes inferiores del interruptor termomagnético del tablero de control del motor se sitúa como severidad de problema de grado 4, la causa posible es:

- Falso contacto entre los conductores y terminales del interruptor (Bornes flojos o sulfatados) .

✚ TERMOGRAFÍA 9

En La Figura 2.16 se presenta la imagen termográfica con su información y las observaciones técnicas realizadas correspondiente a los bornes del interruptor automático de del compresor 1.

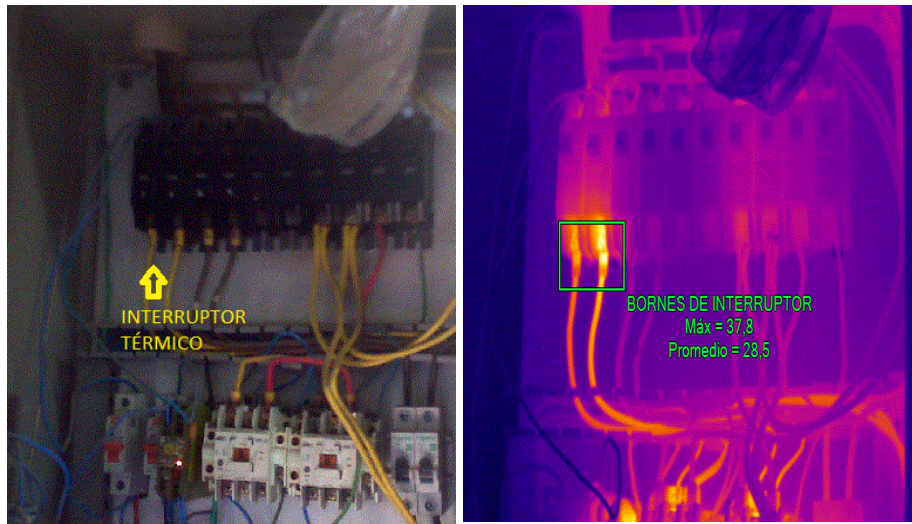


Fig. 2. 16 Imagen termográfica de los bornes inferiores del interruptor termomagnético del compresor 1

Fuente: (Autor)

TABLA 2. 13

DATOS TÉCNICOS OBTENIDOS DE LA IMAGEN TERMOGRÁFICA MOSTRADA EN LA FIGURA 2.16

T. Ref. °C	10 °C	Emisividad	0,93	CONDICIONES DE TRABAJO:	
T. Max. °C	37,8 °C			NEUTRO	
T. Amb. °C	17°C	Humedad relativa	0,48	FASE A	BORNES INFERIORES
Delta T. °C	27,8 °C			FASE B	

Fuente: (Autor)

Observaciones

La diferencia de temperatura en los bornes inferiores del interruptor termomagnético del tablero principal de cuartos fríos se sitúa como severidad de problema de grado 3, Las causas posibles son:

- Falso contacto entre los conductores y los terminales del interruptor.
- Mal dimensionamiento del interruptor
- Mal dimesionamiento del calibre del conductor

2.5.3 Análisis de calidad de energía

Para llevar a cabo el análisis de calidad de energía se utilizó el equipo de medición de la marca FLUKE 1744 MEMOBOX, el cual registra las mediciones en un intervalo de 10 minutos durante 7 días, como establece ARCONEL en la regulación n° 005/18. La instalación del equipo de medición se realizó en ambos transformadores monofásicos, los cuales alimentan a las instalaciones y equipos eléctricos de la empresa.

Niveles de voltaje

El resultado de las mediciones realizadas con respecto a los niveles de voltaje de cada transformador mostrados en la Tabla 2.14, evidencian el cumplimiento de los parámetros establecidos por la regulación ARCONEL 005/18.

TABLA 2. 14
NIVELES DE VOLTAJE

LÍMITES DE VOLTAJE REGISTRADOS						
VOLTAJE	Transformador #1			Transformador #2		
	FASE A	FASE B	Variación de voltaje admisible ($\pm 8\%$)	FASE A	FASE B	Variación de voltaje admisible ($\pm 8\%$)
Voltaje nom (V)	120	120		120	120	
Voltaje mín (V)	115,16	116,42	CUMPLE	121,54	121,38	CUMPLE
Voltaje máx (V)	121,59	122,96	CUMPLE	129,39	129,28	CUMPLE
Voltaje prom (V)	118,92	120,23	CUMPLE	126,06	125,93	CUMPLE
Total mediciones fuera de la regulación ARCONEL 005/18	0%	0%	CUMPLE	0%	0%	CUMPLE

Fuente: (Autor)

En la Fig. 2.17 y 2.18 se muestra gráficamente las mediciones del voltaje rms registradas por el analizador de redes en un tiempo de 7 días con un intervalo de 10 minutos por medición en cada uno de los transformadores de la florícola

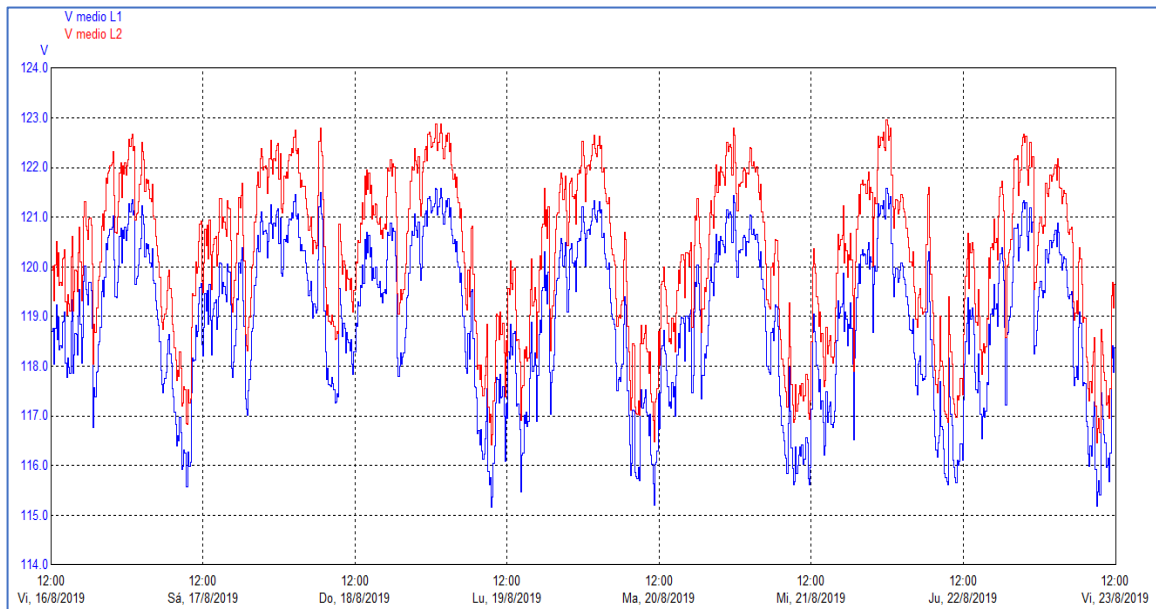


Fig. 2. 17 Voltaje RMS del transformador #1

Fuente: (Autor)

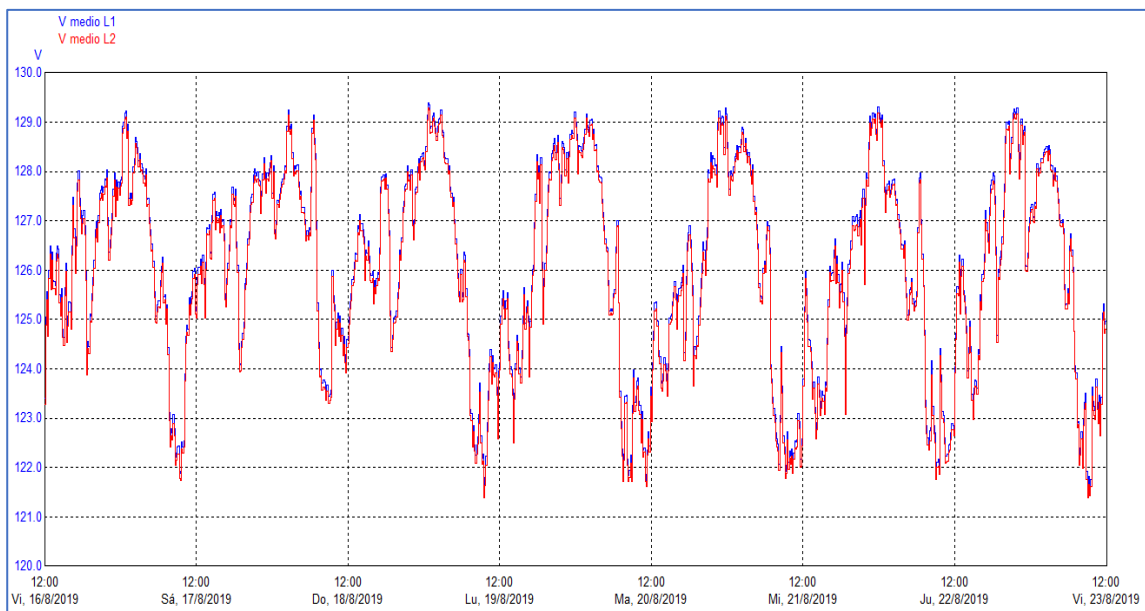


Fig. 2. 18 Voltaje RMS del transformador #2

Fuente: (Autor)

⚡ Fenómenos transitorios de voltaje

Las mediciones realizadas mostradas en la Figura 2.19 indican que en el transformador #1 existe la presencia de 14 Dip (caída de voltaje). Sin embargo no se consideran perjudiciales ya que se encuentran en un rango tolerable.

Fase L1, L2	< 20 ms	20...< 100 ms	100...< 500 ms	0.5...< 1 s	1...< 3 s	3...< 20 s	20...< 60 s	>= 1 min
Surge > 8.00%								
Dip > 8.00%		2						
10...< 15 %			2					
15...< 30 %			7	2				
30...< 60 %			1					
60...< 99 %								
Interrupción								

Registro de eventos a partir e -8.00 / +8.00% de tensión nominal
 Dip según recomendación de UNPEDE

Número de subidas (Surge)	0
Número de caídas (Dip)	14
Número de interrupciones cortas (<3 min)	0
Número de interrupciones largas (>=3 min)	0
Número de interrupciones (Interruption)	0
Total de eventos e interrupciones	14
Total de eventos permitidos	100
Total de interrupciones permitidas	100

Fig. 2. 19 Fenómenos transitorios Dip, Surge e interrupciones de voltaje del transformador #1
 Fuente: (Autor)

Con respecto al transformador # 2, el registro de mediciones en la Figura 2.20 indica la presencia de 43 Surge (picos de voltaje) y 10 Dip (caídas de voltaje). Los valores mencionados se encuentran en un rango tolerable, el cual no es perjudicial para las instalaciones.

Fase L1, L2	< 20 ms	20...< 100 ms	100...< 500 ms	0.5...< 1 s	1...< 3 s	3...< 20 s	20...< 60 s	>= 1 min
Surge > 8.00%							3	40
Dip > 8.00%								
10...< 15 %			4	2				
15...< 30 %			4					
30...< 60 %								
60...< 99 %								
Interrupción								

Registro de eventos a partir e -8.00 / +8.00% de tensión nominal
 Dip según recomendación de UNPEDE

Número de subidas (Surge)	43
Número de caídas (Dip)	10
Número de interrupciones cortas (<3 min)	0
Número de interrupciones largas (>=3 min)	0
Número de interrupciones (Interruption)	0
Total de eventos e interrupciones	53
Total de eventos permitidos	100
Total de interrupciones permitidas	100

Fig. 2. 20 Fenómenos transitorios Dip, Surge e interrupciones de voltaje del transformador #2
 Fuente: (Autor)

🌈 Niveles de flicker

Las mediciones de flicker registradas en función del parámetro Pst (corta duración) en el transformador #1 están dentro de los parámetros establecidos sin embargo, el transformador #2 presenta el 0.20 % de mediciones fuera del parámetro establecido por la regulación ARCONEL 005/18 (5% permitido), como se puede observar a continuación en la Tabla 2.15.

TABLA 2. 15
NIVELES DE FLICKER

FLICKER						
<i>Unidad de medición (Pst)</i>	<i>FASE A</i>	<i>FASE B</i>	<i>Transformador #1</i>	<i>FASE A</i>	<i>FASE B</i>	<i>Transformador #2</i>
Pst mínimo	0,172	0,171	0,17	0,166	0,162	0,16
Pst máximo	0,988	0,993	0,99	1,261	1,343	1,34
Pst promedio	0,35	0,339	0,345	0,217	0,22	0,22
Total de mediciones fuera de regulación ARCONEL 005/18	0%	0%	0%	0,20%	0,20%	0,20%

Fuente: (Autor)

✚ Niveles de distorsión armónica THDv

Las mediciones realizadas mostradas en la Tabla 2.16 reflejan el cumplimiento de los parametros establecidos por la regulación ARCONEL 005/18, la cual menciona que el THDv no debe superar el 8% en las fases del transformador.

TABLA 2. 16
NIVELES DE DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE VOLTAJE

ARMÓNICOS						
Límite de THDv = 8%						
<i>THDv</i>	<i>Fase A</i>	<i>Fase B</i>	<i>Transf #1</i>	<i>Fase A</i>	<i>Fase B</i>	<i>Transf #2</i>
THDv min	1,39	1,51	1,39	1,56	1,58	1,56
THDv máx	4,46	4,55	4,55	5,38	5,77	5,77
THDv prom	2,93	3,03	2,98	3,74	3,9	3,82
Cantidad de mediciones fuera del límite	0	0	0	0	0	0
Cumplimiento con la regulación ARCONEL 005/18	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: (Autor)

✚ Armónicos individuales

La Figura 2.20 y 2.21 se puede evidenciar la presencia del tercer y quinto armónico, los cuales están dentro del límite máximo de distorsión armónica individual establecido por la regulación ARCONEL 005/18 (5% permitido).

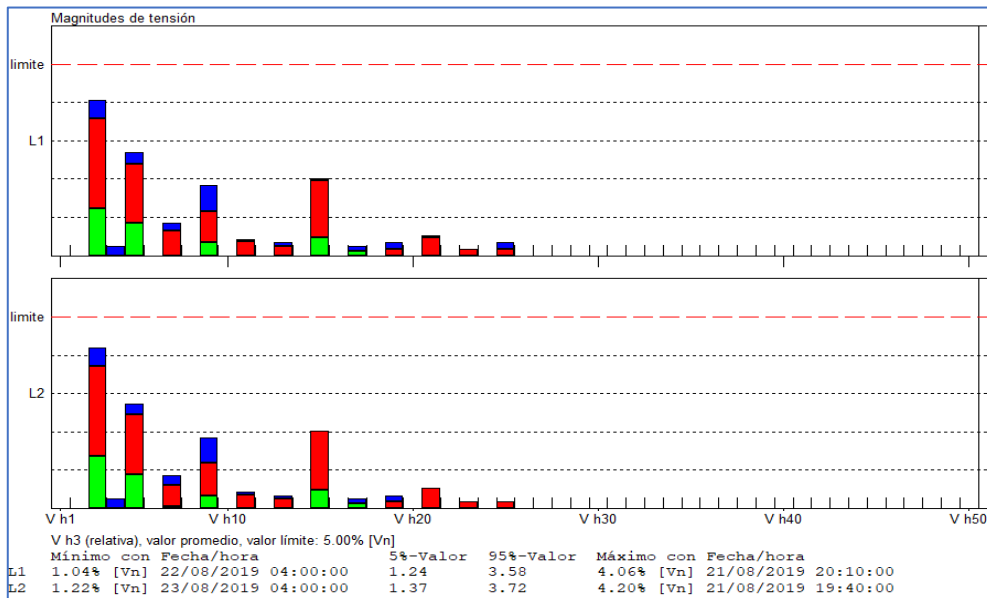


Fig. 2. 21 Armónicos individuales en el transformador #1

Fuente: (Autor)

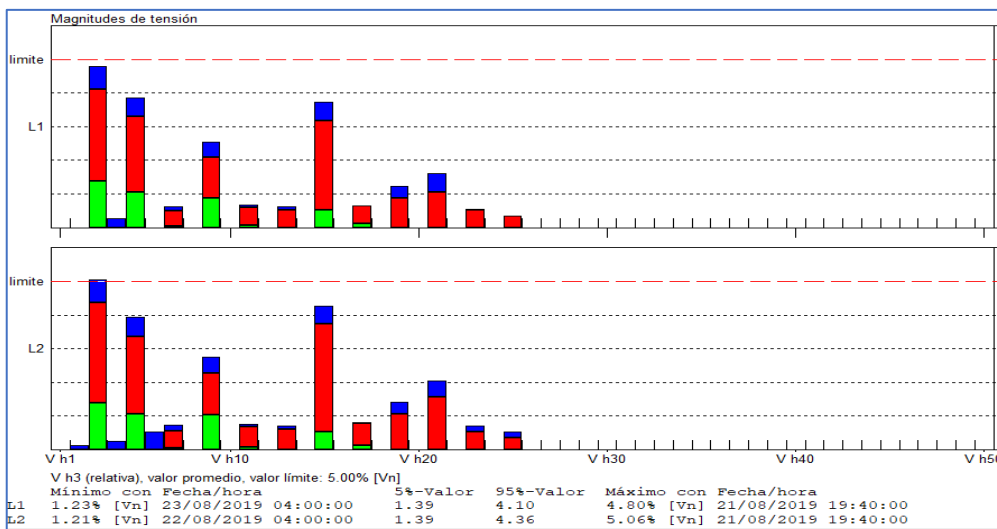


Fig. 2. 22 Armónicos individuales en el transformador #2

Fuente: (Autor)

⚡ Corrientes rms máximas

El registro de la medición mostrado en la tabla 2.17 refleja mayor corriente en la fase B de ambos transformadores, lo cual es resultado del desbalance de carga existente en cada transformador.

TABLA 2. 17
REGISTRO DE LAS CORRIENTES RMS MÁXIMAS

CORRIENTES RMS MÁXIMAS				
Transformador #1				
FECHA	HORA	FASE A	FASE B	NEUTRO
17/8/2019	17:00:00	155,74	156,38	8,57
19/8/2019	12:10:00	154,47	168,31	18,09
16/8/2019	12:20:00	95,17	101,54	12,06
19/8/2019	12:10:00	154,47	168,31	18,09
Transformador #2				
FECHA	HORA	FASE A	FASE B	NEUTRO
20/8/2019	7:40:00	161,3	165,06	8,25
23/8/2019	10:00:00	161,04	166,06	9,39
16/8/2019	11:50:00	153,89	162,03	10,99
22/8/2019	8:20:00	154,11	165,01	15,39

Fuente: (Autor)

✚ Cargabilidad

El reporte de la medición indica que la potencia aparente máxima del transformador #1 es de 37.95 Kva, dando como resultado el 75.91 % de cargabilidad total del transformador. En la Figura 2.22 se muestra las potencia aparente de la fase A y B del transformador.

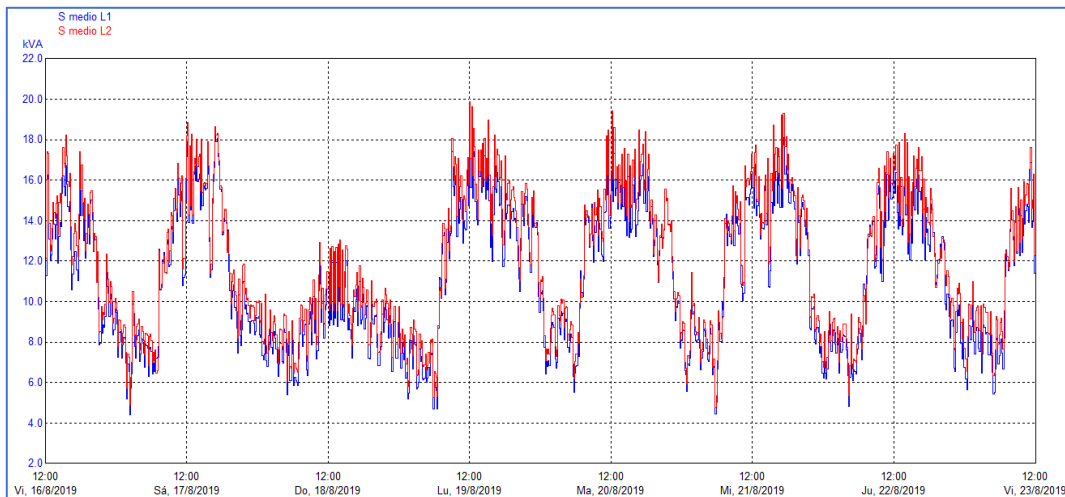


Fig. 2. 23 Cargabilidad de la fase A y B del transformador #1

Fuente: (Autor)

La Figura 2.23 muestra la cargabilidad de cada fase del transformador #2, el cual se encuentra con el 80.62% (40.31 kVA) de cargabilidad total.

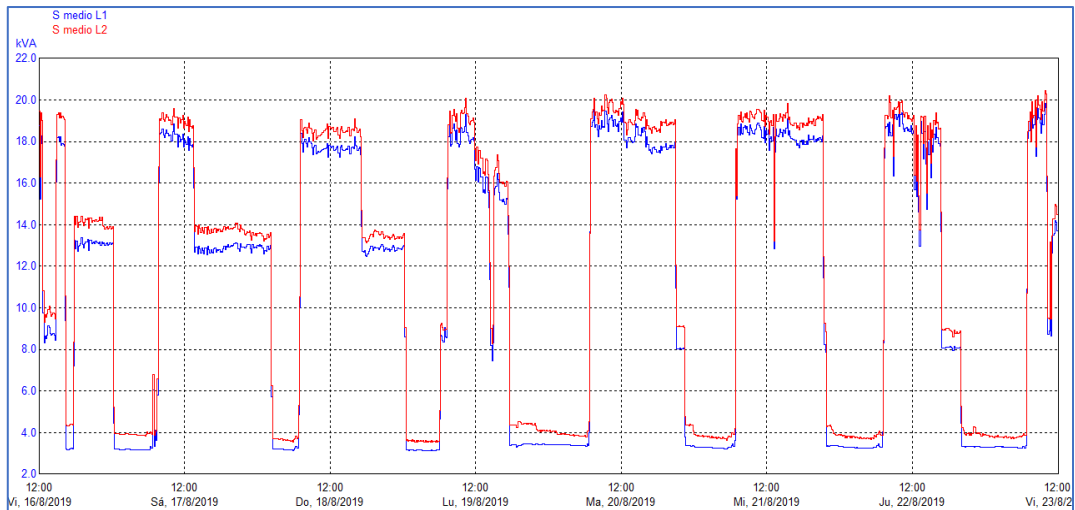


Fig. 2. 24 Cargabilidad de la fase A y B del transformador #2

Fuente: (Autor)

2.5.3.8 Factor de potencia

Los resultados de las mediciones presentadas en la Tabla 2.18, evidencian el incumplimiento del 78.27% del total de las mediciones del factor de potencia en el transformador #1. Con respecto al transformador #2 se observa 67.96% de las mediciones fuera del límite establecido por la ARCONEL 005/18.

TABLA 2. 18
FACTOR DE POTENCIA TOTAL Y POR FASE

FACTOR DE POTENCIA						
Límite de fp \geq 92						
fp	FASE A	FASE B	Transformador #1	FASE A	FASE B	Transformador #2
fp mín	0,7	0,71	0,71	0,86	0,84	0,85
fp máx	0,95	0,94	0,95	0,95	0,94	0,94
fp prom	0,88	0,86	0,87	0,91	0,9	0,91
Cantidad de mediciones fuera del límite	566	934	789	637	856	685
Cumplimiento con la regulación	43,85%	7,34%	21,73%	36,81%	15,08%	32,04%

Fuente: (Autor)

La siguiente Tabla 2.19 muestra el registro del factor de potencia del año 2019, en la cual se confirma la penalización aplicada a la florícola y la cantidad de dólares a pagar por la sanción respecto al bajo factor de potencia.

TABLA 2. 19
PENALIZACIÓN POR BAJO FACTOR DE POTENCIA

2019	Transformador #1			Transformador #2		
	Factor de potencia	Penalización por bajo fp	Penalización por bajo fp en USD	Factor de potencia	Penalización por bajo fp	Penalización por bajo fp en USD
Enero	0,85	0,08	97,90	90	0,02	20,7
Febrero	0,86	0,07	82,94	90	0,02	20,7
Marzo	0,87	0,06	68,32	90	0,02	20,7
Abril	0,87	0,06	68,32	90	0,02	20,7
Mayo	0,85	0,08	97,90	90	0,02	20,7
Junio	0,92	0,00	0,00	90	0,02	20,7
Julio	0,89	0,03	40,07	90	0,02	20,7
Agosto	0,89	0,03	40,07	90	0,02	20,7
Septiembre	0,87	0,06	68,32	90	0,02	20,7
Octubre	0,87	0,06	68,32	91	0,01	10,35
Noviembre	0,86	0,07	82,94	89	0,03	31,05
Diciembre	0,87	0,06	68,32	89	0,03	31,05
	Total		783,4			258,75

Fuente: (Autor)

CAPITULO 3

Propuesta

Una vez realizado el diagnóstico técnico de las instalaciones y equipos eléctricos de la florícola Feel Flowers, se presentan las acciones técnicas que se deberán tomar para mejorar las distintas irregularidades encontradas.

3.1 Circuitos de iluminación

En el capítulo 2 se expuso que la mayor parte de las luminarias existentes en la florícola son fluorescentes, es por lo que se considera el cambio de tubos fluorescentes de 40 W y 32 W a tubos LED de 18 W las características de las mismas se presentan a continuación en la Tabla 3.1.

TABLA 3. 1
CARACTERÍSTICAS DEL TUBO LED T8

Modelo	Potencia	Tamaño	Temperatura de color	Lúmenes	Ángulo de apertura	Voltaje	Vida útil
Tubo LED T8	18W	120cm	6500K	1850	360°	100-264 (Vac)	50000h

Fuente: (Manual Maviju)

Al sustituir las luminarias por unas de menor potencia permite ahorrar energía, sin embargo esto no significa que la iluminación sea la suficiente; por lo tanto, es necesario calcular el número adecuado de luminarias LED que se necesitan para obtener el espacio de trabajo acorde a estándares de calidad establecidos por Normas. En la Tabla 3.2 se muestra la clasificación con respecto a las exigencias visuales y dependiendo el uso de cada instalación, los datos de luminancia que se presentan a continuación son basados en la norma NEC y en la Tabla 1.2 del capítulo 2.

TABLA 3. 2
NIVELES DE ILUMINACIÓN PARA ÁREAS DE TRABAJO

Nivel mínimo de iluminación (luxes)	Descripción	Características
300	Nivel mínimo para áreas de trabajo con nivel de exigencia visual media	Áreas de uso constante
200	Nivel mínimo para áreas de trabajo con nivel de exigencia visual moderada	Áreas de uso habitual

Fuente: (Autor)

En la siguiente tabla 3.3 se muestra el cálculo del número de luminarias aproximadas que se necesitan en cada área de la empresa florícola.

TABLA 3. 3
CÁLCULO DEL NÚMERO DE LUMINARIAS PARA CADA ÁREA DE LA EMPRESA FEEL FLOWERS

Área	Superficie (m2)	Altura (m)	Índice local (k)	Factor de utilización (n)	Factor de mantenimiento (fm)	Iluminancia media deseada €	Flujo luminoso (θ)	Número de luminarias existentes	Número de luminarias calculadas	Número de luminarias propuestas
Mantenimiento y área para soldar	55,6	2,5	1,47	0,58	0,8	300	35955	3	5	4
Fertilizantes	65,6	3	1,35	0,58	0,8	100	14140	1	2	2
Bodega	100,4	3	1,63	0,56	0,8	200	44839	5	6	6
RRHH	31,5	2,5	1,04	0,52	0,8	200	15163	1	2	2
Oficinas administrativas	115,3	2,5	2,09	0,52	0,8	300	83169	10	11	11
Dispensario médico	18,6	3	0,41	0,5	0,8	300	13973	5	5	5
Almacenamiento de agua	12,1	2,5	0,65	0,47	0,8	300	9689	1	1	1
Sala de poscosecha	144,8	3,5	1,53	0,56	0,8	300	96961	8	13	14
Cuartos frío 1 (Empaque)	512,5	3,5	2,74	0,52	0,8	300	369591	63	50	50
Cuartos frío 2 (Dilatación)	97,2	3	1,57	0,5	0,8	300	72875	6	10	8
Cuarto frío 3	104,1	3	1,61	0,5	0,8	300	78112	8	11	8
Cuarto frío 3	98,3	3	1,58	0,5	0,8	300	73757	8	10	8
Pimera hidratación	61,1	3,5	1,02	0,47	0,8	100	16248	1	2	2
Material del empaque	66,5	3,5	1,03	0,47	0,8	100	17678	1	2	2
Cocina	223,1	3	2,44	0,56	0,8	200	99585	13	13	13
Riego	31,0	3	0,93	0,58	0,8	100	6670	0	1	1
TOTAL								134	145	137

Fuente: (Autor)

El cálculo realizado por el método de lúmenes da como resultado 145 luminarias de 4-18 W, de las cuales se proponen 137 ya que en área de cuartos fríos el cambio de luminarias mejora la calidad de iluminación sin tener que aumentar el número luminarias. En la Tabla 3.4 se muestra el ahorro obtenido con respecto a las luminarias propuestas.

TABLA 3. 4
CÁLCULO DE AHORRO DE ENERGÍA CON LAS LUMINARIAS PROPUESTAS

Número de luminarias FL y LED instaladas actualmente	Potencia total (W)	T. consumo h/día	Energía kWh/mes	Costo de la energía USD	Consumo de energía en USD/mes
112+(22led)	9326	10	2797,80	0,065	181,86
Número de luminarias led propuestas	Potencia total (W)	T. consumo h/día	Energía kWh/mes		Consumo de energía en USD/mes
137-(22 existentes)	8280	10	2484,00	0,065	161
TOTAL AHORRO \$			313,80		20,40

Fuente: (Autor)

En la tabla anterior se puede constatar que el cambio de luminarias contribuye al ahorro de energía, además de mejorar la calidad de iluminación ayuda a mejorar el factor de potencia.

3.2 Conductores y protecciones

En la Tabla 3.5 se detalla el calibre de conductores y protecciones propuestas para los tableros generales de los transformadores 1 y 2, se observa que la corriente máxima registrada en los analizadores de red sobrepasa la capacidad de corriente nominal de los conductores instalados, los cuales permanecen en sobrecarga durante 8 horas diarias en el horario de 10am hasta las 18pm en un día laborable. El calibre de conductor propuesto se ha determinado de acuerdo con la protección existente ya que jamás debe ser mayor a la capacidad nominal del conductor.

TABLA 3. 5
CONDUCTORES Y PROTECCIONES PROPUESTOS PARA EL TABLERO GENERAL DE AMBOS TRANSFORMADORES

Tableros de distribución	Alimentación		Potencia total registrada (W)	Corriente máxima registrada (A)	Calibre de conductores instalados (AWG)	Calibre de conductores calculados (AWG)	Protección instalada (A)	Protección calculada (A)
	120V	240V						
Tablero General TD1		x	34780	161	2	3/0	200	200
Tablero General TD2		x	35200	163	2	3/0	200	200

Fuente: (Autor)

El calibre calculado de los conductores de las entradas a cada subtablero de distribución se encuentra en la Tabla 3.6, por lo tanto se debe tomar en cuenta el cambio del cableado en los subtableros 4, 8 y 10, ya que las corrientes de las cargas de los circuitos sobrepasan la corriente nominal de los conductores actualmente instalados. La ausencia de protecciones térmicas en los subtableros hace que la probabilidad de un cortocircuito cause un incendio, para complemento de protecciones se debe utilizar un relé diferencial, que protege tanto a las instalaciones y a los trabajadores.

TABLA 3. 6
CONDUCTORES Y PROTECCIONES PRINCIPALES PROPUESTAS PARA LOS SUBTABLEROS EXISTENTES.

Subtableros de distribución	Alimentación		Potencia T. calculada (W)	Cálculo de corriente (A)	Calibre de conductores instalados (AWG)	Calibre de conductores calculados (AWG)	Protección principal instalada (A)	Protección principal calculada (A)
	120V	240V						
SUB-TD1		x	6885	32	6	8	40	40
SUB-TD2	x		5838	27	6	8	-	40
SUB-TD3	x		6847	63	6	6	-	80
SUB-TD4	x		2690	25	12	10	-	40
SUB-TD5		x	4280	20	6	10	-	40
SUB-TD 6		x	16789	78	2	2	-	100
SUB-TD7		x	30110	139	2/0	2/0	200	200
SUB-TD8		x	17165	79	6	2	200	100
SUB-TD9		x	26992	125	2	1/0	-	175
SUB-TD10		x	4114	19	8	10	-	30

Fuente: (Autor)

La Tabla 3.7 presenta el calibre de los conductores y las protecciones térmicas propuestas de los circuitos existentes en cada subtablero, se ha determinado que en subtablero 1-5 existen irregularidades pero no se consideran peligrosas, sin embargo en los tableros 6-10 se presentan problemas de mal dimensionamiento en los conductores y protecciones en los circuitos señalados. Se sugiere instalar protecciones con curva tipo D para los circuitos de motores.

TABLA 3. 7
CONDUCTORES Y PROTECCIONES PROPUESTAS PARA LOS CIRCUITOS DE LOS SUBTABLEROS

Subtableros de distribución	Circuitos	Alimentación		Potencia T. (W)	Cálculo de corriente (A)	Calibre de conductores instalados (AWG)	Calibre de conductores calculados (AWG)	Protección principal instalada (A)	Protección principal calculada (A)
		120V	240V						
SUB-TD1	Circuito 1		x	1500	6	10	12	40	30
	Circuito 1,1		x	2812	12	10	12		
	Circuito 2	x		373	2	10	12	20	15
	Circuito 3	x		2200	9	10	10	20	30
SUB-TD2	Circuito 1		x	2200	9	14	12	32	20
	Circuito 2		x	2200	9	14	12	32	20
	Circuito 3	x		64	0	12	14	20	15
	Circuito 3,1	x		344	1	12	14	20	15
	Circuito 4	x		850	4	12	12	20	15

	Circuito 5	x		180	1	12	12	32	15
	Circuito 6	x		0	0	0	0	32	0
	Circuito 1	x		242	1	14	14	20	15
	Circuito 2	x		900	4	14	14	20	15
	Circuito 3	x		440	2	12	12	20	20
	Circuito 4	x		1570	7	12	12	20	20
SUB-TD3	Circuito 5	x		515	2	12	14	20	15
	Circuito 6	x		1500	6	12	12	20	20
	Circuito 7	x		1500	6	12	12	20	20
	Circuito 8	x		180	1	12	12	20	20
SUB-TD4	Circuito 1	x		360	2	12	14	20	15
	Circuito 1,1	x		2330	10	12	12	20	20
	Circuito 1		x	1500	6	10	12	20	20
SUB-TD5	Circuito 2		x	1500	6	10	12	20	20
	Circuito 2,1		x	1100	5	10	12	20	20
	Circuito 3		x	180	1	12	12	20	20
	Circuito 1	x		2144	9	10	10	20	30
	Circuito 2	x		2040	9	10	10	20	30
	Circuito 3	x		530	2	12	12	30	20
SUB-TD 6	Circuito 4		x	7200	30	10	8	30	30
	Circuito 5		x	0	0			40	
	Circuito 6	x		375	2	14	12	15	15
	Circuito 7	x		4500	19	8	8	30	60
	Circuito 8	x		0	0			15	15
	Circuito 1		x	3750	16	10	10	40	30
	Circuito 2		x	7500	31	10	8	40	50
	Circuito 3		x	0	0				
SUB-TD7	Circuito 4		x	7500	31	10	8	40	50
	Circuito 5		x	7500	31	8	8	40	50
	Circuito 6	x		1760	7	12	12	20	20
	Circuito 7	x		900	4	12	12	20	15
	Circuito 8		x	1200	5	16	16	6	6
	Circuito 9		x	375	2	14	12	15	15
SUB-TD8	Circuito 10		x	1790	7	12	14	15	15
	Circuito 11		x	7500	31	10	8	40	50
	Circuito 12		x	7500	31	10	8	40	50
	Circuito 1		x	7500	35	10	8	80	50
	Circuito 2		x	7500	35	8	8	80	50
SUB-TD9	Circuito 3		x	7500	35	10	8	50	50
	Circuito 4		x	2812	13	10	12	50	20
	Circuito 5		x	1500	7	12	12	30	15
	Circuito 6	x		180	2	14	12	32	15
	Circuito 1	x		608	6	12	14	32	10
	Circuito 2	x		900	8	12	12	32	15
SUB-TD10	Circuito 3	x		256	2	14	14	16	10
	Circuito 4	x		1500	14	12	12	20	20
	Circuito 5	x		850	8	12	12	20	20

Fuente: (Autor)

3.3 Puntos calientes identificados por termografía

En función de los termogramas, se localizó los puntos calientes mostrados en el capítulo anterior; se sugiere las siguientes acciones de mejora con respecto a su nivel de severidad; los resultados se presentan en la Tabla 3.8.

TABLA 3. 8
ACCIONES SUGERIDAS PARA SUPRIMIR EL AUMENTO DE TEMPERATURA EN LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS ELÉCTRICOS

Termogramas	Recomendaciones a seguir	Observaciones
Termograma 1 (Fig. 2,7)	Cambiar conector y asegurar un buen contacto con el conductor	Reparar inmediatamente
Termograma 2 (Fig. 2,8)	Cambiar calibre de conductor de 2 AWG (TW) a 3/0 AWG (THW)	Reparar tan pronto como sea posible
	Cambiar borne superior del interruptor	Reparar tan pronto como sea posible
Termograma 3 (Fig. 2,9)	Cambiar calibre de conductor de 2 AWG (TW) a 3/0 AWG (THW)	Reparar tan pronto como sea posible
	Cambiar borne superior del interruptor	Reparar tan pronto como sea posible
Termograma 4 (Fig. 2,10 y 2,12)	Cambiar terminales del motor de 14 AWG a 8 AWG	Reparar inmediatamente
	Cambiar bornes inferiores del interruptor y asegurar un buen contacto con el conductor	Reparar inmediatamente
Termograma 5 (Fig. 2,11)	Cambiar calibre de conductor de 10 AWG a 8 AWG	Reparar tan pronto como sea posible
Termograma 7 (Fig. 2,13)	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre el borne y el conductor	Reparar inmediatamente
Termograma 8 (Fig. 2,14)	Cambiar bornes superiores del interruptor y asegurar un buen contacto con el conductor	Reparar tan pronto como sea posible
Termograma 9 (Fig. 2,15)	Limpiar superficie de unión y asegurar un buen contacto entre el borne y el conductor	Reparar tan pronto como sea posible

Fuente: (Autor)

3.4 Sistema de puesta a tierra

Considerando la corta distancia entre los subtableros 1, 2,6,7, 8 se ha designado un sistema de puesta tierra mediante para los 5 subtableros, para los demás subtableros se ha determinado un sistema de puesta a tierra para cada uno ya que se encuentran a distancias alejadas. En la Tabla 3.9 se muestra la descripción de los sistemas de puesta a tierra propuestos para cada subtablero de la empresa florícola

TABLA 3. 9
DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA PARA CADA SUBTABLERO

Instalación de puesta a tierra en los subtableros de distribución	Áreas de la empresa	Sistema de puesta a tierra	Descripción
SUB-TD1	Mantenimiento y área para soldar		
SUB-TD2	Fertilizantes		
SUB-TD 6	Sala de poscosecha	SPAT1	Aterrizamiento mediante electrodo vertical
SUB-TD7	Cuartos frios 1 y 2		
SUB-TD8	Cuarto frío 3		
SUB- TD3	Oficinas administrativas	SPAT2	Aterrizamiento mediante electrodo vertical
SUB-TD4	Dispensario médico	SPAT3	Aterrizamiento mediante electrodo vertical
SUB-TD5	Almacenamiento de agua	SPAT4	Aterrizamiento mediante electrodo vertical
SUB-TD9	Bombas de riego	SPAT5	Aterrizamiento mediante electrodo vertical
SUB-TD10	Cocina	SPAT6	Aterrizamiento mediante electrodo vertical

Fuente: (Autor)

El calibre de los conductores electrodos de puesta a tierra se ha determinado con respecto a la tabla de la NEC que se muestra en el Anexo L. A continuación se presenta el calibre respectivo para cada sistema de puesta a tierra propuesto

TABLA 3. 10
CALIBRE DE CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA

SPT	Calibre del conductor de alimentación	Calibre del Conductor electrodo de puesta a tierra
SPAT1	2AWG	8 Cu
SPAT2	6AWG	8 Cu
SPAT3	6AWG	8 Cu
SPAT4	10AWG	8 Cu
SPAT5	1/0AWG	6 Cu
SPAT6	10AWG	8 Cu

Fuente: (Autor)

✚ Cálculo de la resistencia de los electrodos verticales de puesta tierra

Para realizar el cálculo de la resistencia del electrodo de puesta a tierra se utiliza la Ecuación 6 presentada en el Anexo M.

IEEE estándar 142-1991, establece la Ecuación 10 para una varilla Copperweld:

$$R = \frac{P}{2\pi i * L} \left(\ln \frac{4l}{a} - 1 \right) \quad (10)$$

Donde:

R = Resistencia de la varilla

P = Resistividad del suelo

L = Longitud de la varilla

A = Radio de la varilla

Para determinar la resistividad del suelo se ha referenciado a Lanchimba (2014), el cual caracteriza a Tupigachi como un lugar de suelo arenoso con un rango de 50 a 500 Ω /metros de resistividad como se muestra en la Tabla 1.9. Por lo tanto, para realizar el cálculo de la resistencia de los electrodos de puesta a tierra se ha empleado un valor de 150 Ω /metros de resistividad.

En la Tabla 3.11 se muestran los valores calculados de la resistencia del sistema de puesta a tierra propuesto.

TABLA 3. 11
VALORES DE RESISTENCIA EN (Ohm) DE CADA SPAT

Sistema de puesta a tierra	Resistividad del terreno aproximada (ohm-metro)	Longitud de la varilla (m)	Radio de la varilla (m)	Resistencia de puesta a tierra esperada (ohm)
SPAT1	150	2,4	0,008	70
SPAT2	150	2,4	0,008	70
SPAT3	150	2,4	0,008	70
SPAT4	150	2,4	0,008	70
SPAT5	150	2,4	0,008	70
SPAT6	150	2,4	0,008	70

Fuente: (Autor)

El resultado de la resistencia se ubica por encima del límite por lo tanto, si fuese este el caso se considera realizar un tratamiento químico del terreno lo cual reduce la resistencia de la puesta a tierra en un porcentaje del 40% al 85% (Gómez, 2010). La Tabla 3.12 indica el resultado del tratamiento químico del terreno para disminuir la resistencia del sistema de puesta a tierra (SPAT).

La Tabla 3.12 indica el resultado del tratamiento químico del terreno para disminuir la resistencia del sistema de puesta a tierra (SPAT).

TABLA 3. 12
RESULTADOS DE LA REDUCCIÓN DE RESISTENCIA APLICANDO UNA SOLA DOSIS DE 5 KILOS DE THOR GEL

Resistencia Inicial Ω	Porcentaje de reducción %	Resistencia final Ω
600	95	30
300	85	45
100	70	30
50	60	20
20	50	10
10	40	6

Fuente: (Manual Thor gel)

Las dosis de gel recomendadas por el fabricante son de 1 a 3 dosis por m^3 según sea la resistividad del terreno como se muestra en la Tabla 3.13.

TABLA 3. 13
DOSIS DE THOR GEL

Resistividad Ω -m	Dosificación m^3
50 -200	1 dosis por m^3
200 - 400	2 dosis por m^3
400 y más	3 dosis por m^3

Fuente: (Manual Thor gel)

3.5 Factor de potencia

Luego de haber realizado el análisis de calidad de energía se pudo constatar que el factor de potencia en el transformador #1 y #2, se encuentra fuera de su límite, ya que el trafo #2 es el que tiene mayor penalización económica, lo cual se ve reflejado la factura del consumo de energía mensual.

3.5.1 Compensación de reactivos por bajo factor de potencia

En la Tabla 3.14 se muestran los datos técnicos necesarios para calcular la potencia reactiva necesaria para compensar el bajo factor de potencia.

TABLA 3. 14
DATOS PRINCIPALES PARA EL CÁLCULO DE LA ENERGÍA REACTIVA

Potencia aparente	Índice de carga	fp mínimo	fp deseado
50kVA	75,91%	0,71 $\Phi_1= 44.76^\circ$	0,95 $\Phi_2= 18,19^\circ$

Fuente: (Autor)

- ✚ Fórmulas para la energía reactiva necesaria planteadas por Estacio, (2005) en la Ecuación 11 y 12.

$$Q = P \times (tg\Phi_1 - tg\Phi_2) \quad (11)$$

Donde:

Q = Potencia reactiva necesaria

P = Potencia activa (kW)

tg Φ_1 = Tangente correspondiente al cos Φ inicial

tg Φ_2 = Tangente correspondiente al cos Φ final

- ✚ Cálculo de la energía reactiva necesaria

$$P = S \times \text{índice de carga} \times \text{Cos } \Phi \text{ inicial} \quad (12)$$

$$P = 50 \times 75.91 \times 0.71$$

$$P = 26.94 \text{ kW}$$

$$(tg\Phi_1 - tg\Phi_2) = 0.663$$

$$Q = 26.94 \times 0.663 = 17.86 \text{ kVAR}$$

Las mediciones realizadas indican que el factor de potencia no es constante por lo tanto se denomina al banco de capacitores automático como el más adecuado para este caso.

3.6 Estudio económico

El desarrollo del estudio económico se realiza en base a la viabilidad económica del proyecto, la cual relaciona el costo de inversión de la propuesta y el beneficio con respecto al ahorro de energía generado como resultado de los cambios recomendados. El objetivo de efectuar el análisis económico es para determinar el tiempo de retorno de la inversión con respecto a la vida útil de cada equipo propuesto.

Para ejecutar lo mencionado anteriormente se procede a calcular el tiempo de vida útil de las luminarias LED de 18W y el tiempo de vida útil del banco de capacitores, para lo cual es necesario determinar el promedio de consumo en consumo en horas, días y meses, los resultados se muestran a continuación:

Vida útil de luminaria LED aproximadamente de 50000h (Catálogo Argos)

Vida útil = 16 años de vida útil en 10h diarias de funcionamiento

Vida útil del banco de capacitores aproximadamente 10 años (Catálogo Legrand)

3.6.1 Viabilidad económica

Para determinar la viabilidad económica se efectúa un análisis del valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), para lo cual es necesario tener en cuenta la información del costo y beneficio de las propuestas, los resultados de la inversión inicial y el ahorro anual se presenta a continuación en las Tablas 3.15, 3.16 y 3.17 .

TABLA 3. 15
INVERSIÓN DE LA PROPUESTA PARA EL CAMBIO DE LUMINARIAS

INVERSIÓN DE LA PROPUESTA EN ILUMINACIÓN			
Equipos	Cantidad	Precio c/u USD	Precio total USD
Iluminación			
Tubos led de 18W	548	1,65	904,2
Regleta para 4 tubos T8	60	30	1800
Mano de obra			
Mano de obra y herramientas	1	1	700
Costos indirectos	1	1	100
TOTAL			3504,2

Fuente: (Anexo)

TABLA 3. 16

INVERSIÓN DE LA PROPUESTA PARA MEJORAR EL BAJOR FACTOR DE POTENCIA

INVERSIÓN DE LA PROPUESTA PARA MEJORAR EL FP			
Equipos	Cantidad	Precio c/u USD	Precio total USD
Compensador de reactivos			
Banco de capacitor 16-20kVAR	1	2264	2264
Mano de obra			
Mano de obra	1	1	690
TOTAL			2954

Fuente: (Anexo)

TABLA 3. 17

INVERSIÓN DE LA PROPUESTA PARA MEJORAR LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Equipos	Cantidad	Precio c/u USD	Precio total USD
Conductores y protecciones			
IT 2x32 A SQUARE	1	10,7	10,7
IT 2x50 A SQUARE	6	10,7	64,2
IT 1x16 A SQUARE	2	4,45	8,9
Conductor 3/0 AWG THHN	60	15,7	942
Conductor 10 AWG THHN	30	0,61	18,3
Conductor 2 AWG THHN	150	6,44	966
Conductor 1/0 AWG THHN	90	9,92	892,8
Conductor 8 AWG THHN	150	1,03	154,5
Puesta a tierra			
Varillas copperweld 2,40m	6	10,49	62,94
Conductor de cobre 8AWG THHN	200	1,33	266
Conductor de cobre 6AWG THHN	100	1,03	103
Mano de obra			
Mano de obra y herramientas	1	1	800
Costos indirectos	1	1	100
TOTAL \$			4388,08

Fuente: (Anexo)

TABLA 3. 18

AHORRO ANUAL DE LOS CAMBIOS PROPUESTOS PARA ILUMINACIÓN Y EL FACTOR DE POTENCIA

AHORRO ANUAL DE LAS PROPUESTAS			
Iluminación			
Ahorro de energía kWh/mes	Ahorro de energía kWh/año	Precio de la energía USD	Ahorro de energía anual USD
313,8	3765,6	0,065	244,764
Factor de potencia			
Ahorro total en USD en el año 2019			
\$783,40			

Fuente: (Autor)

3.6.2 Valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR)

El objetivo de realizar este análisis es comparar la inversión inicial con la proyección de ahorro actualizada. Por lo tanto es necesario conocer los datos importantes que influyen en cálculo del VAN y el TIR mostrados en la tabla 3.18 ,

Estudio económico de la propuesta de iluminación

El costo de inversión inicial se estima en base al precio de instalación y compra de los equipos. El costo de mantenimiento se ha determinado para cada año, tomando en cuenta las características con respecto a la durabilidad y costo mínimo de la luminaria, así como el mantenimiento sencillo que se requiere, el cual puede ejecutarse por el personal encargado de mantenimiento de la empresa. Los beneficios de la propuesta son determinados como los ingresos que genera el ahorro en el consumo de energía. Finalmente, el valor de la tasa de actualización es el umbral establecido para determinar el beneficio esperado.

Los resultados estimados se muestran a continuación:

- a) Total de costo de inversión inicial (egresos) = \$ 3504,2
- b) Costo total de mantenimiento (egresos) = \$ 15
- c) Beneficios (Ingresos) = \$ 244.8
- d) Tasa de actualización = 12%

Para realizar los cálculos del valor actual neto (VAN) Recalde & Tulcán, (2015) plantean la Ecuación (10).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{vt}{(1+k)^t} - I_0 \quad (13)$$

Donde:

Vt = Flujo neto de cada año

Io = Inversión inicial

N = Periodo de análisis (años)

K = Tasa de actualización

El cálculo de la TIR se realizó directamente en Microsoft Excel

En la Tabla 3.19 se muestra los valores calculados para el VAN y el TIR de la propuesta dirigida al sistema de iluminación de la empresa.

TABLA 3. 19
VALOR ACTUAL NETO Y TASA INTERNA DE RETORNO PARA LA PROPUESTA DE ILUMINACIÓN EN EL TD #1

ILUMINACIÓN				
AÑO	INGRESOS (ahorro)	EGRESOS (costos)	I-E	VAN
0		IO =3504,2		-3504,2
1	244,8	15	229,8	205,2
2	244,8	15	229,8	183,2
3	244,8	15	229,8	163,6
4	244,8	15	229,8	146,0
5	244,8	15	229,8	130,4
6	244,8	15	229,8	116,4
7	244,8	15	229,8	103,9
8	244,8	15	229,8	92,8
9	244,8	15	229,8	82,9
10	244,8	15	229,8	74,0
11	244,8	15	229,8	66,1
12	244,8	15	229,8	59,0
13	244,8	15	229,8	52,7
14	244,8	15	229,8	47,0
15	244,8	15	229,8	42,0
16	244,8	15	229,8	37,5
	VAN TOTAL			-\$-1.901,78
	TIR			-10%

Fuente: (Autor)

Para el periodo de recuperación de la inversión inicial Recalde & Tulcán, (2015) plantean la Ecuación (11):

$$PRRS = \frac{INVERSIÓN\ DEL\ CAPITAL}{AHORRO\ ANUALES\ NETOS} \quad 14$$

$$PRRS = \frac{3504,2}{244,8}$$

$$PRRS = 14.31 \text{ años}$$

✚ Para determinar el cálculo del costo beneficio Recalde & Tulcán, (2015) plantea la Ecuación 12, y 13.

$$RBC = \frac{VANB}{VANC} \quad (15)$$

✚ Valor actual neto beneficio (VANB)

$$VANB = \sum_{t=1}^{16} \frac{Vt}{(1+k)^t} \quad (16)$$

Entonces el resultado es:

$$VANB= 1602.6$$

✚ Valor actual neto costos (VANC)

$$VANC = I_0 + \sum_{t=1}^{16} \frac{Vt}{(1+k)^t}$$

$$VANC= 3504.2$$

$$\mathbf{RCB = 0.45}$$

✚ Rentabilidad

Los resultados obtenidos de los cálculos realizados establecen los valores del VAN y el TIR menores a cero, con un tiempo de recuperación aproximado de 14 años y con 0.45 de la relación beneficio- costo. Por lo tanto se denomina a la propuesta de iluminación como una inversión no rentable económicamente, sin embargo en el campo técnico laboral se ha recomendado por sus características amigables con el medio ambiente, además de su durabilidad y eficiencia en el sistema, lo cual contribuye a la correcta funcionalidad del sistema eléctrico minimizando las pérdidas. Por otra parte, el número de luminarias propuestas son necesarias para cumplir el nivel de luminosidad en las áreas de la empresa florícola.

✚ Estudio económico de la propuesta del equipo compensador de energía reactiva

El costo de inversión inicial se estima en base al precio de instalación y compra de los equipos para compensar los reactivos requeridos en el transformador #1. El costo de mantenimiento se ha determinado para cada 3 años en los cuales se debe realizar el cambio de contactores. Los beneficios de la propuesta son determinados como los ingresos que genera el ahorro anual por evitar sanciones aplicadas parte de la empresa eléctrica . Finalmente, el valor de la tasa de actualización es el umbral establecido para determinar el beneficio esperado. Los resultados estimados se muestran a continuación:

- a) Total de costo de inversión inicial (egresos) = \$ 2954
- b) Costo de mantenimiento (egresos) =\$ 100 cada 3 años
- c) Beneficios (Ingresos) = \$ 783.4
- d) Tasa de actualización = 12%

TABLA 3. 20

VALOR ACTUAL NETO Y TASA INTERNA DE RETORNO PARA LA PROPUESTA DE COMPENSACIÓN DE REACTIVOS EN EL TD #1

COMPENSACIÓN DE REACTIVOS				
AÑO	INGRESOS (ahorro)	EGRESOS (costos)	I-E	VAN
0		10 =2954		-2954
1	783,4		783,4	699,46429
2	783,4		783,4	624,52168
3	783,4	100	683,4	486,43062
4	783,4		783,4	497,86486
5	783,4	100	683,4	387,77951
6	783,4		783,4	396,89482
7	783,4	100	683,4	309,13545
8	783,4		783,4	316,40212
9	783,4	100	683,4	246,44089
10	783,4		783,4	252,23383
VAN TOTAL				\$1.263,17
TIR				9%

Fuente: (Autor)

✚ Cálculo del periodo de recuperación

$$PRS = \frac{\text{INVERSIÓN DEL CAPITAL}}{\text{AHORRO ANUALES NETOS}}$$

$$PRS = \frac{2954}{783.40}$$

PRS = 3.7 años

✚ Cálculo relación beneficio – costo

$$RBC = \frac{VANB}{VANC}$$

✚ Valor actual neto beneficio (VANB)

$$VANB = \sum_{t=1}^{16} \frac{Vt}{(1+k)^t}$$

VANB= 5184.23

✚ Valor actual neto costos (VANC)

VANC = lo + 0

VANC= 2954

RCB = 1.75

Rentabilidad

Los resultados obtenidos de los cálculos realizados anteriormente establecen los valores del VAN y el TIR en valores mayores a cero, con un tiempo de recuperación aproximado de 3.7 años y con 1.75 de la relación beneficio- costo. Por lo tanto se denomina a la propuesta del compensador de energía reactiva como una inversión bastante atractiva ya que se determina rentable técnica y económicamente.

3.7 Resumen de la propuesta

Las propuestas realizadas tiene la finalidad de aumentar la confiabilidad y seguridad de las instalaciones y equipos eléctricos de la empresa florícola, Sin embargo la inversión para la propuesta que se presenta en la Tabla 3.18 no se puede calcular el ahorro que generaría durante el tiempo y por lo tanto no se puede calcular el retorno de inversión, economicamente esta propuesta no es factible sin embargo el análisis realizado en el capítulo 2 determinó que el cambio de conductores y protecciones es necesario ya que se ha detectado calentamiento causado por subdimensionamiento de los conductores y protecciones. El aumento de temperatura en las instalaciones y equipos eléctricos disminuyen la vida útil de los mismo y puede causar riesgos en las instalaciones.

CONCLUSIONES

- ✚ El análisis bibliográfico permitió conocer el procedimiento adecuado para realizar una auditoría eléctrica, así mismo contribuyó en la planificación y selección de la información requerida como son, datos técnicos eléctricos y lumínicos, necesarios para efectuar el diagnóstico actual de los sistemas de fuerza e iluminación de la empresa. La información recopilada permitió determinar las causas y problemas que tiene la empresa florícola, de la misma forma las alternativas más adecuadas para realizar las propuestas de mejora de los sistemas mencionados.
- ✚ El deterioro considerable de varios conductores y protecciones son problemas actuales en la florícola con respecto a las instalaciones eléctricas, causadas por la ausencia de mantenimiento y planificación periódica, lo cual origina fallas en equipos y máquinas electromecánicas. El análisis termográfico permitió a los técnicos detectar puntos calientes que son aumentos de temperatura sobre los valores normales de diferentes partes estáticas o móviles de equipos y elementos; la presencia de agentes contaminantes como el polvo oxida los diferentes contactos expuestos en tableros, esta tendencia se observa en la mayoría de los tableros de distribución lo cual repercute en la disminución de la vida útil de las instalaciones.
- ✚ La ausencia de sistemas de puestas a tierra, el desorden y las malas conexiones presentes en los tableros de protecciones de distribución afectan a los circuitos de fuerza e iluminación, por este efecto puede originar fugas o cortocircuitos, las mismas que pueden causar accidentes por electrización y electrocución a las personas o técnicos que laboran en la florícola.
- ✚ La falta de una buena distribución de las luminarias en las áreas de trabajo de la florícola origina el efecto cebra o puntos ciegos, los cuales fatigan a la visión de las personas, las luminarias fluorescentes que utilizan balastos electromecánicos para su funcionamiento influyen en el factor de potencia y pérdidas de energía por calor.
- ✚ La propuesta con respecto al cambio de luminarias se realizó en base al aumento de eficiencia en relación con al ambiente amigable que brinda la buena iluminación y el mejoramiento de calidad de energía por las características técnicas propias de la luminaria propuesta. La compensación de energía reactiva para el mejoramiento del factor de potencia evita multas por penalizaciones. La aplicación de las mejoras

propuestas para circuitos de iluminación, fuerza, conductores, protecciones y bajo factor de potencia, reducen el valor de pago de las planillas de consumo de energía y aumentan la eficiencia en las instalaciones y equipos electromecánicos de la empresa.

RECOMENDACIONES

- ✚ Se recomienda elaborar un plan de mantenimiento preventivo para los sistemas eléctricos, de iluminación, fuerza y protecciones con la finalidad de minimizar las pérdidas por daños y aumentar la seguridad y confiabilidad del sistema eléctrico.
- ✚ En caso de llevar a cabo la implementación del banco de capacitores es recomendable realizar un seguimiento de los parámetros de energía con la finalidad de verificar el funcionamiento adecuado del mismo y así realizar los posibles ajustes necesarios del equipo.
- ✚ Se recomienda ante futuras investigaciones integrar al área de riego de la florícola un sistema automatizado ya que en la actualidad son muy cotizados por las características benéficas en cuanto al ahorro de energía, tiempo y dinero.
- ✚ Es importante tomar en cuenta la eficiencia energética cuando sea haga la adquisición de un equipo eléctrico o electromecánico que se implemente en el proceso productivo de la industria.

Referencias

- Abarca, D, & Iglesias, V. (2012). *Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo mediante la aplicación de termografía industrial en los motores eléctricos de la planta de EUROLIT EN LA EMPRESA TUBASEC C.A.* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Agencia de Sostenibilidad Energética y Ministerio de Energía. (2019). *Guía de Metodología de Auditoría Energética*. Recuperado de http://www.programaenergias.cl/wp-content/uploads/2019/05/REF_Guia_Metodologica_Extendida_Pesca_Web.pdf
- ANSI/NETA (2009). *ACCEPTANCE TESTING SPECIFICATIONS for Electrical Power Equipment and Systems*. Obtenido de <http://www.iemworldwide.com/pdf/ansi-neta-ats-2009.pdf>
- Arce, A. (2019). *Diseño e implementación de módulos estándares de controles eléctricos en el laboratorio de electricidad de la Facultad de Educación Técnica para Desarrollo* (tesis de pregrado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- ARCONELE. (2020) *Pliego tarifarios para las empresas eléctricas de distribución*. Obtenido de <https://www.regulacioneolica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/01/2-Pliego-Tarifario-SPEE-2020.pdf>
- ARCONELE. (2018). *Calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica*. Recuperado de <https://www.regulacioneolica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/Regulacion-de-Calidad-Suscrita.pdf>
- ARCONELE. (2016). *Estadística anual y multianual del sector eléctrico ecuatoriano*. Recuperado de <https://www.regulacioneolica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/08/Estad%3%ADstica-anual-y-multianual-sector-el%3%A9ctrico-2016.pdf>
- ARCONELE. (2018). *Modelo de contrato para la prestación del suministro de servicio público de energía eléctrica a los consumidores*. Recuperado de <https://www.regulacioneolica.gob.ec/resoluciones-directorio/>
- Aznarán, T, & Reyes, G. (2016). *Aplicación de la termografía infrarroja en tableros eléctricos de distribución para mejorar la seguridad y la calidad de la energía eléctrica* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional De Santa, NVO Chimbote, Perú.
- Brenes, L, (2018). *Estudio de calidad de energía eléctrica en la instalación de Laboratorios Stein, Costa Rica* (tesis de pregrado). Instituto Tecnológico De Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- Cañar, P. (2007). *Cálculo detallado de pérdidas en sistemas eléctricos de distribución aplicado al alimentador "Universidad" perteneciente a la Empresa Eléctrica Ambato*

- Regional Centro Norte S.A.* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Cardozo, C., Arza, C., Riveros, W., & González, H. (2019). Calidad de la energía eléctrica en una institución pública de la Ciudad de Encarnación, Paraguay. *Revista Científica Estudios e Investigaciones*, 7, 164-165.
- Carpio, I. J., Míguez, C. J. V., Guirado, T. R., & Inclán, B. J. (2013). *Alimentación de cargas críticas y calidad de la energía eléctrica*. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com>
- Castilla, N., Blanca, V., Martínez, A., y Pastor, RM (2011). Cálculo según el método de los lúmenes. *Luminotecnia*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/12833>
- CELEC EP TRANSELECTRIC. (2016). *Diseño de subestaciones*. Recuperado de https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/baners_home/LOTAIP_NEW/2016/042016/a3_Regulaciones%20y%20procedimientos/Resources/Diseno%20de%20Subestaciones.pdf
- CENTElsa. (2015). *Los mejores cables de baja tensión para instalaciones eléctricas industriales*. Recuperado de <http://www.centelsa.com/archivos/cbe5c908.pdf>
- COMULSA S.A. (2008). Pruebas de TTR en transformadores. *ELECTROINDUSTRIA*. Recuperado de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=879>.
- Costilla, C. (2017). *Aplicación práctica para cámara IR (infrarrojos)* (tesis de pregrado). Universidad Politécnica De Madrid, Madrid, España.
- Cueva, G. y Quinga, M. (2013). *Estudio de carga diseño de planos para el mejoramiento de las instalaciones eléctricas del colegio nacional experimental "JUAN PÍO MONTÚFAR"* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Chauvin Arnoux Grop. (2015). *Guía de medición de tierra*. Recuperado de https://www.chauvin-arnoux.com/sites/default/files/documents/cat_guia_de_medicion_de_tierra_ed2.pdf
- Chávez, M. y Jaigua, D. (2017). *Rediseño e implementación de las instalaciones eléctricas para los laboratorios de la carrera de ingeniería electromecánica en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI cumpliendo las normativas regionales vigentes* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.
- Chicaiza W. & Guamán R. (2015). *Análisis y evaluación en las instalaciones eléctricas internas de baja tensión y alta tensión de los talleres y laboratorios de la facultad de mecánica* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Churio, O., Vanegas, M. & Valencia, G. (2018). Estudio y diagnóstico de la calidad de la energía de un campus universitario en la costa norte de Colombia. *AVANCES: INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA*, 15 (1), 271-285.

- Empresa Eléctrica Quito S.A. (2015). *Guía para diseño de redes para distribución*. Recuperado de <https://www.eeq.com.ec:8443/documentacion-y-otros/documentacion>
- Estacio, H. (2005). Estudio de uso eficiente de energía eléctrica en la florícola Pontetresa (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Figueroa, E. (2015). *Auditoría energética de los edificios administrativo y docente de la facultad de ingeniería civil y mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, para disminuir el consumo de energía eléctrica* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Flores, Z, (2008). *Factores que afectan la calidad de energía y su solución* (tesis pregrado). Instituto Politécnico Nacional, D.F., México.
- Galeas, J. y Urrutia, P. (2003). *Elaboración de una metodología para la normalización de los estudios de calidad de la potencia eléctrica* (tesis de pregrado). Universidad del Salvador, San Salvador, El Salvador.
- García, J. (2016). *Evaluación del sistema eléctrico instalado, estudio de puesta a tierra, evaluación del factor de potencia, actualización del diagrama unifilar y diseño de Manuales de Mantenimiento Autónomo en la empresa COCORISA* (tesis de pregrado). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Heredia, Costa Rica.
- Granados, R. (2017). *Diagnóstico de fallos en el rotor de motores eléctricos en estado transitorio mediante técnicas estadísticas* (tesis de pregrado). Universidad de Valladolid.
- Guijarra, A. (2012). *Diseño del sistema eléctrico para el salón de uso múltiple de la Unidad Educativa Municipal* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Guamán, E. y Pesántez, J. (2014). *Análisis de la degradación del aislamiento ante sobrecargas eléctricas en los cables de mayor utilización en las instalaciones civiles de la ciudad de Cuenca* (tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- Gualpa, E. (2013). *Estudio, diseño e implementación del sistema eléctrico y puesta a tierra para la escuela fiscal mixta “ Gonzalo Zaldumbide” de la parroquia Lita – Ibarra* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Herrero, A. (2019). *Optimización de la visión ante el deslumbramiento* (tesis de pregrado). Universidad de Valladolid, Valladolid, España.
- IEEE. (1991). *IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems*. Obtenido de https://www.academia.edu/6442947/IEEE_Standard_142_1991_The_Green_Book

INEN. (2001). Código Eléctrico Nacional - Ecuador. Quito: Edict of Government.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2015). *Iluminación en el puesto de trabajo*. Recuperado de <https://www.insst.es/documents/94886/96076/Iluminacion+en+el+puesto+de+trabajo/9f9299b8-ec3c-449e-81af-2f178848fd0a>

Iglesias, F. & Abarca, D. (2012). *Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo mediante la aplicación de termografía industrial en los motores eléctricos de la planta de Eurolit en la Empresa TUBASEC C.A* (tesis de pregrado). Universidad Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Jadán, B. (2017). *Efecto de la operación del svc de la subestación Chorrillos en la distorsión armónica de corriente y voltaje en el sistema nacional de transmisión* (tesis de pregrado). Universidad Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Jiménez, G. (2015). *Dinámica y optimización de los sistemas de puesta a tierra* (tesis doctoral). Universidad De Manizales, Caldas, Colombia

Juan Palacios. (2019). Análisis termográfico. Obtenido de <https://www.juanpalacios.es/wp-content/uploads/2015/12/servicio-analisis-termografico.pdf>

López, G. (2005, agosto). Medida de armónicos en ambientes industriales. *Técnica Industrial*. Recuperado de <http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-1280-medida-armonicos-ambientes-industriales.aspx>

López, J. (2017). *Criterios para la realización de una Auditoría Energética en usuarios Oficiales, Comerciales Y Residenciales de Colombia* (tesis de postgrado). Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.

Maldonado, J, & Cando, P. (2018). *Determinación de pérdidas de energía en transformadores de distribución mediante algoritmo de compensación en sistemas de medición* (tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.

Megger. (2018). *Equipos para pruebas de Transformadores*. Recuperado de [https://csa.megger.com/soporte/technical-library/brochures-and-catalogues-\(1\)/equipos-para-pruebas-de-transformadores](https://csa.megger.com/soporte/technical-library/brochures-and-catalogues-(1)/equipos-para-pruebas-de-transformadores).

Mejía, H. y Espinoza, C. (2016). *Sistema de automatización para el llenado de un tanque de agua por bombas con la ayuda de sensores* (tesis de pregrado). Universidad Nacional De Ingeniería, Managua, Nicaragua.

Mellado, L. (2018). *Desarrollo e implementación de un dispositivo para la conexión de una carga monofásica a una red trifásica* (tesis de pregrado). Universidad Católica De Valparaíso, Valparaíso, Chile.

- Morales, J. (2018). *Metodología para el análisis de fallas en los motores eléctricos por medio de estudio termográfico* (Tesis de pregrado). Universidad Católica De Santiago De Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Navarrete, W. (2017). *Estudio de la eficiencia energética en el suministro eléctrico de la metalmecánica Mogro Barriga CIA. LTDA. EN STO. DGO. de los colorados mejorando el factor de potencia en el periodo 2017* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.
- NFPA 70 NEC. (2008), Código Eléctrico Nacional .
- NEC. (2013). Instalaciones Electromecánicas. Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- NEC. (2018). Instalaciones eléctricas. Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- Payllo, V. (2017). *Diseño luminotécnico de la industria “QUINUA FOODS”* (tesis de pregrado). Universidad Mayor De San Andres, La Paz, Bolivia.
- Quishpe, J., y Pillajo, E. (septiembre 2018). Ética profesional aplicada en el diseño eléctrico residencial. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*. Recuperado de <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/09/etica-diseno-electrico.html>
- Ramírez, S. (2004). *Redes de distribución de energía*. Manizales, Colombia: Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.
- Recalde, E., Tulcán, E. (2015). Auditoría energética en el campus de la Universidad Técnica del Norte, ubicado en la ciudadela El Olivo entre la panamericana norte y avenida 17 de julio e implementación de un tablero didáctico para el laboratorio de la carrera de ingeniería en mantenimiento eléctrico (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- RENOVETEC. (2018). *Curso de termografía: Renove tecnología S.L.* Madrid, España. Recuperado de <http://www.renovetec.com/component/content/article/137-renovetecformacion/317-curso-practico-de-termografia-infraroja>
- Rodríguez, M. (2015). *Aislantes y conductores utilizados en las máquinas eléctricas*. Cantabria, España: Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética. <https://personales.unican.es/rodrigma/pdfs/aislantes%20y%20conductores.pdf>
- Ruiz, L. (2019). *Diseño del sistema de iluminación led del campo deportivo coliseo multiusos en el complejo QHAPAC ÑAN – CAJAMARC* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
- Ruíz, A. (2007). La seguridad energética de América Latina y el caribe en el contexto mundial. *Comisión económica para América latina y el Caribe*. Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/3731-la-seguridad-social-america-latina-caribe-propuesta-metodologica-su-medicion>

- Rueda, P. (2016). *Auditoría del hospital metropolitano de Quito* (tesis de postgrado). Universitat de Barcelona, Barcelona, España.
- Serrano, A., Martínez, A., Guarddon Muñoz, O., y Santolaya Sáenz, J. (2015). Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso. *DYNA*, 82(191), 231-239. doi:<https://doi.org/10.15446/dyna.v82n191.45442>
- Trasancos, J. G. (2016). *Instalaciones eléctricas en media y baja tensión*. Madrid, España: Paraninfo, SA.
- Trujillo, O. (2015). *Compensación de corriente usando filtro activo de potencia en derivación para fuentes armónicas de tensión* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.
- Vera, G. (2019). *Compensación de energía reactiva y mejoramiento del factor de potencia* (Tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Vargas, S. (2017). *Diseño e industrialización de un sistema fotovoltaico de 2kW integrado en viviendas prefabricadas* (tesis de pregrado). Universitat Politècnica de Valencia, Valencia, España.
- Villa, M. (2010). *Criterios de seguridad en la aplicación de Puesta a tierra en instalaciones eléctricas de edificios* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Villavicencio, M. (2015). *Montaje y repotenciación del sistema eléctrico de iluminación del taller mecánico de la Universidad Nacional De Loja* (tesis de pregrado). Universidad Nacional De Loja, Loja, Ecuador.
- Vintimilla, E, & Paladines, Paul. (2012). *Auditoría eléctrica a la fábrica de cartones nacionales CARTOPEL* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- Zabala, D., Murillo, Verónica. (2017). *Implementación de un banco de condensadores automático para corregir el bajo factor de potencia y compensar el consumo de energía reactiva en la granja Santa Lucia jurisdicción de la empresa avícola el madroño s.a. ubicada en Barrancabermeja* (tesis de pregrado). Unidades Tecnológicas de Santander, Barrancabermeja, Colombia.

ANEXOS

Anexo A : Plano existente de la empresa



Anexo B : Historial de consumo de energía eléctrica del medidor #1

Sieeg Comercial
Energía y Agua

EMELNORT
Fecha: 16/01/20
Pag.:

HISTORIA DE FACTURACIONES

<FIHISG>

Suministro: 229657-8 Nombre FEELFLOWERS CIA. LTDA.

Dirección: STA CLARA TUPIGACHI Nº y CALLE PRINCIPAL S/N Barrio(o Urb. o Edif.):

Provincia: 17 Cantón: 4 Parroquia: 50

Meses Mora: 1 Tipo Reparto: 5 Plan: 95 Geocodigo: 98-15-735-1120

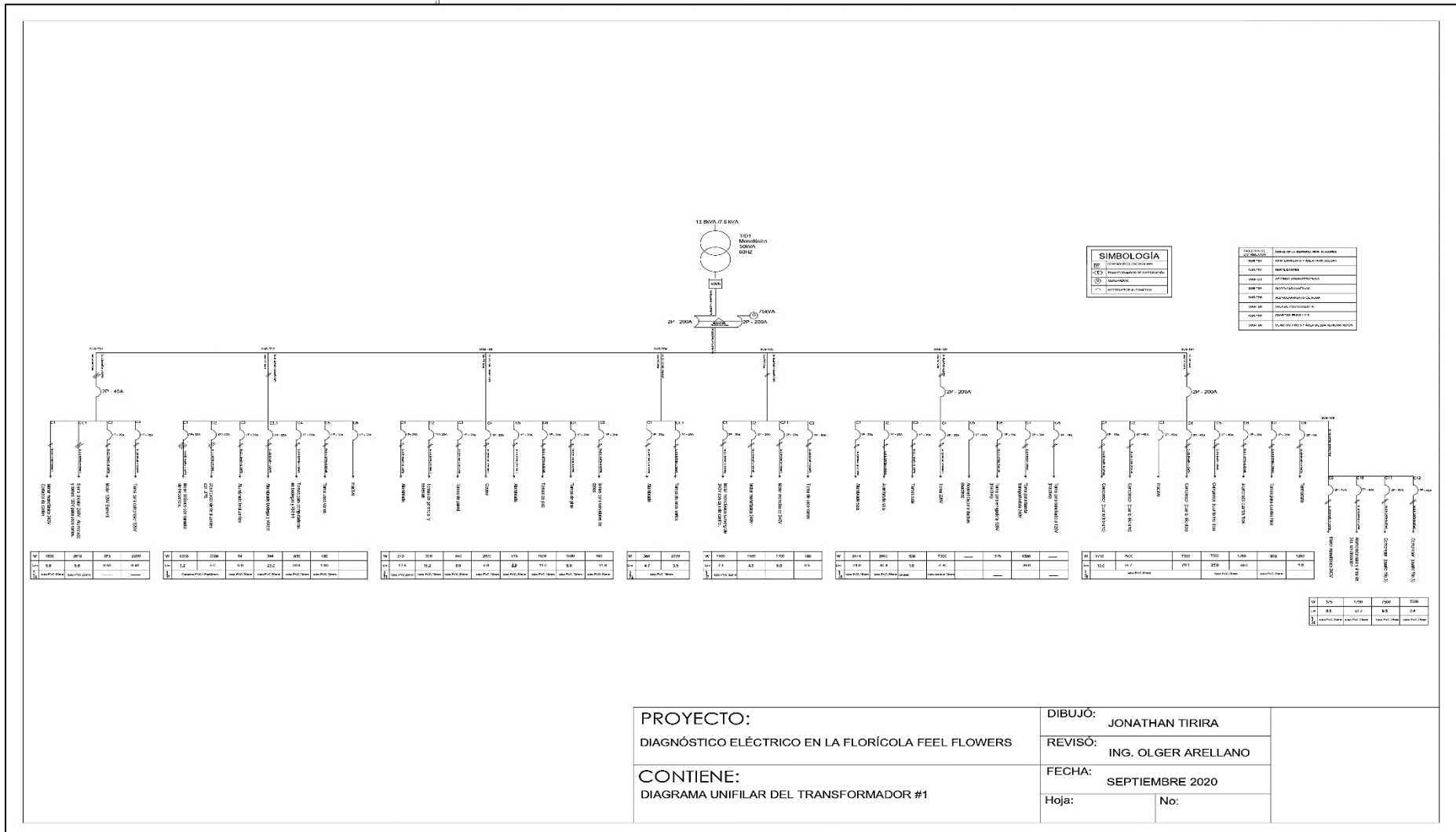
Tarifa: 933 Medidor: M36861-ABB Factor: 1.0

Fecha Facturación	Consumo Activo	Consumo Reactivo	Factor Potencia	Demanda Leída	Demanda Facturada	Valor Factura	Saldo Anterior	Total a Pagar	Estado Factura
29/12/19	13925	7863	0.87		34	1,324.97	1,434.92	2,767.24	Impaga
28/11/19	15379	8969	0.86		34	1,432.05	0.00	1,434.92	Pagada
29/10/19	14549	8367	0.87		32	1,328.76	0.00	1,332.88	Pagada
28/09/19	15211	8479	0.87		34	1,383.52	2,565.42	3,959.98	Pag Parcialmente
29/08/19	14701	7617	0.89		33	1,328.00	2,354.77	3,692.86	Pag Parcialmente
29/07/19	13331	6936	0.89		37	1,235.49	1,108.45	2,354.77	Pag Parcialmente
28/06/19	12893	5389	0.92		34	1,114.73	1,464.22	2,591.66	Pag Parcialmente
30/05/19	15700	9771	0.85		35	1,475.35	1,449.12	2,932.33	Pag Parcialmente
29/04/19	15786	9069	0.87		34	1,458.38	1,297.72	2,765.83	Pag Parcialmente
28/03/19	13716	7885	0.87		35	1,308.60	1,561.76	2,878.47	Pag Parcialmente
28/02/19	17415	10368	0.86		37	1,563.88	1,438.32	3,010.03	Pag Parcialmente
30/01/19	15185	9413	0.85		42	1,429.08	1,335.59	2,773.71	Pag Parcialmente
27/12/18	13800	8933	0.84		33	1,329.57	1,485.91	2,821.50	Pag Parcialmente
29/11/18	15101	10878	0.81		30	1,478.65	1,433.00	2,918.91	Pag Parcialmente
30/10/18	14262	10012	0.82		36	1,426.34	1,319.97	2,752.97	Pag Parcialmente
28/09/18	13970	10049	0.81		35	1,394.18	78.68	1,319.97	Pagada
29/08/18	12240	8710	0.81		38	1,255.81	86.71	1,171.89	Pagada
30/07/18	13422	9254	0.82		38	1,346.34	2,643.34	4,003.37	Pag Parcialmente
29/06/18	15965	10334	0.84		38	1,528.93	1,108.28	2,643.34	Pag Parcialmente
29/05/18	15520	9884	0.84		38	1,495.32	1,101.64	2,604.93	Pag Parcialmente
27/04/18	15865	9888	0.85		36	1,492.56	960.83	2,457.46	Pag Parcialmente
28/03/18	13911	8756	0.85		36	1,349.08	1,210.30	2,566.14	Pag Parcialmente
27/02/18	17126	10291	0.86		39	1,202.20	1,874.83	3,085.13	Pag Parcialmente
30/01/18	15703	9498	0.86		39	1,866.26	1,786.53	3,661.36	Pag Parcialmente

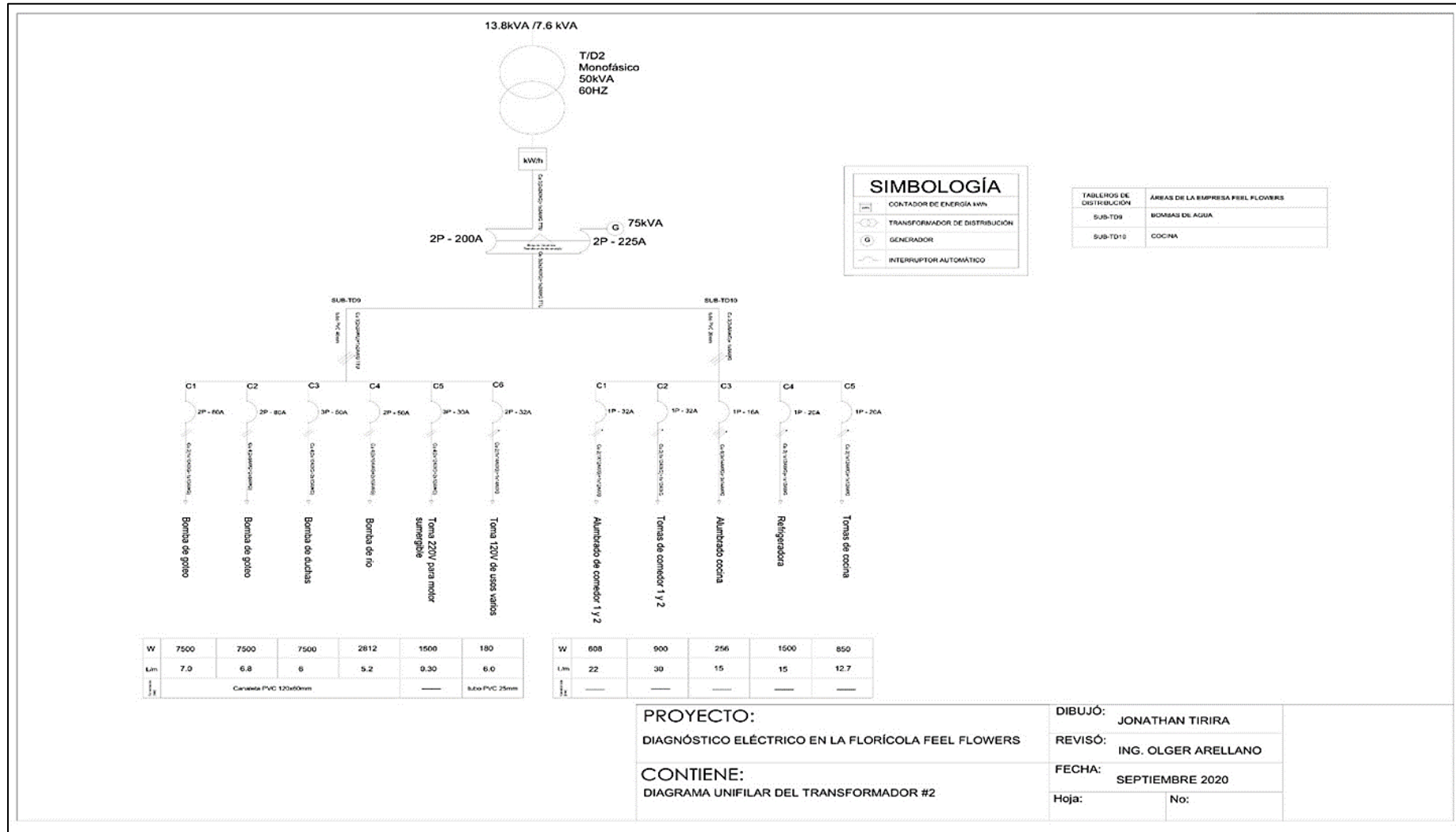
Anexo C: Historial de consumo de energía eléctrica del medidor #2

Siseeg Comercial Energía Norte		HISTORIA DE FACTURACIONES								EMELNORTE
<FIHISG>										Fecha: 16/01/20
Suministro: 229659-4		Nombre: FEELFLOWERS CIA. LTDA.								Pag.:
Dirección: STA CLARA TUPIGACHI Nº y TUPIGACHI		Barrio(o Urb. o Edif.)								
Provincia: 17		Canton: 4		Parroquia: 54						
Meses Mora: 1		Tipo Reparto: 5		Plan: 95		Geocodigo: 98-15-735-1130				
Tarifa: 933		Medidor: T410695-ELS		Factor: 50.0						
Fecha Facturación	Consumo Activa	Consumo Reactiva	Factor Potencia	Demanda Leída	Demanda Facturada	Valor Factura	Saldo Anterior	Total a Pagar	Estado Factura	
29/12/19	12701	6386	0.89		50	1,266.67	1,214.79	2,487.68	Impaga	
28/11/19	12485	6333	0.89		49	1,212.48	0.00	1,214.79	Pagada	
29/10/19	11995	5611	0.91		41	1,069.86	0.00	1,074.34	Pagada	
28/09/19	14261	6811	0.90		38	1,310.03	2,579.32	3,900.45	Pag.Parcialmente	
29/08/19	15779	7510	0.90		40	1,415.34	2,375.33	3,800.83	Pag.Parcialmente	
29/07/19	12240	5967	0.90		38	1,081.70	1,284.66	2,375.33	Pag.Parcialmente	
28/06/19	10557	4998	0.90		38	1,037.87	940.87	1,987.49	Pag.Parcialmente	
30/05/19	9545	4526	0.90		38	947.16	1,071.09	2,024.01	Pag.Parcialmente	
29/04/19	11308	5333	0.90		38	1,076.09	914.68	1,997.82	Pag.Parcialmente	
28/03/19	8931	4320	0.90		38	920.45	1,208.44	2,135.17	Pag.Parcialmente	
28/02/19	12872	6212	0.90		38	1,214.57	1,105.70	2,326.19	Pag.Parcialmente	
30/01/19	11695	5674	0.90		38	1,111.40	946.34	2,064.09	Pag.Parcialmente	
27/12/18	9481	4688	0.90		38	942.21	1,019.97	1,966.31	Pag.Parcialmente	
29/11/18	10337	5153	0.89		39	1,015.38	907.07	1,927.04	Pag.Parcialmente	
30/10/18	9615	4647	0.90		39	902.00	1,003.46	1,910.53	Pag.Parcialmente	
28/09/18	10248	4942	0.90		38	999.58	0.00	1,003.46	Pagada	
29/08/18	9380	5075	0.88		63	1,014.99	0.00	1,016.61	Pagada	
30/07/18	6331	5731	0.82		36	876.34	2,107.47	2,994.68	Pagada	
29/06/18	9263	5601	0.86		34	957.99	1,143.67	2,107.47	Pagada	
30/05/18	7128	5385	0.80		35	792.83	1,351.83	2,153.13	Pagada	
27/04/18	9777	6452	0.83		39	1,004.27	1,219.61	2,229.07	Pagada	
28/03/18	8455	5108	0.86		39	870.67	1,336.97	2,214.21	Pag.Parcialmente	
27/02/18	9752	5119	0.89		39	612.52	1,523.76	2,142.86	Pag.Parcialmente	
30/01/18	11132	7326	0.84		43	1,516.02	1,612.39	3,136.15	Pag.Parcialmente	

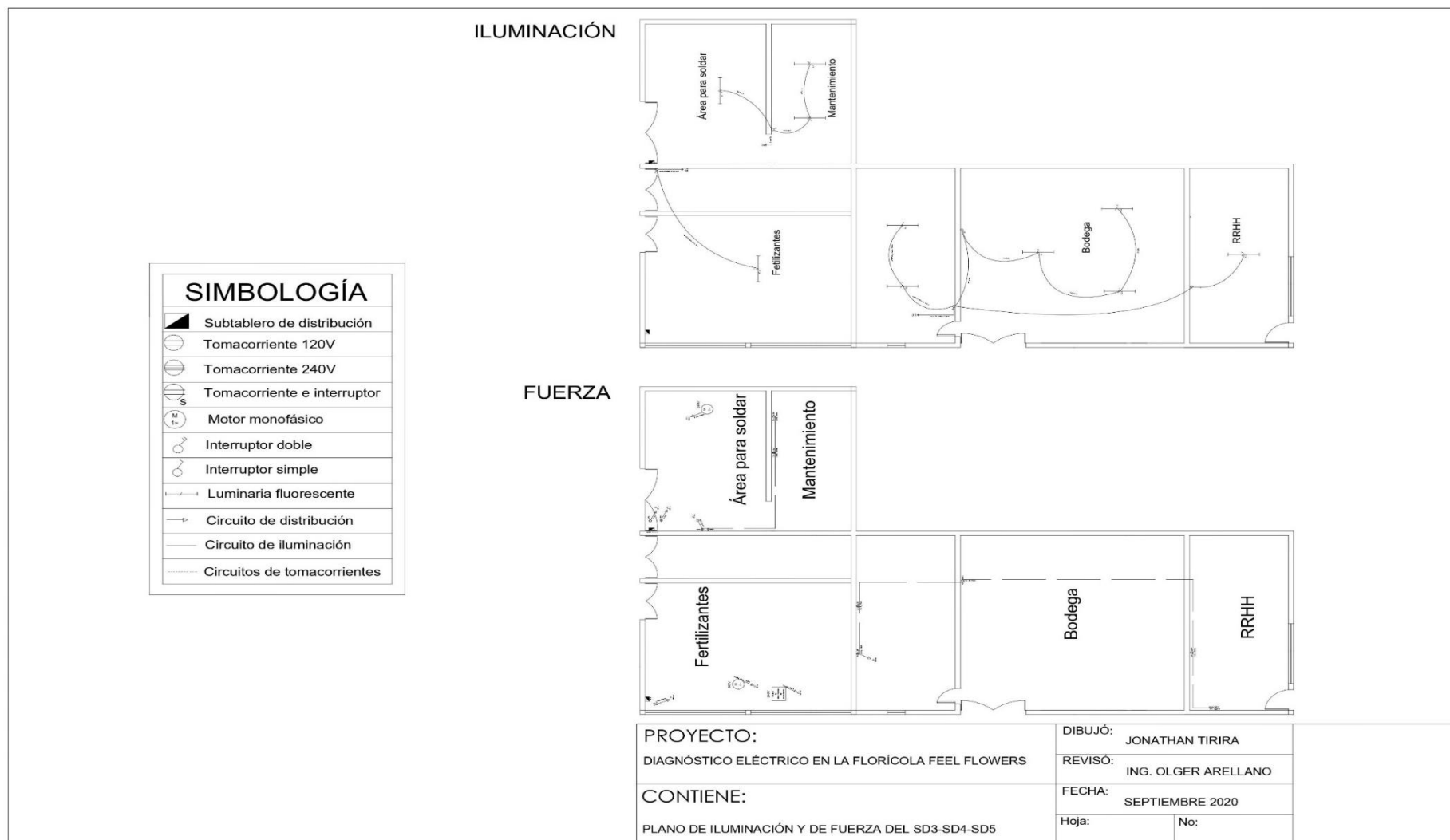
Anexo D: Diagrama unifilar del Transformador #1



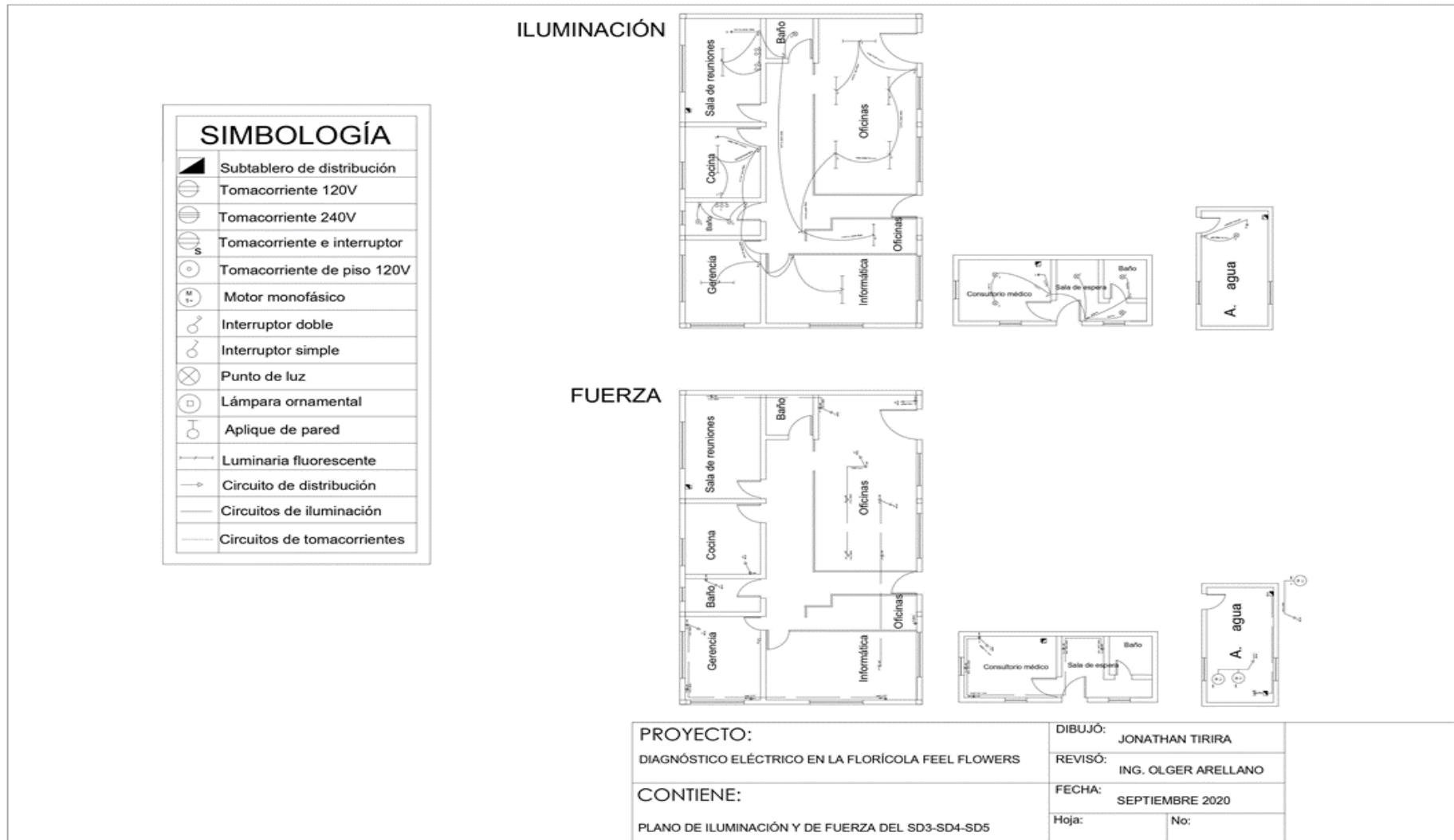
Anexo E: Diagrama unifilar del Transformador #2



Anexo F: Plano de iluminación y de fuerza del SD1-SD2



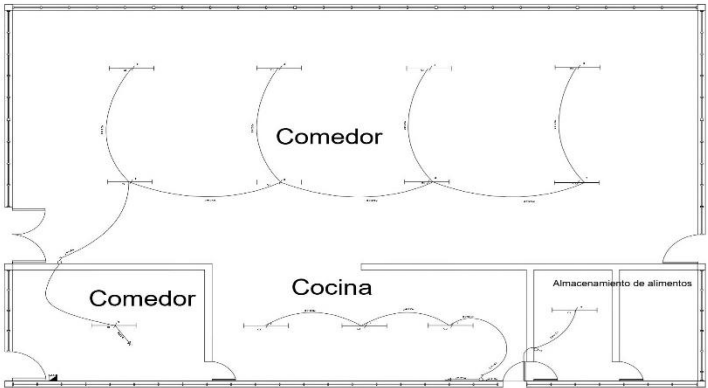
Anexo G: Plano de iluminación y fuerza del SD3-SD4-SD5



Anexo I: Plano de iluminación y fuerza del SD9-SD10

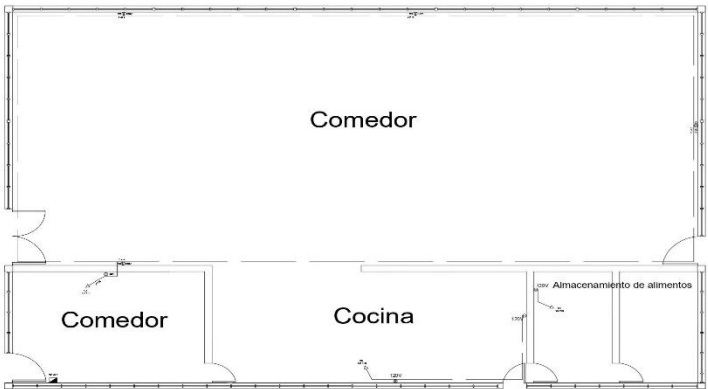
SIMBOLOGÍA	
	Subtablero de distribución
	Tomacorriente 120V
	Tomacorriente 240V
	Tomacorriente e interruptor
	Motor monofásico
	Motor trifásico
	Variador de frecuencia
	Interruptor doble
	Interruptor simple
	Luminaria fluorescente
	Circuito de distribución
	Circuito de iluminación
	Circuitos de tomacorrientes

ILUMINACIÓN



FUERZA

FUERZA



PROYECTO:
 DIAGNÓSTICO ELÉCTRICO EN LA FLORÍCOLA FEEL FLOWERS

CONTIENE:
 PLANO DE ILUMINACIÓN Y DE FUERZA DEL SD9-SD10

DIBUJÓ: JONATHAN TIRIRA

REVISÓ: ING. OLGIER ARRELLANO

FECHA: SEPTIEMBRE 2020

Hoja: No:

Anexo I: Informe de calidad de energía del transformador #1

1 Informe Técnico	
Subestación:	Cayambe
Alimentador:	3
Transformador:	Monofásico
Potencia:	50kVA
Poste:	
Dirección:	Santa Clara deTupigachi
<i>Análisis realizado para valores promedios:</i>	
2 Nivel de carga	
Potencia máxima total transformador:	37,95 KVA
Cargabilidad del transformador	75,91%
3 Corrientes:	
Corrientes máximas no coincidentes :	
$I_{MÁX}$ Fase 1	155,74 A
$I_{MÁX}$ Fase 2	168,31 A
$I_{MÁX}$ Neutro	18,09 A
4 Nivel de tensión (fase-neutro)	
Tensión Nominal	120 V
Tensión mínima	115 V
Tensión máxima	122,96 V
Porcentaje de mediciones fuera de límite respecto del 5% admisible	- %
5 Factor de Potencia	
6 Límite del Factor de potencia	
	0,92
Factor de Potencia Total promedio	0,87
Factor de Potencia Total mínimo	0,71
Factor de Potencia Total Máximo	0,95
Porcentaje de mediciones fuera de límite respecto del 5% admisible	78,27 %
7 Flicker	
Límite máximo de Flicker	1,00
Nivel de Flicker mínimo	0,17
Nivel de Flicker máximo	0,99
Porcentaje de mediciones fuera de límite respecto del 5% admisible	- %
8 THDV de tensión, [%]	
Límite de THDv	8,00 %
Nivel de THDV de tensión media	2,98 %
Nivel de THDV de tensión máxima	4,55 %
Porcentaje de mediciones fuera de límite respecto del 5% admisible	- %
Energía registrada durante el período de medición	3.452 kW-h

Anexo J : Informe de calidad de energía del transformador #2

1 Informe Técnico	
Subestación:	Cayambe
Alimentador:	3
Transformador:	Monofásico
Potencia:	50kVA
Poste:	
Dirección:	Santa Clara deTupigachi
<i>Análisis realizado para valores promedios:</i>	
2 Nivel de carga	
Potencia máxima total transformador:	40,31 KVA
Cargabilidad del transformador	80,62%
3 Corrientes:	
Corrientes máximas no coincidentes :	
I _{MÁX} Fase 1	161,30 A
I _{MÁX} Fase 2	166,06 A
I _{MÁX} Neutro	15,39 A
4 Nivel de tensión (fase-neutro)	
Tensión Nominal	120 V
Tensión mínima	121 V
Tensión máxima	129,39 V
Porcentaje de mediciones fuera de límite respecto del 5% admisible	- %
5 Factor de Potencia	
6 Límite del Factor de potencia	
	0,92
Factor de Potencia Total promedio	0,91
Factor de Potencia Total mínimo	0,85
Factor de Potencia Total Máximo	0,94
Porcentaje de mediciones fuera de límite respecto del 5% admisible	67,96 %
7 Flicker	
Límite máximo de Flicker	1,00
Nivel de Flicker mínimo	0,16
Nivel de Flicker máximo	1,34
Porcentaje de mediciones fuera de límite respecto del 5% admisible	0,20 %
8 THDV de tensión, [%]	
Límite de THDv	8,00 %
Nivel de THDV de tensión media	3,82 %
Nivel de THDV de tensión máxima	5,77 %
Porcentaje de mediciones fuera de límite respecto del 5% admisible	- %
Energía registrada durante el período de medición	3.526 kW-h

Anexo K : Proformas de material eléctrico

Cliente: CONSUMIDOR S.A.		Fecha: 20/09/20		
Código: 18059		Rec. Anticipado: 20/09/20		
Tel: 999999999		Vendedor: 31		
Control Interno: 0001349				
Código	Detalle	Cantidad	V/Unitario	V/Total
1357	TUBO LED 18W 6500K EVERGREEN/SYLVANIA/AM	548,00	1,99	1.090,528
4E3	BREACK RIF 32A SQUARE D EMPOTRABLE	1,00	10,70	10,70
4E5	BREACK RIF 50A SQUARE D EMPOTRABLE	6,00	10,70	64,20
4SD16	BREACK EMPOTR 1X16A SQUARE D	2,00	4,45	8,90
4SD20	BREACK EMPOTR 1X20A SQUARE D	1,00	4,45	4,45
13/0M	CABLEADO THHN #3/0 7HILOS METRO 600V	60,00	11,56	693,60
11/0M	FLEXIBLE THHN#10 19H METRO CENTELSA/VELEC	30,00	0,61	18,30
12R	CABLEADO THHN #2 7HILOS 600V ROLLO AMG 9	1,00	318,53	318,53
12R	CABLEADO THHN #2 7HILOS 600V METRO AMG 9	50,00	3,35	167,50
11/0R	CABLEADO THHN #1/0 7HILOS ROLLO	1,00	508,04	508,04
BR1	CABLEADO THHN #8 7HILOS ROLLO CENTELSA/VE	2,00	84,60	169,20
BR1	CABLEADO THHN #8 7HILOS METRO CENTELSA/VE	50,00	1,03	51,50
5G	VARILLA COOPERWELL 5/8"X2,40M	8,00	10,49	83,92
04/0M	CABLE DESNUDO #4/0 METRO	12,00	14,00	168,00
4R	CABLEADO THHN #6 7HILOS ROLLO ELECTRODAB	1,00	133,84	133,84

Pago en efectivo
Válido: 8 días

TARIFA 0%: 1.090,520 TARIFA 12%: 2.400,680

MONTO: TRES MIL SETECIENTOS SETENTA Y NUEVE CON 28/100 DOLARES

DESCUENTO:	0,000
SUBTOTAL:	3.491,200
+ 12% I.-V.A.:	288,080
+ FLETE:	0,000
TOTAL:	3.779,280

VETO CABLES RUC: 1001450562001 TEL/FAX: 062950831 CALLE: OLMEDO 10-49 Y VELASCO IBARRA - ECUADOR		PROFORMA Refer. No.: 1000293				
Cliente: JONATHAN TIPERA Vendedor: 4 EDISON		Fecha: 2020/09/24				
Código	Descripción	UN.	Cant.	P.Venta	Descuento	Total
032340002	CABLEADO 3/0 19HILOS TW AMG	MT	60,00	15,7063	,00	942,3780
032030009	CABLEADO 1/0 19HILOS THHN AMG ...	MT	30,00	9,5282	,00	285,8460
032340003	CABLEADO 2 19HILOS TW AMG	MT	90,00	6,4438	,00	579,9420
032340005	CABLEADO 8 7HILOS AMG ...	04110005	150,00	1,2556	,00	188,3400
104010006	VARILLA 5/8"X2,40M TH-55SDCP C/DOL. ALTA	LN	9,00	38,0000	,00	304,0000
032190006	TUBO C/RE. AMG # 4/0 19H	e	12,00	23,0000	,00	276,0000
032030005	CABLEADO 8 7HILOS AMG ...	04110008	100,00	1,1100	,00	111,0000
032030006	CABLEADO 6 7HILOS ...	04110006	100,00	1,6410	,00	164,1000
480010009	SILVANIA TUBO LED 18W/6,5K 15 127500 EDN	LN	548,00	1,9900	,00	1.091,2000
032030004	PIELETAS S/TA 40000 THRETIPTA 251	LN	103,00	33,0000	,00	3.605,0000
555090019	ABB BREAKER 2P/32A 2CD24001R0124 SH202	LN	1,00	15,4000	,00	15,4000
555090021	ABB BREAKER 2P/50A 2CD24001R01504 SH202	LN	6,00	14,9000	,00	89,4000
555090005	ABB BREAKER 1P/16A 2CD2401001R0164 SH201	LN	1,00	6,3000	,00	6,3000
555090006	ABB BREAKER 1P/20A 2CD2401001R0204 SH201	LN	1,00	6,1000	,00	6,1000
TOTAL IMPRIMIBLE (*)						6,575,67
+ TOTAL HD IMPRIMIBLE						1,041,20
- DESCUENTOS						,00
+ I. V. A.						789,08
TOTAL GENERAL \$ USD						8,405,95

ALMACEN ELECTRONICO INDUSTRIAL

Marco Vinicio Mora Hernández
ASESOR TÉCNICO

Olmedo 10-49 entre Velasco y Colón
Ibarra - Ecuador

Power and productivity
for a better world™


ELECTRICAL FB INGENIERIA ELÉCTRICA		Ingeniería - Consultoría Supervisión - Mantenimiento Construcción - Mantenimiento	Address: San Gabriel Av. Alahuzas 03-01 y Pío V G. Phone: (053)8220151 / (053)845521 E-Mail: byron.freire@hotmail.com Ruc: 0601402681001		
Quito, 22 de SEPTIEMBRE de 2020					
CLIENTE: DEPIATT DIRECCION: TEL/FAX: REF: BANCO DE CAPACITORES MONOFASICO DE 18 KVAR		OFERTA OF-105-2020			
ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	P. UNIT	P. TOTAL
1	BANCO DE CAPACITOR 16-20 KVAR incluye: GABINETE - CONTROLADOR - CAPACITOR PROTECCION MARCA SIEMENS	GBL	1	\$ 2.264,00	\$ 2.264,00
2	BANCO DE CAPACITOR 8*1,66 KVAR incluye: GABINETE - CONTROLADOR - CAPACITOR PROTECCION MARCA GENERICA - CAMSCO	U	1	\$ 1.338,09	\$ 1.338,09
TOTAL					\$ 3.602,09
CONDICIONES COMERCIALES LOS PRECIOS INCLUYEN IVA VALIDEZ DE LA OFERTA: 30 DIAS TIEMPO DE ENTREGA: 1 SEMANAS SE ENTREGARÁN A PARTIR DEL ANTICIPO. FORMA DE PAGO: 50% Anticipo y 50 % al cierre del proyecto					
Atentamente.					
ING BYRON FREIRE V. GERENTE ELECTRICAL FB L.P. 03-17-3761 EPN					

Anexo L : Tabla de calibre de conductores del electrodo de puesta a tierra (NEC, 2008)

Tabla 250.66 Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna			
Calibre del mayor conductor no puesto a tierra de entrada de la acometida, o área equivalente para conductores en paralelo^a (AWG/kcmil)		Calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra (AWG/kcmil)	
Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre	Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre^b
2 o menor	1/0 o menor	8	6
1 ó 1/0	2/0 ó 3/0	6	4
2/0 ó 3/0	4/0 ó 250	4	2
Más de 3/0 hasta 350	Más de 250 hasta 500	2	1/0
Más de 350 hasta 600	Más de 500 hasta 900	1/0	3/0
Más de 600 hasta 1 100	Más de 900 hasta 1 750	2/0	4/0
Más de 1100	Más de 1 750	3/0	250

Anexo M : Fórmulas para calcular la resistencia de puesta a tierra con diferente tipo y configuración de electrodo. (IEEE std 142-1991)

Table 13—Formulas for the Calculation of Resistances to Ground

	Hemisphere radius a	$R = \frac{\rho}{2\pi a}$
•	One ground rod length L , radius a	$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$
• •	Two ground rods $s > L$; spacing s	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 - \frac{L^2}{3s^2} + \frac{2L^4}{5s^4} \dots \right)$
• •	Two ground rods $s < L$; spacing s	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
—	Buried horizontal wire length $2L$, depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
L	Right-angle turn of wire length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 0.2373 + 0.2146 \frac{s}{L} + 0.1035 \frac{s^2}{L^2} - 0.0424 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
Y	Three-point star length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{6\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 1.071 - 0.209 \frac{s}{L} + 0.238 \frac{s^2}{L^2} - 0.054 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
+	Four-point star length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 2.912 - 1.071 \frac{s}{L} + 0.645 \frac{s^2}{L^2} - 0.145 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
* (6 points)	Six-point star length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{12\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 6.851 - 3.128 \frac{s}{L} + 1.758 \frac{s^2}{L^2} - 0.490 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
* (8 points)	Eight-point star length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{16\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 10.98 - 5.51 \frac{s}{L} + 3.26 \frac{s^2}{L^2} - 1.17 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
○	Ring of wire diameter of ring D , diameter of wire d , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \left(\ln \frac{8D}{d} + \ln \frac{4D}{s} \right)$
—	Buried horizontal strip length $2L$, section a by b , depth $s/2$, $b < a/8$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \frac{a^2 - \pi ab}{2(a+b)^2} + \ln \frac{4L}{s} - 1 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
⊗	Buried horizontal round plate radius a , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 - \frac{7}{12} \frac{a^2}{s^2} + \frac{33}{40} \frac{a^4}{s^4} \dots \right)$
⊗	Buried vertical round plate radius a , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 + \frac{7}{24} \frac{a^2}{s^2} + \frac{99}{320} \frac{a^4}{s^4} \dots \right)$

Anexo N: Instalación de Analizadores de red



Anexo O: Monitoreo de puntos calientes con la cámara termográfica



Anexo P : Medición de las puestas a tierra del neutro



Anexo Q : Imágenes del estado actual de las instalaciones eléctricas de la florícola

