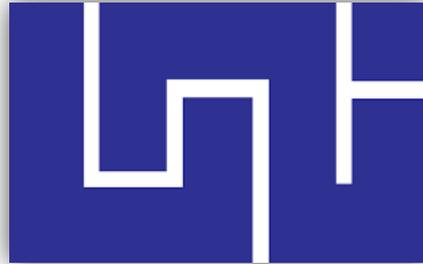


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Recinto Universitario Simón Bolívar

Facultad de Electrotecnia y Computación



Tesis Monográfica para optar al título de Ingeniero Eléctrico.

“Auditoria eléctrica en la empresa de Servicios Fotomecánicos S.A (SERFOSA) para proponer un uso eficiente de la energía”.

AUTORES:

Br. Joselyn Marcela Ocampo Zeas.

Br. Darling Gisselle Rodríguez Barreda.

TUTOR:

Ing. María Fabiola Vanegas Martínez.

Managua, Nicaragua

Noviembre, 2019

Joselyn Ocampo & Darling Rodriguez.
Noviembre 2019.

Universidad Nacional de Ingeniería.
Managua.

Agradecimiento

En primer lugar, damos gracias a Dios, por habernos guiado durante este proceso de aprendizaje y experimentación personal, por ponernos en el camino personas muy especiales que colaboraron con nosotras para hacer uno de nuestros sueños realidad.

A nuestras familias, por habernos dado la oportunidad de formarnos en esta prestigiosa universidad y haber sido nuestro principal apoyo durante todo este tiempo.

De manera especial a nuestra tutora de tesis Ing. Vanegas quien con su experiencia, conocimiento y motivación nos orientó en la investigación. De igual forma al Ing. Marlon Gutiérrez e Ing. Manuel Arcia por su asesoramiento en el tema.

Así mismo, deseamos expresar nuestro sincero agradecimiento al Sr. Héctor Aguirre, encargado de Mantenimiento eléctrico en SERFOSA, por habernos apoyado, y brindado de su tiempo en cada visita a la empresa, lo cual nos facilitó la realización de este trabajo.

Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida, salud, bendiciones, por brindarme oportunidades y abrirme puertas siempre, las cuales me facilitaron llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades, sino enseñarme cómo afrontarlas.

A mis hermanos y sobrinos que con su amor y apoyo incondicional, me empujaban a luchar día a día durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento y darme palabras de ánimos siempre.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todas esas personas que me apoyaron en el transcurso de este proceso, por apoyarme y por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día.

Joselyn Ocampo

Dedicatoria

Primeramente, a Dios, por permitirme llegar tan lejos, por darme la fortaleza y sabiduría para afrontar toda situación u obstáculo que se me presento a lo largo de este trayecto, por la vida de mis padres y hermanas.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, por todo el trabajo y sacrificio que hicieron para apoyarme, por motivarme siempre a luchar por mis sueños, porque son ese pilar que sostiene mi vida y la de mis hermanas, por recibirme con un fuerte abrazo y una gran sonrisa cada vez que iba a mi hogar, todos mis logros se los debo a ustedes.

A mis hermanas porque son mi mayor motivación para salir adelante, quienes con su cariño siempre me daban energías y fuerzas para luchar y salir adelante.

A mi mita Julia García Q.E.P.D que siempre estuvo al pendiente de mí a quien le prometí culminar mi Ingeniería y que ella podría verme alcanzar este logro, y aunque ya no esté físicamente conmigo sé que desde el cielo está muy orgullosa de mí.

Y finalmente a todas las personas que me acompañaron y tendieron una mano amiga durante este proceso.

Darling Rodriguez

Tabla de Contenidos	
Capítulo 1. Introducción e información general	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.....	3
1.3 Justificación.....	5
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo General.....	6
1.4.2 Objetivos Específicos.....	6
Capítulo 2 Marco Teórico	7
2.1 Auditoria eléctrica.....	7
2.2 Eficiencia eléctrica.....	7
2.3 Objetivo de la auditoria eléctrica.....	7
2.4 Beneficios de realizar una auditoria eléctrica.....	8
2.5 Clases de auditorías eléctricas.....	9
2.6 Ámbito de actuación y planificación de auditorias.....	11
Capítulo 3 Generalidades de la empresa	19
Capítulo 4 Análisis y presentación de resultados	20
4.1 Análisis de consumidores eléctricos.....	20
4.1.1 Energía eléctrica.....	20
4.1.2 Contratación.....	21
4.1.3 Consumo eléctrico anual.....	22
4.1.4 Demanda de potencia.....	23
4.1.5 Factor de potencia.....	24
4.2 Análisis de las tecnologías horizontales y servicios.....	25
4.2.1 Sistema eléctrico.....	25
4.2.2 Balance de energía eléctrica.....	25
Capítulo 5 Análisis de calidad de energía	33

5.1	Panel del sistema trifásico.....	33
5.1.1	Voltaje de suministro por fase.....	33
5.1.2	Análisis de desbalance de fases por corriente eléctrica.....	34
5.1.3	Análisis de factor de carga.....	35
5.1.4	Factor de potencia.....	36
5.1.5	Armónicos de voltaje y corriente.....	37
5.2	Interruptor general del sistema monofásico.....	38
5.2.1	Voltajes de suministro por fases.....	38
5.2.2	Análisis de desbalance de fase por corriente.....	38
5.2.3	Análisis de factor de carga.....	40
5.2.4	Factor de potencia.....	41
5.2.5	Armónicos de voltaje y corriente.....	42
5.3	Factor de carga general.....	43
5.4	Medición de puesta a tierra.....	45
5.4.1	Panel del sistema trifásico.....	46
5.4.2	Interruptor general del sistema monofásico.....	47
5.5	Inspección termográfica por paneles	48
5.6	Inspección física	58
5.6.1	Problemas Generales.....	58
5.6.2	Problemas Específicos en cada panel.....	59
	Capítulo 6 Propuesta de mejora.....	63
	Capítulo 7 Conclusiones.....	66
	Capítulo 8 Recomendaciones.....	67
	Capítulo 9 Bibliografía.....	70
	Capítulo 10 Anexos.....	72

Lista de tablas

Tabla 1. Distribución general de consumos energéticos.....	20
Tabla 2. Datos de facturación eléctrica ⁶.....	21
Tabla 3. Consumo histórico de energía eléctrica mayo 2018 – abril 2019.	22
Tabla 4. Consumo por uso energético según balance de carga.....	26
Tabla 5. Consumo por equipos de producción.	28
Tabla 6. Equipos de Climatización.....	29
Tabla 7. Equipos Ofimáticos.....	30
Tabla 8. Potencia instalada por iluminación.	31
Tabla 9. Potencia instala de otros equipos.	32
Tabla 11. Tasas de distorsión armónicas de voltaje y corriente.....	37
Tabla 12. Consumos registrados en los días de medición	41
Tabla 13. Tasas de distorsión armónicas registradas por el equipo analizador Fluke 435.	42
Tabla 14. Clasificación de relevancia de problemas térmicos ¹⁰.....	48
Tabla 15. Valoración de aspectos a partir del rango de temperatura. ¹¹	49
Tabla 17. Situación propuesta de iluminación interior de la empresa.....	64

Lista de figuras

Ilustración 1. Macro localización de SERFOSA⁵	19
Ilustración 2. Consumo histórico de energía eléctrica mayo 2018 – abril 2019.....	23
Ilustración 3. Historial de demanda eléctrica mayo 2018 – abril 2019.....	23
Ilustración 4. Factor de potencia eléctrica facturado mayo 2018 – abril 2019.....	24
Ilustración 5. Banco de transformadores existentes.....	25
Ilustración 6. Porcentajes de consumo según uso energético.	26
Ilustración 7. Porcentajes de consumo de equipos de Climatización.....	29
Ilustración 8. Porcentajes de consumo de equipos ofimáticos.	30
Ilustración 9. Porcentajes de consumo por tipos de iluminación.....	31
Ilustración 10. Porcentajes de consumo de otros equipos.....	32
Ilustración 11. Voltajes de suministro por fase en panel principal Trifásico.	33
Ilustración 12. Corrientes por cada fase en el panel trifásico.	34
Ilustración 13. Curva de carga del panel trifásico.	35
Ilustración 14. Factor de potencia del panel Trifásico.	36
Ilustración 15. Voltajes de suministro por fase en interruptor general monofásico.	38
Ilustración 16. Corrientes por cada fase interruptor general monofásico.	39
Ilustración 17. Curva de carga del interruptor general monofásico.....	40
Ilustración 18. Factor de potencia obtenido en la medición del interruptor general.....	41
Ilustración 19. Configuración para el método sin picas usando el modelo Fluke 1623⁹.....	45
Ilustración 20. Cámara termográfica VT04.¹¹	49

Capítulo 1. Introducción e información general

1.1 Introducción

La realización de auditorías eléctricas constituye una interesante vía para incrementar la penetración de la eficiencia energética en las empresas, de forma que el conocimiento del consumo de energía de estas permita detectar que factores están afectando a su consumo de energía, identificando las posibilidades potenciales de ahorro energético que tienen a su alcance y analizando la viabilidad técnica de implantación de tales medidas.

Es por ello, que el presente trabajo aborda el proceso realizado en SERFOSA al implementar una auditoría eléctrica, con el fin de conseguir un sistema eléctrico más eficiente.

Esta empresa se encuentra ubicada de la rotonda de Rubenia 800mts al este contiguo a hotel La Sabana, Managua. Cuenta con más de 15 años de experiencia en servicios de impresión digital en mediano y gran formato, impresión Offset, diseño gráfico.

La Auditoría Eléctrica es una herramienta que ayuda a reducir el consumo energético de los sistemas eléctricos y térmicos, y a su vez busca optimizar el desempeño de los mismos, evaluando sus parámetros de funcionamiento, su consumo, la variación de la carga durante el periodo de trabajo, sus rendimientos, entre otros parámetros específicos de cada equipo en una instalación consumidora de energía.

Este estudio se orientó para que SERFOSA tenga un panorama general de las medidas en eficiencia eléctrica. A través de una serie de mediciones y análisis se pudo valorar la situación real de las instalaciones y el consumo de energía del inmueble, mediciones que se utilizaron para brindar posibles soluciones de mejora

Mediante la ejecución de esta auditoría eléctrica, pudimos obtener un estudio técnico con información valiosa para el administrador de la energía, que le permitirá establecer acciones para disminuir el consumo de energía, balance de cargas, detectar fugas de corriente, entre otros.

Este estudio se pudo llevar a cabo de la siguiente manera:

- Visita de campo para levantamiento de la información (ubicación de los centros de carga, distribución de la carga, recopilación de datos de placa de los equipos, tomas de fotografía).
- Realización de mediciones en la carga actual del sistema eléctrico existente.
- Análisis de los datos recolectados.
- Presentación de una propuesta de mejora del sistema eléctrico
- Conclusiones.

Para la elaboración del trabajo utilizamos:

- **La norma ISO 50001 en Sistemas de Gestión Energética.** El propósito de esta norma es el de facilitar a las organizaciones que puedan establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el desempeño energético, que incluye la eficiencia energética y el uso y el consumo de energía.
- **La Norma UNE 216.501 para Auditorías Energéticas:** Esta norma establece los requisitos que debe tener una auditoría energética, para que, realizada en distintos tipos de organización, pueda ser comparable y describa los puntos clave en donde se puede influir para la mejora de la eficiencia energética, la promoción del ahorro energético y evitar las emisiones de gases de efecto invernadero.

1.2 Antecedentes

Las auditorías eléctricas inicialmente se hicieron populares en dar respuesta a la crisis energética de 1973 y años posteriores. El interés en las auditorías energéticas ha aumentado recientemente como resultado de la creciente comprensión del impacto humano sobre calentamiento global y el cambio climático. Una nueva tendencia en la arquitectura llamada Arquitectura sustentable toma esta técnica como una de sus principales herramientas para obtener datos cuantitativos y no meramente conceptuales en la búsqueda de un hábitat sostenible.

Con estas auditorías se ha tratado de reducir los consumos energéticos en el sector industrial a través de guías de ahorro y Eficiencia Energética, los programas de auditorías eléctricas han demostrado su eficacia a escala mundial para mejorar el rendimiento energético de las instalaciones industriales.

El Programa Nacional de Electrificación Sostenible y Energía Renovable (PNESER) ha realizado auditorías eléctricas en empresas públicas y privadas de las cuales, veinte han sido en instituciones del Gobierno, así como proyectos demostrativos de iluminación en nueve instituciones públicas. PNESER ha desarrollado todo este trabajo en eficiencia energética desde el 2012.

En Nicaragua el tema de eficiencia energética se ha posicionado como un tema primordial desde que el país se suscribió a la iniciativa de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) “Energía sostenible para todos” en el 2013.

Según el Informe Mundial de Energía 2009 de la ONU, el aumento de la eficiencia energética y las tecnologías limpias permitirán que la cantidad de energía primaria requerida para un servicio dado pueda ser reducida, de

forma rentable, entre un 25% hasta un 45% del consumo para los próximos 20 años en países en desarrollo.

Actualmente gracias a la iniciativa de la Corporación Interamericana de Inversiones (CII), se está desarrollando el Programa GREENPYME CENTROAMÉRICA, el cual tiene como objetivo el de abordar las principales barreras que obstaculizan las inversiones en medidas de eficiencia energética por parte de las empresas nicaragüenses, de tal forma que se les pueda proporcionar servicios de asesoramiento experto como: capacitación y auditorías energéticas, contribuyendo a aumentar su competitividad reduciendo sus costos energéticos.

En el caso de Nicaragua, GREENPYME en conjunto con el BAC y el Centro de Producción más Limpia de Nicaragua (CPML-N), este último como operador del proyecto, dio inicio a la primera etapa del programa donde se espera se ejecuten hasta un total de 70 Auditorías Energéticas Sencillas en los distintos sectores del país, financiadas totalmente por los fondos de la CII.

En la universidad Nacional de Ingeniería se han realizado monografías similares a la nuestra, por mencionar algunas de ellas:

- Auditoria Eléctrica en el centro Juvenil Don Bosco, realizada por los ya ingenieros, Luis Alejandro Somarriba Rivas y Héctor Antonio Téllez Ortiz en Marzo de 2013.
- “Estudio de auditoria Eléctrica en la empresa Plastinic SA, para la buena Administración de la energía eléctrica”, realizada por los ya ingenieros, Kheyllid Dolores Carrero Selva y Bianka Eufomia Sáenz Ocampo en octubre de 2015.

1.3 Justificación

La energía se ha convertido en uno de los pilares que soportan el desarrollo de la sociedad actual, su disponibilidad y buen uso son ya una pieza clave a la hora de determinar el éxito o el fracaso de las economías mundiales.

Los programas de auditorías eléctricas han demostrado su eficacia a escala mundial para diagnosticar y mejorar el rendimiento energético de las instalaciones industriales. La importancia del estudio se fundamenta en poder analizar las oportunidades de ahorro de energía eléctrica en la empresa SERFOSA.

Este estudio nos permitirá, conocer la situación energética actual de la empresa SERFOSA, así como el funcionamiento y eficiencia de los equipos instalados, realizar mediciones y registros de los principales parámetros eléctricos.

Es importante destacar que esta experiencia impactara también positivamente tanto en los estudiantes como en los docentes que desearan conocer y adentrarse en los estudios de auditoria eléctrica, ya que es uno de los ejes importantes de cualquier industria.

La metodología que se utilizará nos permitirá generar recomendaciones y lecciones aprendidas que pueden tomarse en la implementación de cualquier escenario de pequeña o mediana empresa.

El objetivo principal para realizar este estudio es brindar recomendaciones desde el ámbito técnico claves que permitan a la empresa SERFOSA tener un sistema eléctrico óptimo, que favorezca la producción, seguridad y bienestar de los trabajadores.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General:

Realizar auditoria eléctrica en la EMPRESA SERFOSA, para analizar sus necesidades eléctricas y proponer soluciones de mejora en materia de ahorro de energía.

1.4.2 Objetivos Específicos:

2. Realizar inspección de todos los puntos en la empresa consumidores de energía.
3. Identificar perdidas de energía en las instalaciones de SERFOSA, utilizando equipos técnicos de medición.
4. Realizar recomendaciones técnicas como alternativas que permitan el ahorro de energía.

Capítulo 2 Marco Teórico

2.1 Auditoria eléctrica

Una auditoria eléctrica es un procedimiento sistemático que se basa en una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía eléctrica en un edificio, fabrica, u otro local, se busca obtener un óptimo conocimiento del perfil de los consumos energéticos en una instalación, identificando y valorando las posibilidades de ahorro de energía desde el punto de vista técnico y económico. La auditora eléctrica es una parte fundamental de cualquier administración de energía, de cualquier empresa que desee controlar sus costos de energía.

2.2 Eficiencia eléctrica

La eficiencia eléctrica se puede definir como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir nuestro confort y calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso. Otra forma de definirla es la relación existente entre la cantidad de energía consumida, los productos y servicios finales.

Por lo tanto, la eficiencia eléctrica hace referencia a la optimización del consumo energético, busca disminuir el uso de energía, pero produciendo los mismos resultados finales. La eficiencia es concepto que afecta a todos los seres humanos ya que todos necesitan energía para llevar adelante una actividad sea esta individual, colectiva, comercial e industrial, etc.

2.3 Objetivo de la auditoria eléctrica

El objetivo general de las auditorias se resume en analizar las necesidades energéticas de la empresa auditada, integrando a todos los equipos y

sistemas que forman parte de ella, y proponer soluciones de mejora en materia de ahorro de energía y de incorporación de nuevas energías que sean viables técnica y económicamente.

La implementación de un sistema de auditoría eléctrica permite:

- ✓ Conocer la situación energética actual, así como el funcionamiento y eficiencia de los equipos en las instalaciones.
- ✓ Realizar mediciones y registros de los principales parámetros eléctricos.
- ✓ Obtener los balances de energía en las instalaciones consumidoras.
- ✓ Identificar las áreas de oportunidad que ofrece potencial de ahorro de energía.
- ✓ Proponer mejoras y medidas técnicas aplicables para el lograr un ahorro considerable.

2.4 Beneficios de realizar una auditoría eléctrica

La auditoría eléctrica tiene un efecto positivo ya que la empresa será más consciente de cómo puede sacar el máximo partido a su consumo energético y evitar así ineficiencias.

Cuando se observe el ahorro energético que pueden alcanzar y de qué manera les beneficia económicamente y ayuda a ser más competitivas es probable que muchas de las medidas sugeridas en la auditoría eléctrica se pongan en marcha.

Entre algunas de ellos podemos mencionar:

- Conocerás a profundidad tus procesos y consumo energético.
- Optimización del consumo energético.
- Aumentar el tiempo de vida de los equipos, ya que se asegura que estos trabajan en las condiciones más adecuadas, evitando sobredimensionamientos o sobrecargas.

- Mejorar la competitividad de la empresa al reducirse los costos de producción.
- Mayor respeto y conservación del medio ambiente, ya que, al no consumirse más energía que la necesaria, se disminuyen las emisiones de CO₂, tanto en la planta como en la producción de la electricidad consumida. Todo esto se traduce en una contribución a la mejora de la imagen de la empresa al contribuir al bienestar social.

Más que un gasto, una inversión, dado que la implantación de sus medidas contribuirá a una mejora del trabajo en tu empresa y por lo tanto a un incremento de los beneficios.

2. 5 Clases de auditorías eléctricas

Existen varios tipos de auditorías eléctricas las cuales se diferencian por el alcance de las mismas en función de factores como el número de áreas analizadas, el tipo y uso de los servicios energéticos, así como de los procesos analizados, de manera que se agrupan en los tres niveles siguientes:

- **De Nivel 1: Auditoría Preliminar:**

La cual corresponde al tipo más simple o básico, en la cual se realizará por un lado una un diagnóstico visual del edificio, recopilación de datos básicos y una entrevista mínima, un estudio no muy detallado sobre las facturación de los servicios energéticos así como mediante la obtención de otros datos sobre su mantenimiento y explotación obteniéndose un diagnóstico no muy exhaustivo sobre las oportunidades de ahorro y mejora de la eficiencia energética, de manera que su costo suele ser más bien bajo.

- **De Nivel 2: Auditoría detallada:**

En este segundo caso se realiza un análisis más detallado, partiendo de una mayor cantidad de información previa sobre los sistemas constructivos como de las instalaciones (planos, memorias de proyecto, presupuestos y cualquier otro documento), así como de la realización de una serie de pruebas o comprobaciones, mediante el empleo de equipos técnicos de medición, para obtener información todavía más real sobre el estado del edificio. Puede abarcar todos los recursos energéticos o un único recurso o servicio en una empresa o centro de trabajo, de forma que su coste puede ser bastante mayor en función de cuales sean parámetros que definen su alcance.

Cabe mencionar que la presente auditoría realizada es de nivel 2 auditoría detallada, ya que hicimos uso de equipos técnicos de medición para tener un diagnóstico más exacto de la situación actual de la empresa de la cual a continuación definimos los siguientes alcances¹:

1. Hacer visita a las instalaciones
2. Analizar si se están utilizando las mejores tecnologías
3. Hacer una breve evaluación eléctrica y económica en base a la factura de compra de energía.
4. Detectar si los consumos medios y de los precios de compra están dentro de un rango razonable.
5. Hacer un diagnóstico en el que se dictamine el estado de consumo del centro con relación al tipo de auditoría realizada y definir si con esta es suficiente o hay que implementar una auditoría especial.
6. Dar unas primeras recomendaciones de ahorro sin cálculos detallados de ahorro o inversión.

- **De Nivel 3: Auditoría especial**

En este caso estaríamos hablando de una auditoría de nivel 2, pero realizada con mayor detalle, en la cual además la toma de datos con equipos de medida se detalla hasta el punto de realizarse un registro del consumo por aparatos, ampliándose las mediciones a otros parámetros de manera que se van a necesitar equipos más complejos de medida y su coste será todavía más elevado.

2.6 Ámbito de actuación y planificación de auditorías

Para poder realizar una planificación adecuada de la misma y establecer los puntos claves que se deben de tener en cuenta en el momento de realizar la auditoría, se suele recurrir a métodos los cuales reflejarán la información del estado en que se encuentran las instalaciones y equipos auditados, en las que se debe abarcar el análisis y estudio de aspectos tales como:

- **Tarifas Energéticas**

Son disposiciones específicas que contienen las cuotas y condiciones que rigen los suministros de energía eléctrica y se identifican oficialmente por su número y/o letra(s) según su aplicación.

- **Sistema Eléctrico**

Son aquellos elementos, líneas e instalaciones, que en conjunto, forman el sistema de transporte de energía, comprendido el cual desde centrales generadoras hasta los propios abonados.

¹ Norma "UNE 216501:2009. Auditoría energética. Requisitos"

- **Medidas Experimentales (Toma de mediciones).**

Son los métodos, dispositivos y cálculos usados para medir cantidades eléctricas. La medición de cantidades eléctricas puede hacerse al medir parámetros eléctricos de un sistema. Para la obtención de información necesaria. Es necesario también planificar y realizar un conjunto de mediciones que nos permiten cuantificar los estados reales de operación de equipos y la cuantificación del consumo de energía.

- **Esquema Unifilar**

Un esquema o diagrama unifilar representa gráficamente una instalación eléctrica o de parte de ella. El esquema unifilar se distingue de otros tipos de esquemas eléctricos en que el conjunto de conductores de un circuito se representa mediante una única línea, independientemente de la cantidad de dichos conductores.

- **Censo de carga**

Se encarga de recopilar los datos técnicos de placas de equipos consumidores de energía eléctrica, con el propósito de obtener una estimación bastante real del consumo de energía.

- **Curva de Demanda**

Es la representación gráfica de como varia la demanda o carga eléctrica en el transcurso del tiempo. El intervalo de tiempo elegido para realizar el análisis, puede ser diario, semanal, mensual, anual. La carga no es constante en el periodo analizado.

- **Demanda de potencia**

La demanda de potencia, es la suma de potencia de cada equipo eléctrico funcionando en un mismo instante de tiempo, donde el medidor eléctrico realiza un censo de carga cada 15 minutos para registrar la demanda de potencia, al final de mes se factura la máxima registrada.

- **Factor de potencia**

En términos simples, el factor de potencia mide la eficiencia del consumo eléctrico, a la hora de convertirlo en potencia útil, como luz, calor o movimiento mecánico. Este mide el aprovechamiento de la energía por los equipos. Si este factor es menor de 0.85, la empresa distribuidora (Disnorte-Dissur) emitirá una multa por su incumplimiento.

- **Desbalance de voltaje**

Es un indicador de cuan diferentes son las tensiones de un sistema trifásico entre sí, este se expresa en porcentajes. Los desbalances se pueden producir cuando se incorporan cargas nuevas al sistema eléctrico o se realizan remodelaciones sin planificación técnica, esto ocasiona que las fases posean diferentes niveles de carga y, en consecuencia, un desbalance al sistema.

Lo ideal es el desbalance sea de 0%, es decir que no exista desbalance, pero al no tener un sistema totalmente equilibrado se establecen algunas normas que dan paso a un rango máximo permitido.

Tal es el caso de la IEEE 1159-2019² Capítulo 1, Fundamentos de la calidad de la energía, tabla 2, inciso 4, hace mención de los rangos permitidos de desbalance, en el caso de voltaje un 2%.

- **Desbalance de fases por corriente eléctrica**

Se producen cuando por las tres fases de un sistema trifásico no circulan las mismas intensidades, este tipo de desequilibrio provoca: sobrecalentamiento en los receptores, en cables de alimentación y protecciones que incluso podrían llegar a disparar, circulación de corriente por el conductor neutro.

En la IEEE 1159-2019² Capítulo 1, Fundamentos de la calidad de la energía, tabla 2, hace mención de los rangos permitidos de desequilibrio de corriente de hasta un 30% .

- **Curva de carga**

Es la representación gráfica de la forma en que la instalación consumidora hace uso de sus equipos eléctricos en un determinado intervalo de tiempo. En las curvas de carga podemos observar la existencia de picos de demanda, es decir, espacios de tiempo en los que hay máxima demanda de energía dentro de la instalación.

- **Armónicos**

Son tensiones o corrientes sinusoidales que poseen frecuencias que son múltiplos enteros de la frecuencia a la cual el sistema de alimentación está diseñado para operar.

La distorsión armónica se origina debido a las características no lineales de los equipos y cargas de un sistema de potencia.

La aparición de corrientes y/o tensiones armónicas en el sistema eléctrico crea problemas tales como, el aumento de pérdidas de potencia activa, sobretensiones en los condensadores, errores de medición, mal funcionamiento de protecciones, daño en los aislamientos, deterioro de dieléctricos, disminución de la vida útil de los equipos, entre otros.

Existen organizaciones trabajando conjuntamente con ingenieros, fabricantes de equipos, y organizaciones investigativas para proponer normas y pautas gobernantes, practicas recomendadas y límites de distorsión armónicas.

El principal objetivo de las normas es proveer una guía común a todas las partes involucradas para trabajar juntas con el fin de asegurar la compatibilidad entre los equipos de uso final y los sistemas de distribución de energía eléctrica

En el caso de la norma IEEE 519-2014³, esta representa un consenso general de pautas y practicas recomendadas por los distribuidores y sus clientes en un esfuerzo por minimizar y controlar el impacto de armónicos generados por cargas no lineales.

- **Sistema de puesta a tierra**

Es un conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones ni fusibles, que unen los equipos eléctricos con el suelo o terreno.

Una puesta a tierra deficiente no solo contribuye al aumento de los tiempos de inactividad innecesarios, si no que su inexistencia es, además, peligrosa y aumenta el riesgo de fallas en el equipo. Sin un sistema de puesta a tierra eficaz, podrían verse expuestos a riesgos de descargas eléctricas, además de errores de instrumentación, problemas de distorsión de armónicas, problemas de factores de potencia y un sinnúmero de dilemas intermitentes.

²<https://ieeexplore.ieee.org/document/1159.pdf>

³http://www.egr.unlv.edu/~eebag/IEEE_STD_519_1992vs2014.pdf

Una buena puesta a tierra debe tener una resistencia de cero ohmios. Sin embargo, no existe un único umbral estándar de resistencia de puesta a tierra que sea reconocido por todas las agencias.

La NFPA y la IEEE 142 -2007 "Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems"⁴ han recomendado un valor de resistencia de puesta a tierra de 5 ohmios (Ω) o menos.

El NEC ha indicado lo siguiente: "Asegúrese de que la impedancia del sistema a la puesta a tierra sea de menos de 25 ohmios, tal como se especifica en NEC 250.56. En instalaciones con equipo sensible, debe ser de 5.0 Ω o menos."

La meta en la resistencia de puesta a tierra es lograr el mínimo valor de resistencia de puesta a tierra posible.

- **Método de comprobación sin picas**

Esta técnica de comprobación suprime la peligrosa tarea de desconectar las puestas a tierra paralelas, lo que suele llevar mucho tiempo, así como el proceso de búsqueda de las ubicaciones adecuadas para las picas de puesta a tierra auxiliares.

Puede efectuar comprobaciones de conexión a tierra en lugares que no hubiera considerado con anterioridad: dentro de edificios, en torres de alta tensión o en cualquier lugar donde no haya acceso al terreno. Con este método de comprobación se sigue el siguiente proceso⁴:

1. Se colocan dos pinzas alrededor de la varilla de puesta a tierra o del cable de conexión, conectando cada una de ellas al comprobador.

⁴http://www.raqi.ca/~ve2rae/tech_hf/grounding/IEEE_Greenbook.pdf

2. No se utiliza ninguna pica de puesta a tierra. Se induce un voltaje conocido en una pinza y se mide la corriente utilizando la segunda pinza. El comprobador automáticamente determina la resistencia del bucle de puesta a tierra en esta varilla de puesta a tierra.

3. Si solo hay una ruta a tierra, como en muchas situaciones residenciales, el método sin picas no proporcionará un valor aceptable y deberá usarse el método de prueba de caída de potencial.

- **Termografía**

Se utiliza para inspeccionar equipos eléctricos y mecánicos mediante la obtención de imágenes de su distribución de temperatura. La mayoría de los elementos de un sistema que sufran un mal funcionamiento exhibirán un incremento de temperatura, por lo que, al observar el comportamiento térmico de los equipos, se pueden detectar defectos y evaluar su grado de importancia.

Las cámaras térmicas miden la emisión natural de radiación infrarroja procedente de un objeto y generan una imagen térmica. De este modo, no es necesario un contacto directo con los equipos inspeccionados, permitiendo que éstos sigan funcionando mientras son inspeccionados, sin perder productividad o exponer al mantenedor a una situación de riesgo.

Algunas de las razones comunes de la existencia de puntos críticos de temperatura o desviaciones son:

- Mala refrigeración: debida a la reducción del flujo de aire.
- Los problemas de calidad eléctrica, como desequilibrio, sobrecarga o quinto armónico (tensión) causarán el aumento del calor, para esto se requiere un filtro de armónicos que debe ser dimensionado con una medición de calidad de energía de al menos 3 días.
- Alineación incorrecta.

- Problemas de aislamiento con los bobinados de motores
- Problemas de rodamiento – lubricación, desgaste, aumento de fricción por suciedad, etc.

Algunos equipos que deben ser analizados son:

- **Centros de Carga**

Un centro de carga es un dispositivo que suministra electricidad a partir de una fuente de energía eléctrica a cargas en aplicaciones residenciales y comerciales/industriales ligeras.

- **Tableros**

En una instalación eléctrica, los tableros eléctricos son la parte principal. En los tableros eléctricos se encuentran los dispositivos de seguridad y los mecanismos de maniobra de dicha instalación.

En términos generales, los tableros eléctricos son gabinetes en los que se concentran los dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, medida, señalización y distribución, todos estos dispositivos permiten que una instalación eléctrica funcione adecuadamente.

- **Banco de Capacitores**

Los bancos de capacitores son equipos que regularmente se instalan en los sistemas eléctricos, tanto en mediana como en alta tensión, ya que son de utilidad para corregir el factor de potencia y evitan las penalizaciones que la empresa suministradora impone. Mejora el perfil de voltaje. Principalmente durante condiciones de arranque de motores o conexión de cargas de gran magnitud.

Capítulo 3 Generalidades de la empresa

SERFOSA, se encuentra ubicado de la Rotonda Rubenia, Managua 800 mts al este, Pista la Sabana, Managua. El edificio cuenta con dos pisos, distribuidos de la siguiente forma:

Primer piso: Área de parqueo, atención al cliente, caja, impresión digital, área de embarnizado, bodegas, entrega de material y trabajo terminado, CTP, área de procesamiento, y taller de producción.

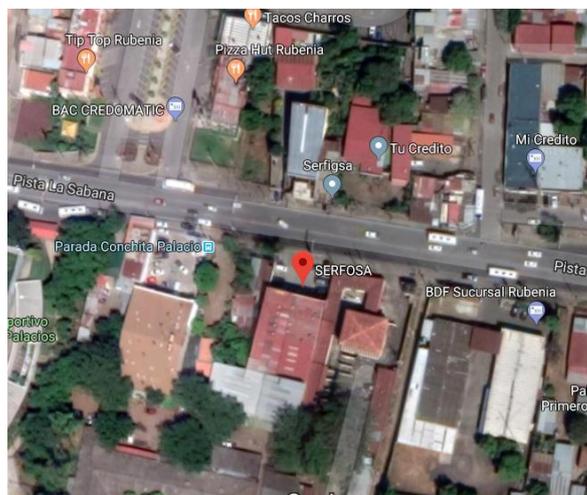


Ilustración 1. Macro localización de SERFOSA⁵

Segundo piso: área de contabilidad, gerencia, sala y área de plotter, y comedor. El edificio Cuenta con dos pabellones, en medio de este, un pasillo que conecta directamente con el taller de producción de la Empresa.

El edificio actual fue adquirido por la empresa aproximadamente hace 4 años, anteriormente se encontraban ubicados en la colonia 14 de septiembre, cuenta con años más de 15 años de haber iniciado operaciones.

⁵<https://www.google.com/maps/search/serfosa/@12.1287292,86.224216,17z>

Capítulo 4 Análisis y presentación de resultados

4.1 Análisis de consumidores eléctricos

La auditora eléctrica es una parte fundamental de cualquier administración de energía, de cualquier empresa que desee controlar sus costos de energía.

A continuación, se refleja la distribución general del consumo energético de SERFOSA, en el periodo de mayo 2018 a abril 2019:

Suministro Energético	Consumo energético anual (kWh/año)	Costo energético anual (USD/año)	Costo de la energía promedio (USD/kWh)
Electricidad	112,980	37,369.80	0.3390

Tabla 1. Distribución general de consumos energéticos

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla anterior, en el periodo evaluado (un año) se ha obtenido un costo promedio de energía eléctrica de USD 0.3390 por kWh para un consumo total de 112,980 kWh.

4.1.1 Energía eléctrica

El edificio de la empresa SERFOSA cuenta con una medición primaria en media tensión para cuantificar el consumo de energía eléctrica suministrado por la distribuidora DISNORTE-DISUR, un banco de transformadores convencional de 3x50 kVA con la salida de dos acometidas una trifásica que alimentará el sistema de fuerza y una monofásica, para alimentar la otra parte del sistema de fuerza e iluminación cada una de ellas en baja tensión a 120-240 V.

4.1.2 Contratación

La tarifa eléctrica a la cual está sujeto el edificio es **T-4D industrial mediana sin medición horaria estacional**. Dicha tarifa tiene la siguiente descripción:

	Aplicación	Descripción	Energía C\$/kWh
Tarifa T-4D Industrial mediana binomia sin medición horaria estacional.	Carga contratada mayor de 25 y hasta 200 kW para uso industrial (talleres, fábricas, etc.).	Todos los KWh KW de demanda máxima	5.1965 591.6296
Compañía suministradora	Distribuidora de Electricidad del Sur S.A.		
Código de cliente	2088673		
Consumo anual (kWh)	112,980		
Costo anual (USD)	37,369.80		

Tabla 2. Datos de facturación eléctrica ⁶.

Fuente: elaboración propia

Según la tabla anterior, la tarifa eléctrica que posee la empresa es del tipo binomia sin medición horaria estacional, es decir, se registra la demanda de potencia máxima registrada y sostenida en intervalos de cada quince minutos durante todo el mes del período de la factura eléctrica. La máxima demanda de energía al mes (la suma de potencia de todos los equipos eléctricos operando al mismo tiempo), se les cobra el mismo monto para cualquier hora del día.

Se analizó la tarifa actual con la que cuenta la empresa, que es la tarifa (T-4D) y se encontró que la empresa no puede aplicar a otra tarifa alternativa que tenga un costo menor de energía y demanda, debido a que la razón social de la empresa no le permite hacer la transición por ser una empresa que cabe dentro de la clasificación del INE de Industrial Mediana (consumo mayor de 25 y hasta 200 kW)⁶.

⁶ Ver pliego tarifario en anexo F, Pliego tarifario aplicado por el Instituto Nicaragüense.

4.1.3 Consumo eléctrico anual

A continuación, se presenta el consumo de energía eléctrica del período mayo 2018 a abril 2019:

Mes Facturado	Energía kWh	C\$ por kWh	USD/kWh
may-18	9,940	C\$ 46,351.30	\$0.3053
jun-18	4,620	C\$ 21,630.35	\$0.4659
jul-18	7,420	C\$ 34,883.01	\$0.3461
ago-18	7,700	C\$ 36,346.60	\$0.3335
sep-18	8,960	C\$ 42,468.42	\$0.3345
oct-18	10,500	C\$ 49,975.13	\$0.2967
nov-18	11,200	C\$ 53,527.19	\$0.3103
dic-18	13,300	C\$ 63,820.38	\$0.2977
ene-19	11,200	C\$ 55,358.80	\$0.3215
feb-19	9,380	C\$ 46,660.27	\$0.3561
mar-19	9,520	C\$ 47,981.50	\$0.3222
abr-19	9,240	C\$ 47,235.59	\$0.3778
Total	112,980	C\$ 546,238.54	\$0.3308
Máximo	13,300	C\$ 63,820.38	\$0.4659
Promedio	9415.00	C\$ 45,519.88	\$0.3390
Mínimo	4,620	C\$ 21,630.35	\$0.2967
Promedio total	9,415	C\$ 45,519.88	\$0.3390

Tabla 3. Consumo histórico de energía eléctrica mayo 2018 – abril 2019.

Fuente: elaboración propia

La tabla anterior brinda el consumo de energía eléctrica en el periodo evaluado, donde se han consumido 112,980 kWh/año.

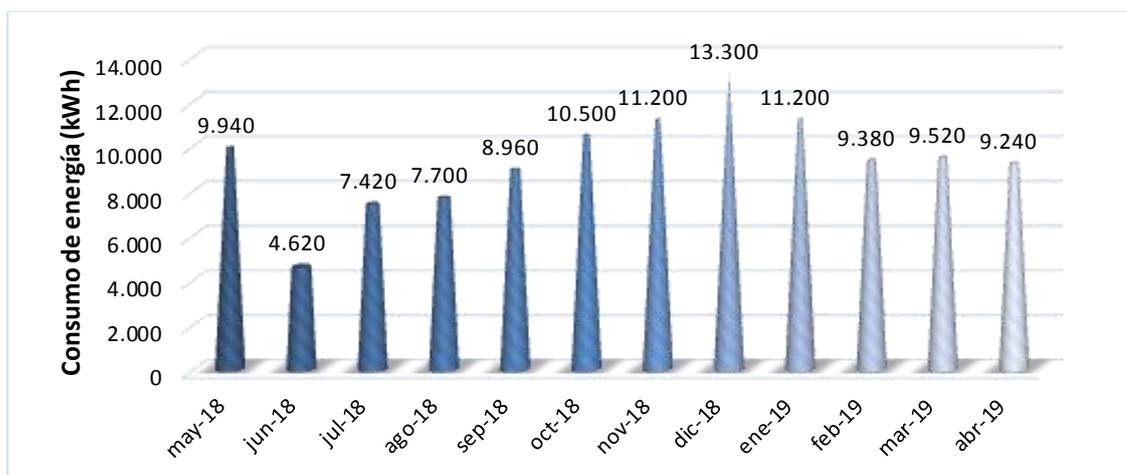


Ilustración 2. Consumo histórico de energía eléctrica mayo 2018 – abril 2019.

Fuente: elaboración propia

Según la ilustración anterior, podemos ver que el mes de diciembre del 2018 presentó el mayor consumo de energía total, con 13,300 kWh, mientras que el mes de noviembre del mismo año y enero del 2019 fue de 11,200 kWh. El consumo de energía eléctrica en el periodo evaluado es de 112,980 kWh/año, con un costo de 37,369.80 dólares.

4.1.4 Demanda de potencia

La tarifa a la cual está sometida la empresa es binomia, por lo tanto, tiene gastos por consumo de energía, y por demanda de potencia. La demanda máxima en el año analizado fue de 84 kW y una demanda promedio de 72.92 kW.

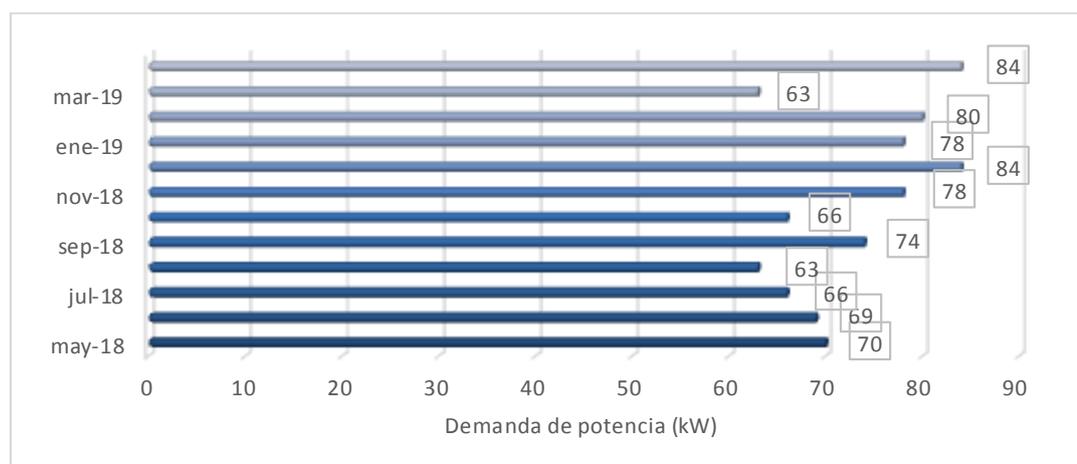


Ilustración 3. Historial de demanda eléctrica mayo 2018 – abril 2019.

Fuente: elaboración propia

Según la ilustración anterior, puede verse que al igual que en la ilustración 2 (consumo histórico de energía) el mes en que se obtuvo un mayor registro de demanda fue en diciembre 2018 con un valor de 84 kW, en este mes el precio de la factura fue de 130,73.62 córdobas, la demanda de potencia representa un 35.11 % y el mayor porcentaje está presente en el consumo de energía con 48.81 % ; el 13.04 % está representado por el IVA y un 3.02 % por otros rubros, como el INE, alumbrado público, comercialización, etc.

4.1.5 Factor de potencia

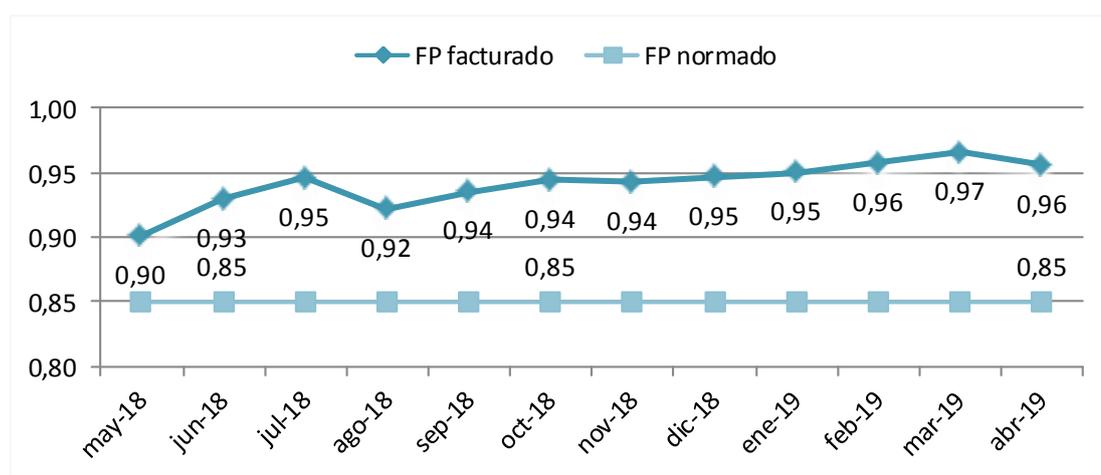


Ilustración 4. Factor de potencia eléctrica facturado mayo 2018 – abril 2019.

Fuente: elaboración propia

En las instalaciones de SERFOSA como se observa en la ilustración el factor de potencia máximo registrado en el transcurso del año en estudio es de 0.97 y un factor de potencia promedio de 0.94, encontrándose por encima del valor mínimo permisible en factor de potencia que es 0.85, por ende, la empresa no recae en multas.

4.2 Análisis de las tecnologías horizontales y servicios.

4.2.1 Sistema eléctrico

El sistema eléctrico de SERFOSA se encuentra distribuido para alimentar las distintas cargas dentro del edificio. No se contaba con un diagrama unifilar, sin embargo, a través de las visitas realizadas y levantamientos se pudo realizar uno.

Se puede observar en el siguiente esquema (diagrama unifilar ver anexo A) desde el banco de transformadores trifásico de 3X50 kVA encargado de reducir el voltaje de media tensión desde 7.6 kV hasta 120-240 Voltios, que es el valor de tensión de las dos acometidas (una monofásica y una trifásica), con medición en media tensión que posee el edificio.

4.2.2 Balance de energía eléctrica

El balance de Energía, realizado a partir del Censo de carga es de un total de 9,809.54 KWh/mes.

Los equipos utilizados para la producción de la empresa son los que representan un mayor consumo energético con un 57% (5,631.97 kWh/mes), Climatización con un 20% (1,884.58 kWh/mes), Equipos ofimáticos con un 13% (1,308.93 kWh/mes), seguidamente de Iluminación con un 8% (785.40 kWh/mes), y otros equipos con un total de 2% (198.66 kWh/mes).



Ilustración 5. Banco de transformadores existentes.

A partir del análisis anterior, se puede observar que el uso energético más significativo son los equipos de producción, estos representan el 57% de dicho consumo, por lo cual sería de gran ayuda poder tener opciones de mejora al respecto.

La siguiente tabla representa el consumo del sistema eléctrico según el Censo de carga, por los diferentes usos energéticos:

Usos Energeticos	Energia kWh/mes	% del balance
Equipos de Producción	5,631.97	57%
Climatizacion	1,884.58	19%
Equipos Ofimaticos	1,308.93	14%
Iluminación	785.40	8%
Otros equipos	198.66	2%
Total	9,809.54	100%

Tabla 4. Consumo por uso energético según balance de carga.
Fuente: elaboración propia

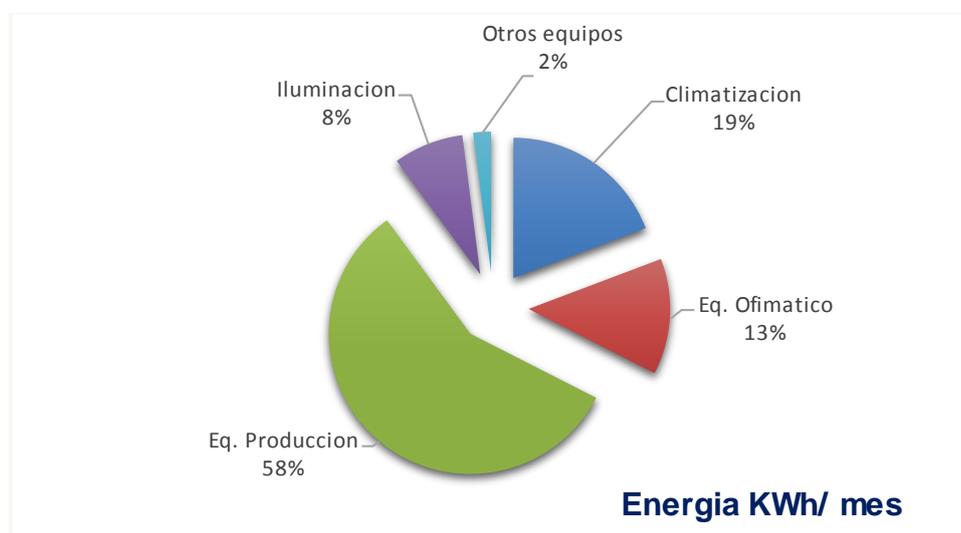


Ilustración 6. Porcentajes de consumo según uso energético.
Fuente: elaboración propia

A continuación, describimos cada uno de los usos energéticos de SERFOSA:

- **Equipos de producción**

Los equipos usados para la producción de la empresa son de uso muy significativo, estos son los que representan el mayor consumo energético dentro de la empresa. SERFOSA cuenta con diferentes equipos que se distinguen desde su tamaño hasta el consumo energético, cada uno con una labor diferente, pero enfocados en brindar servicios como:

- Impresión digital / Laser
- Impresión a gran formato
- Impresión Offset
- Diseño grafico
- Separación de colores en CTP

Equipos de producción	Cantidad	Energía kWh/mes	Suma Hrs./mes	Amperios (A)	Suma de P. Total (kW)
BABY PACK 3246-N	1	26,40	15	8	1,76
Compresor 6.5 HP	1	116,16	24	26	4,84
Compresor de 3.2 HP	1	85,94	36	18	2,39
Guillotina	1	33,88	12	8	2,82
Guillotina	1	107,52	56	8	1,92
HY-PST-900IVHENG YB	1	82,94	24	16	3,46
Impresora	1	44,35	30,8	12	1,44
Impresora de Mesa, HP Offset	3	19,60	54	6	0,60
Impresora Offset Completa Heidelberg	1	635,26	36	50	17,65
Impresora Offset Completa Roland	1	1.408,15	36	70	39,12
Kodak Trendsetter 800 Plate Etter	1	45,70	28	8	1,63
Luncher XPOSE UV Conventional	1	454,39	24	32	18,93
Maquina afiladora lf	1	60,48	31,50	8	1,92
Maquina Compaginadora	1	295,04	24	22	12,29
Maquina de hacer sellos	1	1,80	15	1	0,12
Maquina para embarnizar	1	67,94	15,40	12	4,41
Maquina Versant 2100 Press.	1	186,62	36	24	5,18
Maquina XEROX 1000	1	295,49	36	38	8,21
Maquina XEROX D125	1	194,40	36	25	5,40
Perforadora	1	25,87	28	4,20	0,92
Ponchadora	1	15,40	28	5	0,55
Procesadora	1	66,53	30,80	10	2,16
Remachadora	1	7,70	28	2,50	0,28
Ricoh MP C4504	1	33,60	28	10	1,20
Riso EZ 391U	1	8,40	28	2,50	0,30
Roland VS-640 Plotter	1	55,10	56	8,20	0,98
Roland VS-641 i Plotter	1	52,42	56	7,80	0,94
Maquina troqueladora	3	338,24	104	21	6,85
BU - 1600 II Laminadora	1	4,99	56	0,81	0,09
Guillotina (Cortadora de papel) 1	1	135,52	48	8	2,82
Guillotina (Cortadora de papel) 3	1	186,34	48	11	3,88
Engrapadora maquina industrial 2	2	27,60	60	4	0,46
Engrapadora maquina industrial 3	1	93,84	60	13,60	1,56
Guillotina (Cortadora de papel) 2	1	220,22	48	13	4,59
Engrapadora maquina industrial 1	1	20,16	60	1,40	0,34
Impresora industrial 1	2	49,5	15	30	3,3
Impresora industrial 2	1	41,25	15	25	2,75
Impresora Industrial 3	2	84,70	15	16	5,64
Total	45	5,631.97	1,381.5	586.51	173.70

Tabla 5. Consumo por equipos de producción.

Fuente: elaboración propia

- **Sistema de climatización**

El sistema de Climatización es muy importante para el acondicionamiento de oficinas, algunos ambientes de impresión y áreas de atención al cliente, durante el recorrido por SERFOSA pudimos identificar unidades de climatización Split.

El edificio cuenta con 12 unidades de climatización Split, de las cuales 6 de estas unidades son de 12,000 Btu, 4 unidades de 35, 000 Btu, 2 unidades de 60, 000 Btu, abanicos que se usan en áreas que rusticas en los cuales no hay unidades de climatización, por ejemplo el taller, y un fan.

Climatización	Cantidad	Energía kWh/mes	Suma Hrs/mes	Amperaje (A)	Sum of P.Total (kW)
Aire Acondicionado 12 000 BTU	6	411,26	336	36	7,34
Aire Acondicionado 36 000 BTU	4	822,52	168	72	14,68
Aire Acondicionado 60 000 BTU	2	639,74	112	56	11,42
Abanicos de piso de 12"	3	10,37	48	1.8	0,22
Fan	1	0,67	15	0,38	0,045
Total	16	1,884.58	679	166.18	33.71

Tabla 6. Equipos de Climatización.

Fuente: elaboración propia

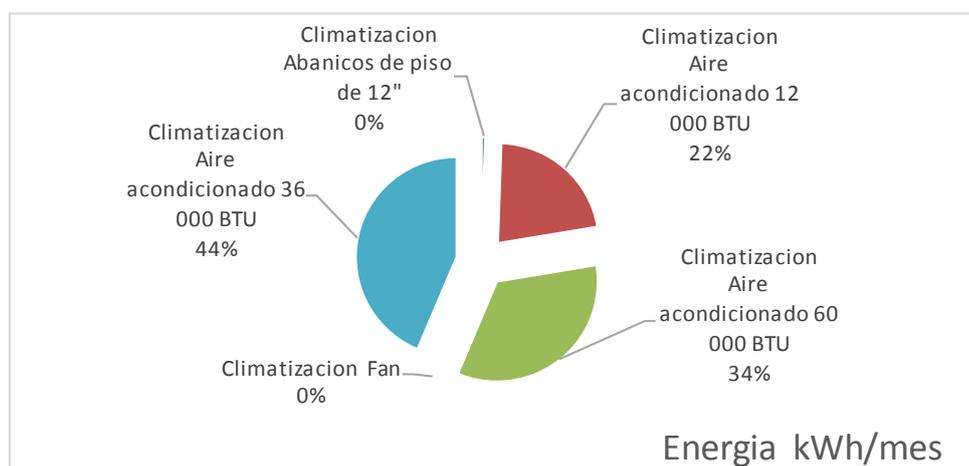


Ilustración 7. Porcentajes de consumo de equipos de Climatización

Fuente: elaboración propia.

- **Equipos ofimáticos**

Dentro de los equipos Ofimáticos se encuentran las computadoras, SERFOSA se caracteriza no solamente por su proceso de impresión sino también de la elaboración de diseños que posteriormente serán impresos, además de la necesidad de estas para el área administrativa, por lo cual vemos la importancia de estas máquinas las cuales son utilizadas gran parte del día. También son de uso frecuente los teléfonos para la parte de servicio al cliente, en cuanto a entregas o consultas, además del uso interno de los trabajadores.

Equipos Ofimáticos	Cantidad	Energía kWh/mes	Suma de Hrs	Amperios (A)	Suma de P. Total (kW)
Computadora de Escritorio	26	1,286.21	564	150.8	18.10
Computadora Portátil	2	13.48	144	1.56	0.19
Teléfono	6	9.24	44	4.2	0.42
Total	34	1,308.9	752	156.56	18.70

Tabla 7. Equipos Ofimáticos.

Fuente: elaboración propia

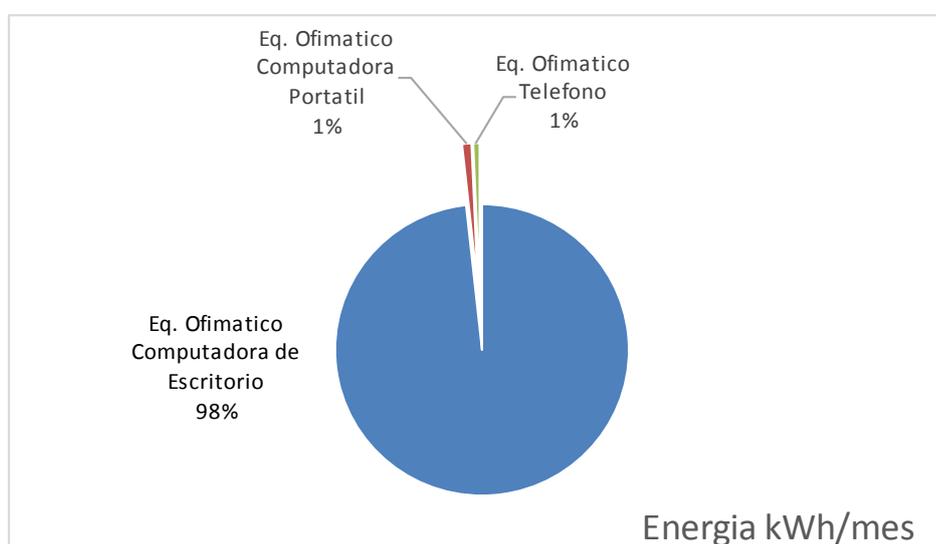


Ilustración 8. Porcentajes de consumo de equipos ofimáticos.

Fuente: elaboración propia.

- **Iluminación**

La infraestructura del edificio permite aprovechar la iluminación natural en algunos ambientes del edificio, ambientes los cuales cuentan con grandes ventanas que permiten la entrada de luz natural, sin embargo, en otros no, por lo cual se opta por utilizar la iluminación durante las horas de trabajo. La siguiente tabla indica el consumo mensual de energía asociado al sistema de iluminación, así como su distribución. El tipo de iluminación más utilizada es la fluorescente T12 con un 8.10%, seguido de luminarias LED con un 0.15%, y las luminarias fluorescente tipo cálido representan el 0.09%.

Iluminación	Pot. Lámp. (w)	Energía kWh/mes	Nº Lámparas	Suma de P. Total (kW)	Porcentaje facturado
Fluorescente T12	75	762.72	52	6.95	8.1011%
LED	22	14.13	34	0.73	0.1500%
Fluorescente Cálido	22	8.55	6	0.13	0.0908%
Total		785.40	92	7.81	8.3419 %

Tabla 8. Potencia instalada por iluminación.

Fuente: elaboración propia

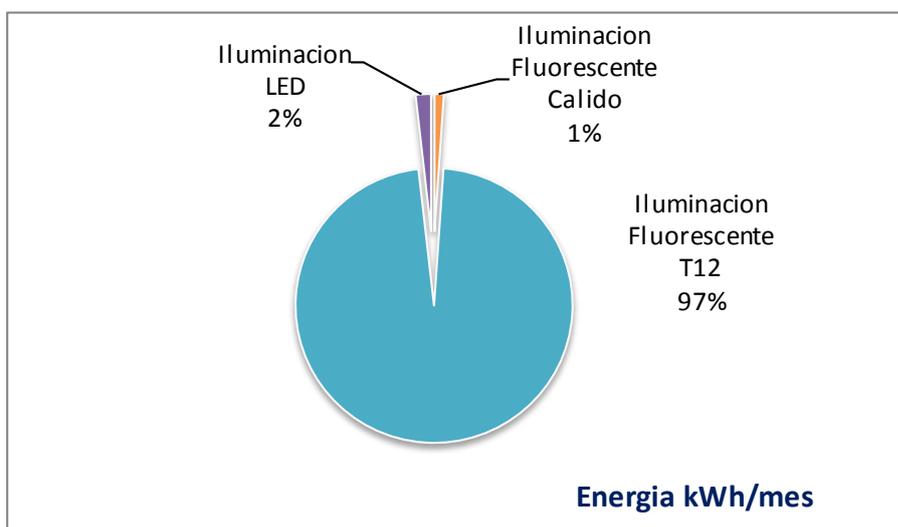


Ilustración 9. Porcentajes de consumo por tipos de iluminación.

Fuente: elaboración propia

- **Otros equipos**

Para este uso energético tenemos aquellos equipos que no entran directamente dentro de los mencionados anteriormente, y los cuales representan el consumo menor de energía, para ello tenemos los utilizados por los trabajadores del edificio.

Otros Equipos	Energía kWh/mes	Cantidad	Suma Hrs/mes	Amperios (A)	Suma de P. Total (kW)
Microondas	19,92	1,00	20,00	8,30	1,00
Oasis	40,36	1,00	436,80	0,77	0,09
Refrigeradora	134,78	1,00	374,40	3,00	0,36
Television	3,60	1,00	20,00	1,50	0,18
Total	198,66	4,00	851,20	13,57	1,63

Tabla 9. Potencia instala de otros equipos.

Fuente: elaboración propia

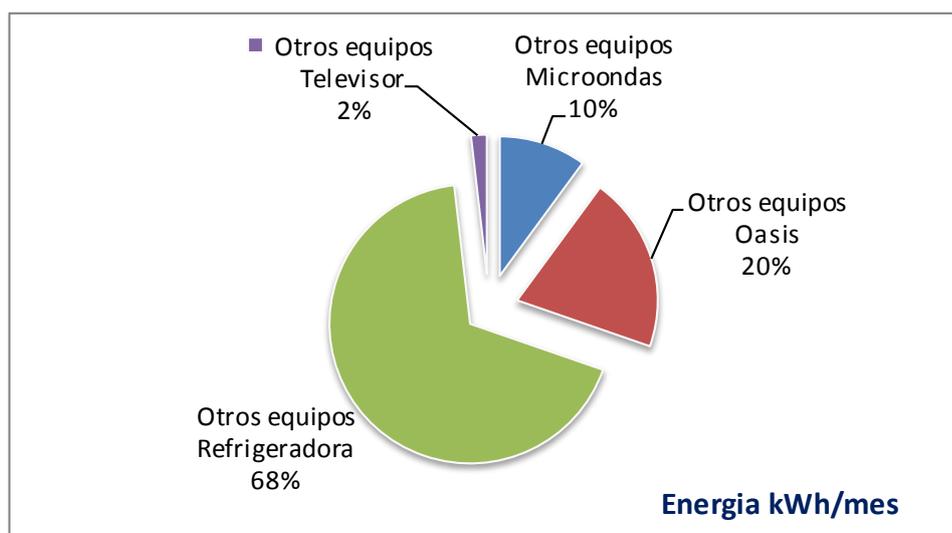


Ilustración 10. Porcentajes de consumo de otros equipos.

Fuente: elaboración propia

Capítulo 5 Análisis de calidad de energía.

5.1 Panel del sistema trifásico

5.1.1 Voltaje de suministro por fase.

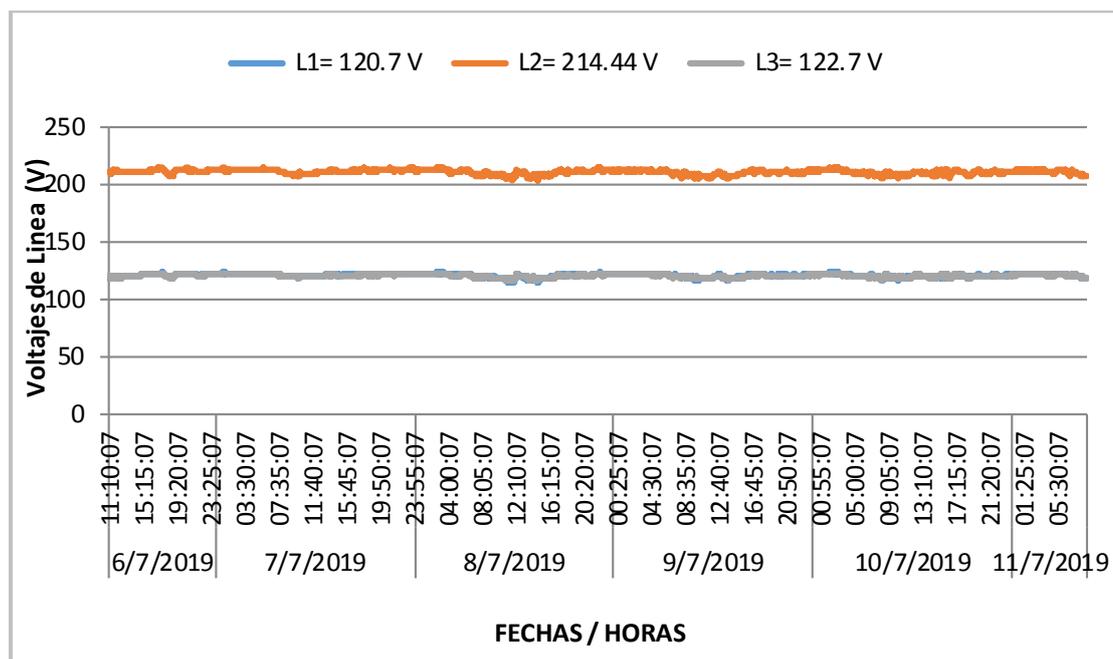


Ilustración 11. Voltajes de suministro por fase en panel principal Trifásico.

Fuente: elaboración propia

Podemos observar que el porcentaje de desbalance entre las fases L1 y L3 es de 0.001%, de lo cual se puede decir que es un panel balanceado en cuanto a voltaje, ya que estamos dentro de los 3% permitido. Los voltajes ideales por fase serían 120V/208V/120V por tener una conexión en estrella-delta aterrizado.

En las mediciones encontramos valores máximos y mínimos por fase de:

	L1	L2	L3
Máximo	123.1V	214.4 V	122.7 V
Mínimo	115 V	203.9 V	116.3 V

5.1.2 Análisis de desbalance de fases por corriente eléctrica.

A través de las mediciones realizadas, se analizaron los desbalances entre las fases de este panel.

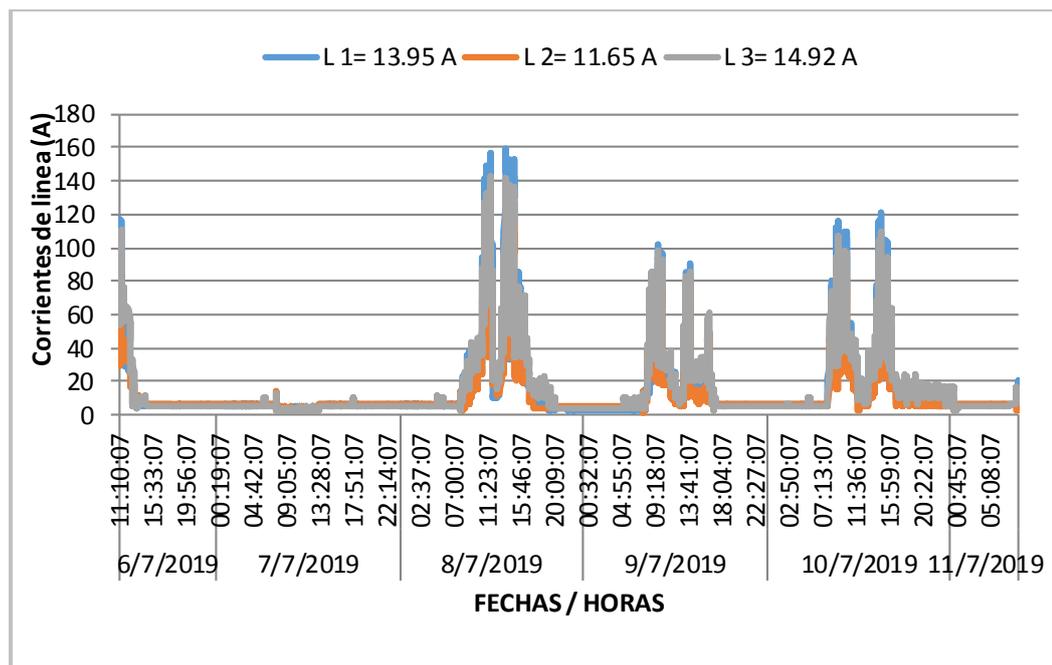


Ilustración 12. Corrientes por cada fase en el panel trifásico.

Fuente: elaboración propia

El **porcentaje de desbalance de corrientes máximo es de 13.75 %** entre los valores promedios mínimos y máximos de cada fase registrados durante la medición, cabe recalcar que según la norma IEEE⁷ lo máximo permitido es de un 30% de desequilibrio y que el criterio de cada diseñador puede diferir, pero no sobrepasar el nivel ya establecido. Para nuestro desarrollo monográfico tomamos como punto de partida un 10% de desbalance de corriente como rango permisible, es decir que las fases se encuentran desbalanceadas, y lo cual no favorece al sistema por el sobrecargo de cada línea.

⁷ IEEE Std 1159-2009 IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality

5.1.3 Análisis de factor de carga.

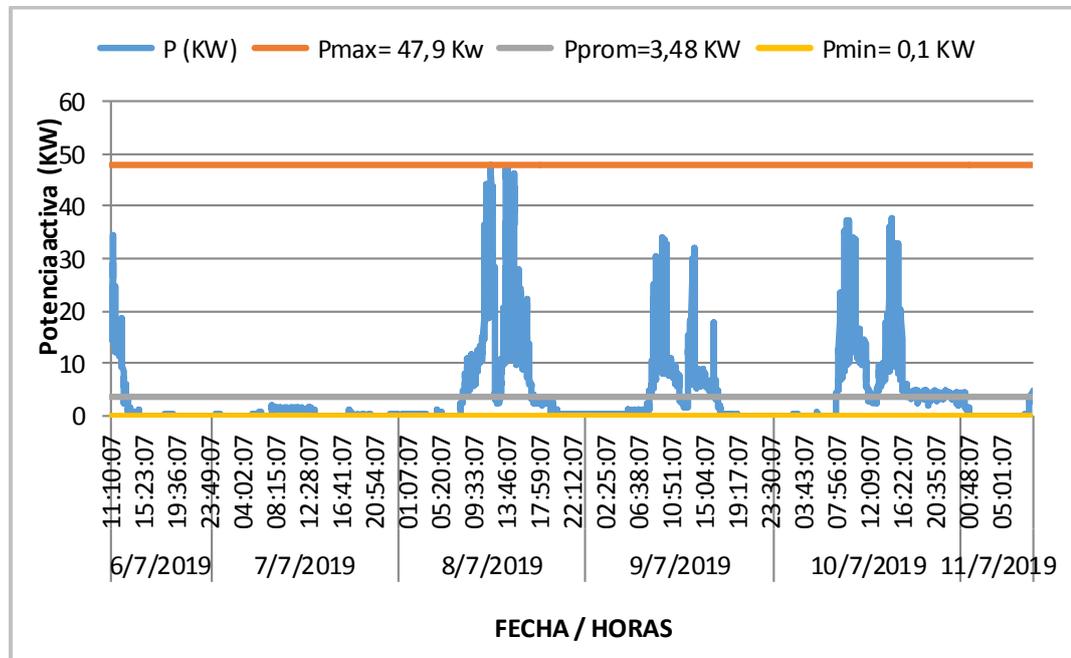


Ilustración 13. Curva de carga del panel trifásico.

Fuente: elaboración propia

En la ilustración anterior, se muestra el resultado real que el equipo de medida ha indicado a diferentes consumos durante 5 días de medición dibujando una línea azul que permite comparar esos consumos y determinar el grado de utilización del equipo. A ese valor se le conoce como factor de carga. Basado en la ilustración, se tienen los siguientes comentarios:

- El factor de carga máximo del panel es 39%, con 57 kVA con (FP= 0.97) que representa 55,29 kW que se encuentra aproximadamente a un poco más del tercio de la capacidad nominal del banco de Transformadores que alimenta el edificio.
- El factor de Carga promedio es 4% con 6 kVA con (FP= 0.35) que representa 2.1 kW.

A continuación, se presenta una tabla resumen de la medición realizada en dicho panel principal:

KVA	Sabado	Domingo	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves
	06/07/2019	07/07/2019	08/07/2019	09/07/2019	10/07/2019	11/07/2019
Max	41,6	3,2	59,1	39,9	45,4	6,2
Prom	4,90	2,28	9,19	5,23	7,25	2,66
Min	1,8	1,1	1,4	1,3	2,3	1,1

Tabla 10. Consumos registrados en los días de medición.

Fuente: elaboración propia

Como puede verse de la tabla anterior, el valor máximo de potencia se registró en el día lunes 08/07/2019, con 59,1 kVA. El consumo mínimo al cerrar operaciones es de un promedio de 1.1 a 2,3 kVA.

5.1.4 Factor de potencia

A continuación, presentamos el factor de potencia medido por el analizador de energía durante los 5 días de su instalación.

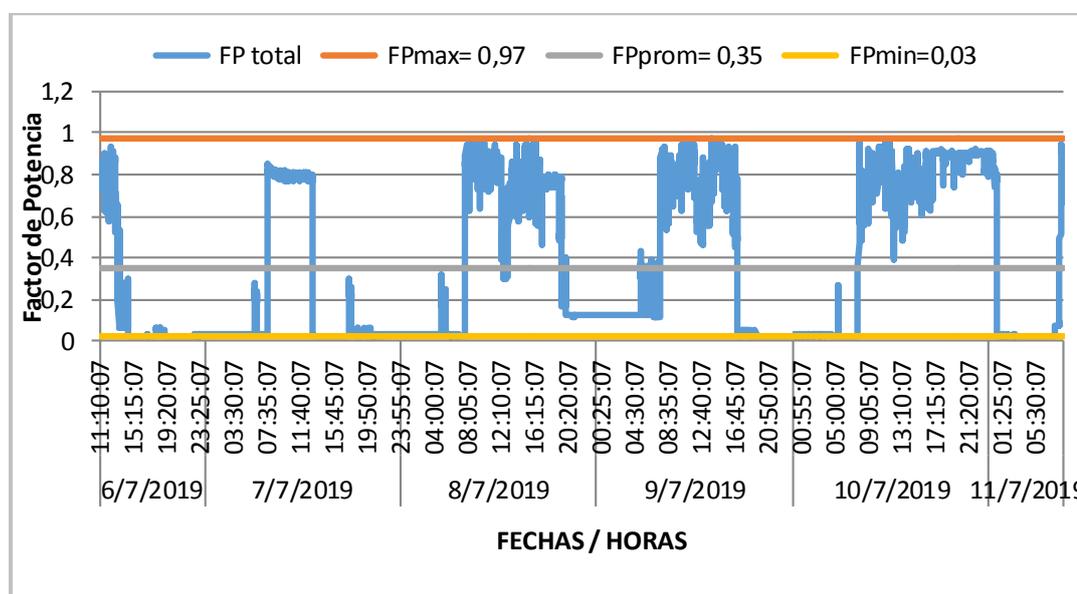


Ilustración 14. Factor de potencia del panel Trifásico.

Fuente: elaboración propia

De la ilustración anterior, se observa que el factor de potencia está cercano al ideal en los momentos de operación de los equipos consumidores, esto es debido a que la empresa cuenta con un banco de compensación de 30 kVAR con 5 etapas para optimizar el recurso energético comercial de las cuales se tiene una etapa fija de 2X2.5 kVAR para un total de 5 kVAR, y 4 etapas una primera y la segunda etapa de 7.5 kVAR, la tercera y cuarta de 5 kVAR cada una.

5.1.5 Armónicos de voltaje y corriente

La tasa de distorsión armónica (en porcentaje) tiene el siguiente comportamiento:

	THD V L1	THD V L2	THD V L3	Promedio	THD A L1	THD A L2	THD A L3	Promedio
Maximo	2,97	2,8	2,88	2,88	80,46	60,2 9	57,16	65,97
Promedio	1,28	1,44	1,33	1,35	12,13	14,9 2	11,29	12,78
Minimo	0,56	0,65	0,57	0,59	2,34	4,23	2,68	3,08

Tabla 11. Tasas de distorsión armónicas de voltaje y corriente.

Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior, se muestran los valores en porcentaje registrados por el equipo analizador Fluke de la tasa de distorsión armónica de voltaje (THD V) y de la tasa de distorsión armónica de corriente (THD A) por cada una de las líneas del sistema trifásico que alimenta a una parte de la carga de SERFOSA. Los valores de interés son los valores promedio (en negrita).

Respecto a la THD de voltaje se encuentra dentro del rango aceptable menor al 5% con un promedio global de 1.35%. Y para los armónicos de corriente, el promedio de la medición de las tres fases es de 12.78% teniendo como máximo establecido según la normativa un 15% por lo tanto nos encontramos dentro del rango permisible. Las armónicas presentes en este panel según la medición realizada son las del orden 3, 5, 7, los cuales se deberán corregir con un filtro de armónico.

5.2 Interruptor general del sistema monofásico

5.2.1 Voltajes de suministro por fases.

A continuación, se detalla el comportamiento del voltaje de fase registrado en el interruptor general monofásico del edificio:

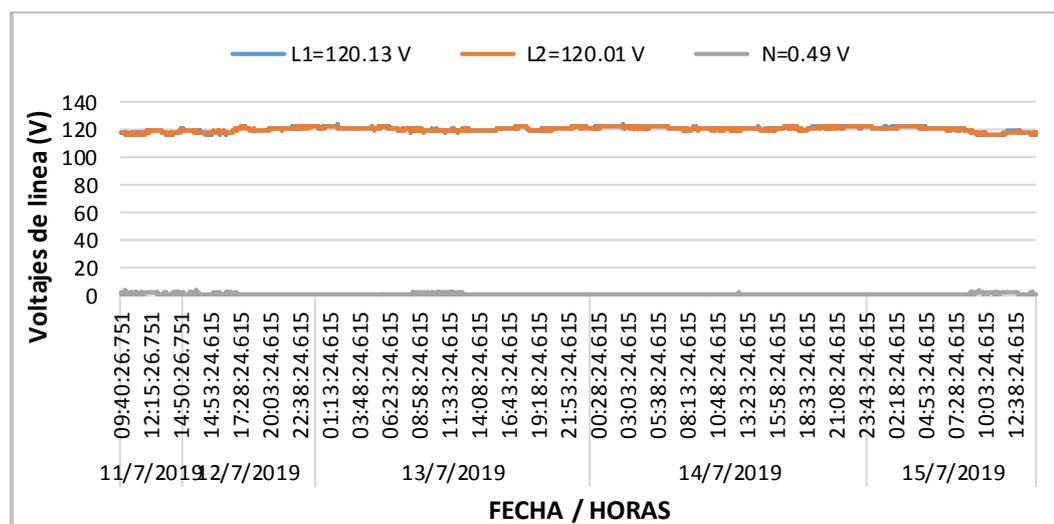


Ilustración 15. Voltajes de suministro por fase en interruptor general monofásico.

Fuente: elaboración propia

Podemos observar que el desbalance entre L1 y L2 es de 0.05%, dicho valor no afecta al sistema ya que es menor del 3% permisible, por ende, se puede decir que se encuentra balanceado en cuanto a voltaje.

En las mediciones encontramos valores máximos y mínimos por fase de:

	L1	L2
Maximo	122.98 V	122.84 V
Minimo	115.55 V	115.33 V
Promedio	120.14 V	120.01 V

5.2.2 Análisis de desbalance de fase por corriente

Para analizar los desbalances en las mediciones realizadas, se analizó la situación de la carga de cada una de las fases que alimentan todos los equipos monofásicos en las instalaciones que trabajan con 120/240 V, que comprende todas las áreas del mismo.

A continuación, se presenta la carga (en Amperios) para cada una de las fases que corresponden a este Main breaker:

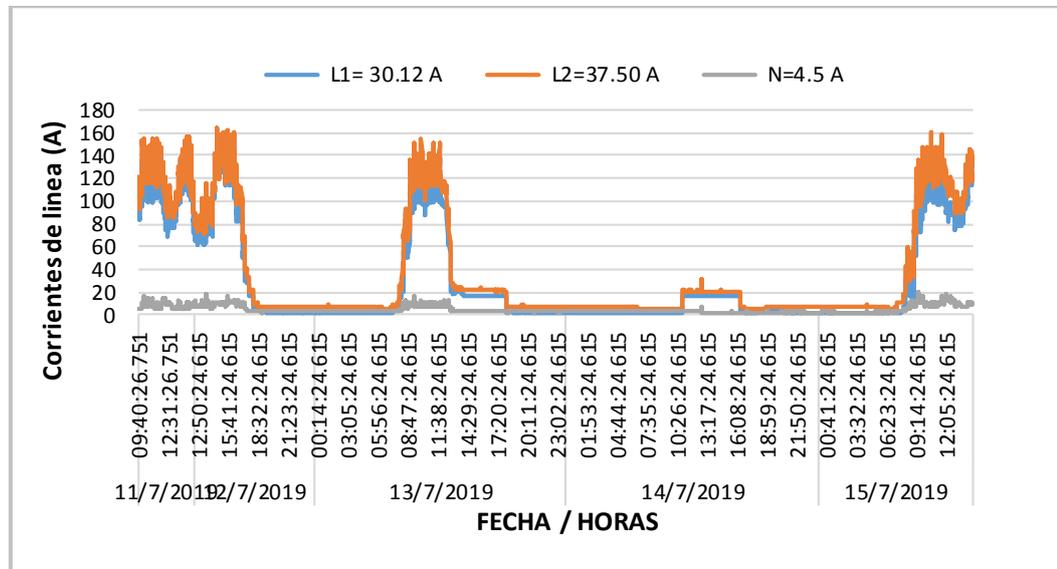


Ilustración 16. Corrientes por cada fase interruptor general monofásico.

Fuente: elaboración propia

El **porcentaje de desbalance de corrientes máximo es de 11 %** que corresponde a la línea 1 con menos carga que la línea 2. Cuando el desequilibrio se acerca al 10%, los siguientes problemas pueden surgir en un sistema de distribución eléctrica:

- Secuencia de voltaje negativo.
- Corrientes circulantes.
- Aumento de corriente en conductor neutro.
- Mayor voltaje de neutro a tierra.
- Sobre calentamiento de motores (avería de aislamiento).
- Reducción de la eficiencia del motor.
- Fallas en los cojinetes del motor.
- Mayor mantenimiento de equipos y maquinaria.
- Energía desperdiciada / facturas de electricidad más altas - KWD y KWH.
- Inversión desperdiciada y capital operativo.

5.2.3 Análisis de factor de carga

A continuación, se presenta la curva de carga registrada por el equipo analizador de calidad de la energía para el edificio en general:

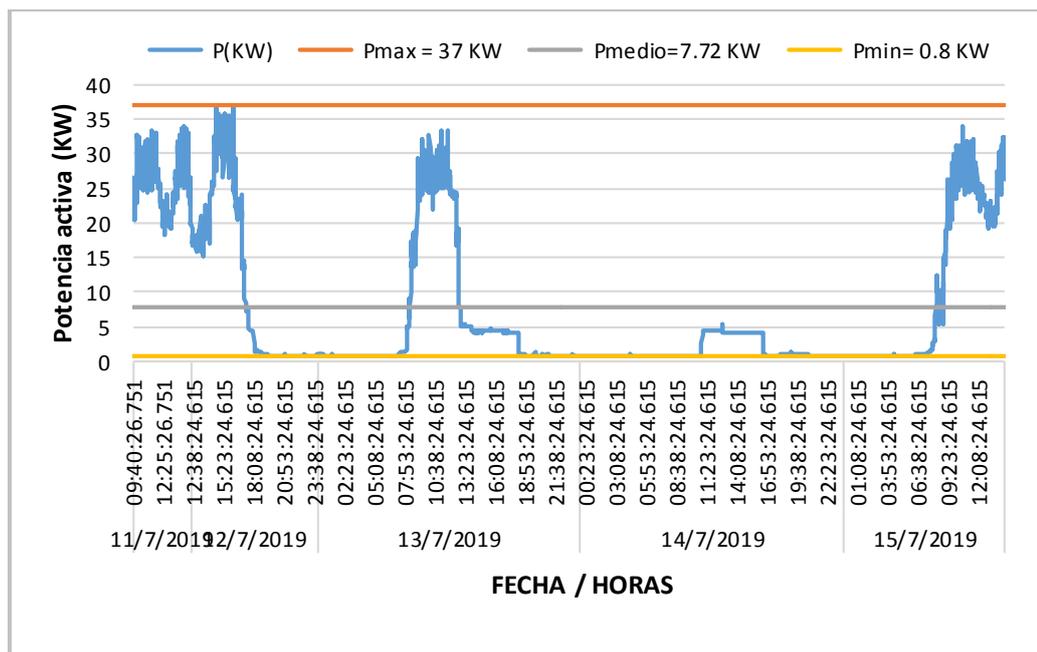


Ilustración 17. Curva de carga del interruptor general monofásico.

Fuente: elaboración propia

En la ilustración anterior, se muestra el resultado real que el equipo de medida ha indicado a diferentes consumos durante los 5 días y 14 minutos en los que se realizó la medición, en el interruptor general monofásico del edificio dibujando una línea azul que permite comparar esos consumos y determinar el grado de utilización del equipo. A ese valor se le conoce como factor de carga. Basado en la ilustración, se tienen los siguientes comentarios:

- El factor de carga máximo es 25.0% con 37.5 kVA (con FP=0.99) que representa 37.12 kW que se encuentra por aproximadamente a un cuarto de la capacidad nominal del banco de transformadores de 150 kVA que alimenta a todo el edificio.

- El factor de carga promedio es 5.0% con 7.5 kVA (con $FP=0.80$) que representa 6.75 kW.

A continuación, se presenta una tabla resumen de la medición realizada en dicho interruptor general monofásico:

KVA	Jueves 11/07/19	Viernes 12/07/19	Sábado 13/07/19	Domingo 14/07/15	Lunes 15/07/19
Max	34.30	38.00	34.30	5.70	34.40
Prom	26.56	11.51	6.32	1.73	10.62
Min	18.30	0.90	0.80	0.80	0.90

Tabla 12. Consumos registrados en los días de medición

Fuente: elaboración propia

Como puede verse de la tabla anterior, el valor máximo de potencia se registró en el día viernes 12/07/2019, con 38.00 kVA. El consumo mínimo al cerrar operaciones es de un promedio de 0.80 a 0.90 kVA.

5.2.4 Factor de potencia

A continuación, presentamos el factor de potencia medido por el analizador de energía durante los 5 días de su instalación.

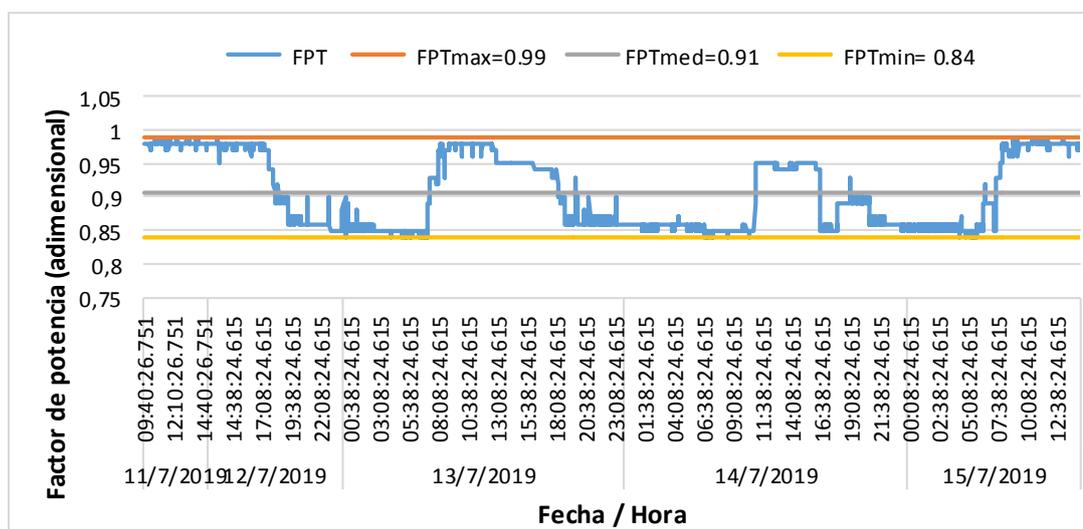


Ilustración 18. Factor de potencia obtenido en la medición del interruptor general.

Fuente: elaboración propia

De la ilustración anterior, se observa que el factor de potencia promedio es de 0.91, el cual está por encima del factor de potencia normado de 0.85. Cabe mencionar que el edificio no cuenta con banco de compensación central para optimizar el recurso energético comercial (el edificio posee un banco de compensación de 30 kVAR para el sistema de fuerza trifásico), sin embargo, la cantidad de aires acondicionados existentes en el edificio le ayudan a mejorar este factor, ya que cuentan con sus propios capacitores, logrando así evitar multas futuras en la factura eléctrica del edificio manteniendo el factor de potencia global por encima al normado y evitando multas económicas.

5.2.5 Armónicos de voltaje y corriente

La tasa de distorsión armónica (en porcentaje) tiene el siguiente comportamiento:

	THD V L1	THD V L2	PROMED IO	THD A L1	THD A L2	PROM
MAX	2.06	2.08	2.07	53.02	45.85	49.44
PROM	1.18	1.24	1.21	32.52	29.36	30.94
MIN	0.47	0.52	0.50	6.28	8.29	7.29

Tabla 13. Tasas de distorsión armónicas registradas por el equipo analizador Fluke 435.

Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior, se muestran los valores en porcentaje registrados por el equipo analizador Fluke de la tasa de distorsión armónica de voltaje (THD V) y de la tasa de distorsión armónica de corriente (THD A) por cada una de las líneas del sistema trifásico que alimenta a una parte de la carga monofásica de SERFOSA. Los valores de interés son los valores promedio (en negrita), y con respecto a la THD de voltaje se encuentra dentro del rango aceptable menor al 5% con un promedio global de 1.21%.

Respecto a los armónicos de corriente, tanto el promedio de las tres fases como el valor máximo registrado exceden el rango permisible de 15%, teniendo como resultado un 30.94 % promedio de las fases lo que representan una corriente de armónico muy excedida, razón por la cual se hace necesario instalar filtros para las armónicas que más afectan la onda senoidal de corriente.

Las armónicas presentes en el sistema eléctrico del edificio son las del orden 3, 5, 7, sin embargo, ocasionan problemas por ser de mayor magnitud según las mediciones realizadas con el equipo analizador de calidad de la energía Fluke 435⁷.

5.3 Factor de carga general

El banco de transformadores actualmente se encuentra trabajando a un 64% de su capacidad nominal que equivale a 96 kVA siendo este el factor de carga máximo registrado según los días de estudio, actualmente la empresa a disminuido su producción y cabe recalcar que las mediciones no fueron tomadas para las fechas de temporada de mayor producción.

Aunque los transformadores estén operando con un bajo factor de carga respecto a su capacidad nominal debido a los criterios de construcción de redes que mantiene la empresa distribuidora de energía para poder tener el servicio con medición primaria de media tensión. El banco de transformadores no puede ser menor a 150 kVA, por lo cual no es posible disminuir la capacidad nominal del banco de transformadores para mejorar su eficacia en cuanto a factor de carga.

⁷ Ver ficha técnica Fluke 435, anexo H.

⁸ Normativa Servicio Eléctrico

http://www.ine.gob.ni/DGE/normativas/Normativa_servicio_electrico.pdf

No se puede realizar la independización de los sistemas alimentados (monofásico y trifásico) ya que la empresa de distribución instala un equipo de medición individual para el registro del consumo de energía de cada servicio eléctrico excepto en los servicios provisionales en que podrá optar por no hacerlo, es decir, no se permite tener dos sistemas de medición bajo una misma razón social NSE 5.1.1⁸.

5.4 Medición de puesta a tierra.

Para realizar estas mediciones en los dos paneles eléctricos de SERFOSA se utilizamos el medidor de tierra física Fluke 1623-2.

Utilizamos el método de comprobación sin picas, con este método de comprobación, colocamos dos pinzas alrededor del cable de conexión, conectando cada una de ellas al comprobador. No se utiliza ninguna pica de puesta a tierra. Se indujo un voltaje conocido en una pinza y se medimos la corriente utilizando la segunda pinza. El comprobador automáticamente determino la resistencia del bucle de puesta a tierra en esta varilla de puesta a tierra.

Para nuestros análisis tomaremos como margen de evaluación para las mediciones de puesta a tierra un máximo de 10Ω como permisible por tener además de equipos robustos, también equipos sensibles.

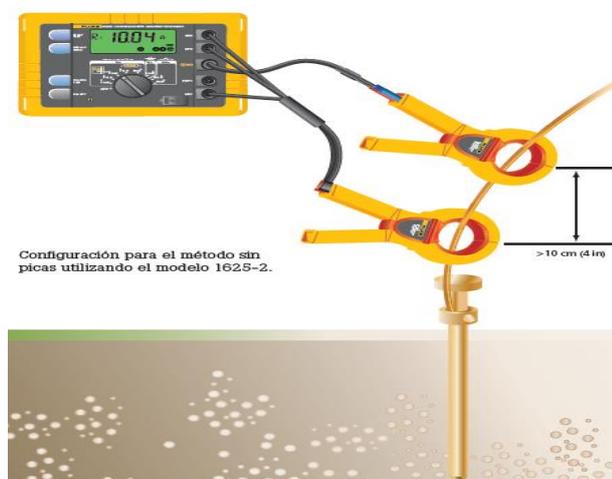


Ilustración 19. Configuración para el método sin picas usando el modelo Fluke 1623⁹.

⁹ Ver ficha técnica Fluke 1623-2, anexo I.

5.4.1 Panel del sistema trifásico



Primer Medición 10.26 Ω



Segunda Medición 10.34 Ω



Tercera Medición 10.32 Ω

Según la ilustración, podemos observar las tres mediciones realizadas para determinar la resistencia de puesta a tierra de este panel, el promedio de estas es de **10.31 Ω** , el valor obtenido es superior al normado de **10 Ω** según las normas citadas anteriormente, por lo que la conexión de puesta a tierra existente en este tablero se encuentra deficiente y se requiere mejorar disminuyendo su resistividad y mejorando la varilla o malla de puesta a tierra a la cual se encuentra conectada.

5.4.2 Interruptor general del sistema monofásico



Primer Medición 8.03 Ω



Segunda Medición 8.06 Ω



Tercera Medición 8.16 Ω

Según la ilustración, podemos observar las tres mediciones realizadas para determinar la resistencia de puesta a tierra de este panel, el promedio de estas es de **8.08 Ω** , el valor obtenido se encuentra dentro de los estándares de **10 Ω** según las normas citadas anteriormente.

5.5 Inspección termográfica por paneles

Realizamos la inspección del sistema eléctrico de SERFOSA, junto a las imágenes termográfica describimos la relevancia y la urgencia ante cada situación. El sistema de valoración utilizado es el comparativo entre un punto en condiciones normales y un punto crítico o caliente, por lo cual se ha considerado la siguiente nomenclatura:

TPC: Temperatura de Punto Crítico o Caliente (°C)

TCN: Temperatura equivalente en Condiciones Normales de trabajo (°C)

También se tiene en cuenta el rendimiento nominal en el momento del análisis y la temperatura máxima de trabajo para llegar a las conclusiones siguientes, aunque no definitivas:

Rangos de Temperatura	Relevancia
$T_{PC} - T_{CN} \leq 10^{\circ}\text{C}$	Normal
$10^{\circ}\text{C} < T_{PC} - T_{CN} \leq 20^{\circ}\text{C}$	Leve
$20^{\circ}\text{C} < T_{PC} - T_{CN} \leq 40^{\circ}\text{C}$	Grave
$40^{\circ}\text{C} < T_{PC} - T_{CN} \leq 70^{\circ}\text{C}$	Crítica
$T_{PC} - T_{CN} > 70^{\circ}\text{C}$	Muy Crítica

Tabla 14. Clasificación de relevancia de problemas térmicos ¹⁰

¹⁰ http://www.termografics.com/pdf/ejemplo_informe_termografics.pdf

Considerando que cada material tiene una emisividad diferente, siempre es necesario comparar temperaturas de elementos formados por el mismo material. Aunque la cámara termográfica tiene una corrección automática respecto a factores que puedan afectar, como son la temperatura ambiente, la humedad relativa y la distancia, existe un margen de error que se puede cuantificar en torno a $\pm 2\%$. La cámara termográfica usada fue Fluke VT04 como se muestra en la ilustración.



Ilustración 20. Cámara termográfica VT04.¹¹

Posteriormente de la valoración de todos los aspectos nombrados, se llega a una conclusión de la actuación que se tiene que llevar a cabo y que se enumera de menor a mayor urgencia.

Próximo predictivo (Relevancia Normal):		No es necesaria ninguna actuación hasta el próximo estudio predictivo
Realizar seguimiento (Relevancia Leve):		Realizar un seguimiento para ver la evolución del punto caliente o crítico usando la metodología y el personal más adecuado.
Lo antes posible (Relevancia Grave):		Actuar lo antes posible teniendo en cuenta la dinámica de cada empresa y sus turnos de trabajo, se aprovechará el paro más inmediato para corregir el problema.
Urgente (Relevancia Crítica):		Estudiar la posibilidad de parar el proceso para corregir el problema.
Muy Urgente (Relevancia Muy Crítica):		Interrumpir el proceso inmediatamente para corregir el problema.

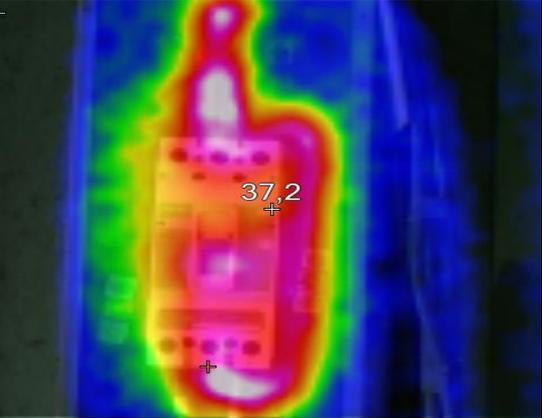
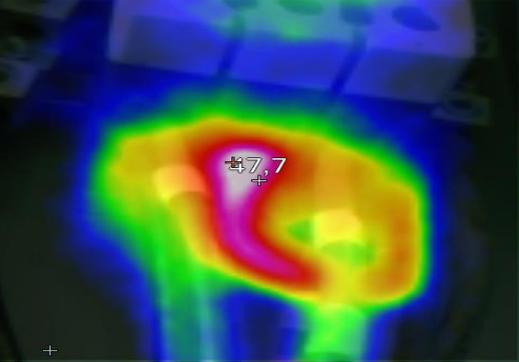
Tabla 15. Valoración de aspectos a partir del rango de temperatura.¹¹

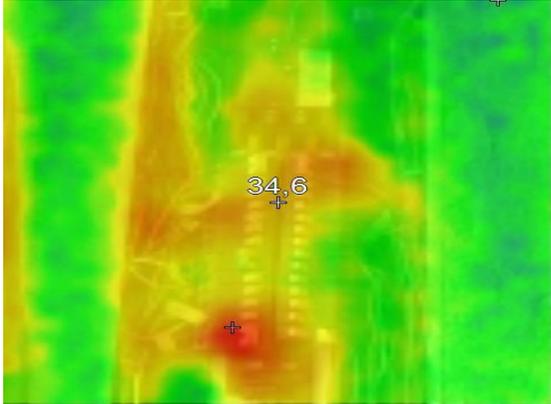
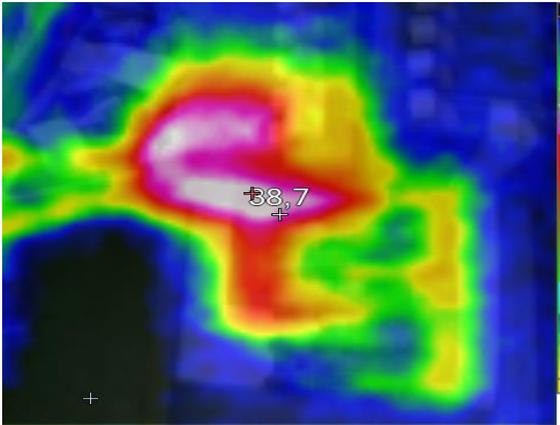
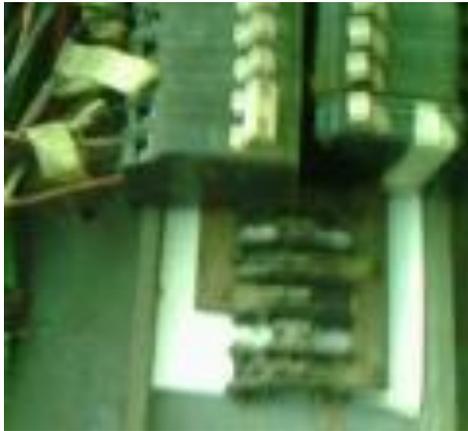
Se realizó la inspección termográfica en los componentes de los paneles principales que alimentan a los consumidores eléctricos y derivados (subpaneles) del suministro eléctrico.

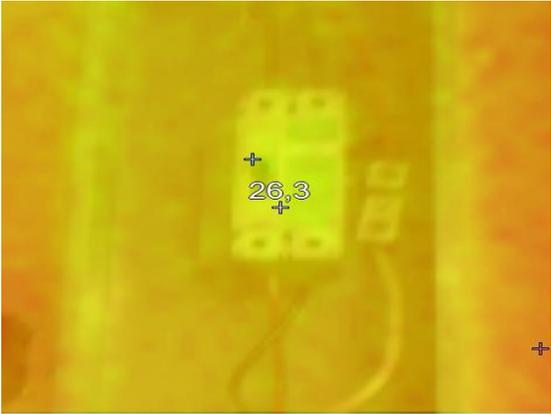
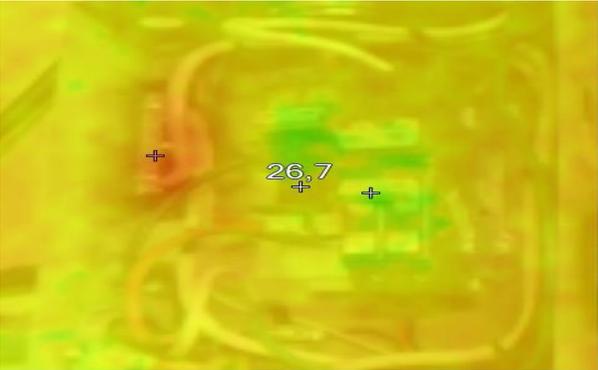
Al realizar las mediciones la temperatura ambiente de SERFOSA fue de 33°C. Las imágenes térmicas se realizan para detectar puntos caliente no visibles al ojo humano, previendo algún daño potencial en los componentes de estos equipos. A continuación, presentamos los resultados de las mediciones realizadas.

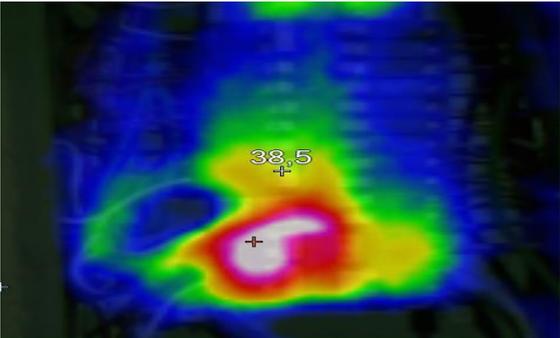
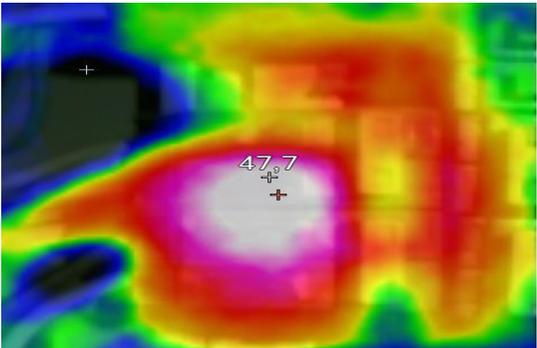
¹¹ Ver ficha técnica FlukeVTO4, anexo J.

¹² http://www.termografics.com/pdf/ejemplo_informe_termografics.pdf

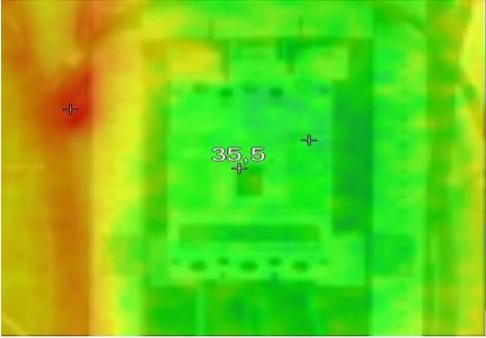
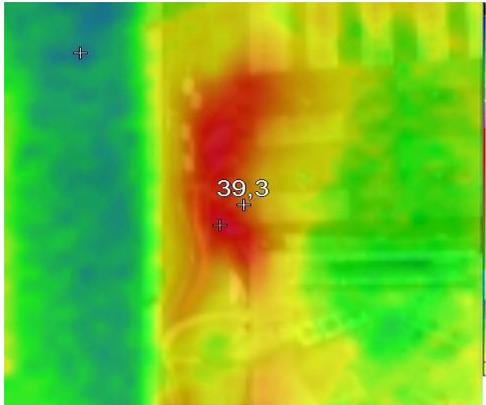
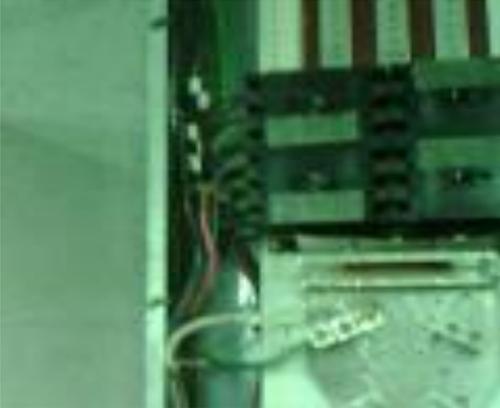
<p style="text-align: center;">Interruptor General Fecha y Hora: 23/07/2019 10:30</p>		Comentarios
 <p style="text-align: center;">Imagen térmica</p>	 <p style="text-align: center;">Imagen de luz visible</p>	<p>Se encuentra con Relevancia Leve.</p> <p>Realizar un seguimiento para ver la evolución del punto caliente o crítico usando la metodología y el personal más adecuado.</p> <p style="text-align: center;">Punto central: 37,2°C</p> <p>Fuente: elaboración propia</p>
 <p style="text-align: center;">Imagen térmica</p>	 <p style="text-align: center;">Imagen de luz visible</p>	<p>Se encuentra con Relevancia Leve.</p> <p>Realizar un seguimiento para ver la evolución del punto caliente o crítico usando la metodología y el personal más adecuado.</p> <p style="text-align: center;">Punto Central: 47,7°C</p> <p>Fuente: elaboración propia</p>

Panel 1- Pasillo 23/07/2019 10:43:18		Comentarios
 <p>Imagen térmica</p>	 <p>Imagen de luz visible</p>	<p>Se encuentra con Relevancia Normal.</p> <p>No es necesaria ninguna actuación hasta el próximo estudio predictivo.</p> <p>Punto Central: 34,6°C</p> <p>Fuente: elaboración propia</p>
 <p>Imagen térmica</p>	 <p>Imagen de luz visible</p>	<p>Se encuentra con Relevancia Normal.</p> <p>No es necesaria ninguna actuación hasta el próximo estudio predictivo.</p> <p>Punto Central: 38,7°C</p> <p>Fuente: elaboración propia</p>

Interrupor Principal Digital Fecha y Hora: 23/07/2019 11:16:02		Comentarios
 <p>Imagen térmica</p>	 <p>Imagen de luz visible</p>	<p>Se encuentra con Relevancia Normal.</p> <p>No es necesaria ninguna actuación hasta el próximo estudio predictivo.</p> <p>Punto Central: 26,3°C</p> <p>Fuente: elaboración propia</p>
Panel Digital Fecha y Hora: 23/07/2019 11:16:23		Comentarios
 <p>Imagen térmica</p>	 <p>Imagen de luz visible</p>	<p>Se encuentra con Relevancia Normal.</p> <p>No es necesaria ninguna actuación hasta el próximo estudio predictivo.</p> <p>Punto Central: 26,7°C</p> <p>Fuente: elaboración propia</p>

Panel 2 – Escaleras Fecha y Hora: 23/07/2019 10:30		Comentarios 54
 <p style="text-align: center;">Imagen térmica</p>	 <p style="text-align: center;">Imagen de luz visible</p>	<p>Se encuentra con Relevancia Normal.</p> <p>No es necesaria ninguna actuación hasta el próximo estudio predictivo.</p> <p>Punto Central: 38,5°C</p> <p>Fuente: elaboración propia</p>
 <p style="text-align: center;">Imagen térmica</p>	 <p style="text-align: center;">Imagen de luz visible</p>	<p>Se encuentra con Relevancia Leve.</p> <p>Realizar un seguimiento para ver la evolución del punto caliente o crítico usando la metodología y el personal más adecuado.</p> <p>Punto Central: 47,7°C</p> <p>Fuente: elaboración propia</p>

Interruptor Principal - Procesamiento Fecha y Hora: 23/07/2019 11:43:02		Comentarios
 <p>Imagen térmica</p>	 <p>Imagen de luz visible</p>	<p>Se encuentra con Relevancia Normal.</p> <p>No es necesaria ninguna actuación hasta el próximo estudio predictivo.</p> <p>Punto Central: 30,0°C</p> <p>Fuente: elaboración propia</p>
Panel 3 – Procesamiento Fecha y Hora: 23/07/2019 11:50:24		Comentarios
 <p>Imagen térmica</p>	 <p>Imagen de luz visible</p>	<p>Se encuentra con Relevancia Normal.</p> <p>No es necesaria ninguna actuación hasta el próximo estudio predictivo.</p> <p>Punto Central: 30,5°C</p> <p>Fuente: elaboración propia</p>

<p align="center">PRL- Fuerza Fecha y Hora: 23/07/2019 12:16:53</p>		<p align="center">Comentarios</p>
 <p align="center">Imagen térmica</p>	 <p align="center">Imagen de luz visible</p>	<p>Se encuentra con Relevancia Normal.</p> <p>No es necesaria ninguna actuación hasta el próximo estudio predictivo.</p> <p>Punto Central: 35,5°C</p> <p>Fuente: elaboración propia</p>
 <p align="center">Imagen térmica</p>	 <p align="center">Imagen de luz visible</p>	<p>Se encuentra con Relevancia Normal.</p> <p>No es necesaria ninguna actuación hasta el próximo estudio predictivo.</p> <p>Punto Central: 39,3°C</p> <p>Fuente: elaboración propia</p>

En resumen, la condición encontrada a través de la inspección termográfica en solo algunos casos se presenta condición leve, las demás se encuentran en estado normal.

Para poder corregir este tipo de recalentamientos a tiempo, se tiene que inspeccionar estos puntos una vez cada seis meses con la cámara termográfica para determinar el deterioro y/o sobrecalentamientos en los componentes del sistema eléctrico, en caso de presentarse los mismos.

El calentamiento anómalo asociado con una alta resistencia o con un flujo de corriente excesivo es la principal causa de muchos de los problemas de los sistemas eléctricos o de tipo térmicos.

5.6 Inspección física

5.6.1 Problemas Generales

Todos los paneles eléctricos inspeccionados cuentan con las siguientes anomalías:

- a) Los conductores no cuentan con identificación correcta.
- b) No poseen tabla de identificación de circuitos.
- c) Falta de limpieza interna.
- d) Orden del cableado eléctrico.
- e) Espacios para Breakers abiertos sin cubrir.
- f) Orificios para terminales de conectores descubiertos.

A continuación, se muestra las anomalías encontradas en cada uno de los centros de carga inspeccionados.

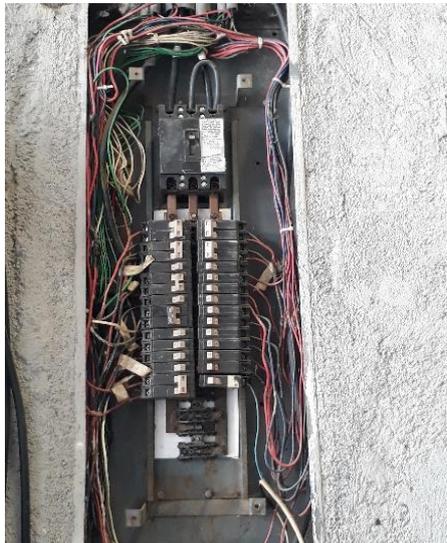
5.6.2 Problemas Específicos en cada panel



1. Interruptor General Monofásico (IG)

Posee un Main tipo trifásico con un puente de la L3 de entrada a las L2 de salida el cual no es necesario y esta recalentado.

Fuente: elaboración propia



2. Panel 1- Pasillo (P1-Pasillo)

- Existen conductores de color blanco para conductores de vivos de línea.
- Desorden.
- Posee una sola barra de neutro y tierra.
- Flojedad en los Breakers ramales.
- Empalmes entre conductores.
- Conductores de circuitos alimentadores de un solo color (rojo u negro).

Fuente: elaboración propia



3. Interruptor Principal Digital (IP-Digital).

- Calibre de conductor no adecuado al Main.
- Conductor de color rojo para neutro.

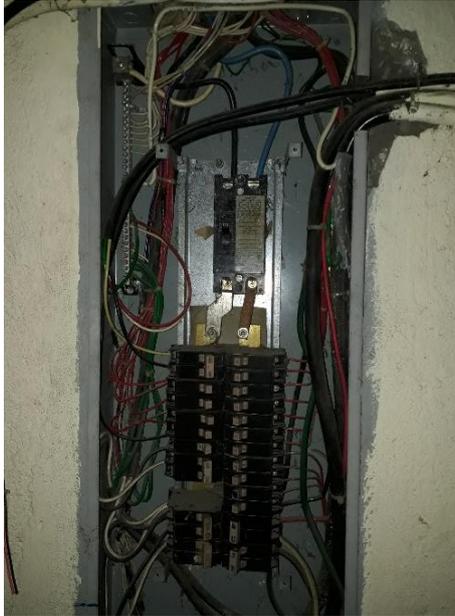
Fuente: elaboración propia



4. Panel Digital (P-Digital).

- Existen conductores de color blanco para conductores de vivos de línea.
- Calibre de conductores no adecuado a los breakers ramales.
- Desorden.
- Existen conductores de color blanco para conductores de tierra.
- La alimentación está directamente de las borneras de barras sin ninguna protección termo magnética.
- Orificios para terminales de conectores descubiertos.
- Espacios en la tapa del panel libres sin breakers.

Fuente: elaboración propia



5. Panel 2 – Escalera (P2-Escalera)

- Suciedad y desorden.
- Existen conductores de color blanco para conductores de vivos de línea.
- Empalme entre conductores.
- Corte en la Caja del panel con salida de conductores sin canalización.
- Espacios en la tapa del panel libres sin breaker.

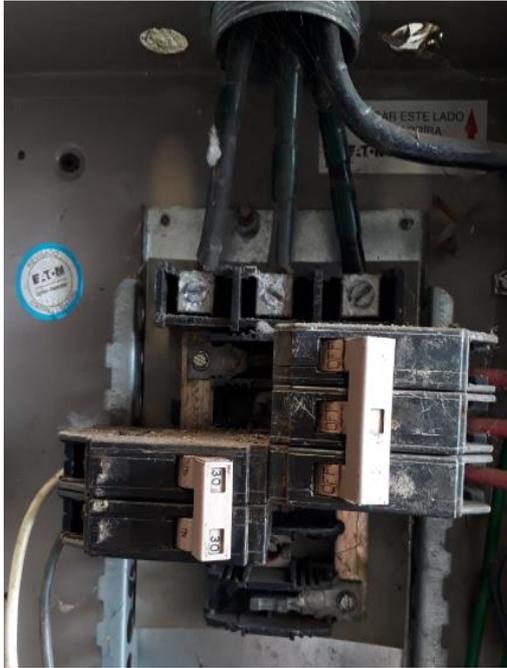
Fuente: elaboración propia



6. Interruptor Principal Procesamiento (IP-Procesamiento)

- Caja improvisada para el Main.
- Calibre de conductores no adecuado al Main.
- Neutro improvisado en el exterior de la caja del Main.
- No existe Tierra.

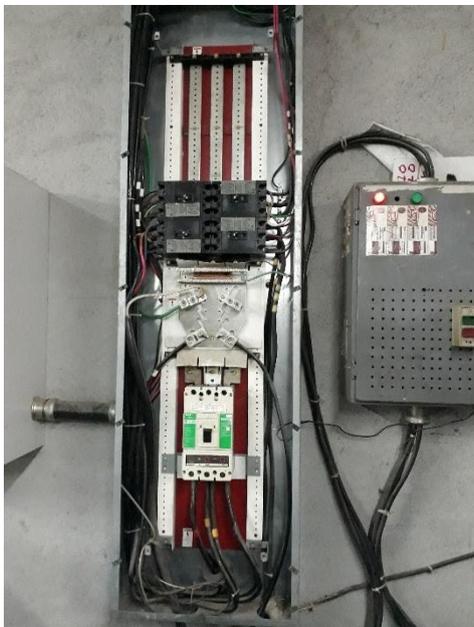
Fuente: elaboración propia



7. Panel 4-Pasillo (P4-Pasillo)

- La alimentación está directamente de las borneras de barras sin ninguna protección termo magnético.
- La alimentación no está diferenciada con respecto al código de colores.
- Existen conductores de color blanco para conductores de vivos de línea.
- Suciedad.
- Borneras oxidadas y sulfatadas.
- Existen conductores de color negro para conductores de tierra.
- Conductores de circuitos alimentadores de un solo color (rojo).
- Orificios para terminales de conectores descubiertos.

Fuente: elaboración propia



8. PRL-Fuerza

- Existen conductores de color blanco para conductores de vivos de línea.
- Orificios para terminales de conectores descubiertos.

Fuente: elaboración propia

Capítulo 6 Propuesta de mejora

1) Reducir el consumo de energía eléctrica comercial mediante un sistema de paneles fotovoltaicos de inyección directa de 38.40 kWp.

Situación actual: En la actualidad, las instalaciones de Empresa SERFOSA presenta un consumo anual de energía eléctrica de 112,980 kWh/año con un consumo promedio mensual de 9,415 kWh/mes.

Situación futura: Dadas las condiciones climáticas existentes en Managua, a la incidencia solar y el área de techo reforzado con que cuenta las instalaciones de la empresa, se recomienda instalar un sistema de paneles fotovoltaicos de 38,40 KW instalados, con inyección directa para suplir las necesidades de energía eléctrica durante las horas solares de 8:00 am a 5:00 pm.

Ahorro económico: Ahorro por la implementación de esta opción será de USD \$ 7,974 anuales.

Ahorro energético: Se estima un ahorro de 46,494 kWh/año equivalente a un ahorro de 41 % con respecto al consumo energético global de la empresa y una disminución en demanda de potencia efectiva en horas del día de 34.6 KW.

Inversión: Se requiere una inversión total de **USD 35,992 + IVA** para la adquisición del sistema propuesto. Dicha tecnología requiere 312 m² para instalar 96 paneles de 400 W (cada uno), 1 inversor de 10 KW para el sistema Trifásico y 4 inversores de 5 KW para el sistema monofásico. Con una garantía de 10 años para los inversores, y una vida útil de los paneles de 20-25 años.

Período de recuperación simple: La inversión se recuperará en menos de **4.5 año**.

2) Reducir el consumo de energía eléctrica comercial mediante el cambio de dispositivos de iluminación tipo Fluorescentes a dispositivos LED.

Situación actual: En la actualidad, en las instalaciones de Empresa SERFOSA se encuentran instaladas 49 lámparas tipo fluorescente, de las cuales 43 son de 2 tubos de 75 watts cada uno, 3 de 2 tubos de 40 watts, 2 de 3 tubos de 20 watts y finalmente 1 luminaria de 2 tubos de 36 watts.

SITUACIÓN ACTUAL			
Uso Energético	Qty	Energía (kWh/mes)	Potencia (kW)
Luminarias 2x40W	3	14.08	0.08
Fluorecentes 2x75w	4	26.40	0.15
	3		
Luminaria tubular 2x36w	1	10.56	0.06
Luminaria tubular 3x20w	2	10.56	0.06
Total general	4	61.60	0.35
	9		

Tabla 16. Situación actual de iluminación interior de la empresa.

Fuente: elaboración propia

La iluminación instalada en la empresa, son tubos fluorescentes de 40W, 75 W, 20W y 36 W la cantidad de tubos instalados de 100 unidades y estos consumen **739.20 kWh/año**.

Situación futura: Se recomienda sustituir los tubos fluorescentes por tubos más ahorrativos, LED de 18 W de potencia. Esta propuesta genera un ahorro del 67% con respecto a la situación actual del consumo de energía por este uso energético.

SITUACIÓN PROPUESTA			
Uso Energético	Qty	Energía (kWh/mes)	Potencia (kW)
FC 2x75 a LED de 4x18 W	43	13.46	0.07
T12 a LED de 2x18W	6	7.13	0.04
Total general	49	20.59	0.10

Tabla 17. Situación propuesta de iluminación interior de la empresa.

Fuente: elaboración propia

Al sustituir las luminarias fluorescentes y cambiarlas por luminarias tipo LED con tubos de 18W este sistema consumiría **247.10 KWh/ año**, que representaría un ahorro del 67 %.

Ahorro económico: Ahorro por la implementación de esta opción será de **USD 287.04** anuales.

Inversión: Se requiere una inversión total de USD 1991.46 + IVA que consiste en el cambio de luminarias fluorescentes de 2x75 W a Luminaria Súper Kit LED de 4 tubos de 18 W, 96” “; cambio de luminarias T12 a luminaria Súper Kit LED de 48”, 2x18 W.

Período de recuperación simple: La inversión se recuperará en 6.94 años.

Capítulo 7 Conclusiones

Luego de realizado el trabajo se obtienen las siguientes conclusiones:

- Se realizó inspección en los centros de carga del edificio, descubriendo que la mayoría no cumplen los requerimientos de acuerdo a las normas vigentes, por lo cual se recomendó evacuar la gran cantidad de anomalías encontradas para poder garantizar la continuidad con calidad y seguridad de la energía eléctrica.
- Luego de realizar mediciones en los centros de cargas principales del edificio se encontró que el sistema esta desbalanceado con un porcentaje fuera de los estándares permitidos por las diferentes normas, SERFOSA cuenta con una configuración estrella- delta aterrizada en el banco de transformadores del cual se deriva la alimentación al sistema monofásico 120-120 V por fase y al trifásico 120-208-120V por fases, debido a esto no se puede realizar un balance de carga total para el sistema por la configuración de este, además la empresa no cuenta con equipos 208 V que se puedan conectar directamente a la línea griega.
- Las soluciones propuestas deberán ser ejecutadas por personal técnico capacitado con las mejores técnicas posibles para cada caso, a fin de proteger en primer lugar la vida humana, las instalaciones físicas y los equipos eléctricos de SERFOSA.

Capítulo 8 Recomendaciones

8.1 Recomendaciones específicas a la inspección Física

Los sistemas eléctricos por lo general deben de cumplir con normas estándares de materiales e instalación. Las normas de materiales, cálculo y diseño son regidas en nuestro país por el CIEN (Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua) y el NEC (Código Eléctrico Nacional Estadounidense) mientras tanto la calidad de mano de obra es regida por la Dirección general de Bomberos de Nicaragua. Para garantizar la calidad de las instalaciones eléctricas todo sistema eléctrico debe constar con la aprobación de diseño y construcción de los Bomberos lo cual si es omitido puede causar grandes daños y hasta pérdida de la vida humana a causa de malas instalaciones realizadas sin supervisión especializada.

A continuación, mostramos las condiciones básicas con que debe de constar un panel eléctrico:

- A.** Codificación por Colores. En el caso de SERFOSA el código deberá de ser el siguiente:
 - Negro: Fase A
 - Rojo: Fase B
 - Azul: Fase C
 - Blanco: Neutro
 - Verde o Amarillo: Puesta a Tierra.
- B.** Barra Independiente de Puesta a Tierra.
- C.** Calibre de los Conductores de línea, neutro y puesta a tierra calculados de acuerdo a la carga alimentada.
- D.** Barra independiente de neutro sólido.
- E.** Borneras aptas para cada calibre de conductor.
- F.** Terminaciones de canalizaciones realizadas con conectores adecuados.
- G.** Panel sin orificios libres por los cuales puedan penetrar animales y contaminantes grandes.

- H. Orden general.
- I. Cableado en buen estado y sin empalmes.
- J. Limpieza

A continuación, detallamos las problemáticas encontradas en cada uno de los puntos inspeccionados:

8.2 Recomendaciones Generales al sistema eléctrico de SERFOSA

A continuación, se presentan las mejoras al sistema eléctrico necesarias para garantizar un sistema eléctrico confiable, seguro y correctamente dimensionado según normas nacionales e internaciones como NEC 2014 y CIEN:

1. Brindar un mantenimiento completo a todos los paneles eléctricos existentes en el edificio, a fin de corregir las anomalías encontradas tales como, desbalance de carga, recalentamiento según estudio termográfica, etc.
2. Realizar un balance de carga a los paneles con el fin de que estos se encuentren dentro del rango admisible menor del 10%, según normas internacionales como NEC2014 e IEEE, para que se reduzcan los costos de pérdidas de energía.
3. Se recomienda mejorar la conductividad del terreno para garantizar la continuidad y baja resistencia de cualquier falla a tierra.
4. Instalar un filtro de armónicos pasivo en los paneles principales para mitigar los amónicos del orden 3, 5, y 7 para evitar fluctuaciones, calentamiento y vibraciones en los equipos electrónicos, así como en motores.

5. Se recomienda realizar un diagnóstico de transformadores para conocer la condición real de operación en la que se encuentran los transformadores en aceite tipo poste de SERFOSA y realizar el mantenimiento completo, esto se debe hacer como mínimo una vez en un período de tiempo de cada 5 años.
6. Evacuar todas las anomalías encontradas en cada panel de acuerdo con todas las normas eléctricas aplicables a cada caso.
7. Se recomienda verificar la puesta a tierra al menos una vez al año como parte de su plan normal de mantenimiento preventivo. Durante estas verificaciones periódicas, si se mide un aumento en la resistencia de más del 20%, el técnico deberá investigar el origen del problema y hacer la corrección para disminuir la resistencia, al reemplazar o agregar varillas y agregar material para mejorar la conductividad del sistema de puesta a tierra.
8. Se recomienda realizar una auditoria eléctrica de Nivel 3 en caso de querer conocer la eficiencia de cada equipo, realizando mediciones puntuales a fin de descubrir que equipos están ocasionando las anomalías encontradas en el sistema.

Capítulo 9 Bibliografía

Sitios web de organismos

- Regal Manuel (2015), Clases de auditorías energéticas. AMV Ingeniería. Recuperado de <http://amvingeneria.com/?p=32>
- Beneficios de las Auditorías Energéticas e las empresas. Recuperado de: <https://www.remica.es/comunicacion/noticias/beneficios-de-las-auditorias-energeticas-en-empresas>.
- Bonilla Santiago (Octubre, 2012) Banco de Capacitores – Constructor Eléctric. Recuperado de <https://e-management.mx/bancos-de-capacitores/>

Revista

- Hernández Núñez Génesis, Marzo 2014; La Prensa; Nicaragua trabaja en eficiencia energética; recuperado de: <https://www.laprensa.com.ni/2014/03/27/nacionales/188530-nicaragua-trabaja-en-eficiencia-energetica>

Sitios de Interés

- Wikipedia; Septiembre 2017; Auditoria Energética; recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Auditor%C3%ADa_energ%C3%A9tica

Monografías

- Peralta Calderón Elisa, Gutiérrez Cama Sara, Chavarría Lorio Yadira; Diciembre 2017; Auditoria energética en el Supermercado La Colonia,

del municipio de Estelí, con énfasis en autogeneración de energía en el II semestre año 2016.

- Dávila Gonzales Reynaldo, Junio 2016, Managua; “Estudio de Auditoria eléctrica en el restaurante el colonial ubicado en Rivas, para el uso eficiente de la energía eléctrica”.
- Vintimilla Córdoba y Paladines Paul (2012). “Auditoria Eléctrica a la fábrica de Cartones Nacional Cartopel”.
- Auditorías energéticas, Agosto 2005. Definición, ámbito de actuación y normativa. Procedimientos para realizar auditorías eléctricas.

Libros

- Consejería de economía y hacienda comunidad de Madrid, España; Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la comunidad de Madrid.
- Guevara Chinchayan Roger (2008), Diagnósticos Y Racionalización De La Energía.

Capítulo 10 Anexos

A. Diagrama unifilar SERFOSA

B. Censo de carga

Item	Ubicación	Cantidad	Descripción	Uso energético	Voltaje Nominal	Amperaje (A)	Potencia (kW)	Potencia Total (kW)	Hrs	kWh/mes
1	IMPRESIÓN DIGITAL	4	Computadora de Escritorio	Eq. Ofimático	120	5.8	0.70	2.78	72	200.45
2		3	Lamparas Fluorescente tubular 2X75 W	Iluminación	120	1.25	0.15	0.45	176	79.20
3		1	Aire acondicionado 60 000 BTU	Climatización	240	28.00	5.71	5.71	56	319.87
4		1	Maquina XEROX Impresora Digital 1000	Eq. Producción	240	38.00	8.21	8.21	36	295.49
5		1	Maquina Versant 2100 Press, Impresión digital.	Eq. Producción	240	24.00	5.18	5.18	36	186.62
6		1	Maquina XEROX Impresora Digital D125	Eq. Producción	240	25.00	5.40	5.40	36	194.40
7		2	Impresora de Mesa, HP Offset Pro X476dw MFP	Eq. Producción	100/240	2.00	0.2	0.40	44	17.60
8		1	Telefono	Eq. Ofimático	120	0.70	0.07	0.07	22	1.54
9		1	Riso EZ 391U	Eq. Producción	120	2.50	0.3	0.30	28	8.40
10		1	Ricoh MP C4504	Eq. Producción	120	10.00	1.2	1.20	28	33.60
11	REA DE EMBARNIZADO	2	Cepos con bombillo	Iluminación	120	0.18	0.02	0.04	66	2.85
12		1	Lamparas Fluorescente tubular 2X75 W	Iluminación	120	1.25	0.15	0.15	66	9.90
13		1	Fan	Climatización	120	0.38	0.05	0.05	15	0.68
14		1	Maquina para embarnizar	Eq. Producción	240	12.50	4.41	4.41	15	67.94
15	1	Guillotina	Eq. Producción	240	8	2.82	2.82	12	33.88	
16	BODEGA	6	Lamparas Fluorescente tubular 2X75 W	Iluminación	120	1.25	0.15	0.90	66	59.40
17	SALA SEGUNDO PISO	2	Lamparas Fluorescente tubular 2X75 W	Iluminación	120	1.25	0.15	0.30	15	4.50
18		4	Ojos de buey	Iluminación	120	0.18	0.02	0.09	15	1.30
19		1	Aire acondicionado 35 000 BTU	Climatización	240	18.00	3.67	3.67	56	205.63
20		1	Lampara tubular 2X36 W	Iluminación	120	0.60	0.07	0.07	15	1.08
21		1	Aire acondicionado 12 000 BTU	Climatización	240	6.00	1.22	1.22	56	68.54
22	CONTABILIDAD	4	Ojos de buey	Iluminación	120	0.18	0.02	0.09	15	1.30
23		1	Aire acondicionado 35 000 BTU	Climatización	240	18.00	3.67	3.67	56	205.63
24		4	Computadora de Escritorio	Eq. Ofimático	120	5.8	0.70	2.78	72	200.45
25		2	Lamparas tubular 3X20 W	Iluminación	120	0.50	0.06	0.12	15	1.80
26		1	Computadora Portatil	Eq. Ofimático	120	0.78	0.09	0.09	72	6.74
27		1	Impresora de Mesa, HP Offset Pro X476dw MFP	Eq. Producción	100/240	2.00	0.2	0.20	10	2.00
28	GERENCIA	2	Computadora de Escritorio	Eq. Ofimático	120	5.8	0.70	1.39	60	83.52
29		1	Refrigeradora	Otros equipos	120	3.00	0.36	0.36	374	134.78
30		5	Ojos de buey	Iluminación	120	0.18	0.02	0.11	15	1.62
31		1	Lampara de 2X40 W	Iluminación	120	0.16	0.02	0.02	15	0.29
32	1	Aire acondicionado 12 000 BTU	Climatización	240	6.00	1.22	1.22	56	68.54	
33	ENTREGA DE MATERIAL Y TRABAJO TERMINADO	2	Ojos de buey	Iluminación	120	0.18	0.02	0.04	15	0.65
34		1	Lamparas Fluorescente tubular 2X75 W	Iluminación	120	1.25	0.15	0.15	15	2.25
35		2	Computadora de Escritorio	Eq. Ofimático	120	5.8	0.70	1.39	72	100.22
36	1	Aire acondicionado 12 000 BTU	Climatización	240	6.00	1.22	1.22	56	68.54	
37	CTP	1	Luncher XPOSE UV Conventional	Eq. Producción	380	32	18.93	18.93	24	454.39
38		5	Computadora de Escritorio	Eq. Ofimático	120	5.8	0.70	3.48	72	250.56
39		2	Ojos de buey	Iluminación	120	0.18	0.02	0.04	66	2.85
40		4	Cepos con bombillo	Iluminación	120	0.18	0.02	0.09	66	5.70
41		1	Kodak Trendsetter 800 Plate Eter	Eq. Producción	200/ 240	8.00	1.63	1.63	28	45.70
42		1	Aire acondicionado 60 000 BTU	Climatización	240	28.00	5.71	5.71	56	319.87
43	AREA DE PROCESAMIENTO	1	Aire acondicionado 12 000 BTU	Climatización	240	6.00	1.22	1.22	56	68.54
44		5	Ojos de buey	Iluminación	120	0.18	0.02	0.11	15	1.62
45		1	HY-PST-900IV HENGYB	Eq. Producción	240	16.00	3.46	3.46	24	82.94
46		1	Procesadora	Eq. Producción	240	10.00	2.16	2.16	31	66.53
47	1	BABY PACK 3246-N	Eq. Producción	220	8.00	1.76	1.76	15	26.40	
48	AREA DE PLOTTER	1	Aire acondicionado 12 000 BTU	Climatización	240	6.00	1.22	1.22	56	68.54
49		6	Ojos de buey	Iluminación	120	0.18	0.02	0.13	15	1.94
50		1	Computadora de Escritorio	Eq. Ofimático	120	5.8	0.70	0.70	72	50.11
51		1	Lamparas Fluorescente tubular 2X75 W	Iluminación	120	1.25	0.15	0.15	15	2.25
52		1	Roland VS-640 Plotter	Eq. Producción	120	8.20	0.98	0.98	56	55.10
53		1	Roland VS-641 i Plotter	Eq. Producción	120	7.80	0.94	0.94	56	52.42
54		1	BU - 1600 II Laminadora	Eq. Producción	110	0.81	0.09	0.09	56	4.99

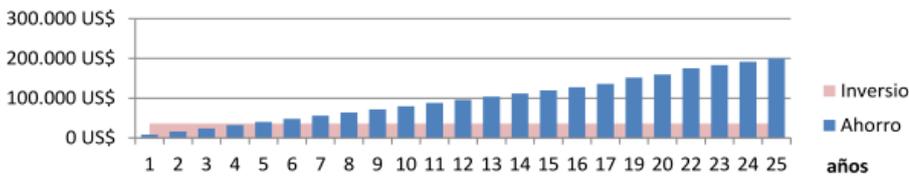
Item	Ubicación	Cantidad	Descripción	Uso energético	Voltaje Nominal	Amperaje (A)	Potencia (kW)	Potencia Total (kW)	Hrs	kWh/mes
55	SALA DE ATENCION AL CLIENTE	2	Aire acondicionado 35 000 BTU	Climatizacion	240	18.00	3.67	7.34	56	411.26
56		6	Ojos de buey	Iluminacion	120	0.18	0.02	0.13	22	2.85
57		2	Lamparas Fluorescente tubular 2X75 W	Iluminacion	120	1.25	0.15	0.30	22	6.60
58		1	Impresora	Eq. Produccion	120	12.00	1.44	1.44	31	44.35
59		7	Computadora de Escritorio	Eq. Ofimatico	120	5.8	0.70	4.87	72	350.78
60		1	Maquina de hacer sellos	Eq. Produccion	120	1.00	0.12	0.12	15	1.80
61		5	Telefono	Eq. Ofimatico	120	0.70	0.07	0.35	22	7.70
62	PASILLO	3	Lamparas Fluorescente tubular 2X75 W	Iluminacion	120	1.25	0.15	0.45	66	29.70
63		1	Oasis	Otros equipos	120	0.77	0.09	0.09	437	40.36
64	AREA DE BAÑO	1	Lamparas Fluorescente tubular 1X40	Iluminacion	120	0.30	0.04	0.04	132	4.75
65	COMEDOR	1	Lamparas Fluorescente tubular 2X75 W	Iluminacion	120	1.25	0.15	0.15	22	3.30
66		2	Abanicos	Iluminacion	120	0.38	0.05	0.09	22	2.01
67		1	Microondas	Otros equipos	120	8.30	1.00	1.00	20	19.92
68		1	Televisor	Otros equipos	120	1.50	0.18	0.18	20	3.60
69	TALLER	23	Lampara Fluorescente tubular 2X75 W	Iluminacion	120	1.25	0.15	3.45	154	531.30
70		2	Lampara Fluorescente tubular 2X40 W	Iluminacion	120	0.66	0.08	0.16	154	24.39
71		1	Compresor 6.5 hp	Eq. Produccion	240	26.00	4.84	4.84	24	116.16
72		1	Compresor de 3.2 hp	Eq. Produccion	240	18.00	2.39	2.39	36	85.94
73		3	Abanicos de piso de 12"	Climatizacion	120	0.60	0.07	0.22	48	10.37
74		1	Maquina afiladora 1f	Eq. Produccion	240	8.00	1.92	1.92	32	60.48
75		1	Guillotina (Cortadora de papel) 1	Eq. Produccion	240	8	2.82	2.82	48	135.52
76		1	Guillotina (Cortadora de papel) 2	Eq. Produccion	240	13	4.59	4.59	48	220.22
77		1	Guillotina (Cortadora de papel) 3	Eq. Produccion	240	11	3.88	3.88	48	186.34
78		1	Guillotina (Cortadora de papel) Monofasica	Eq. Produccion	240	8.00	1.92	1.92	56	107.52
79		2	Maquina troqueladora	Eq. Produccion	240	8	2.82	5.65	48	271.04
80		1	Maquina troqueladora	Eq. Produccion	240	5.00	1.20	1.20	56	67.20
81		1	Impresora Offset Completa Roland	Eq. Produccion	380	70	39.12	39.12	36	1,408.15
82		1	Impresora Offset Completa Heidelberg	Eq. Produccion	240	50	17.65	17.65	36	635.26
83		2	Impresora industrial 1	Eq. Produccion	110	15.00	1.65	3.30	15	49.50
84		1	Impresora industrial 2	Eq. Produccion	110	25.00	2.75	2.75	15	41.25
85		2	Impresora Industrial 3	Eq. Produccion	240	8	2.82	5.65	15	84.70
86		1	Maquina Compaginadora	Eq. Produccion	380	22	12.29	12.29	24	295.04
87		1	Engrapadora maquina industrial 1	Eq. Produccion	240	1.40	0.34	0.34	60	20.16
88		2	Engrapadora maquina industrial 2	Eq. Produccion	115	2.00	0.23	0.46	60	27.60
89		1	Engrapadora maquina industrial 3	Eq. Produccion	115	13.60	1.56	1.56	60	93.84
90		1	Ponchadora	Eq. Produccion	110	5.00	0.55	0.55	28	15.40
91		1	Perforadora	Eq. Produccion	220	4.20	0.92	0.92	28	25.87
92	1	Remachadora	Eq. Produccion	110	2.50	0.28	0.28	28	7.70	
93	CAJA	1	Aire acondicionado 12 000 BTU	Climatizacion	240	6.00	1.22	1.22	56	68.54
94		1	Computadora de Escritorio	Eq. Ofimatico	120	5.8	0.70	0.70	72	50.11
95		1	Computadora Portatil	Eq. Ofimatico	120	0.78	0.09	0.09	72	6.74
96		1	Impresora Epson M205	Eq. Produccion	120	0.5	0.06	0.06	42	2.52

Total: 9.809,54 Kwh/mes

C. Facturación anual SERFOSA, Mayo 2018 - Abril 2019.

Facturación	NIS:	2088673	kW contratados:	166										
Nivel de tensión:		BT	Tarifa:	T-4D INDUSTRIAL MEDIANA TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIA ESTACIONAL										
Mes Facturado	Días Facturados	Energía kWh	kWh/día	Reactiva kVARh	Demanda kW	Factor de potencia (FP)	C\$ por kWh	C\$ por kW	Import total C\$	Import total USD	Ton CO2 / mes	USD/kWh	kg CO2/día	C\$ por kWh
may-18	31	9,940	321	4,760	70.00	0.90	C\$ 46,351.30	C\$ 37,182.96	C\$ 100,215.20	\$3,034.98	5.27	\$0.3053	169.94	C\$ 46,351.30
jun-18	30	4,620	154	1,820	69.00	0.93	C\$ 21,630.35	C\$ 36,799.05	C\$ 71,068.71	\$2,152.29	2.45	\$0.4659	81.62	C\$ 21,630.35
jul-18	30	7,420	247	2,520	66.00	0.95	C\$ 34,883.01	C\$ 35,345.24	C\$ 84,786.37	\$2,567.73	3.93	\$0.3461	131.09	C\$ 34,883.01
ago-18	32	7,700	241	3,220	63.00	0.92	C\$ 36,346.60	C\$ 33,878.74	C\$ 84,796.35	\$2,568.03	4.08	\$0.3335	127.53	C\$ 36,346.60
sep-18	30	8,960	299	3,360	74.00	0.94	C\$ 42,468.42	C\$ 39,953.98	C\$ 98,976.22	\$2,997.46	4.75	\$0.3345	158.29	C\$ 42,468.42
oct-18	32	10,500	328	3,640	66.00	0.94	C\$ 49,975.13	C\$ 35,782.60	C\$ 102,863.67	\$3,115.19	5.57	\$0.2967	173.91	C\$ 49,975.13
nov-18	29	11,200	386	3,920	78.00	0.94	C\$ 53,527.19	C\$ 42,458.45	C\$ 114,756.46	\$3,475.36	5.94	\$0.3103	204.69	C\$ 53,527.19
dic-18	32	13,300	416	4,480	84.00	0.95	C\$ 63,820.38	C\$ 45,914.35	C\$ 130,739.61	\$3,959.41	7.05	\$0.2977	220.28	C\$ 63,820.38
ene-19	30	11,200	373	3,640	78.00	0.95	C\$ 55,358.80	C\$ 44,033.03	C\$ 118,891.49	\$3,600.59	5.94	\$0.3215	197.87	C\$ 55,358.80
feb-19	28	9,380	335	2,800	80.00	0.96	C\$ 46,660.27	C\$ 45,331.42	C\$ 110,309.16	\$3,340.68	4.97	\$0.3561	177.55	C\$ 46,660.27
mar-19	31	9,520	307	2,520	63.00	0.97	C\$ 47,981.50	C\$ 36,217.43	C\$ 101,280.78	\$3,067.26	5.05	\$0.3222	162.76	C\$ 47,981.50
abr-19	29	9,240	319	2,800	84.00	0.96	C\$ 47,235.59	C\$ 48,985.15	C\$ 115,266.78	\$3,490.82	4.90	\$0.3778	168.87	C\$ 47,235.59
Total	364	112,980	3,725	39,480.00	875		C\$ 546,238.54	C\$ 481,882.40	C\$ 1,233,950.80	\$37,369.80	59.88	\$0.3308	164.50	C\$ 546,238.54
Máximo	32	13,300	415.63	4,760.00	84.00	0.97	C\$ 63,820.38	C\$ 48,985.15	C\$ 130,739.61	\$3,959.41	7.05	\$0.4659	220.28	C\$ 63,820.38
Promedio	30.33	9415.00	310.44	3,290.00	72.92	0.94	C\$ 45,519.88	C\$ 40,156.87	C\$ 102,829.23	\$3,114.15	4.99	\$0.3390	164.53	C\$ 45,519.88
Mínimo	28	4,620	154.00	1,820.00	63.00	0.90	C\$ 21,630.35	C\$ 33,878.74	C\$ 71,068.71	\$2,152.29	2.45	\$0.2967	81.62	C\$ 21,630.35
Promedio total	30	9,415	310	3,290	73	0.94	C\$ 45,519.88	C\$ 40,156.87	C\$ 102,829.23	\$3,114.15	4.99	\$0.3390	164.53	C\$ 45,519.88

D. Sistema Solar Fotovoltaico (Cotización Ecami)

Oferta aproximativo - Sistema Solar FV de autoconsumo 2019	
Ciente	SERFOSA
Representante	Joselyn Ocampo
Número	78540242
Email	
Dirección	Managua
 ECAMI S.A. Más de 20 Años de Experiencia	
Datos del cliente	
NIS	
Consumo de energía activa	9.500 kWh / mes
Cubrimiento energía activa deseado	40 %
Tipo de Tarifa	T-4D IND. MED. BINOMIA SIN M.
Pago por kWh	0,17 US\$ / kWh
Pogo por kW	19,52 US\$ / kW
Cálculo del Sistema Solar FV	
Potencia recomendada del SSFV	28,1 kW
Potencia seleccionada del SSFV	36,0 kW
Area requerido para instalación	312 m ²
Generacion mensual de energía	4.928 kWh / mes
Generacion anual de energía	59.130 kWh / año
Sistema solar encendido	Lunes a Sabado mediodia
Uso de energía solar	46.494 kWh / año
Cubrimiento de enegía activa real	40,8 %
Inversion total	35.992 US\$
Ahorro en demanda	
Demanda ahorrado aproximado	0 kW
Ahorro en demanda mensual	0 US\$/mes
Rendimiento económico	
Amortización	4,51 años
Ahorro anual	7.974 US\$ / año
Ahorro en 6 años	47.841 US\$
Ahorro en 10 años	79.736 US\$
Ahorro en 25 años	199.340 US\$
	
ECAMI	Katharina Grosse 7526-7720 2276-0255
	katharina.grosse@ecami.com www.ecami.com.ni
<small>a. Presupuesto sujetos a cambios según inspección física. b. Este informe es un presupuesto aproximado no una oferta final. c. Presupuesto basado únicamente en instalación sobre techo. d. Presupuesto basado en SSFV de conexión a red para auto consumo sin baterías. e. Precios incluyen IVA. f. Radiación Solar aproximada según fuente www.solargis.com</small>	
<small>Niños propiedad de ECAMI S.A</small>	

- Oferta económica para sistema monofásico de 25KW

EQUIPO	DESCRIPCIÓN
Arreglo Solar Fotovoltaico	Un Arreglo fotovoltaico de 25.6KW pico compuesto por 64módulos solares marca Trina Solar 400W Tall Max.
Inversor	Sistema de Inversores de 5 KW compuesto por 4 Inversor Solís 5 K w LV 20 kW Monofásico 120 240V.
Estructura Soporte de Arreglo FV	Estructura Soporte de Arreglo Fotovoltaico para soporte sobre techo de 64 Módulos fotovoltaicos.
Kit de Materiales Eléctricos	Materiales eléctricos para la instalación del Sistema Fotovoltaico compuesto por: Cableado de Interconexión de Paneles solares, protección DC de arreglo fotovoltaico, Cableado AC hacia Panel Eléctrico, de derivaciones, protecciones AC y Sistema para la conexión a tierra de AC.
Instalación Y Programación	Servicio Técnico Especializado para la Instalación, configuración y Programación del Sistema solar fotovoltaico
Capacitación	Capacitación de usuarios, entrega de Diagramas Eléctricos, Manuales de Operación y Mantenimiento.
Servicio Post Venta	Servicio de Atención Post Venta incluido por 12 meses.
Sub Total	U\$ 23,111. 00
IVA	U\$ 1,594.65
TOTAL	U\$ 24,705.65
Garantías y tiempo de Ejecución del proyecto:	Panel Solar: 25 años en Rendimiento al 80%, 10 años al 90%. Inversores: 10 años contra desperfectos de fabricación. Materiales Eléctricos: 12 meses Mano de Obra: 12 meses Tiempo de Ejecución: 20 días

- Oferta económica para sistema Trifásico de 12,8 KW

EQUIPO	DESCRIPCIÓN
Arreglo Solar Fotovoltaico	Un Arreglo fotovoltaico de 12,8 KW pico compuesto por 32 módulos solares marca Trina Solar 400 W Tall Max.
Inversor	Sistema de Inversores de 10 KW compuesto por 1 inversor Solís 10 K w LV 1 0 kW Trifásico 120 240 208.
Estructura Soporte de Arreglo FV	Estructura Soporte de Arreglo Fotovoltaico para soporte sobre techo de 32 Módulos fotovoltaicos.
Kit de Materiales Eléctricos	Materiales eléctricos para la instalación del Sistema Fotovoltaico compuesto por: Cableado de Interconexión de Paneles solares, protección DC de arreglo fotovoltaico, Cableado AC hacia Panel Eléctrico, de derivaciones, protecciones AC y Sistema para la conexión a tierra de AC.
Instalación Y Programación	Servicio Técnico Especializado para la Instalación, Configuración y Programación del Sistema solar fotovoltaico
Capacitación	Capacitación de usuarios, entrega de Diagramas Eléctricos, Manuales de Operación y Mantenimiento.
Servicio Post Venta	Servicio de Atención Post Venta incluido por 12 meses.
Sub Total	U\$ U\$ 12.881.00
IVA	U\$ 996.15
TOTAL	U\$ 13,877.15
Garantías y tiempo de Ejecución del proyecto:	Panel Solar: 25 años en Rendimiento al 80%, 10 años al 90%. Inversores: 10 años contra desperfectos de fabricación. Materiales Eléctricos: 12 meses Mano de Obra: 12 meses Tiempo de Ejecución: 20 días

E. Cotización Sistema de Iluminación - Sylvania

**PROFORMA****SYLVANIA**

CLIENTE		EDC-CENTROAMERICA		Cuenta:		
PROYECTO				Fecha:		
ATENCION				02/10/2019		
Item	# Parte	Cantidad	Descripcion	P. Unitario \$	P. Total \$	TIEMPO DE ENTREGA
1	P04706-36	46	ULSUPERKIT LED 96 4T TAND S/T	\$27.76	\$ 1,276.96	
2	P24250-36	184	TUBO LED T8 18W 865	\$3.56	\$ 655.04	
3	P04986-21	6	ULSUPERKIT LED48 2T GL65 BO	\$23.79	\$ 142.74	
				Sub total	\$ 2,074.74	
				IVA	\$ 311.21	
				Total oferta	\$ 2,385.95	
Oferta en Dolares						
Tiempo de entrega:						
A NEGOCIAR						
NOTAS						
<p>Este documento no tiene ningún valor. No es una factura de venta ni recibo de dinero. Solo sirve para detallar a Ud. los precios actuales de la mercadería que nos ha solicitado.</p> <p>Los precios incluidos en esta proforma podrán variar sin previo aviso. La entrega será según existencia al momento de efectuar la venta. Válida por 8 días.</p> <p>Número de autorización: ASCC-DGC-SCC-007-07-2008</p>						
Elaborado por: ING. ERICK MENDEZ						

F. Pliego Tarifario

**INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGÍA
ENTE REGULADOR**

TARIFAS ACTUALIZADAS A ENTRAR EN VIGENCIA EL 1 DE MAYO 2019
AUTORIZADAS PARA LAS DISTRIBUIDORAS DISNORTE Y DISSUR

MEDIA TENSION (VOLTAJE PRIMARIO EN 13.8 Y 24.9 kV)					
TIPO DE TARIFA	APLICACIÓN	TARIFA		CARGO POR	
		CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ENERGÍA (C\$/kWh)	POTENCIA (C\$/kW-mes)
GENERAL MAYOR	Carga contratada mayor de 25 kW para uso general (Establecimientos Comerciales, Oficinas Públicas y Privadas Centro de Salud, Hospitales, etc)	T-2D	TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIA ESTACIONAL		
			Todos los kWh	6.2825	
			kW de Demanda Máxima		923.0545
		T-2E	TARIFA BINOMIA CON MEDICION HORARIA ESTACIONAL		
			Verano Punta	10.2285	
			Invierno Punta	9.9006	
Verano Fuera de Punta	7.0688				
Invierno Fuera de Punta	6.8297				
Verano Punta			1,027.7941		
Invierno Punta		641.8737			
Verano Fuera de Punta		0.0000			
Invierno Fuera de Punta		0.0000			
INDUSTRIAL MEDIANA	Carga contratada mayor de 25 y hasta 200 kW para uso Industrial (Talleres, Fábricas, etc.)	T-4D	TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIA ESTACIONAL		
			Todos los kWh	5.1985	
			kW de Demanda Máxima		591.6296
		T-4E	TARIFA BINOMIA CON MEDICION HORARIA ESTACIONAL		
			Verano Punta	7.6191	
			Invierno Punta	7.3704	
Verano Fuera de Punta	5.0648				
Invierno Fuera de Punta	4.8985				
Verano Punta			765.4989		
Invierno Punta		478.0717			
Verano Fuera de Punta		0.0000			
Invierno Fuera de Punta		0.0000			
INDUSTRIAL MAYOR	Carga contratada mayor de 200 kW para uso Industrial (Talleres, Fábricas, etc)	T-5D	TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIA ESTACIONAL		
			Todos los kWh	5.3310	
			kW de Demanda Máxima		616.0185
		T-5E	TARIFA BINOMIA CON MEDICION HORARIA ESTACIONAL		
			Verano Punta	7.8802	
			Invierno Punta	7.6233	
Verano Fuera de Punta	5.2068				
Invierno Fuera de Punta	5.0361				
Verano Punta			797.7977		
Invierno Punta		498.2359			
Verano Fuera de Punta		0.0000			
Invierno Fuera de Punta		0.0000			
PEQUEÑAS CONCESIONARIAS	Para uso exclusivo de pequeñas distribuidoras de energía eléctrica	TPC	TARIFA MONOMIA		
			Todos los kWh	3.9588	

G. Mediciones Puntuales

MEDICIONES PUNTUALES / PANELES SERFOSA							
PANEL (DESCRIPCION)	Voltaje L1	Voltaje L2	Voltaje L3	VOLTAJE L1-L2	Corriente L1	Corriente L2	Corriente L3
Interruptor general (IG)	118.3	118.3		236	117.6	118.9	
P1- pasillo	118.2	117.6		235.9	62.6	44.4	
P4-pasillo	119.1	208.7	118.7		0.3	0	0.1
P-digital	115.3	118.1		233.4	13	4.7	
P2-escalera	112.2	115.6		227.9	72.8	63	
IP-procesamiento	117	110		229.8	2.8	15.5	
P3-procesamiento	111.7	115.7		227.5	16.3	2.2	
PRL-fuerza	120.7	210.69	120.4		124	143	
1 Main (100 A)					8.5	8.9	8.8
2 Main (125 A)					12.5	0.3	1.8
3 Main (125 A)					62.7	81.3	83.5

- Comprobación con el Fasimetro para el PRL



- Instalación de equipo analizador en el IG.



- Instalacion de equipo analizador en el panel trifasico



- Mediciones puntuales



H. Analizador de calidad de energia Fluke 435 Serie II – Hoja tecnica.

Input characteristics	
Voltage inputs	
Number of inputs	4 (3 phase + neutral) dc-coupled
Maximum input voltage	1000 Vrms
Nominal voltage range	Selectable 1 V to 1000 V
Max. peak measurement voltage	6 kV (transient mode only)
Input impedance	4 M Ω /5 pF
Bandwidth	> 10 kHz, up to 100 kHz for transient mode
Scaling	1:1, 10:1, 100:1, 1,000:1 10,000:1 and variable
Current inputs	
Number of inputs	4 (3 phase + neutral) dc- or ac-coupled
Type	Clamp or current transformer with mV output or i430flex-TF
Range	0.5 Arms to 600 Arms with included i430flex-TF (with sensitivity 10x) 5 Arms to 6000 Arms with included i430flex-TF (with sensitivity 1x) 0.1 mV/A to 1 V/A and custom for use with optional ac or dc clamps
Input impedance	1 M Ω
Bandwidth	> 10 kHz
Scaling	1:1, 10:1, 100:1, 1,000:1 10,000:1 and variable
Sampling system	
Resolution	16 bit analog to digital converter on 8 channels
Maximum sampling speed	200 kS/s on each channel simultaneously
RMS sampling	5000 samples on 10/12 cycles according to IEC61000-4-30
PLL synchronization	4096 samples on 10/12 cycles according to IEC61000-4-7
Nominal frequency	434-II and 435-II: 50 Hz and 60 Hz 437-II: 50 Hz, 60 Hz and 400 Hz
Display modes	
Waveform display	Available in all modes via SCOPE key 435-II and 437-II: Default display mode for Transients function Update rate 5x per second Displays 4 cycles of waveform data on screen, up to 4 waveforms simultaneously
Phasor diagram	Available in all modes via Scope waveform display Default view for Unbalance mode
Meter readings	Available in all modes except Monitor and Transients, provides tabulated view of all available readings Fully customizable up to 150 readings for Logger mode
Trend graph	Available in all modes except Transients Single vertical cursor with min max and avg reading at cursor position
Bar graph	Available in Monitor and Harmonics mode
Event list	Available in all modes Provides waveforms on 435II and 437II only

Product specifications

	Model	Measurement range	Resolution	Accuracy
Volt				
Vrms (ac+dc)	434-II	1 V to 1000 V phase to neutral	0.1 V	\pm 0.5% of nominal voltage****
	435-II and 437-II	1 V to 1000 V phase to neutral	0.01 V	\pm 0.1% of nominal voltage****
Vpk		1 Vpk to 1400 Vpk	1 V	5% of nominal voltage
Voltage Crest Factor (CF)		1.0 > 2.8	0.01	\pm 5%
Vrms $\sqrt{2}$	434-II	1 V to 1000 V phase to neutral	0.1 V	\pm 1% of nominal voltage
	434-II and 435-II		0.1 V	\pm 0.2% of nominal voltage
Vfund	434-II	1 V to 1000 V phase to neutral	0.1 V	\pm 0.5% of nominal voltage
	435-II and 437-II		0.1 V	\pm 0.1% of nominal voltage

I. Medidor de resistencia de tierra GEO Fluke 1623 – 2 – Hoja técnica

Especificaciones del modelo 1623-2**Datos generales**

Pantalla: LCD de 1999 dígitos	Pantalla con símbolos especiales, altura de dígitos de 25 mm
Interfaz de usuario	Medida instantánea mediante un solo botón TURN/START. Los únicos elementos de accionamiento son el mando giratorio y el botón START
Alta resistencia al agua y al polvo	El instrumento está diseñado para soportar condiciones ambientales severas (cubierta protectora de goma, IP56)
Memoria	Memoria interna con capacidad de almacenamiento de hasta 1.500 registros, a la que se puede acceder a través de un puerto USB

Rangos de temperatura

Temperatura de funcionamiento	-10 °C a 50 °C (14 °F a 122 °F)
Temperatura de almacenamiento	-30 °C a +60 °C (-22 °F a +140 °F)

Coefficiente de temperatura	± 0,1 % de la lectura/°C < 18 °C > 28 °C
Error intrínseco	Se refiere al rango de la temperatura de referencia y tiene una garantía de 1 año
Error de funcionamiento	Se refiere al rango de la temperatura de funcionamiento y tiene una garantía de 1 año
Clase climática	C1 (IEC 6S4-1), -5 °C a +45 °C (23° a +115° F), 5 % a 95 % HR
Tipo de protección	Estuche con clasificación IP56 y tapa del compartimento de la batería con clasificación IP40 según la norma EN60529
Seguridad	Protección por aislamiento doble y/o reforzado. Máx 50 V a tierra. IEC61010-1: sin especificación CAT, Grado de contaminación 2
EMC (inmunidad de emisión)	IEC61326-1: Portátil
Sistema de calidad	Desarrollado, diseñado y fabricado según la norma DIN ISO 9001
Tensión externa	Tensión externa máx. = 24 V (CC, CA < 400 Hz); medida inhibida para valores más altos
Rechazo de tensión externa	> 120 dB (16 ² /3, 50, 60, 400 Hz)
Tiempo de medida	normalmente 6 s
Sobrecarga máx.	250 V rms (en relación con el uso indebido)
Alimentación auxiliar	6 pilas alcalinas de 1,5 V (tipo AA LR6)
Autonomía de la batería	Normalmente > 3.000 medidas
Dimensiones (An x Al x Pr)	250 mm x 133 mm x 187 mm (9,75 x 5,25 x 7,35 pulgadas)
Peso	1,1 kg (2,43 libras), baterías incluidas 7,6 kg (16,8 libras) con accesorios y pilas en estuche de transporte

Medida de la conexión a tierra sin picas (☞)

Posición del selector	Resolución	Rango de medida	Precisión	Error de funcionamiento
R _A de 4 polos ☞	0,001 Ω a 0,1 Ω	0,020 Ω a 199,9 Ω	± (7 % de lectura + 3 d)	± (10 % de lectura + 5 d)

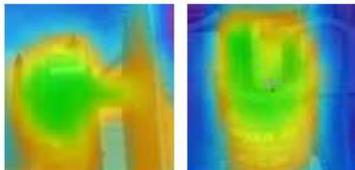
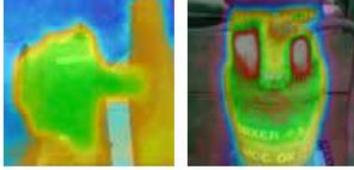
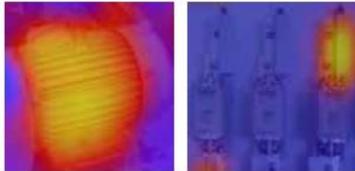
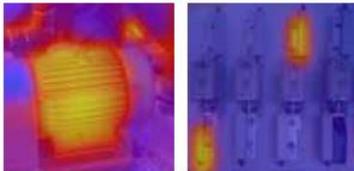
Principio de medida: Medida de resistencia sin picas en bucles cerrados con dos transformadores de corriente

Medida de tensión	V _m = 48 V CA (principal)
Frecuencia de medida	128 Hz
Corriente de ruido (I _{NT})	Máx. I _{NT} = 10 A (CA) (R _A < 20 Ω)
	Máx. I _{NT} = 2 A (CA) (R _A < 20 Ω)

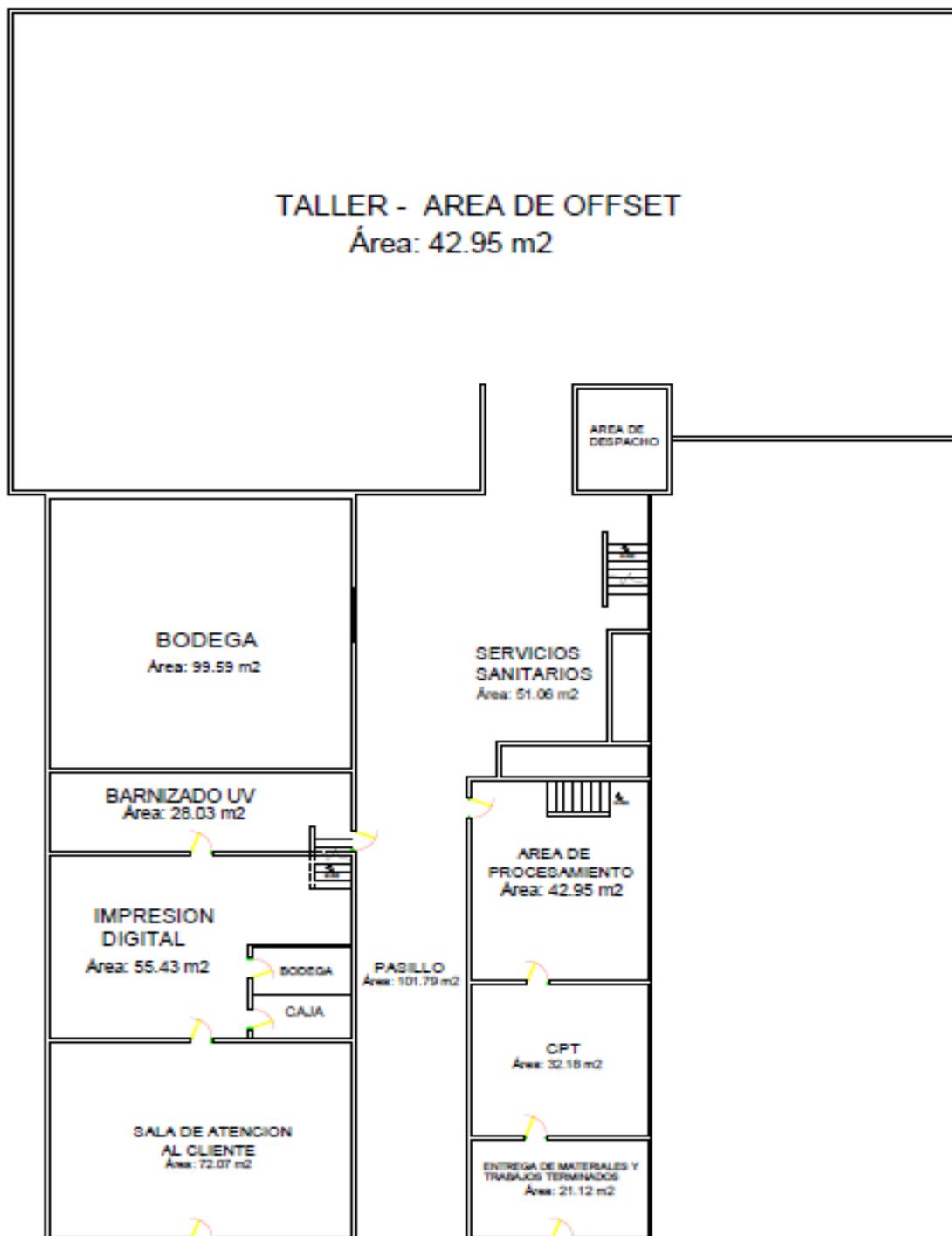
Selección automática de rango

La información relativa a las medidas de bucle de tierra sin picas solo será válida cuando se use junto con las pinzas amperimétricas recomendadas a la distancia mínima especificada.

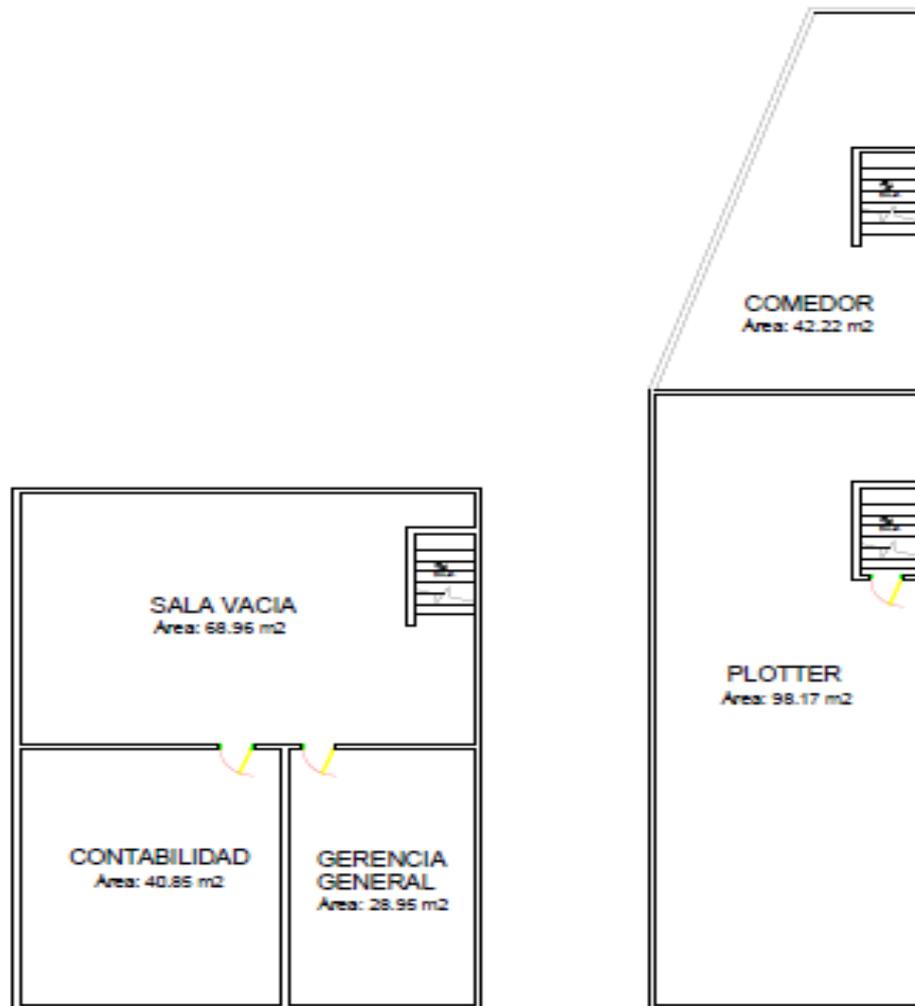
J. Cámara Termográfica Fluke VT04 – Hoja técnica

Funciones principales	VT02	VT04/VT04A
Cámara digital integrada	Sí	
Superposición de imagen térmica infrarroja	Sí, cinco modos de combinación	
Sistema de lente para la imagen	Lente PyroBlend® 	Lente PyroBlend® Plus imagen 4 veces más nítida que el VT02 
Campo de visión	20° x 20° 	28° x 28° 
Alarmas de temperaturas altas y bajas	–	Sí
Captura de imagen de lapso de tiempo	–	Sí
Alarma de monitoreo automático	–	Sí
Tipo de batería	Cuatro (4) pilas AA	VT04: Ion de litio recargable; VT04A: Cuatro (4) pilas AA
Características de ergonomía	Diseño compacto de bolsillo	
Marcadores de puntos calientes y fríos	Sí	
Especificaciones generales		
Duración de la batería	Ocho (8) horas	
Rango de medida de temperatura	De -10 °C a +250 °C (de 14 °F a 482 °F)	
Exactitud de medida de temperatura	± 2 °C o ± 2 %	
Medición de la temperatura	Sí, punto central	
Medio de almacenamiento (tarjeta micro SD)	Almacena hasta 10.000 imágenes por GB (tarjeta de 4 GB incluida)	
Banda espectral infrarroja	De 6,5 µm a 14 µm	
Nivel y rango	Auto	
Mecanismo de enfoque	Sin enfoque	
Alineación de la imagen visual combinada con el mapa de calor infrarrojo	NEAR (Cerca): <23 cm (9 pulg.) desde el objetivo FAR (Lejos): >23 cm (9 pulg.) desde el objetivo	
Dimensiones	21 cm x 7,5 cm x 5,5 cm (8,3 pulg. x 3 pulg. x 2,2 pulg.)	
Peso	385 g (13,5 oz)	VT04: 350 g (12,5 oz); VT04A: 385 g (13,5 oz)
Formato de archivo	Formato .is2 guardado en la tarjeta SD. El usuario puede crear informes de calidad profesional o exportar imágenes en SmartView® (BMP, DIB, GIF, JPE, JFIF, JPEG, JPG, PNG, TIF y TIFF); diríjase al sitio web de Fluke para descargar el software de forma gratuita.	
Seguridad y cumplimiento de normativas	CFR47: 2009 Clase A. Parte 15 subapartado B; CE: EN 61326:2006; IEC/EN 61010-1:2010	
Garantía	Dos años	

K. Planta de distribución arquitectónica – Primer Nivel SERFOSA



M. Planta de distribución arquitectónica – Segundo nivel SERFOSA



N. Parte frontal SERFOSA



