

**Caracterización energética de una empresa de cárnicos aplicando la metodología del
Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE)**

Gustavo Alberto Jaramillo Rueda

Código: 2093534

Jenny Katherine Pimiento Centeno

Código: 2093241

**Trabajo de grado Modalidad de Investigación presentado para optar al título de
Ingeniero Electrónico**

Director:

Hermann Raúl Vargas Torres

PhD. en Ingeniería Eléctrica



Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Electrónica

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Bucaramanga

2017

Dedicatoria

A mis padres Gustavo Alberto Jaramillo Acevedo y Estella Rueda Molina, mi valiente. Por sus esfuerzos, son el motivo por el cual hoy soy profesional.

A mis familiares Mariela, Abelardo, Alexander, Sandra, Mónica, Julián y Miguel, con su ayuda incondicional pude hacer frente a la adversidad para decidir seguir perseverando en esta meta.

Gustavo Alberto Jaramillo Rueda

A Dios principalmente por darme la sabiduría, la inteligencia, y las fuerzas para lograr esta meta.

A mi padre Dimas Pimiento, el amor de mi vida, por su apoyo incondicional, por creer incansablemente en mí, por su amor, su paciencia y su lucha de hacer realidad mis sueños.

A mi madre Martha Centeno, la mejor mamá del mundo, mi guía espiritual, mi confidente y mi ejemplo a seguir, por sus oraciones, sus consejos, por cada palabra de aliento.

A mi hermano Diego Fabián Pimiento, por su apoyo en tiempos difíciles.

A mi amor Erick Salomón Gómez, por su comprensión y apoyo en cada uno de los obstáculos de mi vida universitaria.

A mi tía Elsa y a sus hijos quienes fueron de gran apoyo para culminar esta meta.

A mi gran amigo Fernando quien desde el cielo está celebrando mi triunfo.

A mi amigo y compañero de proyecto Gustavo Jaramillo, por su incansable paciencia y sus buenos consejos.

A mis compañeros de carrera con quienes compartimos tantas experiencias inolvidables.

A mis profesores quienes recordaré por siempre.

Nuevamente a todos, gracias por confiar en mí.

Jenny Katherine Pimiento Centeno

Agradecimientos

A Dios Todopoderoso por permitirnos culminar esta etapa de formación profesional en la Universidad Industrial de Santander.

Al Dr. Hermann Raúl Vargas, director del proyecto, por sus asesorías en este trabajo de grado.

A la empresa de cárnicos por permitirnos ingresar a sus instalaciones y facilitarnos su información vital para este trabajo.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	18
1. Planteamiento del Problema	19
1.2 Motivación y Justificación	20
1.3 Objetivos	20
1.3.1 Objetivo General	20
1.3.2 Objetivos Específicos	21
1.4 Marco Teórico.....	21
1.4.1 Proceso de Implementación del SGIE	23
1.4.2 Antecedentes	25
1.5 Metodología	26
2. Actividad 1: Adquisición, Selección y Organización de la Información Relevante.....	29
2.1 Descripción del Edificio	29
2.2 Descripción del Sistema Eléctrico la Empresa de Carnicos	38
2.2.1 Subestación eléctrica.....	38
2.2.2 Transformador de potencia	39
2.2.3 Diagramas unifilares de la instalación eléctrica de la empresa de carnicos	40
2.2.4 Producción	44
2.2.5 Estructura Organizacional.....	45
2.2.6 Comportamiento Histórico del consumo Energético de la Empresa de Carnicos	46
3. Actividad 2: Pre-Characterización Energética del Edificio	49
3.1 Encuestas.....	49

CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA EMPRESA DE CÁRNICOS...	8
3.1.1 Encuestas de identificación y caracterización del edificio	50
3.1.2 Encuestas para el diagnóstico energético inicial y ambiental asociado al consumo energético.....	50
3.2 Calificación de Buenas Prácticas de Gestión Energéticas	51
3.3 Medición de Cargas de la Empresa de Cárnicos.....	51
3.4 Diagrama de producción de la Empresa de Cárnicos	62
4. Actividad 3: Proceso de Caracterización de la Eficiencia Energética	64
4.1 Establecimiento de los Indicadores del Sistema de Gestión.....	64
4.1.1 Diagrama de Dispersión y Correlación.....	65
4.1.2 Gráfico de Control	67
4.1.3 Gráfico de Consumo de Energía y Producción en el Tiempo (E-P vs T).....	69
4.1.4 Línea de Meta	70
4.1.5 Diagrama Índice de Consumo – Producción (IC vs P).....	72
4.1.6 Gráfico de Tendencias o de Sumas Acumulativas (CUSUM).....	74
4.2 Reporte de Caracterización Energética de la UPME	76
4.3 Diagrama de Pareto.....	78
4.3.1 Estratificación	79
5. Diagnóstico Energético.....	86
5.1 Estudio de Iluminación	86
5.1.1 Área de ventas (primer piso).....	87
5.1.2 Oficinas	88
5.1.3 Tercer Piso	89
5.1.4 Asadero y Jugos	90

CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA EMPRESA DE CÁRNICOS...	9
5.1.5 Aliños.....	90
5.2 Evaluación de la Calidad de la Energía Eléctrica.....	92
5.2.1. Perfiles de tensión.....	95
5.2.1.1 <i>Diagramas de Tensión</i>	97
5.2.2 Corrientes de fase.....	98
5.2.2.1 <i>Diagramas de Corriente</i>	99
5.2.3 Análisis de demanda y energía.....	100
5.2.4 Potencia aparente.....	100
5.2.5 Potencia activa.....	101
5.2.6 Potencia Reactiva.....	102
5.2.7 Armónicos.....	103
5.2.8 Armónicos de tensión.....	104
5.2.9 Armónicos de corriente.....	104
5.3 Termografía.....	105
5.3.1 Equipo utilizado.....	105
5.3.2 Registro Termográfico.....	106
6. Recomendaciones para el Uso Racional de la Energía.....	117
6.1 Reducción del consumo Energético mediante el uso de un Sistema Solar Fotovoltaico.....	117
6.2 Mejoras de control de los Equipos de Refrigeración.....	120
6.3 Campaña de Concientización.....	122
7. Conclusiones y Observaciones.....	126
Referencias Bibliográficas.....	129

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Pasos para la implementación del SGIE</i>	24
Tabla 2. <i>Producción mensual de la empresa de cárnicos</i>	45
Tabla 3. <i>Consumo energético mensual de la empresa Cárnicos.</i>	47
Tabla 4. <i>Calificación obtenida de los niveles de gestión energética en la empresa de cárnicos.</i>	51
Tabla 5. <i>Especificaciones técnicas de la pinza amperimétrica digital UNI-T UT200A.</i>	54
Tabla 6. <i>Datos obtenidos en la medición de cargas distribuidas para cada sección</i>	55
Tabla 7. <i>Producción y consumo eléctrico desde el mes de octubre de 2015 a diciembre de 2016</i>	65
Tabla 8. <i>Parámetros del gráfico de control.</i>	67
Tabla 9. <i>Variación relativa del consumo y la producción en el tiempo</i>	70
Tabla 10. <i>Índice de consumo por producción</i>	73
Tabla 11. <i>Sumas Acumulativas (CUSUM)</i>	74
Tabla 12. <i>Tendencias.</i>	75
Tabla 13. <i>Reporte de caracterización energética de la UPME</i>	77
Tabla 14. <i>Consumo de Energía de cada sección de la empresa de cárnicos.</i>	78
Tabla 15. <i>Sección de Mantenimiento</i>	80
Tabla 16. <i>Sección de Res.</i>	81
Tabla 17. <i>Sección de Vísceras</i>	82
Tabla 18. <i>Sección de Pescado</i>	83
Tabla 19. <i>Sección de Pollo</i>	84
Tabla 20. <i>Resultados obtenidos en toma de datos de iluminación del área del primer piso.</i>	88

CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA EMPRESA DE CÁRNICOS...	11
Tabla 21. <i>Resultados obtenidos en toma de datos de iluminación en el área de oficinas.</i>	89
Tabla 22. <i>Resultados obtenidos en toma de datos de iluminación del área del tercer piso.</i>	89
Tabla 23. <i>Resultados obtenidos en toma de datos de iluminación en el área de asadero y jugos.</i>	90
Tabla 24. <i>Resultados obtenidos en toma de datos de iluminación en el área de Aliños.</i>	91
Tabla 25. <i>Resumen los niveles de iluminancia de cada área de la empresa de cárnicos.</i>	91
Tabla 26. <i>Niveles de iluminancia aceptados según ISO 8995.</i>	91
Tabla 27. <i>Valores referencia - Calidad de Energía</i>	95
Tabla 28. <i>Niveles de Tensión (RMS)</i>	98
Tabla 29. <i>Niveles de Corriente (RMS)</i>	99
Tabla 30. <i>Potencia Aparente S (kVA)</i>	100
Tabla 31. <i>Potencia Activa P [kW]</i>	101
Tabla 32. <i>Niveles de Potencia Reactiva kVAr</i>	102
Tabla 33. <i>Especificaciones cámara termográfica Fluke Ti32 utilizada</i>	105
Tabla 34. <i>Datos para calcular el número total de paneles en la empresa de cárnicos.</i>	118
Tabla 35. <i>Análisis de costos de la implementación de paneles solares.</i>	120
Tabla 36. <i>Temperaturas de vitrinas y cuartos de conservación de productos cárnicos</i>	121

Lista de Figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Integración de actividades en el SGIE.....	21
<i>Figura 2.</i> Fachada de la Empresa cárnicos	30
<i>Figura 3.</i> Sección de Jugos.....	30
<i>Figura 4.</i> Sección de Res	31
<i>Figura 5.</i> Sección de vísceras	32
<i>Figura 6.</i> Sección de Pollo.....	32
<i>Figura 7.</i> Sección de Cerdo	33
<i>Figura 8.</i> Sección de Pescado.....	34
<i>Figura 9.</i> Sección de Asadero.....	34
<i>Figura 10.</i> Sección de oficinas	35
<i>Figura 11.</i> Sección de Aliños	35
<i>Figura 12.</i> Sección de Cocina.....	37
<i>Figura 13.</i> Sección de Mantenimiento.....	37
<i>Figura 14.</i> Diagrama unifilar de la subestación de la empresa de cárnicos.	39
<i>Figura 15.</i> Transformador de la empresa de cárnicos.	40
<i>Figura 16.</i> Tablero general de cargas.	41
<i>Figura 17.</i> Circuitos ramales de refrigeración.....	41
<i>Figura 18.</i> Diagrama unifilar del tablero de la sección de vitrinas.	42
<i>Figura 19.</i> Diagrama unifilar del circuito de iluminación y tomacorrientes de la primera planta.....	42
<i>Figura 20.</i> Diagrama unifilar del circuito de iluminación y tomacorrientes de la tercera planta.	43

CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA EMPRESA DE CÁRNICOS...	13
<i>Figura 21.</i> Diagrama unifilar del circuito de la sección de oficinas.....	43
<i>Figura 22.</i> Estructura organizacional	46
<i>Figura 23.</i> Consumo de energía activa de la empresa de cárnicos.....	48
<i>Figura 24.</i> Consumo de energía reactiva de la empresa de cárnicos.....	48
<i>Figura 25.</i> Calificación de buenas prácticas de Gestión Energética	51
<i>Figura 26.</i> Esquema de producción de la empresa de cárnicos	63
<i>Figura 27.</i> Gráfico E vs P	65
<i>Figura 28.</i> Gráfico de Control	68
<i>Figura 29.</i> Gráfico E-P vs T	69
<i>Figura 30.</i> Gráfico de E vs P Meta	71
<i>Figura 31.</i> Gráfico de IC vs P.....	73
<i>Figura 32.</i> Consumo de Energía Primer Semestre	75
<i>Figura 33.</i> Gráfico de sumas acumulativas CUSUM.	76
<i>Figura 34.</i> Diagrama de Pareto general de la empresa de cárnicos.....	79
<i>Figura 35.</i> Diagrama de Pareto de la Sección de Mantenimiento	80
<i>Figura 36.</i> Diagrama de Pareto de la Sección de Res.....	81
<i>Figura 37.</i> Diagrama de Pareto de la Sección de Vísceras	82
<i>Figura 38.</i> Diagrama de Pareto de la Sección de Pescado	83
<i>Figura 39.</i> Diagrama de Pareto de la Sección de Pollo	85
<i>Figura 40.</i> Luxómetro <i>HS1010</i> utilizado en la medición.	87
<i>Figura 41.</i> Área primer piso de la empresa.	87
<i>Figura 42.</i> Área de oficinas de la empresa.	88
<i>Figura 43.</i> Área tercer piso de la empresa.....	89

CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA EMPRESA DE CÁRNICOS...	14
<i>Figura 44.</i> Área de asadero y de jugos en la empresa.	90
<i>Figura 45.</i> Área aliños de la empresa	90
<i>Figura 46.</i> Analizador de redes marca KYORITSU.	93
<i>Figura 47.</i> Transformador <i>SUNTEC</i> de 112,5 kVA.....	94
<i>Figura 48.</i> Instalación del analizador <i>KEW6310</i> en la empresa de cárnicos.....	94
<i>Figura 49.</i> Diagramas de tensión. Medido desde 3/05/2017 13:20:00,0 hasta 20/06/2017 12:35:00,0	97
<i>Figura 50.</i> Diagramas de Corriente. Medido desde 3/05/2017 13:20:00,0 Hasta 20/06/2017 12:35:00,0	99
<i>Figura 51.</i> Demanda de potencia aparente [kVA].....	101
<i>Figura 52.</i> Demanda de potencia activa [kW].....	102
<i>Figura 53.</i> Demanda media de la potencia reactiva en la empresa de cárnicos.	103
<i>Figura 54.</i> Armónicos de tensión	104
<i>Figura 55.</i> Armónicos de corriente.....	105
<i>Figura 56.</i> Cámara termográfica <i>Fluke Ti32</i>	106
<i>Figura 57.</i> Tablero de distribución del sistema de iluminación y fuerza del primer y segundo piso.....	106
<i>Figura 58.</i> Tablero de distribución de los circuitos de unidades refrigerantes y vitrinas.....	107
<i>Figura 59.</i> Caja de control de los elevadores:	108
<i>Figura 60.</i> Transferencia automática:.....	108
<i>Figura 61.</i> Totalizador principal del sistema de refrigeración del cuarto de conservación 2.....	109
<i>Figura 62.</i> Totalizador principal del sistema de refrigeración del cuarto de conservación 3.....	109
<i>Figura 63.</i> Totalizador principal del sistema de refrigeración del cuarto de conservación 5.....	110

CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA EMPRESA DE CÁRNICOS...	15
<i>Figura 64.</i> Totalizador principal del sistema de refrigeración del cuarto de conservación 4.....	110
<i>Figura 65.</i> Totalizador principal del sistema de refrigeración del cuarto de conservación 6.....	111
<i>Figura 66.</i> Totalizador principal del tablero de distribución, iluminación y fuerza de oficinas	111
<i>Figura 67.</i> Totalizador principal del tablero de distribución del sistema de iluminación y fuerzas del primer y segundo piso	112
<i>Figura 68.</i> Totalizador principal del tablero de distribución de unidades refrigerantes y vitrinas.....	112
<i>Figura 69.</i> Totalizador principal del tablero de distribución, iluminación y fuerza piso 3	113
<i>Figura 70.</i> Barraje principal de puesta a tierra y barraje del neutro	113
<i>Figura 71.</i> Barraje principal trifásico	114
<i>Figura 72.</i> Transformador trifásico	114
<i>Figura 73.</i> Tablero de distribución del sistema no regulado	115
<i>Figura 74.</i> Totalizador principal de la planta de emergencia	115
<i>Figura 75.</i> Perfil de Cargas de la Empresa de Carnicos	118
<i>Figura 76.</i> Panel Solar de 250 W y 24 V tipo policristalino	119
<i>Figura 77.</i> Compresor industrial para el sistema de refrigeración.	121
<i>Figura 78.</i> Afiche de campaña cívica de ahorro energético	123
<i>Figura 79.</i> Adhesivo para interruptores sobre campaña al uso racional y eficiente de la energía.....	124
<i>Figura 80.</i> Adhesivo para aires acondicionadores sobre campaña al uso racional y eficiente de la energía	124
<i>Figura 81.</i> Adhesivo para electrodomésticos sobre campaña al uso racional y eficiente de la energía.....	124

Resumen

TÍTULO: CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA EMPRESA DE CÁRNICOS APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE ENERGÍA (SGIE)*

AUTORES: GUSTAVO ALBERTO JARAMILLO RUEDA
JENNY KATHERINE PIMIENTO CENTENO**

PALABRAS CLAVES: Sistemas de Gestión Integral de Energía (SGIE), eficiencia energética, UPME.

Descripción:

Uno de los principales retos que enfrentan las empresas es tener una mejora continua en sus procesos productivos y disminuir el costo energético. La Unidad de Planeación Minero Energética, (UPME), dispuso de un Sistema de Gestión Integral de Energía (SGIE), el cual estudia la organización de cada una de las áreas de las empresas para mitigar el uso improductivo de energía y de esta manera mejorar la eficiencia energética del lugar trayendo consecuentemente un ahorro en los costos energéticos. En este proyecto se aplica la metodología del SGIE para realizar la caracterización energética de una empresa de cárnicos y de esta manera lograr una sostenibilidad energética en sus procesos y producción. Se realizó un análisis de la maquinaria, identificando las de mayor consumo energético y proyectando un ahorro para establecer una reducción de costos y consumo de energía.

Mediante una serie de actividades como encuestas de caracterización del edificio, análisis de iluminación, termografías, estudio de calidad de energía eléctrica, procesos estadísticos y probabilísticos básicos se desea exponer el estado actual de la empresa y algunas propuestas que mejorarán su eficiencia energética, evidenciando que el SGIE es un proceso de mejora continua de los hábitos y sus resultados conllevarán a una mejor cultura energética en la empresa de cárnicos.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Hermann Raúl Vargas Torres.

Abstract

TITLE: ENERGY CHARACTERIZATION OF A MEAT COMPANY APPLYING THE METHODOLOGY OF THE COMPREHENSIVE MANAGEMENT SYSTEM OF ENERGY (SGIE)*

**AUTHORS: GUSTAVO ALBERTO JARAMILLO RUEDA
JENNY KATHERINE PIMIENTO CENTENO****

KEYWORDS: Methodology of the Comprehensive Management System of Energy (SGIE), Energy efficiency, UPME.

DESCRIPTION:

One of the main challenges that companies have to face is to be able to improve their production process and diminish the energy cost. The UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) started to work on a SGIE (Comprehensive Management System of Energy), which analyzes how the different areas in the companies are organized to ease the unprofitable use of energy therefore to improve the energy efficiency at the company improving consequently the costs and saving energy costs. In this project, the methodology of the SGIE is being applied to make the energy characterization from a company of meat and from that aspect achieve energy sustainability in their process and production. An analysis was made to the machinery used, identifying the ones that consume more energy and saves energy so to it could be established a reduction of costs and energy consumption.

Through a different activities such as characterization surveys about the building, Illumination analysis, thermographs, power quality studies about the electric energy, statistics process and basic probabilities, the present state of the company is shown to give different and specific approaches to improve the energy efficiency, taking into account that the SGIE is a continuous improvement process from the different habits and specific results that will lead the company to an improved use of energy in the meat business.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Hermann Raúl Vargas Torres.

Introducción

El Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE), es el conjunto de procedimientos y actividades que integran los componentes del sistema organizacional de una empresa, para alcanzar un consumo mínimo de energía (Campos Avella, Prías Caicedo, Quispe Oqueña, Vidal Medina, & Lora Figueroa, 2008). Este se basa en el cumplimiento de la Norma ISO 50001 la cual es una normativa estándar internacional, aplicada a todo tipo de empresas y organizaciones. En Colombia la regula el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC.

La situación energética y ambiental actual hace imperativo la toma de acciones para reducir el consumo energético en las empresas y así el impacto que el uso irracional de la energía tiene sobre el medio ambiente. Para lograr el uso eficiente y racional de la energía, las empresas tienen que realizar cambios en su sistema organizacional, en sus sistemas de planificación y control (Campos Avella, y otros, 2008).

La aplicación de este sistema permitirá alcanzar tanto el mínimo consumo energético como el mínimo costo de energía posible a través de un proceso de mejora continua con el objetivo de crear una cultura energético-ambiental, la cual tendrá una gran huella en el incremento de la productividad y la reducción del impacto ambiental logrando así un desarrollo energético.

La empresa de cárnicos en Bucaramanga que cuenta con 228 empleados en un edificio de consumo energético promedio de 50 000 kWh, se acoge a estas políticas de eficiencia energética y pone a disposición su planta física para que se implemente dicho sistema pretendiendo obtener una caracterización energética con el fin de establecer una política de conciencia y ahorro, disminuyendo así los niveles de contaminación, la disminución de costos, y la futura implementación de nuevas tecnologías.

1. Planteamiento del Problema

Según estudios realizados en Colombia (O'Shaughnessy, 2013), las industrias y en este caso las empresas de cárnicos presentan una baja eficiencia energética. El uso inadecuado de los recursos energéticos en las empresas del sector cárnico de la ciudad de Bucaramanga actualmente está siendo un tema de gran atención para los mismos, ya que el consumo de energía, los malos manejos de la misma y el uso excesivo de los recursos naturales están teniendo un impacto ambiental grande en nuestro planeta.

En los últimos años se han venido desarrollando e implementando modelos de eficiencia energética que permiten mitigar el mal uso de los recursos energéticos; por medio de inversiones tecnológicas y culturales a la población. Así que se requiere determinar los factores que propician el uso indebido y excesivo del recurso energético en lo que sería para este caso una empresa de cárnicos, mediante la implementación del análisis integral SGIE que propone la norma ISO 50001.

Por eso, este trabajo se enfoca en la caracterización del consumo energético en una empresa de cárnicos, la cual cuenta con una amplia variedad de maquinaria en un edificio de consumo energético promedio de 50 000 kWh, lo que ha motivado a mostrar mediante procedimientos de análisis cualitativo y cuantitativo factores que permitirán evaluar la eficiencia de dicho lugar. Todo esto con el fin de localizar las zonas de alto consumo energético, la utilidad, los gastos, todo para así lograr obtener una reducción de consumo de energía y a su vez reducir el impacto que se puede tener en el medio ambiente.

1.2 Motivación y Justificación

A fin de ayudar con la solución de la problemática del calentamiento global, se hace necesario la implementación de planes y proyectos que permitan aprovechar al máximo el uso de los recursos naturales generando el mínimo impacto ambiental.

Se desea implementar una caracterización energética en una empresa de cárnicos, para así dar a conocer pérdidas energéticas, los lugares y las causas donde estas se producen, y las ventajas de su reducción, analizando todos los procesos de la empresa de forma integral.

Debido a que esta metodología se ha aplicado en varias empresas tales como, (Universidad del Atlántico; Universidad Autónoma de Occidente; Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia UPME, 2009) se puede garantizar que va a haber un ahorro de energía del 7% (típicamente hay casos mínimos del 5% y acciones que da ahorro de energía hasta del 30%).

Utilizando herramientas de gestión integral de la energía, se logra que ese excedente de energía de la empresa lo pueda utilizar en otros procesos para aumentar su productividad y competitividad.

A través del SGIE se logrará no solo una solución de detección inmediata, sino una mejora continua encontrando posibles fuentes de ahorro, lo cual permite el mejor aprovechamiento de los recursos y la sostenibilidad con el medio ambiente, además de un ahorro económico.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General. Realizar la caracterización energética de una empresa de cárnicos, aplicando la metodología del Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE).

1.3.2 Objetivos Específicos:

1. Revisar el estado actual de los procesos eléctricos y las máquinas de la empresa que intervienen en estos.
2. Identificar las características y variables de los procesos que impactan la eficiencia energética de la empresa.
3. Implementar herramientas estadísticas y probabilísticas básicas para la caracterización energética en la empresa.
4. Analizar las falencias energéticas de la empresa encontradas en los resultados estadísticos.
5. Plantear alternativas para el uso eficiente y racional de la energía eléctrica a partir de la localización de los posibles puntos de ahorro en la empresa.

1.4 Marco Teórico

El Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE), involucra todas y cada una de las actividades medulares de la empresa tal como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Integración de actividades en el SGIE

Fuente: (Aller, Salazar, Bueno, & Peña, 2010)

Este sistema se estructura en las siguientes tres etapas (Universidad del Atlántico; Universidad Autónoma de Occidente; Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia UPME, 2009):

Etapas 1: Decisión estratégica

En esta etapa se identifica la estructura actual de la empresa, planeando metas que mejoren las condiciones técnico-económicas y así lograr reducir los costos energéticos. Esto comprende las siguientes actividades:

- Caracterización energética de la empresa:

La caracterización es el procedimiento que permite evaluar la eficiencia con la cual la empresa administra y usa todos los tipos de energía requeridos en su proceso productivo. Una de las mayores ventajas de los procedimientos establecidos en la caracterización energética es que a partir de poca información se logra obtener grandes conclusiones técnicas y muchas veces desconocidas para los directivos.

La metodología necesaria para la caracterización energética de la empresa con base en medidas consta de tres pasos fundamentales. En primer lugar, deberán definirse con claridad los indicadores energéticos, ya que serán los factores empleados para analizar y evaluar el comportamiento energético. A continuación, será necesario establecer un protocolo para la toma de datos y medidas de los parámetros energéticos de la empresa. Finalizando con el desarrollo de los procedimientos para la obtención de los indicadores energéticos a partir de los datos disponibles.

Este trabajo de grado se centra en el cumplimiento de los objetivos requeridos en esta etapa,

a continuación, se citan las etapas que no hacen parte del alcance del proyecto:

Etapas 1:

- Compromiso de la alta dirección.
- Alineación de estrategias.
- Definición de la estructura técnica y organizacional.

Etapas 2: Instalación del Sistema de Gestión Integral de Energía:

La fase siguiente constituye el núcleo fundamental del programa de la gestión integral de la energía para cumplir con los objetivos propuestos. Se realizan los diagnósticos necesarios implantando sistemas de monitoreo, produciendo políticas y acciones de ahorro energético.

Etapas 3: Operación del Sistema de Gestión Integral de Energía (SGIE) en la empresa:

En esta etapa el modelo de gestión debe asegurar la mejora continua de la gestión energética y la empresa comienza a manejar de forma autónoma el SGIE.

Las etapas dos y tres se pueden ejecutar en trabajos futuros.

1.4.1 Proceso de Implementación del SGIE. El sistema de gestión integral de energía será implementado siguiendo las tres etapas del SGIE, según la Tabla 1, en donde se muestran las etapas y el objetivo de cada una. (Campos Avella J. C., y otros, 2008)

Tabla 1. *Pasos para la implementación del SGIE* (Campos Avella, y otros, 2008)

	Actividad	Objetivo
	Caracterización energética de la empresa.	
Etapa 1. Decisión	Compromiso de la alta dirección.	Determinar el potencial y
Estratégica	Alineación de estrategias.	rentabilidad del SGIE y la
	Definición y conformación de la estructura técnica y organizacional.	asignación de recursos.
	Actividad	Objetivo
	Establecimiento de los indicadores del Sistema de Gestión.	
	Identificación de las variables de control por centros de costo.	Crear la estructura
Etapa 2. Instalación	Definición de los sistemas de monitoreo.	organizativa, las bases
del Sistema de	Diagnóstico energético.	técnicas, preparar e involucrar
Gestión Integral de	La vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva.	el personal, identificar los
la Energía	Plan de medidas de uso eficiente de la energía.	programas, documentar el
	Actualización y validación de la gestión organizacional del SGIE.	SGIE, y verificar la capacidad
	Preparación del personal.	de la empresa para ejecutar el
	Elaboración de la documentación del SGIE.	SGIE.
	Auditoría interna al SGIE.	
	Actividad	Objetivo
	Seguimiento y divulgación de indicadores.	
	Seguimiento y evaluación de buenas prácticas de operación, mantenimiento, producción y coordinación.	Ejecutar los programas,
Etapa 3. Operación	Implementación de programas y proyectos de mejora.	cuantificar los resultados,
del Sistema de	Implementación del plan de entrenamiento y evaluación del personal.	ajustar y actualizar los
Gestión Integral de	Chequeos de gerencia.	modelos, presupuestos de
la Energía	Ajustes del sistema de gestión.	ahorros.
	Evaluación de resultados.	

1.4.2 Antecedentes. En el Campus Central de la Universidad Industrial de Santander se han realizado los siguientes proyectos:

- Caracterización energética del Edificio de Bienestar Universitario aplicando el proceso de implementación del Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE)/Jaime Domingo León Ayala, William Adolfo Meneses Hernández. Año 2013
- Caracterización del Edificio de Ingeniería Industrial aplicando la metodología del sistema de gestión integral de la energía (SGIE)/Edward Fernando Arenas Salgado, Anderson Rafael González Navarro. Año 2013
- Caracterización del Centro de Tecnologías de Información y Comunicación (CENTIC) aplicando la metodología del sistema de gestión integral de la energía (SGIE) / Andrés Felipe Puentes Marín, Juan Camilo Jones Rojas. Año 2013
- Caracterización energética del Edificio Biblioteca (campus central Universidad Industrial de Santander) aplicando el proceso de implementación del sistema de gestión integral de la energía (SGIE)/Leidy Tatiana Castillo Mantilla, Ingrid Vanessa Africano Rodríguez. Año 2014.
- Caracterización del centro del Edificio Virginia Gutiérrez de Pineda (Facultad de Ciencias Humanas-UIS) aplicando la Metodología Del Sistema De Gestión Integral de la Energía (SGIE) / Dairon Monsalve Vera, Diana Liseth Figueroa, Año 2014.
- Caracterización del Edificio Administración II de la Universidad Industrial de Santander aplicando la metodología del Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE) / Adriana Carolina Rodríguez Hincapié, Orlando Enrique Alcorro Castro, Año 2015.

1.5 Metodología

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos en este trabajo, se sigue la metodología mostrada a continuación:

Fase 1: Realización de encuestas.

- Encuesta de identificación y descripción de la empresa de cárnicos.

Se suministrarán los datos necesarios para establecer la identificación de las actividades que se realizan en la empresa, identificando cada una de las áreas que existen en ella.

- Encuesta para valoración ambiental asociada al consumo energético.

Se determinará el estado actual de la empresa haciendo hincapié en el sistema de gestión ambiental, así como en el estado en que se encuentran los equipos.

Se debe aplicar de forma separada al personal encargado del mantenimiento o sistemas energéticos de la empresa.

- Encuesta sobre el uso de los recursos energéticos de la empresa de cárnicos.

Dirigido al personal de operación o administración de la empresa, que tenga conocimiento del funcionamiento de los diferentes sectores energéticos que conforman la empresa de cárnicos.

- Caracterización del área energética de la empresa de cárnicos.
- Estructura del consumo energético.
- Diagramas unifilares de la instalación eléctrica.
- Levantamiento de datos.

Este consiste en determinar los equipos consumidores de energía eléctrica, y obtener los datos de placa específicos de cada uno. Esta etapa es muy relevante ya que los análisis obtenidos son fundamentales para los resultados.

Asimismo, se deben medir los niveles de iluminación de cada sección de la empresa de cárnicos con un equipo especializado, luxómetro, con el fin de seleccionar por medio de un muestreo las áreas por tipo de actividad con los procedimientos establecidos en la Sección 490 del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) para verificar si el diseño de iluminación de la empresa de cárnicos cuenta con las condiciones esenciales para suministrar una calidad de energía lumínica suficiente.

Se debe realizar la inspección térmica con cámara termográfica a los tableros eléctricos de baja tensión, motores y transformadores con el fin de detectar anomalías y riesgos de calentamiento en una fase temprana.

- Medición de cargas eléctricas.

La medición de cargas permite tener un estimado del consumo en kWh que genera cada equipo instalado en la empresa. Esta actividad está destinada a identificar los equipos que tienen mayor consumo de energía. Las mediciones eléctricas se realizan mediante el cálculo de las cargas puntuales, por medio de la instalación de equipos (anализador de redes), el cual arroja datos sobre el comportamiento de los equipos instalados en la empresa para posteriormente realizar gráficos de apoyo los cuales darán una información más detallada de los comportamientos del consumo y demanda de energía eléctrica de la empresa.

Fase 2: Uso de herramientas estadísticas básicas.

Esta etapa se realizará teniendo en cuenta el siguiente procedimiento:

Utilización de herramientas estadísticas y probabilísticas para la caracterización, diagnóstico y valoración energética de las operaciones realizadas en la empresa de cárnicos.

- Diagrama de Pareto.
- Gráficos de control.
- Gráficos Energía - Producción en el tiempo.
- Gráficos Energía vs Producción.
- Fenómeno de la variabilidad del consumo en diagramas de dispersión.
- Gráfico de tendencia.

Fase 3: Análisis de resultados.

En el desarrollo de esta etapa, se realizarán los siguientes pasos:

Planteamiento de alternativas para el uso eficiente y racional de la energía eléctrica teniendo en cuenta la localización de los posibles puntos de ahorro en la empresa de cárnicos.

- Analizar y presentar los resultados.
- Plantear planes de mejora continua enfocada en la eficiencia energética. Análisis y conclusiones de los resultados.
- Recopilar los resultados en la memoria del proyecto de grado y las conclusiones obtenidas.

2. Actividad 1: Adquisición, Selección y Organización de la Información Relevante

Es necesario obtener información acerca de la parte estructural y organizacional de la empresa, su gestión administrativa y energética, así como identificar cada uno de los procesos y actividades. Como primera instancia se recopilan datos de la parte de infraestructura, descripción del sistema eléctrico; seguido del diagrama organizacional y la caracterización de la producción la cual se mide por la cantidad de kilogramos de productos que preparan y producen. Esta información fue suministrada por la división de calidad y planta física de la empresa de cárnicos.

2.1 Descripción del Edificio

La empresa de cárnicos es una empresa comercializadora de carnes y productos cárnicos, con siete puntos de ventas ubicados en los departamentos de Atlántico, Risaralda y Santander. Para este estudio se analizará el punto de venta de la empresa de cárnicos (Figura 2) que se encuentra ubicado en la ciudad de Bucaramanga (Santander, Colombia), en la Carrera 18 con Calle 34 del barrio Centro. La empresa está constituida por 12 secciones, estas son: jugos, res, vísceras, pollo, cerdo, pescado, asadero, aliños, desposte, cocina, mantenimiento y oficinas. A continuación, se presenta la descripción de cada una de ellas.



Figura 2. Fachada de la Empresa de cárnicos.



Figura 3. Sección de Jugos

La sección de jugos de la empresa de cárnicos (Figura 3); es una sección dedicada a realizar bebidas refrescantes derivadas de la fruta, venta de snacks y helados los cuales son llevados al público.



Figura 4. Sección de Res

En la sección de res de la empresa de cárnicos (Figura 4), son distribuidos en vitrinas los diferentes productos relacionados con la carne bovina; estas carnes están seleccionadas en diferentes cortes y tipos, las cuales están divididas en carnes finas y de segunda. En las carnes finas se encuentran algunas como: chatas, lomo fino, punta de anca, lomo ancho, cecina, entre otras, las cuales son utilizadas para azar y freír. En las carnes de segunda están: aleta, murillos, costilla, etc. las cuales son utilizadas para cocer y guisar.



Figura 5. Sección de vísceras

En la sección de vísceras se exponen los diferentes subproductos de la res y son divididos en víscera blanca y víscera roja. Estos se caracterizan por ser de menor valor.



Figura 6. Sección de Pollo

En la sección de pollo se exponen en diferentes presentaciones los productos relacionados con aves de corral como lo son el pollo, la gallina y todos los subproductos de estos. Allí también se encuentran algunos derivados de la leche y embutidos.



Figura 7. Sección de Cerdo

En la sección de cerdo se exponen en diferentes cortes todo lo relacionado con la carne porcina; allí se clasifican según su tipo de preparación y valor.



Figura 8. Sección de Pescado

En la sección de pescado se expone gran variedad de pescados de mar y de río.



Figura 9. Sección de Asadero

En la sección de asadero se expone una gran variedad de productos ya listos para el consumo humano en diferentes preparaciones y porciones.



Figura 10. Sección de oficinas

En la sección de oficinas se encuentra todo lo relacionado con el área administrativa y contable de la empresa.



Figura 11. Sección de Aliños

En la sección de aliños son procesadas las carnes para ser convertidas en embutidos y así mismo ser llevadas a las diferentes secciones para ser distribuidas. Allí también se realizan los diferentes tipos de salsa para la preparación y una mejor sazón de estas carnes.

Sección de Desposte



Figura 12. Sección de Desposte

En la sección de desposte se realiza el proceso de desposte de canal de res, cerdo en sus diferentes cortes, aprovechando al máximo su rendimiento para así poder ser llevados a las vitrinas y a su vez ser vendida al público.



Figura 12. Sección de Cocina

En la sección de cocina se lleva a cabo todo el proceso de preparación y cocción de los alimentos que son llevados a la sección de asadero para ser vendidos al público. También se realiza la alimentación que es vendida a los empleados.



Figura 13. Sección de Mantenimiento

En la sección de mantenimiento se realiza toda la parte de mantenimiento preventivo y correctivo de cada una de las máquinas que hay en la empresa; también se realiza todo lo relacionado con arreglos de infraestructura.

2.2 Descripción del Sistema Eléctrico de la Empresa de Cárnicos

2.2.1 Subestación eléctrica. La subestación eléctrica de la empresa de cárnicos se encuentra ubicada en la tercera planta del edificio en un cuarto de dimensiones 5 x 2 x 2,5 metros, el cual posee dos subdivisiones: en la primera se encuentra las protecciones del lado de alta, el transformador y el tablero general de protecciones; en la segunda subdivisión se encuentra el grupo electrógeno.

El transformador de potencia que suministra energía a los tres pisos del edificio, es un transformador trifásico de 112,5 kVA cuya acometida de media tensión posee conductores de fase calibre 2 AWG XLPE a 15 kV. El lado de baja tensión está conectado a la transferencia automática y a su vez la salida de esta conectada al barraje principal del tablero general de distribución. En la Figura 14 se ilustra el diagrama unifilar de la subestación descrita anteriormente.

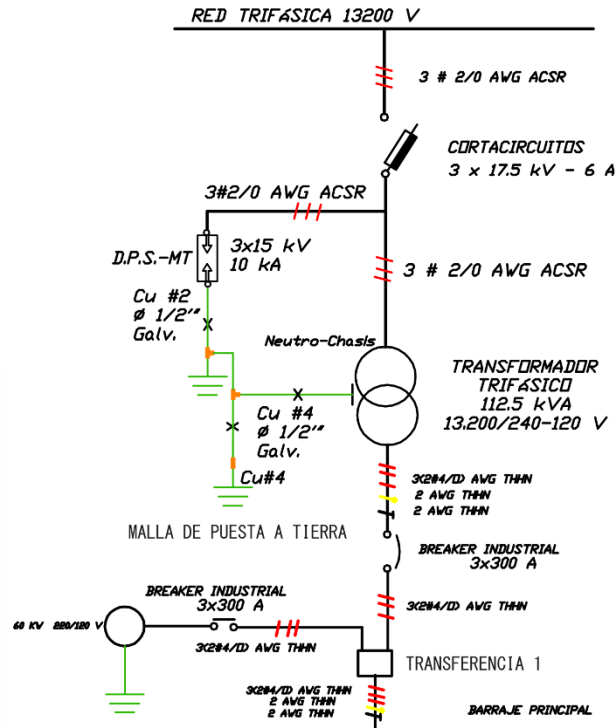


Figura 14. Diagrama unifilar de la subestación de la empresa de cárnicos.

2.2.2 Transformador de potencia. La subestación de la empresa de cárnicos consta de un transformador de potencia trifásico, tipo seco, marca SUNTEC, con capacidad nominal de 112,5 kVA (ver Figura 15), tensiones asignadas de 13 200 V / (208/120) V, conexión Dyn5, aislamiento tipo H, delta de temperatura en los devanados de 125 °C y frecuencia de 60 Hz. Este transformador alimenta la totalidad de las cargas del edificio.



Figura 15. Transformador de la empresa de cárnicos.

2.2.3 Diagramas unifilares de la instalación eléctrica de la empresa de cárnicos. En esta sección se mostrará el sistema eléctrico de la empresa de cárnicos, tomando como base los diagramas unifilares de cada una de las secciones que la conforman. Estos diagramas se encuentran con más detalle en el apéndice A. El sistema eléctrico de la empresa de cárnicos está conformado por el transformador descrito anteriormente, el cual tiene conectados sus bornes secundarios un totalizador de 300 A que a su vez se conectan a la transferencia automática donde el contactor de red es el que lidera el funcionamiento de la energización del tablero general de baja tensión (TGBT). La planta eléctrica es el respaldo del sistema eléctrico de la empresa, sin embargo, la demanda de potencia actual de la empresa supera la potencia que puede generar la planta, por tanto, en una situación de ausencia del servicio público de energía se procede a deshabilitar circuitos de menor prioridad logrando que las cargas esenciales siempre estén en funcionamiento. El tablero general (Figura 16) alimenta la carga total de la empresa y de este se derivan los circuitos

ramales de los distintos módulos que conforman el sistema eléctrico de la empresa. Las cargas alimentadas se dividen en cuartos fríos, oficinas, vitrinas, salón de ventas, segundo piso y tercer piso.

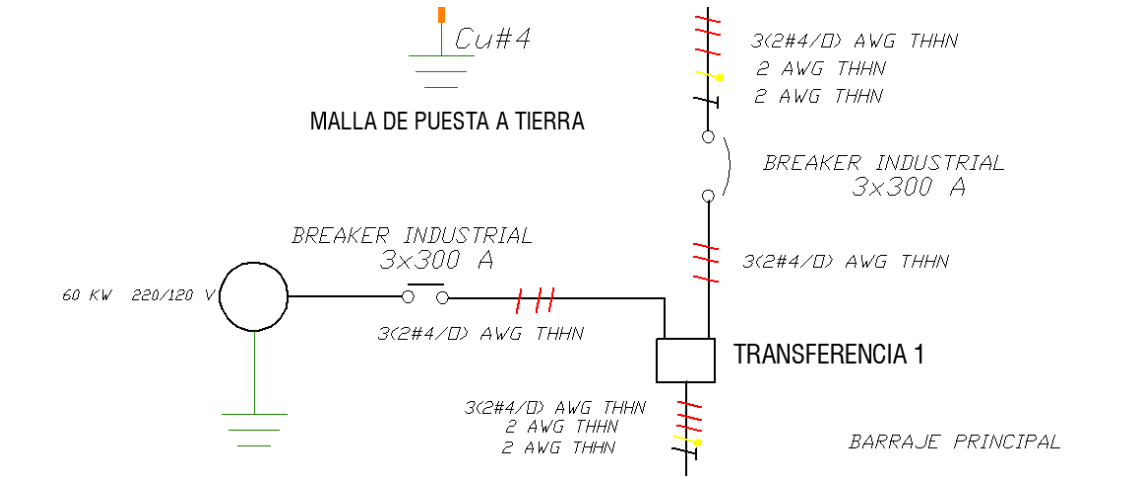


Figura 16. Tablero general de cargas.

El sistema eléctrico de la empresa está alimentado por un barraje de 400 A, donde se conectan doce circuitos con consumos promedios de 3 910 kWh, 13 190 kWh, etc.

A continuación, se describirá cada uno de los circuitos ramales. Se iniciará con una descripción general de todos los cuartos fríos. En la Figura 17 se ilustra el diagrama unifilar de los circuitos (son seis circuitos para cuartos fríos). Los totalizadores seleccionados son de 40 A ó 30 A, según el tipo de compresor, que son los circuitos ramales encargados de proporcionar la protección de los sistemas de refrigeración.



Figura 17. Circuitos ramales de refrigeración.

Otro circuito ramal que se deriva de este barraje es el encargado de alimentar las vitrinas exhibidoras de los productos cárnicos, el circuito cuenta con un totalizador de 120 A que se deriva en un módulo de 42 breakers. En la Figura 18 se ilustra el diagrama unifilar de este circuito ramal.

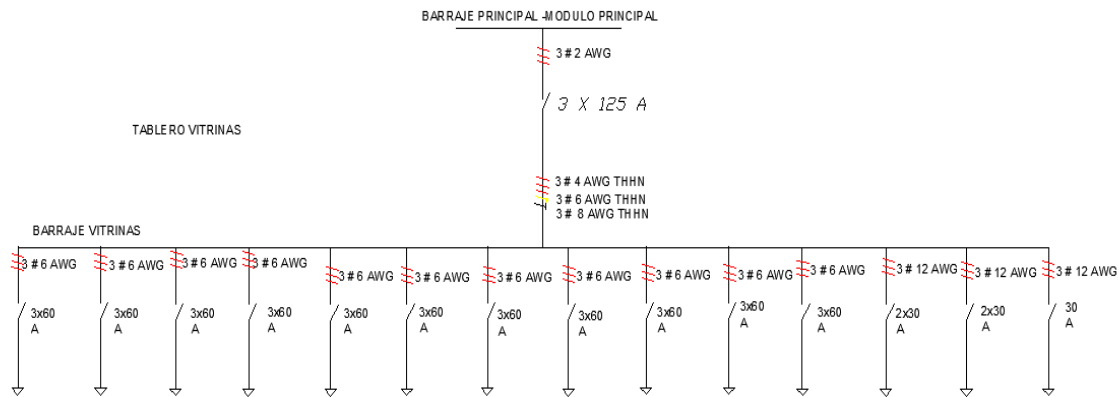


Figura 18. Diagrama unifilar del tablero de la sección de vitrinas.

El siguiente circuito ramal (Figura 19), se compone de un totalizador de 100 A y un módulo de 42 breakers que alimenta la iluminación y los tomacorrientes del establecimiento comercial que a su vez facilitan la conexión de las distintas maquinas útiles para procesar los productos cárnicos.

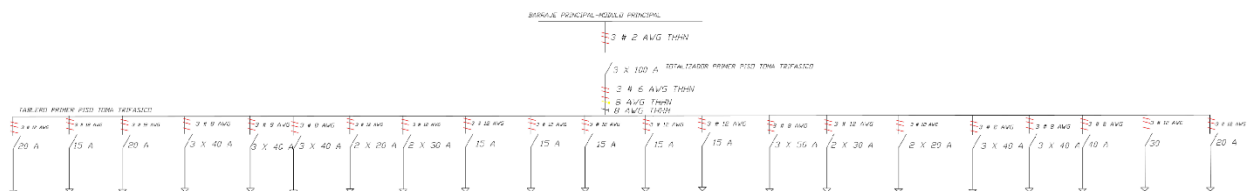


Figura 19. Diagrama unifilar del circuito de iluminación y tomacorrientes de la primera planta.

La siguiente derivación alimenta el circuito de iluminación, toma corriente, elevadores y módulos de toda la tercera planta. Este circuito tiene una protección contra sobre corriente de 80

A. En la Figura 20 se ilustra el diagrama unifilar del circuito descrito.

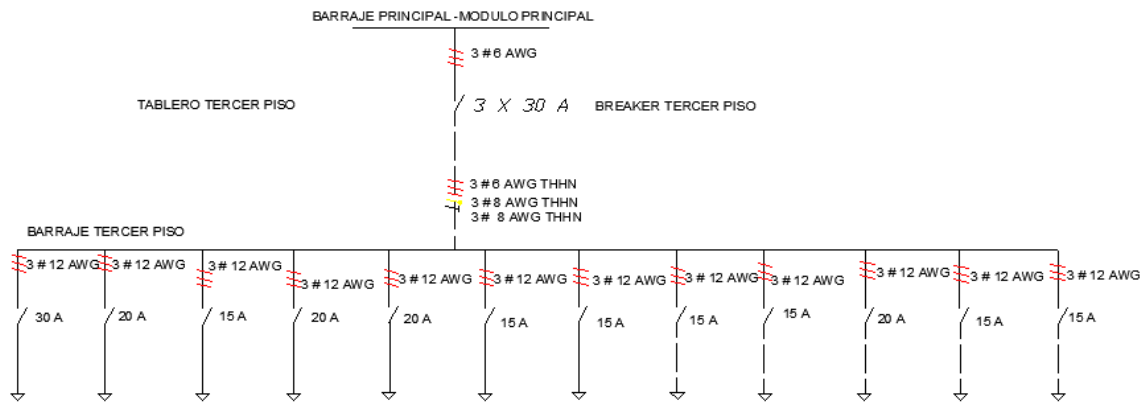


Figura 20. Diagrama unifilar del circuito de iluminación y tomacorrientes de la tercera planta.

Por último, se encuentra el diagrama unifilar del circuito ramal que alimenta la sección de oficinas y las UPS que proporcionan autonomía al sistema regulado al presentar una ausencia de tensión. Este es el único módulo que posee doble respaldo instantáneo por las UPS y prolongado por el grupo electrógeno. El circuito mencionado anteriormente se observa en la Figura 21.

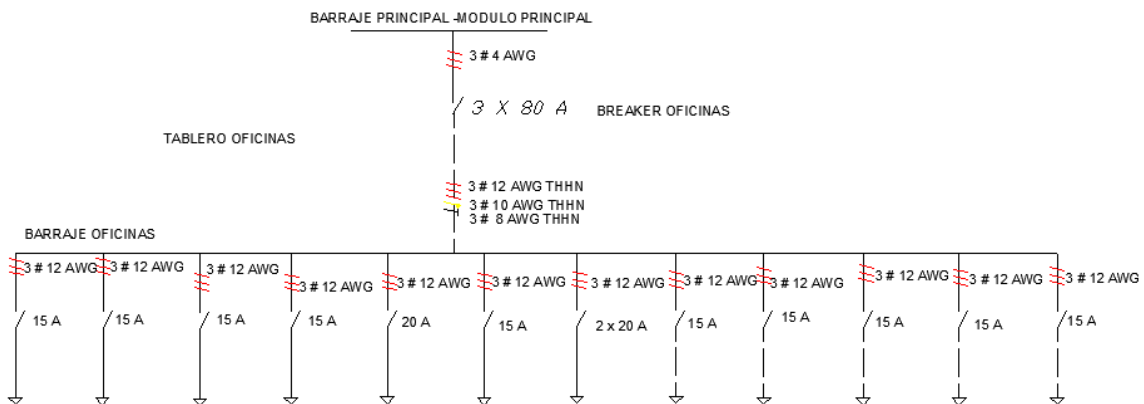


Figura 21. Diagrama unifilar del circuito de la sección de oficinas.

2.2.4 Producción. Para determinar la producción se totalizó la cantidad de canales de res, cerdo, pescado y pollo que adquirió la empresa; así mismo la cantidad producida de embutidos y sus derivados. Esta información fue suministrada por el departamento de compras de la empresa.

Para las canales, cerdo, pescado y pollo se revisaron los informes mirando la cantidad de éstos que entraron a la empresa desde octubre de 2015 hasta diciembre de 2016 y para la cantidad de embutidos se revisaron los talleres realizados por la empresa. De esta forma se obtuvo la cantidad exacta de producción.

Teniendo las cantidades exactas en kilogramos de cada producto se procedió a sumar los datos de producción por mes y así encontrar la cantidad total durante los 14 meses mencionados. La producción de la empresa de cárnicos en cada uno de los meses en los que se midieron los consumos de energía se muestra en la Tabla 2:

Tabla 2. *Producción mensual de la empresa de cárnicos.*

MES	PRODUCCIÓN [kg]
oct-15	286 136,31
nov-15	249 540,84
dic-15	342 277,94
ene-16	233 122,41
feb-16	243 572,49
mar-16	261 639,00
abr-16	275 133,22
may-16	224 396,89
jun-16	251 872,24
jul-16	242 154,75
ago-16	240 819,53
sep-16	242 242,02
oct-16	225 692,52
nov-16	233 424,56

2.2.5 Estructura Organizacional. La estructura organizacional de la empresa de cárnicos, se encuentra dividida en 4 grupos jerárquicos (Figura 22). En el primer grupo se encuentra la gerencia y la parte administrativa, los cuales son el más alto rango y son los encargados de tomar decisiones en la empresa orientadas al cumplimiento de los objetivos estipulados, involucrando la innovación, competitividad y generación de valor económico, para ello tiene total autoridad para planear, dirigir y organizar todos los aspectos de la empresa para su crecimiento.

En el segundo grupo está toda la parte organizacional y estructural de la empresa como los son: Departamento de sistemas, recursos humanos, calidad, salud ocupacional, contabilidad, entre otros, los cuales son los encargados de ayudar a cumplir los objetivos estipulados en la empresa.

En el tercer grupo se encuentra toda la parte operacional, los cuales son los encargados de que se cumpla con toda la producción de la empresa. En este grupo se encuentran los supervisores,

los auxiliares, entre otros.

En cuarto y último grupo están los encargados de atender y entregar al público el producto ya finalizado.

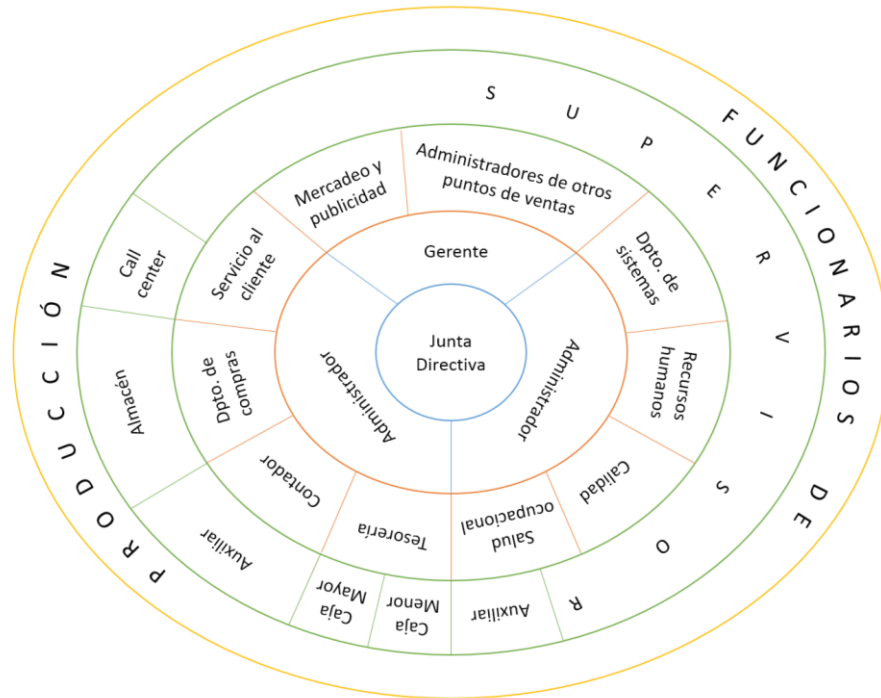


Figura 22. Estructura organizacional

2.2.6 Comportamiento Histórico del Consumo Energético de la Empresa de Cárnicos.

Es indispensable obtener los datos del consumo energético anual de la empresa para llevar a cabo un análisis cuantitativo. La información obtenida fue proporcionada por la empresa *Vatia S.A. E.S.P.* y contiene los datos del consumo mensual de energía activa y reactiva. Con estos datos y la medición de cargas se realizará un análisis de las posibles formas de ahorro energético para establecer metas de reducción del consumo y proponer alternativas en el uso racional de la energía.

En la Tabla 3 y las Figuras 23 y 24 se muestra el consumo histórico de energía activa y reactiva de la empresa de cárnicos. A lo largo de los 14 meses se mantiene un comportamiento

estable. El mayor consumo registrado en la empresa fue en el mes de diciembre de 2016 con 51,84 kWh, ya que en este mes se realiza la mayor venta en la empresa y por lo tanto se obtiene la mayor producción utilizando un periodo de tiempo mayor de lo normal la maquinaria.

Tabla 3. *Consumo energético mensual de la empresa Cárnicos.*

MES	CONSUMO	
	[kWh]	[kVARh]
oct-15	51 615	22 996
nov-15	49 013	23 244
dic-15	51 841	25 976
ene-16	49 300	24 546
feb-16	48 356	22 513
mar-16	49 750	23 520
abr-16	49 320	23 059
may-16	41 136	24 566
jun-16	47 776	22 671
jul-16	48 219	22 866
ago-16	44 402	22 422
sep-16	48 313	22 958
oct-16	50 825	22 778
nov-16	47 371	21 060

A continuación, se muestra el diagrama de barras del consumo energético (Energía activa y reactiva) durante los meses de octubre de 2015 hasta noviembre de 2016.

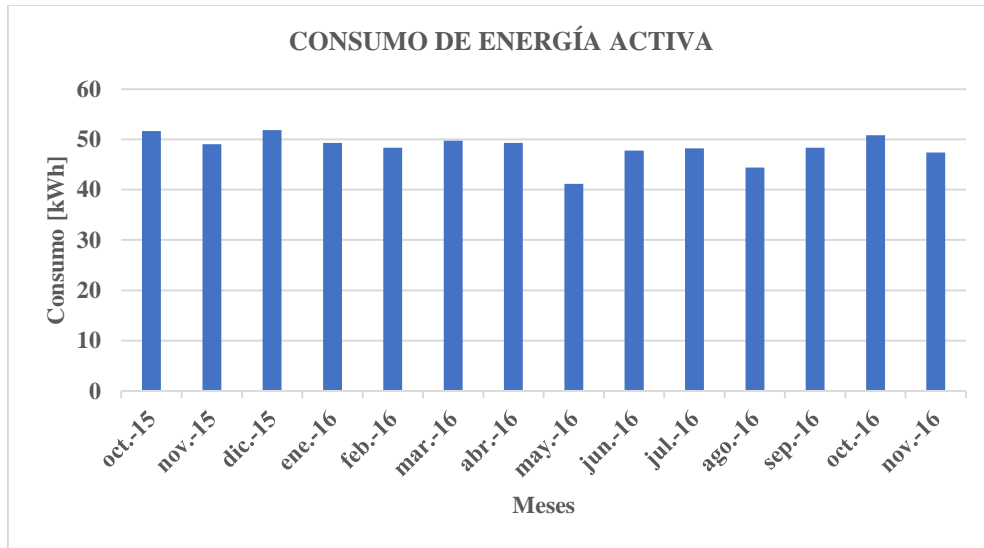


Figura 23. Consumo de energía activa de la empresa de cárnicos.

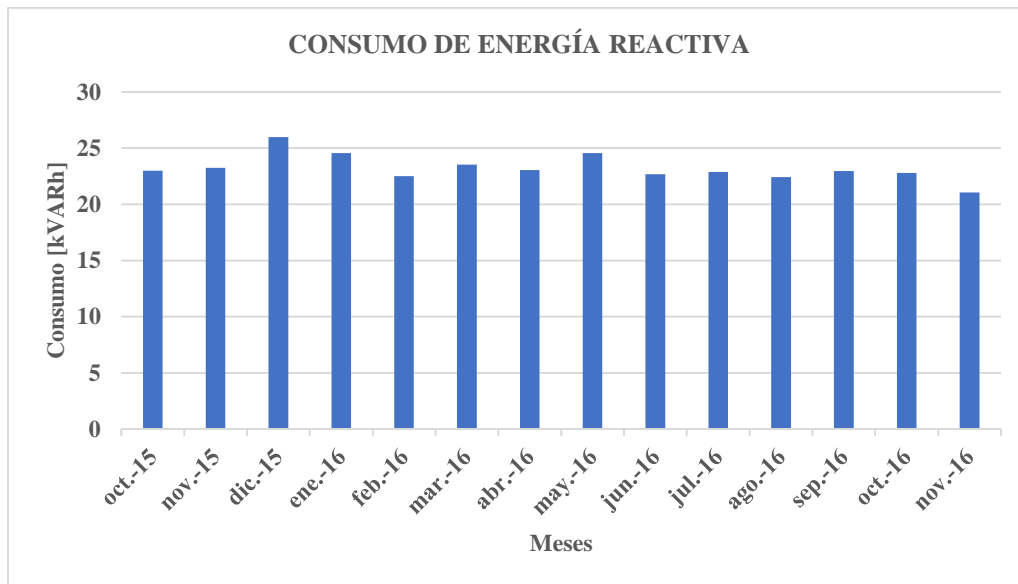


Figura 24. Consumo de energía reactiva de la empresa de cárnicos.

3. Actividad 2: Pre-Characterización Energética del Edificio

Antes de caracterizar el consumo energético del edificio, se realiza un diagnóstico actual en la parte organizacional, administrativa y de recursos energéticos. Para esto se determinará mediante herramientas de caracterización, la situación energética en cuanto a organización de recursos energéticos y posibles mejoras de la eficiencia energética en la empresa de cárnicos.

La identificación del estado actual de los recursos energéticos de la empresa proporciona los activos necesarios para señalar las posibles fuentes de ahorro energético y la capacidad de gestionar los recursos de tal manera que se cumplan las metas propuestas a mediano y largo plazo. Esto es apoyado mediante encuestas cualitativas en cuanto a la organización, medición de cargas existentes y un diagrama energético que represente el uso de la energía en las áreas de mayor consumo actualmente en la empresa.

3.1 Encuestas

El realizar las encuestas permite el conocimiento del estado actual de la empresa en cuanto a su política de gestión energética.

Las encuestas empleadas se basaron en el formato de la UPME Herramientas para el análisis de la eficiencia energética, UPME. (Campos Avella, Prías Caicedo, Quispe Oqueña, Vidal Medina, & Lora Figueroa, 2008). Estas se pueden evidenciar en el apéndice B.

3.1.1 Encuestas de identificación y caracterización del edificio. Las encuestas permiten conocer datos específicos de la empresa como su ubicación, procesos, número de personas que intervienen en estos procesos, mantenimientos preventivos y correctivos de cada uno de los equipos que intervienen en los procesos. Para esto fue necesario modificar las encuestas y adaptarlas a la empresa de cárnicos, debido a que esta se encuentra dividida en secciones. Se realizó una encuesta diferente para cada una de ellas, con el fin de obtener un conocimiento global de la empresa. Las encuestas se realizaron a las secciones descritas en el capítulo 2,1.

3.1.2 Encuestas para el diagnóstico energético inicial y ambiental asociado al consumo energético. Estas encuestas permiten identificar los equipos de uso energético utilizados en la empresa y los servicios de suministro energético de la misma. Las encuestas son realizadas al personal de calidad, mantenimiento y de seguridad y salud ocupacional de la empresa de cárnicos.

Se analizaron los resultados de las encuestas para evaluar en una escala de cero a cinco las afirmaciones de cada ítem que muestra el programa informático de la UPME “*Calificador de niveles de gestión energética de la empresa*” (Unidad de Planeación Minero Energética – UPME; COLCIENCIAS; Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería, Universidad del Atlántico; Universidad Autónoma de Occidente , 2008). Este programa permite ponderar cada una de las áreas de la empresa; obtiene un promedio total del estado en el que se encuentra la empresa y realiza un reporte de la evaluación de las buenas prácticas de gestión energética. El reporte de la empresa de cárnicos se encuentra en el apéndice C.

La Figura 25 muestra un gráfico de barras de la calificación obtenida en cada una de las áreas, el cual facilita conocer las áreas de mayor competencia y las más críticas para hacer hincapié en la ejecución de las buenas prácticas en que la empresa no está cumpliendo.

3.2 Calificación de Buenas Prácticas de Gestión Energética

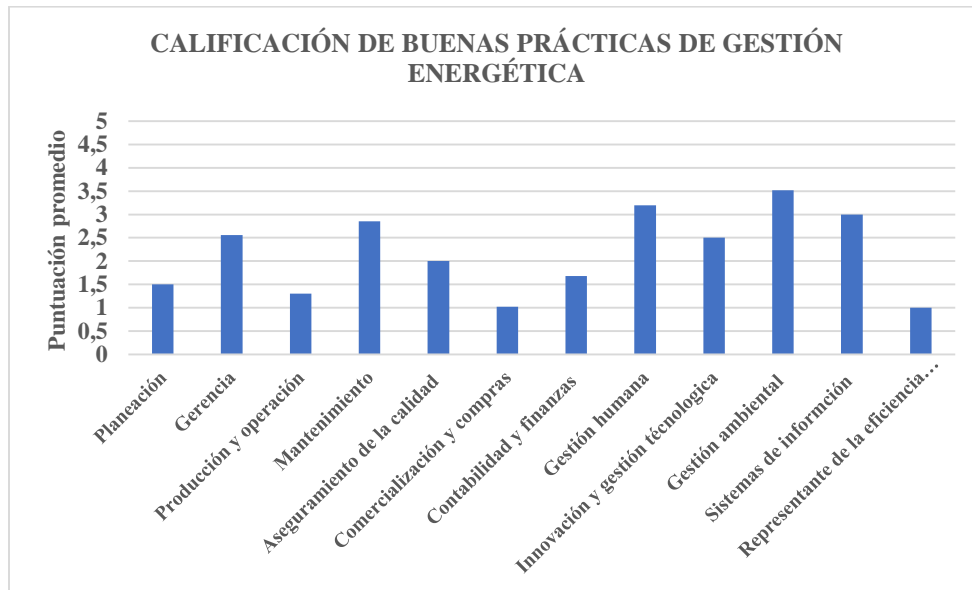


Figura 25. Calificación de buenas prácticas de Gestión Energética

La Tabla 4 muestra los niveles de competencia que se pueden obtener al realizar el análisis de gestión energética en el software de calificación. La empresa de cárnicos obtuvo un puntaje de 2,2 el cual resulta de realizar el promedio de los valores alcanzados en la Figura 25, este promedio clasifica a la empresa de cárnicos en un nivel incompetente de gestión energética.

Tabla 4. Calificación obtenida de los niveles de gestión energética en la empresa de cárnicos.

Niveles			
Muy incompetente	Incompetente	Competente	Muy competente
< 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5
Calificación obtenida: 2,2		INCOMPETENTE	

3.3 Medición de Cargas de la Empresa de Cárnicos

A partir de la información suministrada del estado de la empresa y los datos obtenidos del

consumo energético, se realiza una medición de las cargas eléctricas utilizadas en cada una de las secciones obteniendo su respectivo consumo de potencia eléctrica y tiempo promedio de uso que se le da a cada equipo. Esta información es suministrada por los operarios de la empresa de cárnicos. Con esta medición de cargas se busca hacer hincapié en los posibles puntos de reducción de consumo energía, lo cual se apoya mediante una comparación en cada una de las máquinas entre la potencia nominal y el consumo real. De esta manera se analizan los equipos que están presentando un alto consumo y las posibles soluciones para mitigar el uso desmesurado de energía.

Para realizar el estudio de una manera eficiente, se divide el consumo energético por secciones, dependiendo del tipo de actividad. Las secciones en las que fue dividido el consumo eléctrico son:

- **Sección de jugos:** Está compuesta de cargas de iluminación, enfriadores, licuadoras, etc. En una parte de esta sección los operarios se encargan de la preparación de las bebidas y en la otra de la distribución. En ella trabajan aproximadamente cinco personas.
- **Sección de res:** Esta sección contiene cargas de refrigeración, sierras e iluminación. Allí los operarios atienden las necesidades del cliente respecto al tipo y cantidad de carne de primera y de segunda que estos deseen. En ella trabajan aproximadamente 30 personas.
- **Sección de vísceras:** Esta sección contiene cargas de refrigeración, iluminación y máquinas empacadoras al vacío. Allí los operarios se encargan de distribuir al público los subproductos de la res. En ella trabajan aproximadamente seis personas.
- **Sección de pollo:** Esta sección contiene cargas de refrigeración, iluminación, sierras y cortadoras de pollo. Allí trabajan aproximadamente 15 personas.
- **Sección de cerdo:** En esta sección existen cargas de refrigeración, iluminación y una sierra. Allí trabajan aproximadamente 10 personas.

- **Sección de pescado:** Esta sección contiene sólo cargas de refrigeración e iluminación. Allí trabajan aproximadamente cinco personas.
- **Sección de asadero:** Esta sección contiene cargas de refrigeración, iluminación y calentamiento eléctrico. Allí trabajan aproximadamente cinco personas.
- **Sección de oficinas:** En esta sección existen cargas de iluminación, calentamiento eléctrico y ordenadores. Allí trabajan aproximadamente 17 personas.
- **Sección de aliños:** En esta sección existen máquinas eléctricas rotatorias las cuales se derivan en molinos, licuadoras, embudadoras, máquina para carne de hamburguesa, entre otras, también existen cargas de iluminación y refrigeración. Esta sección se encarga de procesar la carne para sacar derivados de ella como chorizos, carne molida, etc., para así ser sacadas a la venta pública. Allí trabajan aproximadamente 11 personas.
- **Sección de desposte:** En esta sección existen cargas de refrigeración e iluminación. Se encarga de dividir el canal de una res en sus diferentes cortes y así ser distribuidos en la sección de res. En esta sección trabajan aproximadamente 20 personas.
- **Sección de cocina:** En esta sección existen máquinas rotativas las cuales se derivan en molinos, pela papa, licuadoras y ventiladores; también existen cargas de iluminación. Allí se encargan de la preparación de los alimentos que se venden al público. En esta sección trabajan aproximadamente 25 personas.
- **Sección de mantenimiento:** En esta sección hay cargas de iluminación y de tipo inductivo tales como un esmeril, pulidoras, taladro industrial y máquina de soldadura, entre otras. Allí se encargan de la reparación y adecuación de las diferentes máquinas que existen en la empresa. En esta sección trabajan dos personas.

La medición de cargas en la empresa de cárnicos se realizó con una pinza amperimétrica digital *UNI-T UT200A*. En la Tabla 6 se observa las especificaciones técnicas de la pinza amperimétrica utilizada para la medición de cargas en la empresa de cárnicos.

Tabla 5. *Especificaciones técnicas de la pinza amperimétrica digital UNI-T UT200A.*

Pantalla	LCD de 1999 dígitos; 35,6 × 18 mm	
DC Voltaje	Diapasón	600 V
	Precisión	± (1,5%+5)
AC Voltaje	Diapasón	600 V
	Precisión	± (1,0%+3)
AC Corriente	Diapasón	2 A / 20 A / 200 A
	Precisión	± (1,5%+5)
Resistencia	Diapasón	20 kΩ
	Precisión	± (1,0%+4)
Dimensiones	208 × 76 × 30 mm	

Fuente: (ToolBoom Supermarket for Engineers, 2015)

En la Tabla 6 se registran los datos obtenidos en la medición de cargas distribuidas para cada sección.

Tabla 6. Datos obtenidos en la medición de cargas distribuidas para cada sección

ÁREA	EQUIPOS	CANTIDAD	CONSUMO MEDIDO O DE PLACA [kW]	TIEMPO DE TRABAJO PROMEDIO HORAS/DÍA	DÍAS DE USO AL MES	TIEMPO TRABAJO PROM/MES [HORAS]	ENERGÍA CONSUMIDA PROM /MES [kW/h]
SECCIÓN DE JUGOS	Balanza electrónica	1	0,025	2	26	52	1,3
	Computador	1	0,188	12	26	312	58,656
	Datáfono	6	0,005	3	26	78	2,34
	Enfriador	1	1,44	22	30	660	950,4
	Exprimidor industrial	1	0,792	5	26	130	102,96
	Extractor de fruta Industrial	1	0,56	2	26	52	29,12
	Impresora Epson	1	0,163	10	26	260	42,38
	Licuada industrial	1	0,284	10	26	260	73,84
	Máquina de granizados	1	1,44	10	26	260	374,4
	Máquina de helados	1	4,9	10	26	260	891,8
	Máquina de jugos	3	0,977	11	26	286	838,266
	Nevera vitrina	1	0,588	10	26	260	152,88
	Switch de red de 4 puertos	1	0,0046	12	26	312	1,4352
	Ventilador	1	0,04	5	26	130	5,2
Vitrina calentadora de empanadas	1	0,3	12	26	312	93,6	

ÁREA	EQUIPOS	CANTIDAD	CONSUMO MEDIDO O DE PLACA [kW]	TIEMPO DE TRABAJO PROMEDIO HORAS/DÍA	DÍAS DE USO AL MES	TIEMPO TRABAJO PROM/MES [HORAS]	ENERGÍA CONSUMIDA PROM /MES [kW/h]
SECCIÓN DE ASADERO	Computador	1	0,188	12	26	312	58,656
	Datáfono	1	0,005	3	26	78	0,39
	Hornos microondas	4	1,7	10	26	260	1237,6
	Impresora Epson	1	0,163	10	26	260	42,38
	Nevera exhibidora	1	0,0375	10	26	260	9,75
	Nevera refrigeración	1	0,463	10	26	260	120,38
	Switch de red de 8 puertos	1	0,0125	12	26	312	3,9
	Ventilador	1	0,13	11	26	286	37,18

ÁREA	EQUIPOS	CANTIDAD	CONSUMO MEDIDO O DE PLACA [kW]	TIEMPO DE TRABAJO PROMEDIO HORAS/DÍA	DÍAS DE USO AL MES	TIEMPO TRABAJO PROM/MES [HORAS]	ENERGÍA CONSUMIDA PROM /MES [kW/h]	
SECCIÓN DE VISCERAS	Básculas	5	0,25	9	26	234	292,5	
	Computador	1	0,188	12	26	312	58,656	
	Datáfono	1	0,05	3	26	78	3,9	
	Dispensador de agua	1	0,55	22	30	660	363	
	Empacadora al vacío	1	2,373	2	26	52	123,396	
	Empacadora al vacío	1	1,2	2	26	52	62,4	
	Impresora Epson	1	0,163	10	26	260	42,38	
	Secador de manos	1	0,9375	1	26	26	24,375	
	Selladora térmica	1	1,18	2	26	52	61,36	
	Switch de 4 puertos	1	0,025	12	30	360	9	
	Nevera exhibidora		6	0,0366	14	26	364	55,95408
			4	0,06875	14	26	364	70,07
			3	0,01833	14	26	364	14,011452
		3	3,96	1,43	26	37,18	309,18888	
		1	17,492	12,3	26	319,8	3915,75912	

ÁREA	EQUIPOS	CANTIDAD	CONSUMO MEDIDO O DE PLACA [kW]	TIEMPO DE TRABAJO PROMEDIO HORAS/DÍA	DÍAS DE USO AL MES	TIEMPO TRABAJO PROM/MES [HORAS]	ENERGÍA CONSUMIDA PROM /MES [kW/h]
SECCIÓN DE ALIÑOS	Aire acondicionado	1	0,99	10	26	260	257,4
	Embutidora	1	1,144	4	26	104	118,976
	Gramera	1	0,025	7	26	182	4,55
	Licuada	1	0,825	2	26	52	42,9
	Máquina moldeadora de carne	1	1,025	8	26	208	213,2
	Mezcladora	1	1,28033	6	26	156	199,73148
	Mezcladora	1	0,98565	6	26	156	153,7614
	Molino	1	2,133	6	26	156	332,748

ÁREA	EQUIPOS	CANTIDAD	CONSUMO MEDIDO O DE PLACA [kW]	TIEMPO DE TRABAJO PROMEDIO HORAS/DÍA	DÍAS DE USO AL MES	TIEMPO TRABAJO PROM/MES [HORAS]	ENERGÍA CONSUMIDA PROM /MES [kW/h]
SECCIÓN DE OFICINAS	Aire acondicionado	2	0,4875	10	26	260	253,5
	Computadores	9	0,188	12	26	312	527,904
	Impresora Epson	1	0,163	5	26	130	21,19
	Impresoras	2	0,245	3	26	78	38,22
	Máquina cuenta billetes	1	0,17	2	26	52	8,84
	Sistema de vigilancia	1	1,629	24	30	720	1172,88
	Ventiladores	2	0,04	10	26	260	20,8

ÁREA	EQUIPOS	CANTIDAD	CONSUMO MEDIDO O DE PLACA [kW]	TIEMPO DE TRABAJO PROMEDIO HORAS/DÍA	DÍAS DE USO AL MES	TIEMPO TRABAJO PROM/MES [HORAS]	ENERGÍA CONSUMIDA PROM /MES [kW/h]	
SECCIÓN DE MANTENIMIENTO	Esmeril	1	0,1	2	26	52	5,2	
	Mini Pulidora	1	0,525	2	26	52	27,3	
	Motor Ascensor 1	1	2	5	26	130	260	
	Soldador	1	1,4625	2	26	52	76,05	
	Taladro	2	0,7	3	26	78	109,2	
	Cuartos fríos		4	1,41875	14	26	364	1032,85
			6	6,876	21,33	30	639,9	13,199,8572
			5	12,025	1,4	30	42	1,262,625
			2	3	1,26	26	32,76	98,28

ÁREA	EQUIPOS	CANTIDAD	CONSUMO MEDIDO O DE PLACA [kW]	TIEMPO DE TRABAJO PROMEDIO HORAS/DÍA	DÍAS DE USO AL MES	TIEMPO TRABAJO PROM/MES [HORAS]	ENERGÍA CONSUMIDA PROM /MES [kW/h]	
SECCIÓN DE PESCADO	Computador	1	0,188	12	26	312	58,656	
	Básculas	4	0,25	9	26	234	234	
	Nevera exhibidora		6	0,0366	14	26	364	55,95408
			4	0,06875	14	26	364	70,07
			3	0,01833	14	26	364	14,011452
			3	3,96	1,43	26	37,18	309,18888
			1	11,66	12,3	26	319,8	2610,2076
	Impresora Epson	1	0,163	10	26	260	42,38	
	Nevera ceviche	1	0,8888	10	26	260	231,088	
	Báscula electrónica	2	0,025	10	26	260	13	
	Ventilador	1	0,04	9	26	234	9,36	
	Horno microondas	1	1,15	2	26	52	59,8	
	Switch de red de 4 puertos	1	0,0046	12	26	312	1,4352	
	Sensor biométrico	1	0,0125	24	30	720	9	
Datáfono	1	0,005	3	26	78	0,39		

ÁREA	EQUIPOS	CANTIDAD	CONSUMO MEDIDO O DE PLACA [kW]	TIEMPO DE TRABAJO PROMEDIO HORAS/DÍA	DÍAS DE USO AL MES	TIEMPO TRABAJO PROM/MES [HORAS]	ENERGÍA CONSUMIDA PROM /MES [kW/h]	
SECCIÓN DE CERDO	Básculas	6	0,025	9	26	234	35,1	
	Computador	2	0,188	12	26	312	82,1184	
	Datáfono	2	0,05	3	26	78	7,8	
	Impresora Epson	2	0,163	10	26	260	84,76	
	Matamoscas	2	0,05	12	26	312	31,2	
	Molino	1	2,238	5	26	130	290,94	
	Secador de manos	1	0,937	2	26	52	48,724	
	Sierra	2	2,4	5	26	130	624	
	Switch de 4 puertos	2	0,0125	12	30	360	9	
	Nevera exhibidora		6	0,0366	14	26	364	55,95408
			4	0,06875	14	26	364	70,07
			3	0,01833	14	26	364	14,011452
			3	3,96	1,43	26	37,18	309,18888
		1	9,392	12,3	26	319,8	2102,49312	

ÁREA	EQUIPOS	CANTIDAD	CONSUMO MEDIDO O DE PLACA [kW]	TIEMPO DE TRABAJO PROMEDIO HORAS/DÍA	DÍAS DE USO AL MES	TIEMPO TRABAJO PROM/MES [HORAS]	ENERGÍA CONSUMIDA PROM /MES [kW/h]	
SECCIÓN DE POLLO	Básculas	4	0,25	9	26	234	234	
	Computador	1	0,188	12	26	312	58,656	
	Datáfonos	1	0,05	3	26	78	3,9	
	Enfriador de pollo	1	1,7	10	26	260	442	
	Impresora	1	0,163	10	26	260	42,38	
	Matamoscas	1	0,025	24	30	720	18	
	Molino	1	2,238	4	26	104	232,752	
	Refrigerador	1	1,7	11	26	286	486,2	
	Secador de manos	1	0,9375	3	30	90	84,375	
	Switch de 4 puertos	1	0,025	12	30	360	9	
	Nevera exhibidora		6	0,0366	14	26	364	55,95408
			4	0,06875	14	26	364	70,07
			3	0,01833	14	26	364	14,011452
			3	3,96	1,43	26	37,18	309,18888
		1	17,492	12,3	26	319,8	3915,75912	

ÁREA	EQUIPOS	CANTIDAD	CONSUMO MEDIDO O DE PLACA [kW]	TIEMPO DE TRABAJO PROMEDIO HORAS/DÍA	DÍAS DE USO AL MES	TIEMPO TRABAJO PROM/MES [HORAS]	ENERGÍA CONSUMIDA PROM /MES [kW/h]	
SECCIÓN DE RES	Báscula	11	0,25	9	26	234	643,5	
	Computador	5	0,188	12	26	312	293,28	
	Datáfono	3	0,02	3	26	78	4,68	
	Decodificador	1	0,0375	12	30	360	13,5	
	Impresora Epson	3	0,163	10	26	260	127,14	
	Máquina de moler	1	2,1	4	30	120	176,4	
	Matamosca	1	0,005	2	26	52	0,26	
	Módem	1	0,000125	12	26	312	0,039	
	Sierra	1	1,119	5	26	130	145,47	
	Switch de 4 puertos	3	0,025	12	26	312	23,4	
	Televisor	3	0,331	6	30	180	178,74	
	Nevera exhibidora		6	0,0366	14	26	364	55,95408
			4	0,06875	14	26	364	70,07
		3	0,01833	14	26	364	14,011452	
		3	3,96	1,43	26	37,18	309,18888	
		1	17,492	12,3	26	319,8	3915,75912	

ÁREA	EQUIPOS	CANTIDAD	CONSUMO MEDIDO O DE PLACA [kW]	TIEMPO DE TRABAJO PROMEDIO HORAS/DÍA	DÍAS DE USO AL MES	TIEMPO TRABAJO PROM/MES [HORAS]	ENERGÍA CONSUMIDA PROM /MES [kW/h]
SECCIÓN DE COCINA	Cortadora de pollo	1	2,86	8	26	208	594,88
	Hidro-lavadora	1	3,73	5	26	130	484,9
	Licuada industrial	1	0,43375	5	26	130	56,3875
	Licuada Industrial	1	0,9875	5	26	130	128,375
	Licuada pequeña	1	0,30875	4	26	104	32,11
	Pela Papa	1	1,025	1	26	26	26,65
	Sierra	1	1,119	3	26	78	87,282
	Ventilador	2	0,1	10	26	260	52

3.4 Diagrama de Producción de la Empresa de Cárnicos

La principal función de la empresa de cárnicos es ofrecer al público carne en la ciudad de Bucaramanga. Para ello cuentan con un sistema de calidad, instalaciones que cumplen las normas de higiene exigidas por la secretaria de salud y con una materia prima vigilada por el Invima (Instituto Nacional de Vigencia de Medicamentos y Alimentos). En la Figura 26 se presenta el esquema de producción de la empresa de cárnicos.

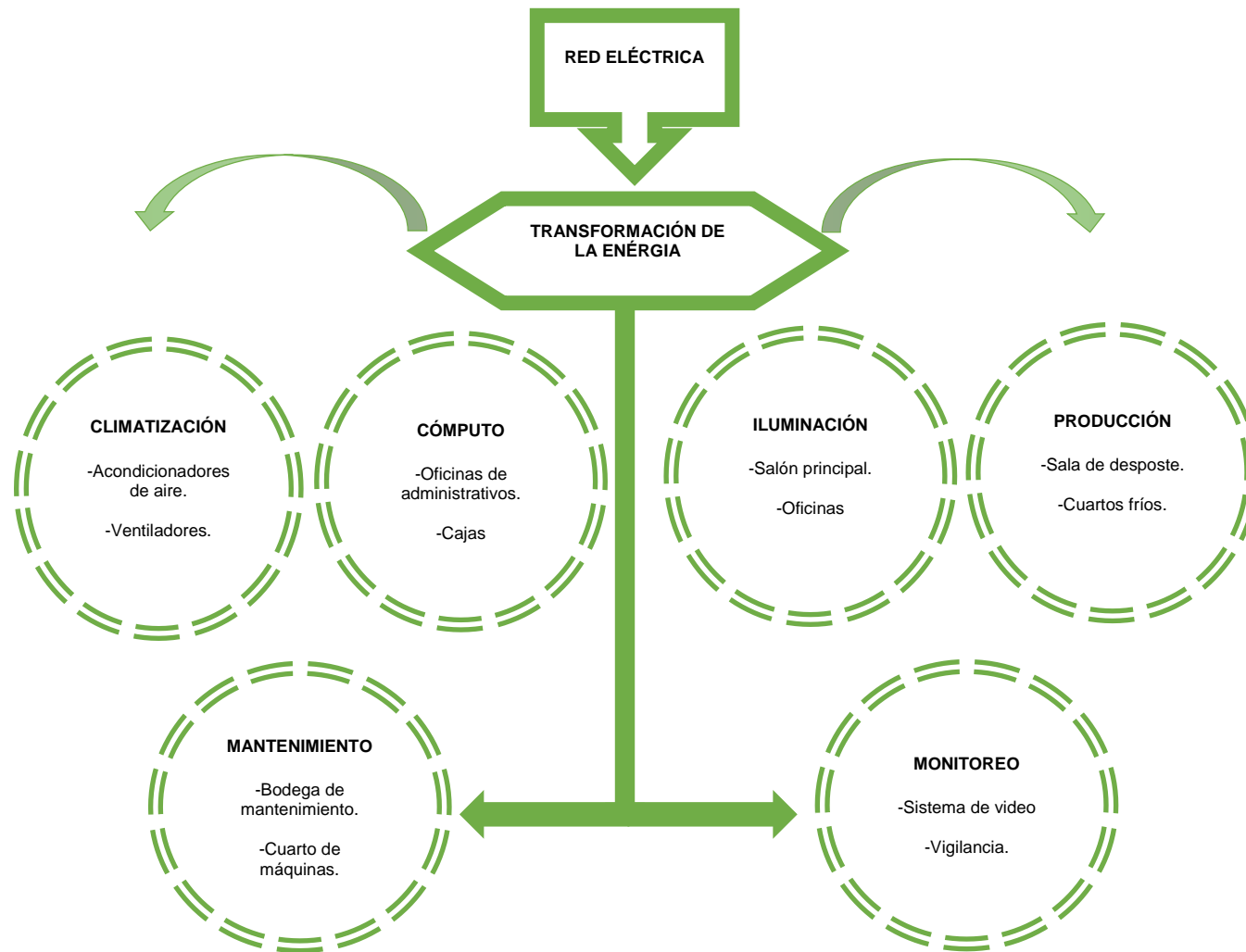


Figura 26. Esquema de producción de la empresa de carnicos.

4. Actividad 3: Proceso de Caracterización de la Eficiencia Energética

En esta instancia se realiza un análisis detallado de todas las variables que intervienen en los procesos relacionados con el consumo energético de la empresa de cárnicos. Esto se hace con el fin de encontrar las posibles fuentes que aumenten la eficiencia energética en todos los procesos que allí se llevan a cabo y encontrar un equilibrio en el consumo energético para así establecer estrategias de control y seguimiento de consumos. Esto se verifica con la variable significativa del uso racional de la energía que para este caso es la producción de la empresa y su correlación existente con el consumo de energía. El análisis se hará con base al comportamiento histórico de consumo energético y la caracterización de producción que se obtuvo en la primera parte. Seguidamente se hará uso de las herramientas estadísticas y probabilísticas que sean de apoyo a dicho análisis.

4.1 Establecimiento de los Indicadores del Sistema de Gestión

Con la información obtenida en la pre-caracterización, se utilizan herramientas estadísticas básicas como: Diagrama de Pareto, gráficos de control, gráficos E-P en el tiempo, gráficos E vs P y gráfico de tendencia, las cuales determinarán los indicadores energéticos con los que se pueda realizar un seguimiento de las variables que influyen en el consumo energético y establecer metas alcanzables con el fin de obtener una reducción. En la Tabla 7 se muestra la información de producción y consumo eléctrico desde el mes de octubre de 2015 a diciembre de 2016.

Tabla 7. Producción y consumo eléctrico desde el mes de octubre de 2015 a diciembre de 2016

MES	PRODUCCIÓN [kg]	CONSUMO DE ENERGÍA[kWh]
Dic-15	342 277,94	51 841
Oct-15	286 136,31	51 625
Oct-16	225 692,52	50 825
Mar-16	261 639,39	49 750
Abr-16	275 133,22	49 320
Ene-16	233 122,41	49 356
Nov-15	249 540,84	49 013
Feb-16	243 572,49	48 356
Sep-16	242 242,02	48 313
Jul-16	242 154,75	48 219
Jun-16	251 872,24	47 776
Nov-16	233 424,56	47 371
Ago-16	240 819,53	44 402
May-16	224 396,89	41 136

4.1.1 Diagrama de Dispersión y Correlación:

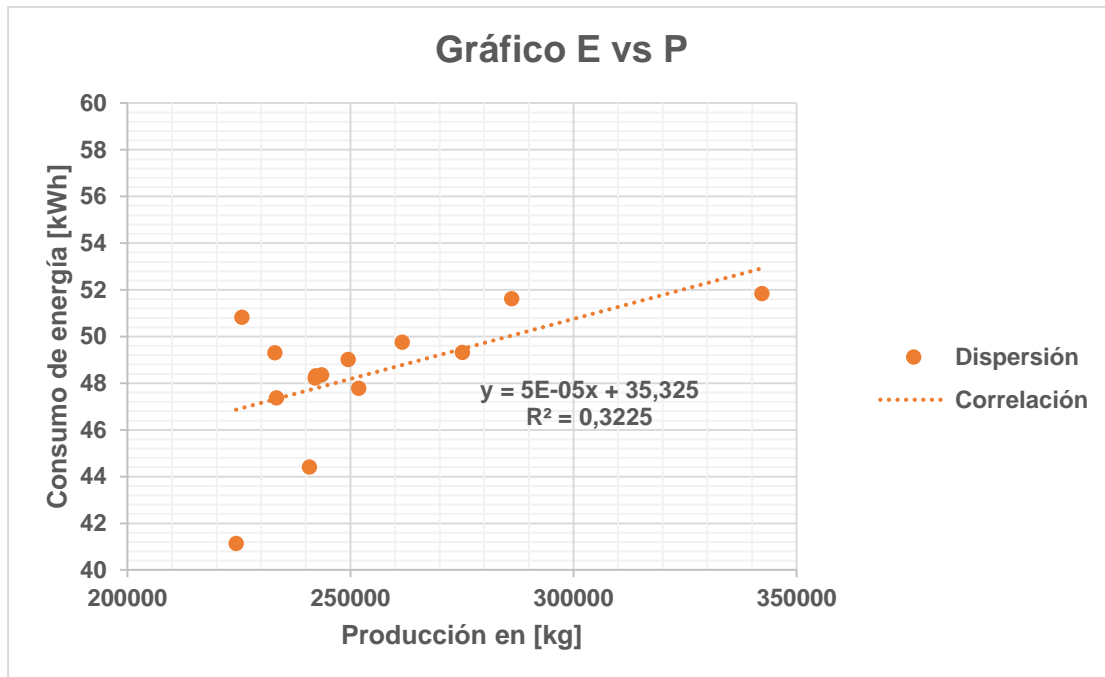


Figura 27. Gráfico E vs P

Por medio de este diagrama se determina en qué medida la variación de los consumos energéticos se debe a variaciones de producción determinando cuantitativamente el valor de la energía no asociada a ésta e identificando la variación promedio de los consumos.

El diagrama de dispersión (Figura 27), arroja como resultado una correlación positiva, con un índice de 0,5678; lo que según la guía para la implementación de Sistemas de Gestión Integral de la Energía SGIE (Campos Avella, Prías Caicedo, Quispe Oqueña, Vidal Medina, & Lora Figueroa, 2008), se traduce en una correlación moderada, indicando que no hay una muy buena congruencia entre los dos parámetros. Existe una influencia baja entre el peso total en kilogramos de producción y el consumo de energía.

De la Figura 27 se obtiene la ecuación que relaciona el consumo de energía y el peso total de la producción.

$$E = 0,00005P + 35,325$$

El valor de 35,325 kW es el valor de la energía no asociada a la producción, esto representa el 68,54% del consumo total de la energía eléctrica. Este porcentaje indica que el consumo no depende solamente de la producción total de carne. El consumo de energía eléctrica en la empresa de cárnicos es generado por varios factores entre los cuales se destacan:

- **Iluminación:** El 60% de la iluminación pertenece a las áreas encerradas de la empresa de cárnicos, y estas requieren luminosidad permanente para que se puedan realizar satisfactoriamente los procesos. El 40% restante son encendidas a lo largo del día, y están representando una carga eléctrica considerable.
- **Sistema de seguridad:** Este sistema se mantiene encendido las 24 horas del día, durante toda la semana, ya que es de suma importancia para la seguridad de la empresa y para monitorear la productividad del empleado.

- **Equipos de cómputo:** Estos equipos son de suma importancia para la parte administrativa de la empresa, ya que mediante ellos se lleva control de las ventas realizadas por la empresa, los domicilios y toda la parte contable. En la empresa de cárnicos existen alrededor de 40 equipos de cómputo.
- **Secadores de mano:** Estos dispositivos eléctricos se utilizan para garantizar el cumplimiento de las normas de higiene y salubridad en los empleados.
- **Aires acondicionados en oficinas:** Son dispositivos utilizados para la comodidad de los directivos de la empresa.

4.1.2 Gráfico de Control. El uso de gráficos de control en la caracterización de eficiencia energética es de suma importancia ya que indica si un proceso productivo es estable, también permite identificar comportamientos poco usuales del consumo de energía en las actividades productivas que se llevan a cabo en la empresa. Utilizando los datos de consumo de energía por mes de la empresa, se procedió a obtener el consumo promedio (CP) en kW, el límite de control superior (LCS) y el límite de control inferior (LCI), la desviación estándar (DS) con la ayuda del software “*Microsoft Excel 2010*”, como:

$$LCS = CP + 3 * DS$$

$$LCI = CP - 3 * DS$$

Los parámetros obtenidos se observan en la Tabla 8.

Tabla 8. *Parámetros del gráfico de control.*

	CP	LCS	LCI	DS
Valor calculado	48,200357	56,429736	39,9709779	2,7431264

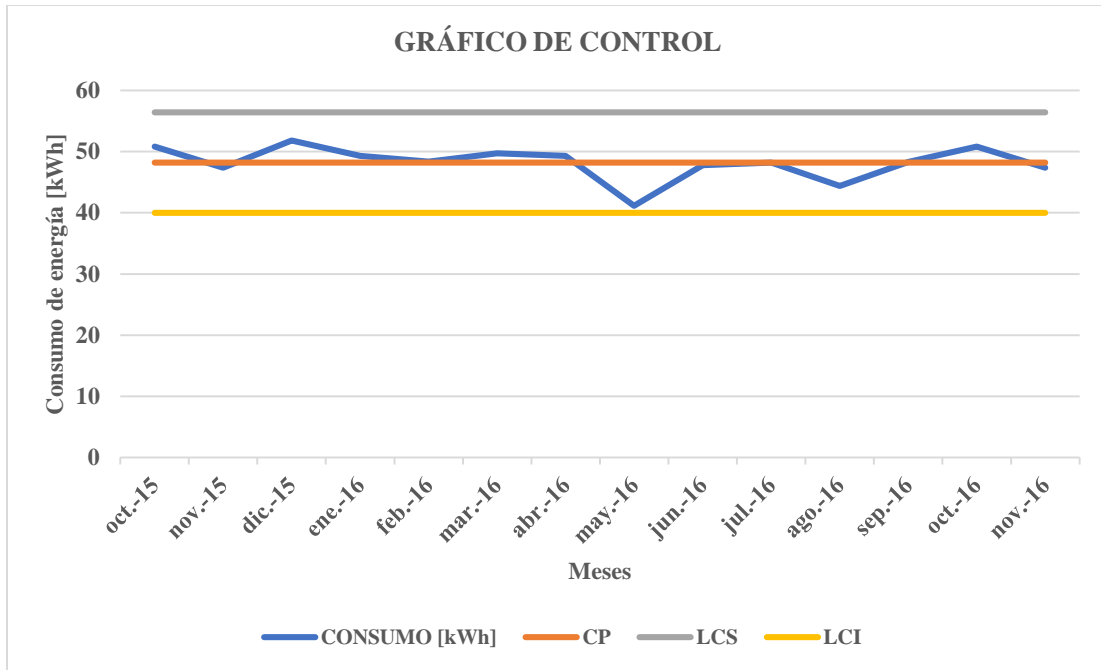


Figura 28. Gráfico de Control

En el gráfico de control que se observa en la Figura 28, los valores del consumo de energía se encuentran entre los rangos de los límites superior e inferior, lo cual indica que el consumo energético en la empresa de cárnicos presenta un comportamiento estable y con variaciones que proceden por causas aleatorias. No existe comportamiento que indique que la variable está fuera de control.

4.1.3 Gráfico de Consumo de Energía y Producción en el Tiempo (E-P vs T):

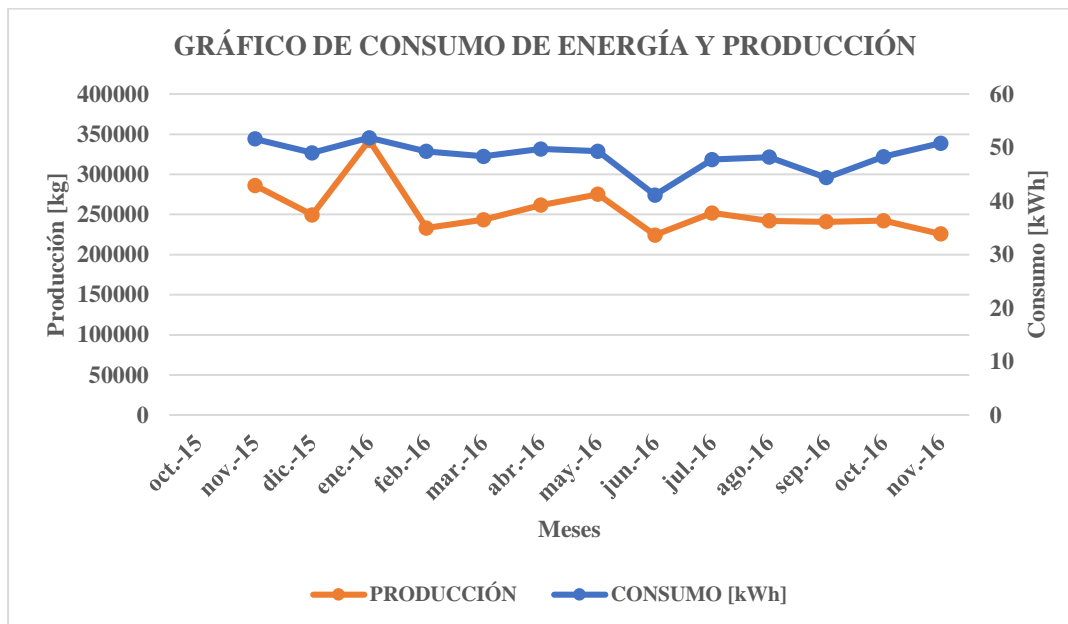


Figura 29. Gráfico E-P vs T

En la Figura 29 se visualizan de manera simultánea los meses en los cuales se presenta un comportamiento anormal en la variación del consumo energético con respecto a la variación de la producción de carne en kilogramos. Un comportamiento anómalo se considera si los signos del % de variación del consumo y de la producción son diferentes. Para evaluar numéricamente las posibles anomalías, se utiliza una tabla de variación relativa del consumo y la producción en el tiempo, la cual se muestra a continuación:

Tabla 9. Variación relativa del consumo y la producción en el tiempo

Mes	Consumo [kWh]	% Variación del Consumo	Producción [kg]	% Variación de Producción	Comportamiento	Observaciones
Oct-15	51 615		286 136,31		Normal	Ninguna
Nov-15	49 013	-5,041170202	249 540,84	-12,79	Normal	Ninguna
Dic-15	51 841	5,769897782	342 277,94	37,16	Anómalo	Ahorro eficiente
Ene-16	49 300	-4,901525819	233 122,41	-31,89	Anómalo	Ahorro deficiente
Feb-16	48 356	-1,914807302	243 572,49	4,48	Anómalo	Ahorro eficiente
Mar-16	49 750	2,882786004	261 639,00	7,42	Normal	Ninguna
Abr-16	49 320	-0,864321608	275 133,22	5,16	Anómalo	Ahorro eficiente
May-16	41 136	-16,59367397	224 396,89	-18,44	Normal	Ninguna
Jun-16	47 776	16,14157915	251 872,24	12,24	Normal	Ninguna
Jul-16	48 219	0,927243804	242 154,75	-3,86	Anómalo	Ahorro deficiente
Ago-16	44 402	-7,915966735	240 819,53	-0,55	Normal	Ninguna
Sep-16	48 313	8,808161795	242 242,02	0,59	Normal	Ninguna
Oct-16	50 825	5,199428725	225 692,52	-6,83	Anómalo	Ahorro deficiente
Nov-16	47 371	-6,795868175	233424,56	3,43	Anómalo	Ahorro eficiente

De la Tabla 9, se observan siete periodos anómalos. En los meses de diciembre de 2015, febrero de 2016, abril de 2016 y noviembre de 2016 se observa un ahorro eficiente de energía ya que la producción de carne aumenta notablemente o se mantiene y el consumo de energía eléctrica disminuye o se estabiliza, contribuyendo al ahorro energético.

En los meses de enero de 2016, julio de 2016 y octubre de 2016 el ahorro es deficiente ya que la producción disminuyó significativamente y el consumo de energía eléctrica no presentó cambios directamente proporcionales.

4.1.4 Línea de Meta. La línea meta de consumo energético es de suma importancia para la empresa de cárnicos ya que indica el objetivo al cual se quiere llegar impulsando el uso racional de la energía. Si se cumplen las medidas adecuadas para lograr la reducción de consumo energético y se hace un seguimiento a cada una de las actividades propuestas, se puede llegar a lograr un

ahorro de dinero significativo para la empresa.

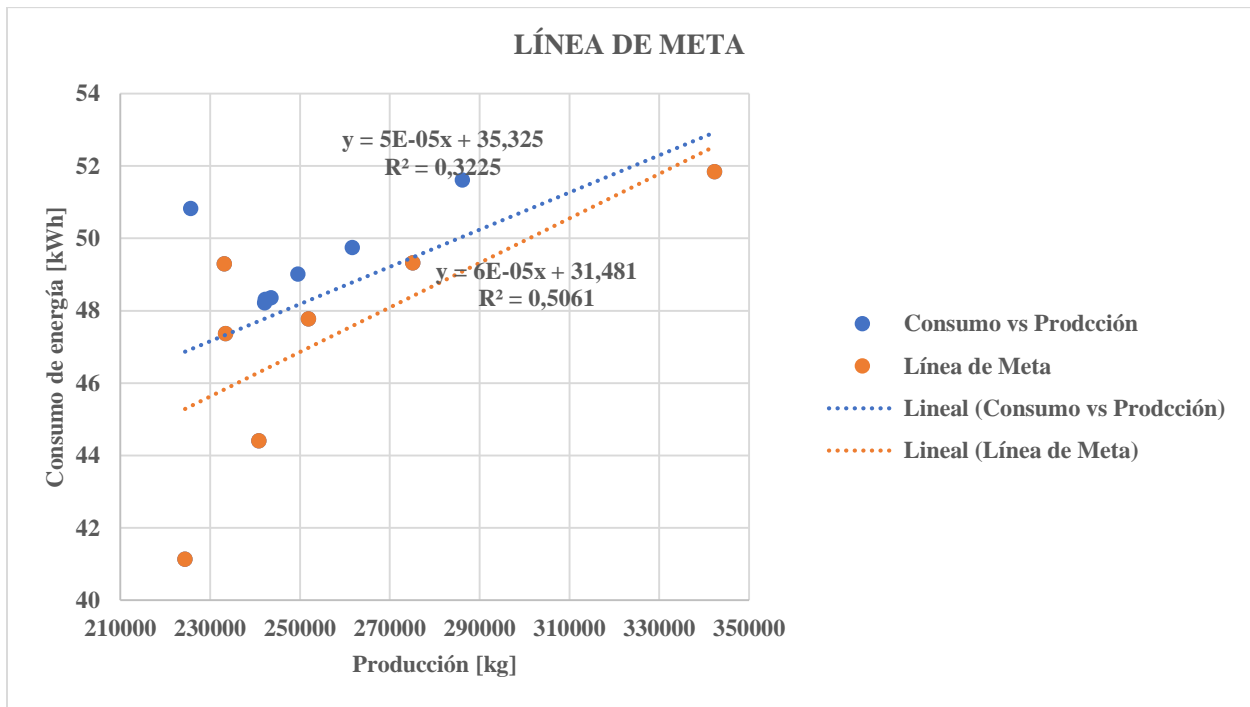


Figura 30. Gráfico de E vs P Meta

En la Figura 30, se observa la nueva línea de tendencia que se construye analizando los puntos críticos tanto de consumo energético como de producción para mitigar todo aquello que no está contribuyendo a la eficiencia energética. Esto se puede lograr culturizando energéticamente los empleados e implementando ajustes que hagan más eficientes los procesos de producción en la empresa.

El propósito de la curva E vs P Meta es disminuir la energía no asociada a la producción y establecer las medidas necesarias para lograr un comportamiento satisfactorio de las variables estudiadas.

La correlación que se obtiene de la nueva línea de tendencia es de 0,711 disminuyendo

favorablemente con respecto a la correlación inicial. La energía no asociada a la producción se reduce a 31 481 kWh aportando una disminución del 7,46% con respecto a la energía no asociada a la producción, inicialmente de 35 325 kWh ; 68,54 % del consumo total de la empresa.

4.1.5 Diagrama Índice de Consumo – Producción (IC vs P). El diagrama IC vs P sirve para establecer sistemas de producción energética, estandarizar los procesos a nivel de eficiencia e identificar el punto crítico de producción en el cual el consumo de energía no varía significativamente. (Campos Avella, Prías Caicedo, Quispe Oqueña, Vidal Medina, & Lora Figueroa, 2008).

Inicialmente se obtienen los valores para cada periodo de:

- Índice de consumo real (IC):

$$IC = \frac{\text{Consumo}}{\text{Producción}}$$

- Consumo teórico (Ct): Se toma de la ecuación de la recta obtenida en el gráfico E vs P (ver Figura 27):

$$Ct = 0,00005P + 35,325$$

- Índice de consumo teórico (ICt):

$$ICt = \frac{Ct}{\text{Producción}}$$

Tabla 10. Índice de consumo por producción

Producción [kg]	Consumo [kWh]	IC	Ct	ICt
342 277,94	51 615	0,15145878	35 342,1139	0,1032556
286 136,31	49 013	0,17762513	35 339,3068	0,12350515
261 639,69	51 841	0,19014749	35 338,0821	0,13506428
275 133,22	49 300	0,17925862	35 338,7567	0,12844235
243 572,49	48 356	0,19852817	35 337,1786	0,14507869
242 242,02	49 750	0,19944104	35 337,1121	0,14587524
242 154,75	49 320	0,19912473	35 337,1077	0,14592779
251 872,24	41 136	0,18968347	35 337,5936	0,14029968
233 424,56	47 776	0,20293923	35 336,6712	0,15138369
249 540,84	48 219	0,18983266	35 337,477	0,14161

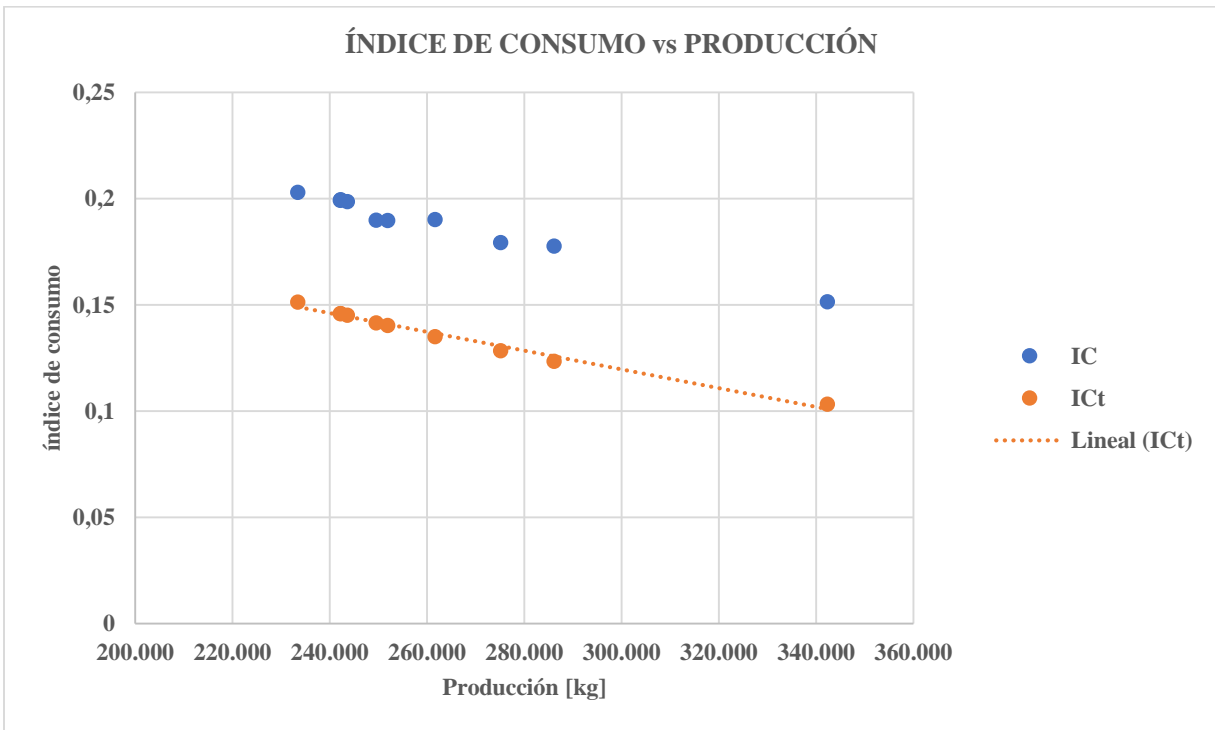


Figura 31. Gráfico de IC vs P

Mediante los datos obtenidos en la Tabla 10 y graficados en la Figura 31 se puede determinar en qué medida el índice de consumo energético depende del nivel de producción. A medida que disminuye la producción el costo energético aumenta ya que el porcentaje de energía no asociada es significativamente mayor comparado con el porcentaje que debería tener de acuerdo a la producción realizada por la empresa. El punto de inflexión de la empresa de cárnicos se encuentra alrededor de los 260 000 kg indicando una producción ineficiente, por lo tanto, el índice de consumo aumenta.

4.1.6 Gráfico de Tendencias o de Sumas Acumulativas. Este gráfico se utiliza para vigilar la variación de los consumos energéticos con respecto al primer semestre del año 2016, lo cual se observa en la Tabla 11. Con este gráfico se busca comparar los niveles de producción en los diferentes meses y valorar las medidas de ahorro energético en futuros trabajos. (Campos Avella, Prías Caicedo, Quispe Oqueña, Vidal Medina, & Lora Figueroa, 2008)

Tabla 11. *Sumas Acumulativas*

Semestre 1	Producción [kg]	Consumo [kWh]	Semestre 2	Producción [kg]	Consumo [kWh]
oct-15	28 6136,3	51 625	abr-16	27 5133,2	49 320
nov-15	24 9540,8	49 013	may-16	22 4396,9	41 146
dic-15	34 2277,9	51 841	jun-16	25 1872,2	47 786
ene-16	23 3122,4	49 300	jul-16	24 2154,8	48 229
feb-16	24 3572,5	48 366	ago-16	24 0819,5	44 400
mar-16	26 1639,0	49 750	sep-16	24 2242,0	48 313

En la Figura 32 se observa la producción vs el consumo generado por la misma en el semestre de octubre de 2015 y marzo de 2016.

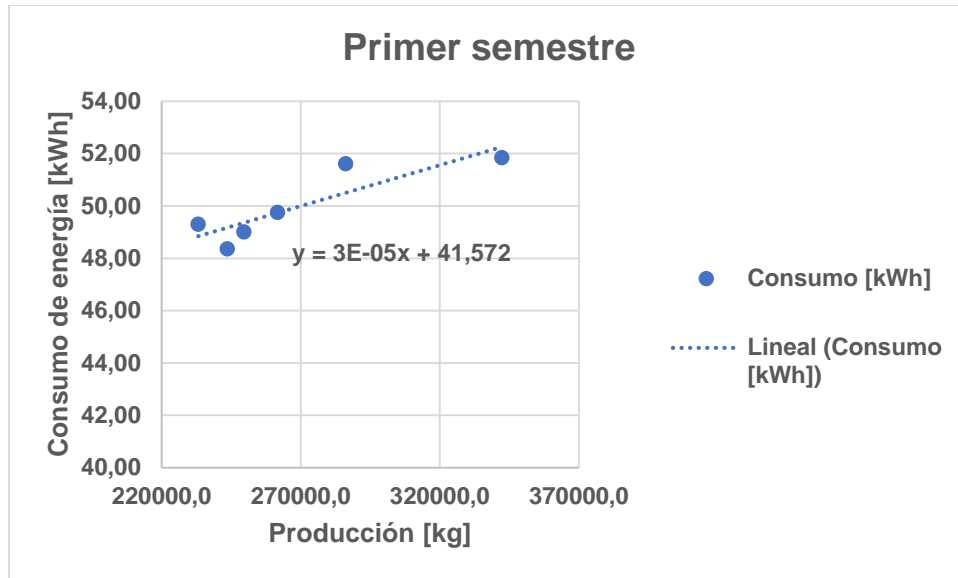


Figura 32. Consumo de Energía Primer Semestre

Al cambiar los valores de la producción mensual del primer semestre por los valores de la producción mensual del segundo semestre en la línea de tendencia, se obtiene el valor del consumo (Et), que se generaría para el segundo semestre si la producción mensual se mantuviese constante con respecto al primero.

Tabla 12. Tendencias.

Mes	Producción [kg]	Ea	Et	Et - Ea	Suma acumulativa
abr-16	275 133,2	49,32	49,83	-0,51	-0,51
may-16	224 396,9	41,14	48,30	-7,17	-7,67
jun-16	251 872,2	47,78	49,13	-1,35	-9,03
jul-16	242 154,8	48,22	48,84	-0,62	-9,64
ago-16	240 819,5	44,40	48,79	-4,39	-14,04
sep-16	242 242,0	48,31	48,84	-0,53	-14,56

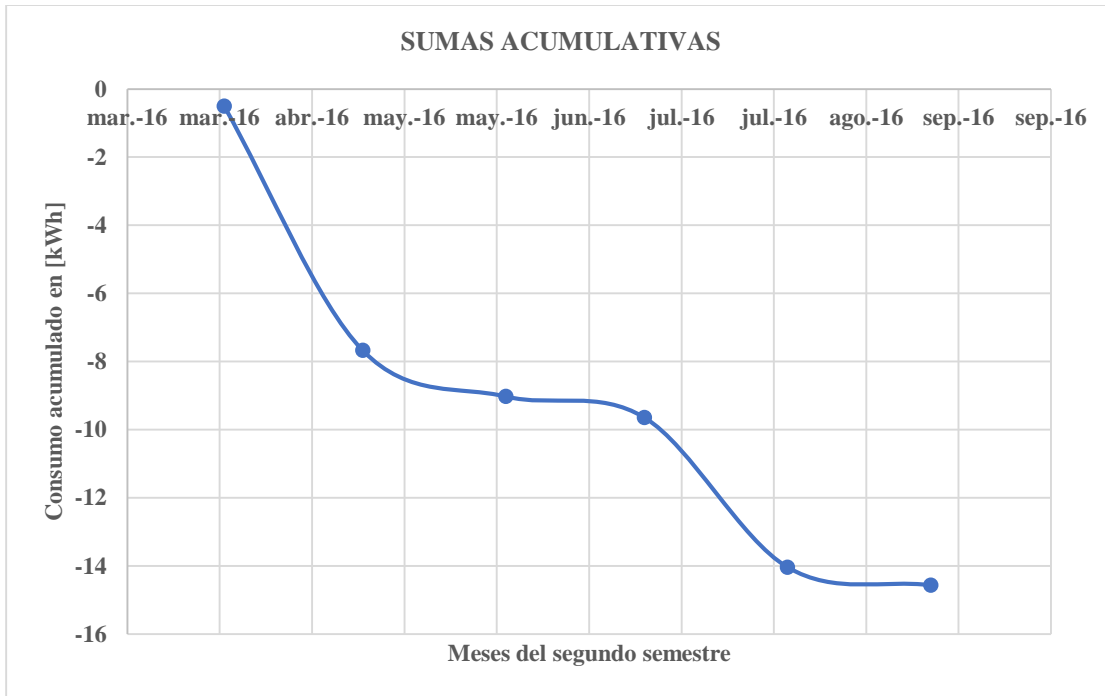


Figura 33. Gráfico de sumas acumulativas.

En la Figura 33 se observa que el periodo entre marzo y abril de 2016 se evidencia una reducción de los niveles de producción de la empresa de cárnicos, en el mes de abril y mayo de este mismo año, se observa una reducción no tan marcada de la producción que continua hasta el mes de junio y partir de este mes el nivel de producción disminuye significativamente hasta julio, de ahí en adelante la producción continúa disminuyendo con menos intensidad.

4.2 Reporte de Caracterización Energética de la UPME

En el reporte de caracterización energética mostrado en la tabla 13, se evidencian los resultados obtenidos en los diferentes análisis estadísticos básicos identificando el potencial de ahorro que se puede lograr de acuerdo a la nueva línea de meta, de esta manera se observa que se podría llegar un ahorro anual de \$17 298 000 pesos.

Tabla 13. Reporte de caracterización energética de la UPME

Reporte software caracterización energética de la UPME		
Costo energético		375
Valores periodo base (Datos filtrados)		
Producción máxima [kg] (Producción/mes)		342 277,9
producción mínima [kg] (Producción/mes)		224 396,9
Producción promedio [kg] (Producción/mes)		253 716,1
Consumo de energía máxima [kWh]		51 843
Consumo de energía mínima [kWh]		41 147
Consumo de energía promedio [kWh]		48 375
Fiabilidad inicial		100%
Línea base		$E = 0,00005P + 35,325$
Correlación		0,35678
Energía no asociada a la producción periodo base		
Energía no asociada a la producción periodo base [kWh]		35 325
Energía no asociada %		68 540
Valores línea meta		
Producción máxima [kg] (Producción/mes)		342 277,94
producción mínima [kg] (Producción/mes)		233 424,56
Producción promedio [kg] (Producción/mes)		262 799,337
Consumo de energía máxima [kWh]		51 841
Consumo de energía mínima [kWh]		47 371
Consumo de energía promedio [kWh]		48 914
Línea base		$E = 0,00006P + 31,481$
Correlación		0,7114
Energía no asociada a la producción periodo base		
Energía no asociada a la producción periodo base [kWh]		31 481
Energía no asociada %		61,4280
Potenciales de ahorro de energía alcanzable		
	Ahorro [kWh]	Ahorro (\$)
Hora	5	\$2 002
Diario	128	\$48 050
Mensual	3 844	\$1 441 500
Anual	46 128	\$17 298 000

4.3 Diagrama de Pareto

Mediante el diagrama de Pareto se puede llegar a determinar cuál sección o secciones intervienen con el mayor consumo de energía eléctrica en la empresa de cárnicos. Se puede identificar el 20% de la producción que genera el 80% del consumo de energía.

Tabla 14. *Consumo de Energía de cada sección de la empresa de cárnicos.*

SECCIÓN	CONSUMO	
	[kWh]	PORCENTAJE
Mantenimiento	16 071,36	31,59%
Pollo	5 976,24	11,74%
Res	5 971,39	11,73%
Víscera	5 405,95	10,62%
Cerdo	3 765,35	7,40%
Pescado	3 718,54	7,31%
Jugos	3 618,57	7,11%
Oficinas	2 043,33	4,01%
Asadero	1 510,23	2,96%
Cocina	1 462,584	2,87%
Aliños	1 323,266	2,60%

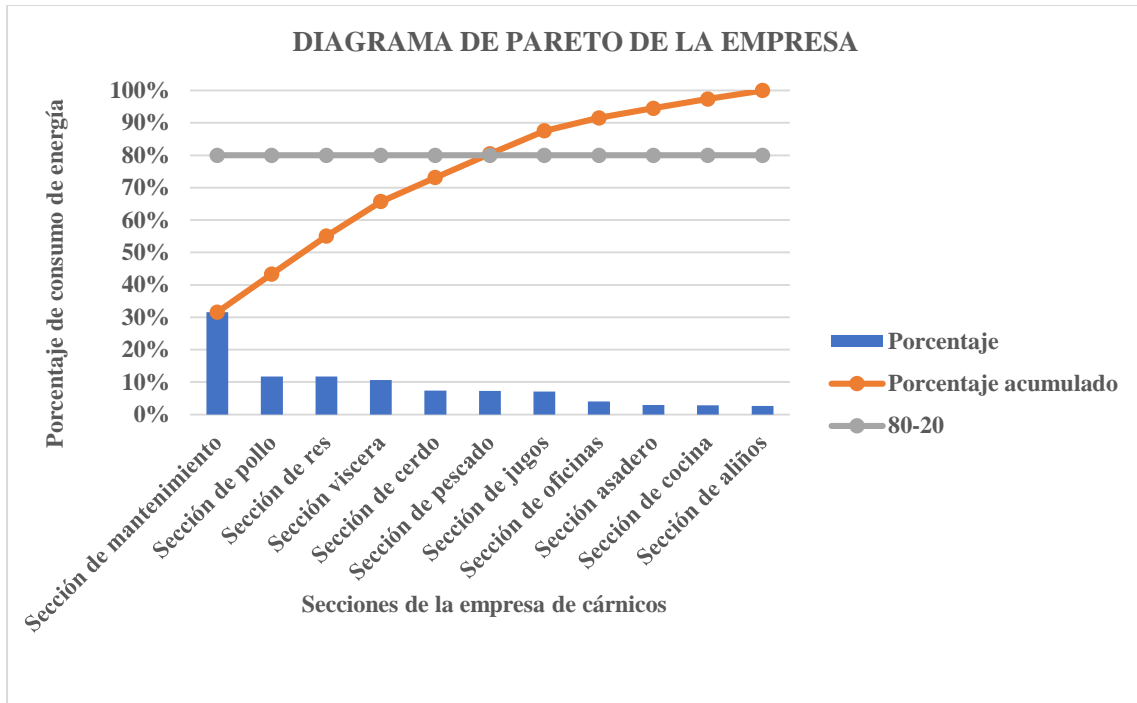


Figura 34. Diagrama de Pareto general de la empresa de cárnicos.

En la Figura 34 se observa que las secciones que consumen el 80% de la energía eléctrica son la sección de mantenimiento, res, pollo, vísceras y pescado, siendo la sección de mantenimiento la de mayor consumo ya que allí se encuentran clasificados los cuartos fríos. Lo anterior indica, que se debe realizar un estudio en estas áreas implementando estrategias de ahorro energético.

4.3.1 Estratificación. En este punto del estudio se hará hincapié en cada una de las áreas de la empresa de cárnicos que consumen el 80% de energía para determinar los equipos de mayor consumo energético y así poder establecer recomendaciones que mitiguen el gasto energético.

Tabla 15. Sección de Mantenimiento

Equipos	Energía Consumida PROM /Mes [kWh]	Porcentaje
Cuartos fríos	15 593	97,02732106
Motor Ascensor	260	1,617784459
Taladro	36,4	0,679469473
Soldador	47	0,473201954
Mini Pulidora	10,5	0,169867368
Esmeril	2	0,032355689

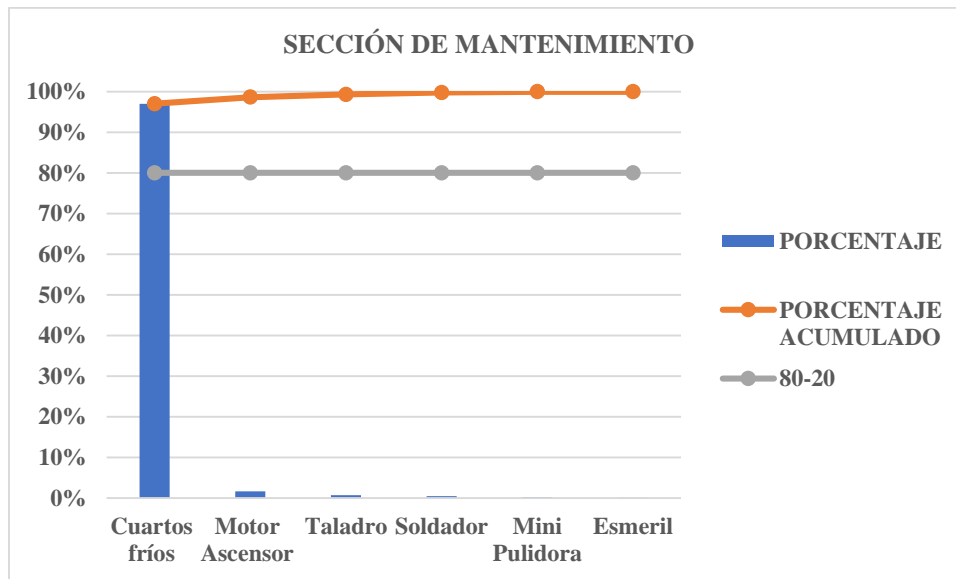


Figura 35. Diagrama de Pareto de la Sección de Mantenimiento

De la Figura 35 se observa que el 80% del consumo de energía eléctrica son los cuartos fríos. Si se logran implementar estrategias que ayuden a mitigar el consumo de estos, se podrá disminuir en gran parte el consumo eléctrico de la empresa, lo cual se indica con más detalle en el

capítulo de recomendaciones para el uso racional de la energía.

Tabla 16. Sección de Res

Equipos	Energía Consumida PROM /Mes [kWh]	Porcentaje
Nevera exhibidora	4 364,99	73,09825152
Báscula	643,5	10,77638083
Computador	293,28	4,911417202
Televisor	178,74	2,993271654
Máquina de moler	176,4	2,954084814
Sierra	145,47	2,436115181
Impresora Epson	127,14	2,129151606
Switch de 4 Puestos	23,4	0,391868394
Decodificador	13,5	0,226077919
Datáfono	4,68	0,078373679
Matamoscas	0,26	0,004354093
Modem	0,039	0,000653114

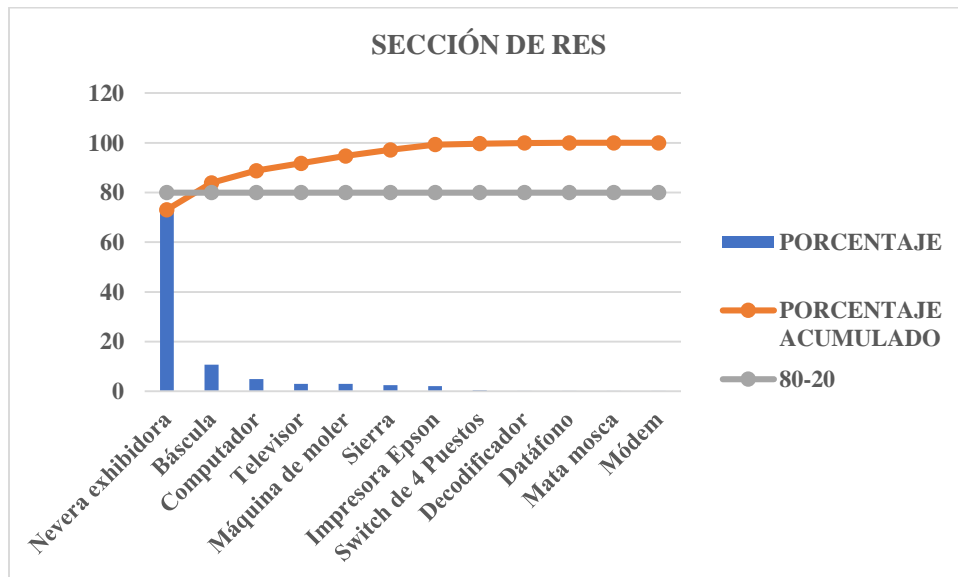


Figura 36. Diagrama de Pareto de la Sección de Res

En el diagrama de la Figura 36 se observa que el equipo de mayor consumo son las neveras exhibidoras con un 73,09%. Al comparar con la sección de mantenimiento se observa que aún los cuartos fríos son las máquinas con mayor consumo eléctrico en la empresa. En esta sección también se pueden plantear mejoras energéticas y así disminuir el consumo de estas neveras.

Tabla 17. Sección de Vísceras

Equipos	Energía Consumida PROM /MES [kWh]	Porcentaje
Nevera exhibidora	4 364,9835	80,74405243
Dispensador de agua	363	6,714822821
Básculas	292,5	5,410704339
Empacadora al vacío	123,396	2,282595804
Empacadora al vacío	62,4	1,154283592
Selladora térmica	61,36	1,135045532
Computador	58,656	1,085026577
Impresora Epson	42,38	0,78395094
Secador de manos	24,375	0,450892028
Switch de 4 puertos	9	0,16648321
Datáfono	3,9	0,072142725

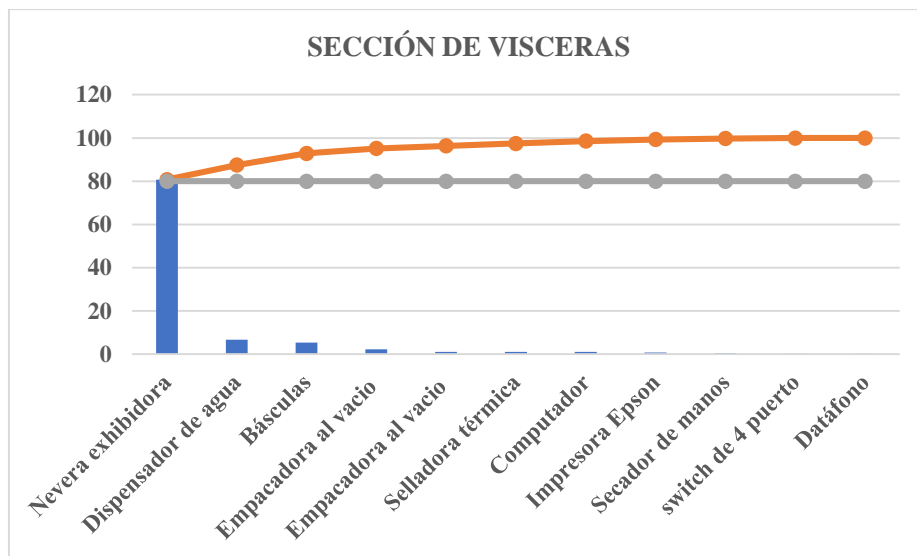


Figura 37. Diagrama de Pareto de la Sección de Vísceras

Por medio de la Figura 37, se observa que en esta sección las neveras exhibidoras aún siguen siendo las de mayor consumo energético con el 80 %. Se hace énfasis en la implementación de mejoras energéticas de estas no solo en la sección de vísceras, sino en cada una de las secciones en las que se encuentren, ya que su consumo es significativo con respecto a la demás maquinaria.

Tabla 18. *Sección de Pescado*

Equipos	Energía Consumida PROM /Mes [kWh]	Porcentaje
Nevera exhibidora	3 059,432012	82,27505997
Básculas	234	6,292790281
Nevera ceviche	231,088	6,214480002
Horno microondas	59,8	1,608157516
Computador	58,656	1,577392764
Impresora Epson	42,38	1,13969424
Báscula electrónica	13	0,34959946
Ventilador	9,36	0,251711611
Sensor biométrico	9	0,242030395
Switch de red de 4 puertos	1,4352	0,03859578
Datáfono	0,39	0,010487984

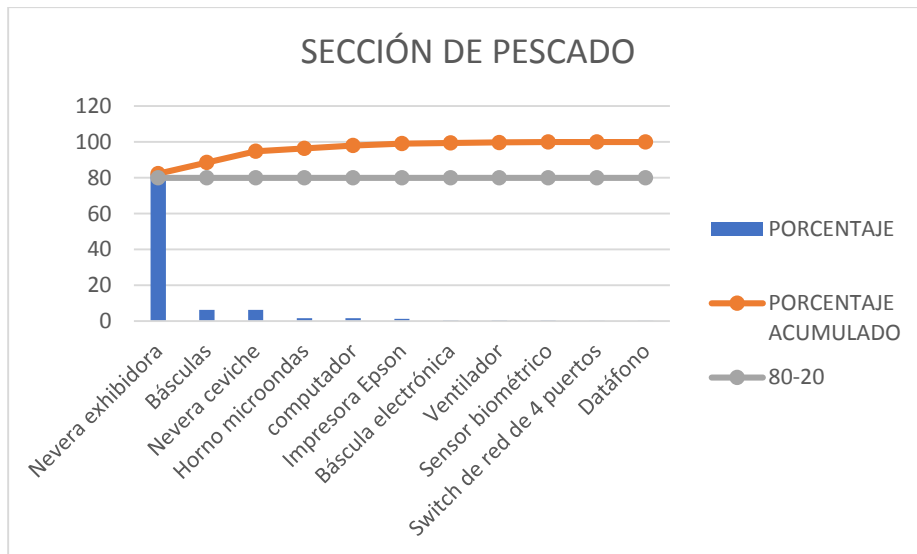


Figura 38. Diagrama de Pareto de la Sección de Pescado

De la Figura 38 se evidencia que aún las neveras exhibidoras siguen siendo las de mayor consumo eléctrico. El estudio debe enfocarse en dichas neveras ya que en esta sección consumen el 80% de la energía eléctrica.

Tabla 19. *Sección de Pollo*

Equipos	Energía Consumida PROM /MES [kWh]	Porcentaje
Nevera exhibidora	4 364,983532	73,03887998
Refrigerador	486,2	8,13554122
Enfriador de pollo	442	7,395946563
Básculas	234	3,915501122
Molino	232,752	3,894618449
Secador de manos	84,375	1,411839347
Computador	58,656	0,981485615
Impresora	42,38	0,709140759
Matamoscas	18	0,301192394
Switch de 4 puertos	9	0,150596197
Datáfonos	3,9	0,065258352

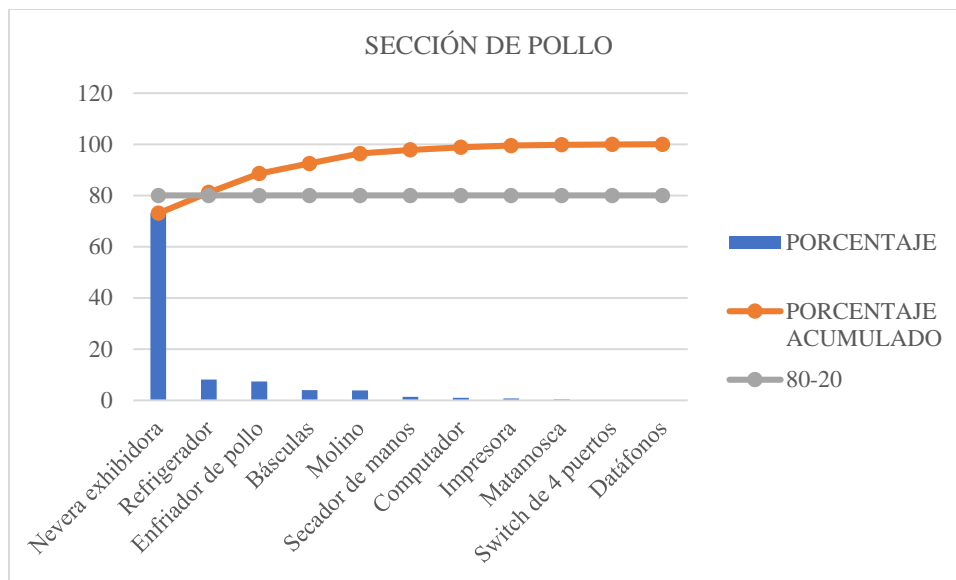


Figura 39. Diagrama de Pareto de la Sección de Pollo

De la Figura 39 se observa que en la sección del pollo el 80% de su energía eléctrica aún sigue siendo consumida por las neveras exhibidoras que se encuentran en esta sección. Este alto consumo en las vitrinas exhibidoras de la mayoría de las secciones de la empresa de cárnicos se debe a que están siendo utilizadas la totalidad del tiempo en el cual la empresa atiende al público y durante seis días a la semana.

En la medición de cargas se realizó una aproximación del consumo nominal de la empresa de cárnicos y así identificar los posibles potenciales de reducción en el consumo energético y proponer estrategias que ayuden a lograr las metas energéticas trazadas con base a este estudio. En el capítulo de recomendaciones se hará una descripción de las estrategias planteadas para lograr a futuro mejorar la eficiencia basándose en la metodología del SGIE.

5. Diagnóstico Energético

Mejorar la eficiencia de la empresa de cárnicos conlleva también a realizar un diagnóstico energético en sus procesos internos para determinar posibles alternativas de solución identificando los usos inadecuados en los diferentes equipos eléctricos. Por tanto, se hará un estudio de iluminación, un análisis de la calidad del suministro eléctrico y un estudio termográfico en la subestación de la empresa y demás puntos de protecciones eléctricas.

5.1 Estudio de Iluminación

Cuando se realiza una actividad es importante que la cantidad de luz sea apropiada, esto debido a que si el nivel de iluminación es muy alto se produce un efecto de deslumbramiento visual y si el nivel de iluminación es bajo se hace la labor con esfuerzo, incomodidad, deterioro visual y cansancio, afectando su vez la productividad de quienes operan en ese ambiente.

El nivel de iluminación se mide en luxes y es la cantidad de luz por unidad de superficie. En lugares de trabajo se debe asegurar el cumplimiento de los niveles de iluminancia de la norma ISO 8995 "*Principles of visual ergonomics - The lighting of indoor work systems*". En este caso se harán mediciones con un luxómetro *HS1010* en las zonas donde frecuenta el personal de la empresa para comprobar los niveles con la norma ISO 8995 en cada ambiente de trabajo. Las especificaciones técnicas del luxómetro se encuentran en el apéndice D.

Se realizó el plano completo de la empresa de cárnicos en 3D en el software con licencia de uso libre *SketchUp v17.2.2555*, teniendo en cuenta las dimensiones reales de cada uno de los lugares de la empresa de cárnicos para representar a verdadera escala los planos que evidencien los puntos de medida de cantidad de luz con el luxómetro.



Figura 40. Luxómetro *HS1010* utilizado en la medición.

5.1.1 Área de ventas (primer piso). Esta zona cuenta con una distribución heterogénea de luminarias de diversos tipos. Tiene un área de 504 m² donde cerca de 40 empleados operan. Se procedió midiendo con el luxómetro *HS1010* el nivel de iluminación en las zonas de interés tomando una medida cada 1,20m aproximadamente. La Figura 41 muestra el primer piso de la empresa (sin techos para poder apreciar el área total) donde se realizó medición de cantidad de luz.

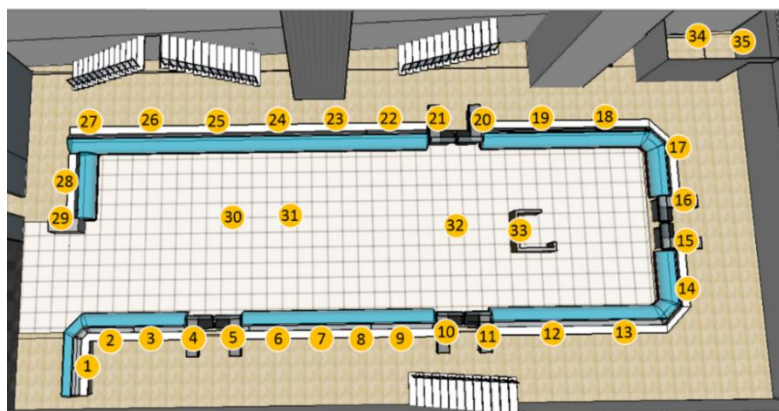


Figura 41. Área del primer piso de la empresa.

Los círculos amarillos indican el lugar de cada medida con el luxómetro sobre el área de

trabajo. No fue necesario tomar varias medidas en cada punto debido a que el luxómetro *HS1010* es muy acertado en la toma del dato, presentando una variación completamente despreciable.

Los puntos de medida No. 34 y 35 que se muestran en la esquina superior derecha de la Figura 41, pertenecen a la sección de jugos. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20. Resultados obtenidos en toma de datos de iluminación del área del primer piso.

Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Medida (lux)	102	97	98	81	91	112	136	115	75	151	105	92	97	68	116	75	74	93
Punto	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Medida (lux)	84	119	217	75	72	77	89	50	47	40	69	272	160	160	143	100	48	

5.1.2 Oficinas:

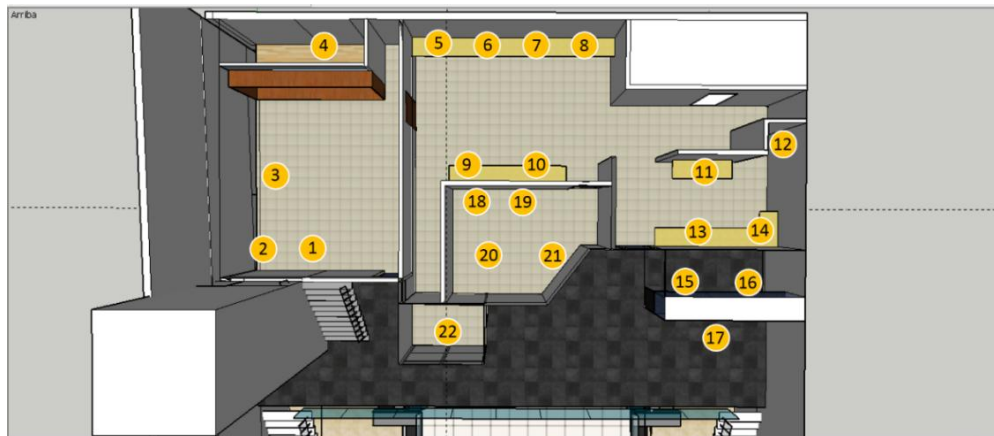


Figura 42. Área de oficinas de la empresa.

Tabla 21. Resultados obtenidos en toma de datos de iluminación en el área de oficinas.

Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Medida (lux)	84	29	102	181	62	126	156	95	560	703	235

Punto	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Medida (lux)	116	284	286	66	46	98	890	772	133	145	79

5.1.3 Tercer Piso:

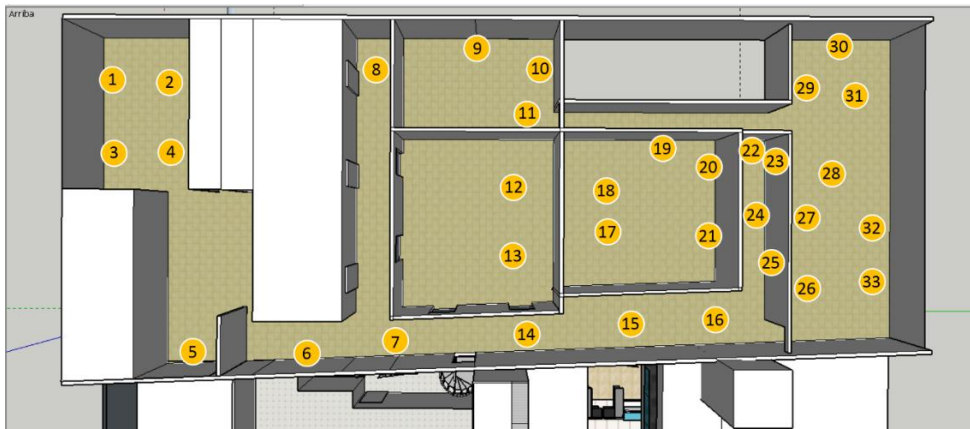


Figura 43. Área del tercer piso de la empresa.

Tabla 22. Resultados obtenidos en toma de datos de iluminación del área del tercer piso.

Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Medida (lux)	95	183	18	24	223	198	93	228	80	170	122	184	279	30	60	127	400

Punto	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Medida (lux)	347	386	170	170	20	60	223	45	32	61	38	72	81	75	19	15

5.1.4 Asadero y Jugos:

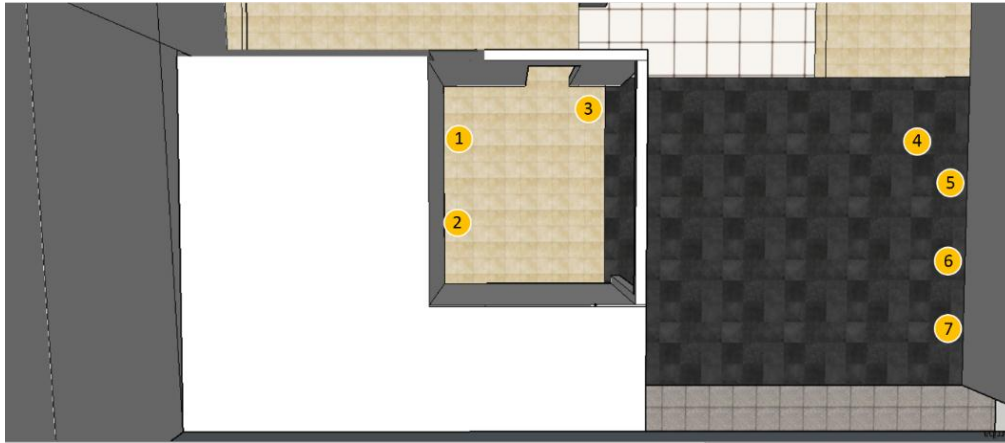


Figura 44. Área de asadero y de jugos en la empresa.

En la Figura 44, los puntos del 1-3 son de la sección de asadero y del 4-7 son de la sección de jugos.

Tabla 23. Resultados obtenidos en toma de datos de iluminación en el área de asadero y jugos.

Punto	1	2	3	4	5	6	7
Medida (lux)	155	194	126	81	50	105	78

5.1.5 Aliños:

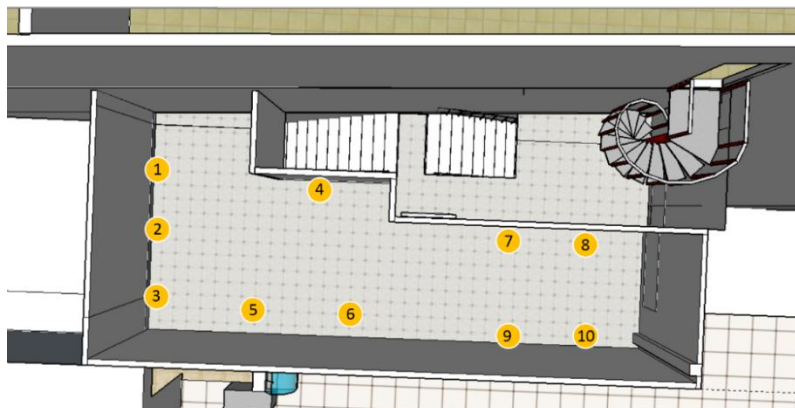


Figura 45. Área de aliños en la empresa.

Tabla 24. Resultados obtenidos en toma de datos de iluminación en el área de Aliños.

Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Medida (lux)	112	267	162	170	84	83	225	172	143	215

En la Tabla 24 se resumen los niveles de iluminancia de cada área de la empresa de cárnicos:

Tabla 25. Resumen los niveles de iluminancia de cada área de la empresa de cárnicos

Lugar	Mínimo	Medio	Máximo
Primer piso	40	102,8	272
Oficinas	29	238,5	890
Tercer piso	15	131,1	400
Asadero y jugos	50	112,7	194
Aliños	83	163,3	267

Se debe asegurar el cumplimiento de los niveles de iluminancia de la Tabla 26, para cumplir las exigencias visuales de cada puesto de trabajo según la norma ISO 8995.

Tabla 26. Niveles de iluminancia aceptados según ISO 8995.

Lugar	Mínimo	Medio	Máximo
Áreas de circulación, corredores.	50	100	150
Almacenes, bodegas.	100	150	200
Áreas generales de trabajo.	200	300	500
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación.	300	500	750

De acuerdo a lo anterior, los niveles de iluminación mostrados en la tabla 25 no cumplen el requerimiento de la norma ISO 8995 en las oficinas y en las áreas generales de trabajo en la empresa. Esto es debido a que existen numerables lámparas dañadas y hace falta realizar seguimiento y control del mantenimiento de luminarias. Se recomienda cubrir con más iluminación en algunas zonas laborales de la empresa ya que puede afectar la salud visual de los empleados, generar accidentes laborales, fatiga apresurada y consecuentemente disminuye la productividad de la empresa. De igual manera se recomienda reemplazar tubos fluorescentes por bombillas tipo LED que son más eficientes y proporciona una zona de iluminación más enfocada hacia el lugar de trabajo.

5.2 Evaluación de la Calidad de la Energía Eléctrica

La calidad de potencia eléctrica es el conjunto de características que reflejan desviaciones en ciertas manifestaciones de la forma de onda de la tensión, permite evaluar la tensión instantánea con respecto a su forma y frecuencia estándar, así como el efecto que dichas desviaciones pueden tener sobre los equipos eléctricos.

La calidad de la energía se degrada debido a perturbaciones generadas en el mismo lugar o por causas provenientes del exterior, pero al menos dos tercios de los incidentes se producen en el interior de la instalación eléctrica y son principalmente por cargas no lineales, las cuales en la empresa de cárnicos son una cantidad considerable que pueden provocar armónicos no deseados de corriente y tensión comprometiendo el funcionamiento eficiente y fiable de las cargas en toda la empresa.

Las perturbaciones al sistema eléctrico se manifiestan en eventos como por ejemplo el disparo inesperado de protecciones, un excesivo consumo total de energía, el daño de equipos por

sobretensiones y consecuentemente situaciones de riesgo para la salud de los trabajadores.

Para poder medir las variables de evaluación de calidad de la energía eléctrica en la empresa de cárnicos se utilizó un analizador de redes *KEW 6310*, mostrado en la Figura 46 (especificaciones técnicas en el apéndice E). En caso de encontrar anomalías en el análisis se tomarán acciones preventivas y correctivas que solucionen el inconveniente.



Figura 46. Analizador de redes marca KYORITSU.

Fuente: (Donga System, 2016)

El equipo se configuró para medir con diferentes muestreos durante el periodo de análisis para detectar anomalías de corta duración también. Fue instalado en el lado de baja del transformador *SUNTEC* de la empresa de cárnicos durante 15 días de la siguiente manera: Los dos primeros días guardaba información cada 15 s, luego cuatro días almacenaba datos cada 30 s y por último nueve días guardaba datos cada minuto. La instalación se realizó el día 3 de mayo del 2017 a las 13:20 y se retiró el 20 de junio del 2017 a las 12:35.

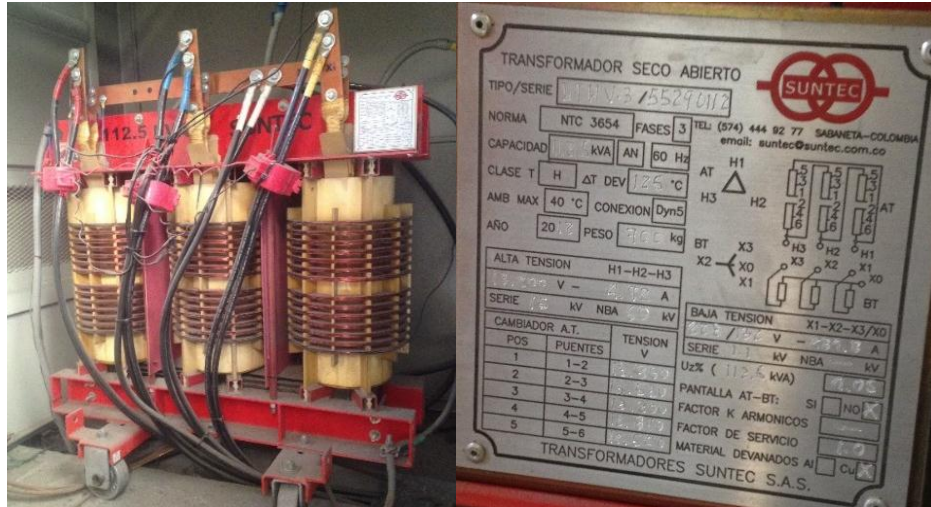


Figura 47. Transformador SUNTEC de 112,5 kVA.

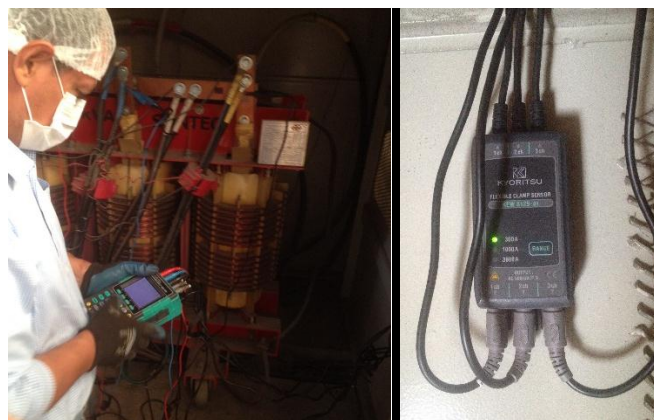


Figura 48. Instalación del analizador KEW6310 en la empresa de cárnicos.

Se procedió a calcular y visualizar con el software *Microsoft Excel* la información almacenada en el equipo *KEW6310* durante el periodo de medición mencionado para determinar si existen desviaciones con respecto a la referencia que certifican las normas de calidad de la energía eléctrica. Estos valores de referencia se pueden evidenciar en la IEEE 1159 (Smith J., Hensley, & Ray, 1995), NTC 5000 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2013), algunos de los cuales se resumen en la Tabla 27.

Tabla 27. *Valores de referencia - Calidad de Energía*

Valores de Referencia - Calidad de la Energía		
Parámetro	Valor Nominal	Valor Aceptado
	>230kV EAT	
Tensión en corriente alterna	$57,5kV \leq AT \leq 230kV$	Rango $\pm 10\%$ Para baja y media tensión según CREG 024 (modificación CREG 070-98)
	$1000V < MT < 57,5kV$	
	$25V \leq BT \leq 1000V$	
Frecuencia	60Hz	59,8Hz y 60,2Hz
Armónicos de tensión (THDv)	$120V < V_n \leq 69kV$	5,00%
	$69kV < V_n \leq 161kV$	2,50%
	$V_n > 161kV$	1,50%
Distorsión de corriente (desde 120V hasta 69kV)	Relación Icc/IL <20	5 TDD (Distorsión total de demanda)
	Relación Icc/IL <20-50	8 TDD
	Relación Icc/IL 50-100	12 TDD
	Relación Icc/IL 100-1000	15 TDD
Desbalance de tensión	Relación Icc/IL > 1000	20 TDD
	Tensión > 62kV	$\leq 1,5\%$
Desbalance en corriente	Tensión < 62kV	$\leq 2,0\%$
	Tensión > 62kV	$\leq 5\%$
Factor de potencia	Tensión < 62kV	$\leq 20\%$
	Inductivo	$0,9 \leq fp \leq 1$
Flicker	Capacitivo	$0,9 \leq fp \leq 1$
	Tensión > 69kV	0,8 p.u Plt
	Tensión < 69kV	1,0 p.u Plt

5.2.1. Perfiles de tensión. Con la información obtenida mediante el analizador de redes durante los 15 días, se obtuvieron las gráficas de comportamiento de tensión de cada fase en los bornes de baja del transformador de la empresa de cárnicos, éstas se muestran en la Figura 49, presenta las siguientes observaciones:

- Hundimientos de tensión: Durante el periodo de medición no se evidenciaron hundimientos en ningún instante de tiempo siendo el muestreo de datos más pequeño cada 5 s.

- Transitorios de tensión: Pueden ser producidos al interior de la empresa con el uso de motores y la máquina de soldadura que se encuentra en el taller de mantenimiento, así como también pueden ser producidos por descargas atmosféricas o por trabajos en el sistema de distribución que alimenta el sistema eléctrico de la empresa de cárnicos, sin embargo, no se detectaron transitorios durante el periodo de análisis.

- Sobretensiones: En este caso son producidas mayormente por la desconexión de máquinas de gran carga, sin embargo, no se presentó actividad importante de sobretensión en las tres fases aún en los instantes de operación de compresores de alta capacidad de enfriamiento. El pico de mayor tensión fue registrado el 19/jun/2017 a las 5:42 am con una magnitud de 241,2 V, lo cual muestra que el sistema eléctrico se encuentra equilibrado.

Se puede afirmar que no ocurren eventualidades indeseadas debido a que probablemente la empresa de cárnicos está ubicada cerca al primer nodo del transformador de distribución de energía eléctrica de *Vatia S.A.* en esa área de Bucaramanga. Así mismo se hizo una correcta selección del “tap” del transformador ya que la tensión promedio es de 225 V y se encuentra dentro de la fluctuación de 10% aceptada del *Retie*.

5.2.1.1 Diagramas de Tensión:

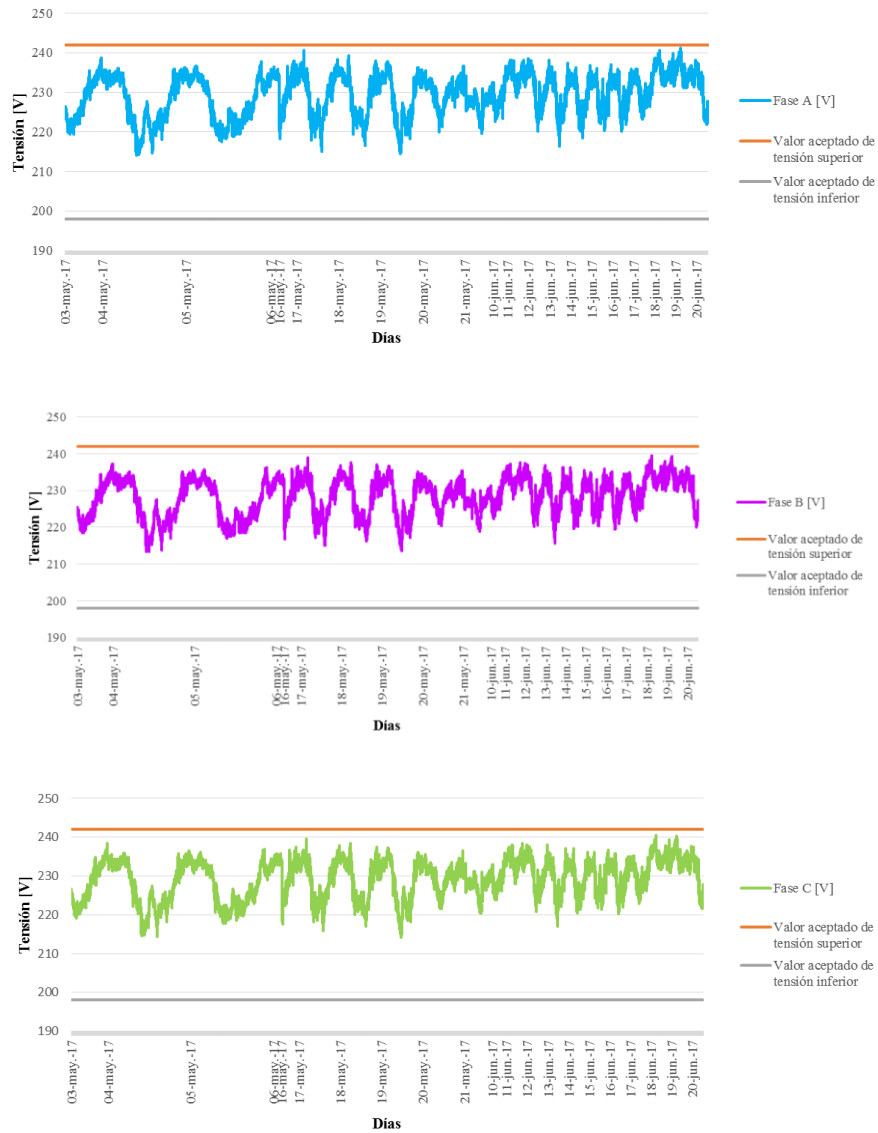


Figura 49. Diagramas de tensión. Medido desde 3/05/2017 13:20:00 hasta 20/06/2017 12:35:00.

Tabla 28. *Niveles de Tensión [RMS]*

Tensión [V]			
Fase	Mínimo	Máximo	Promedio
A	214,1	241,2	229,40
B	213,3	239,5	228,34
C	214,1	240,5	229,18

5.2.2 Corrientes de fase. En los bornes del lado de baja tensión del transformador de la empresa de cárnicos donde fue conectado el analizador de redes, está compuesto de dos conductores por fase, con un calibre de 4/0 AWG y aislamiento THHN/THHW lo cual equivale a una capacidad de corriente de 460 A y tiene una protección de 3X300 A.

En la Figura 50 se muestra el comportamiento de la corriente de cada una de sus fases en valores RMS. Se evidencia el mayor pico de 384,6 A registrado el cinco de mayo de 2017 a las 12:18 am, pero fue de corta duración lo cual no representa ninguna amenaza contra las protecciones y dimensionado del calibre de los conductores. Este pico de corriente probablemente ocurrió debido a un instante de tiempo donde entraron a trabajar dos máquinas al mismo tiempo.

El valor promedio de las corrientes no supera el valor nominal de capacidad de corriente del sistema instalado, lo cual indica que no existen problemas que provoquen incendio o fallas en los equipos conectados a esta red. Tampoco se observan desbalances importantes en las corrientes y por lo tanto se puede afirmar que las cargas están correctamente repartidas en el tablero principal de distribución. De los valores nominales de corriente obtenidos se puede afirmar que conductores están soportando correctamente la demanda de corriente con sus diferentes picos de la empresa de cárnicos.

5.2.2.1 Diagramas de Corriente:

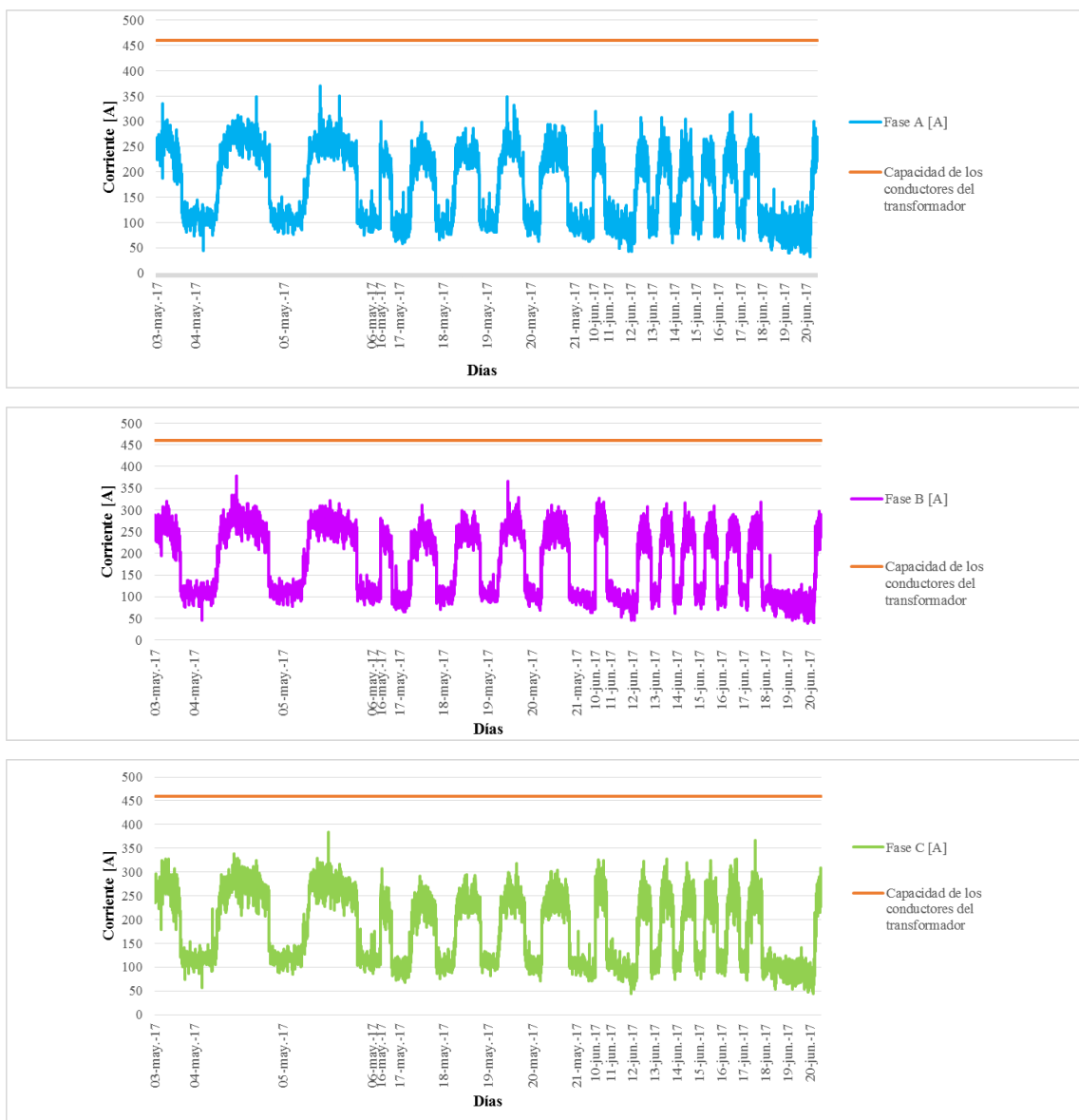


Figura 50. Diagramas de Corriente. Medido desde 3/05/2017 13:20:00 Hasta 20/06/2017 12:35:00.

Tabla 29. Niveles de Corriente [RMS]

Fase	Corriente [A]		
	Mínimo	Máximo	Promedio
A	32,67	370,8	169,06
B	37,92	379,3	177,04
C	44,26	384,6	177,61

5.2.3 Análisis de demanda y energía. Debido a la importancia que tiene la energía eléctrica en la producción de la empresa de cárnicos, es importante analizar la calidad del servicio para encontrar métodos efectivos que corrijan las posibles perturbaciones de tensión y corriente que afecta los equipos de la empresa. A continuación, se determinará el estado de operación en que se encuentra trabajando el sistema eléctrico y se darán algunas recomendaciones para poder mejorar la calidad del sistema.

5.2.4 Potencia aparente. Los datos obtenidos de potencia aparente se muestran en la Tabla 30. El valor máximo que se aprecia es de 86,60 kVA registrado el día viernes 4 de mayo de 2017 trabajando el transformador a un 76,97 % de su capacidad nominal. El mínimo valor se presenta el domingo 19 de junio de 2017 con un valor de 7,75 kVA. En promedio se registra un valor de 119,08 kVA lo cual significa que el transformador trabaja aproximadamente a un 105,84 % de su carga nominal, sin embargo, la sobrecarga que él puede soportar es del 111 %.

El transformador de la empresa de cárnicos se encuentra llegando a su límite máximo y en el momento no existen riesgos de daños físicos, sin embargo, se recomienda el cambio de este transformador para una capacidad nominal superior proyectando a futuro suplir la demanda de la adquisición de nueva maquinaria en el crecimiento de la empresa.

Tabla 30. *Potencia Aparente S [kVA]*

Potencia Aparente S [kVA]			
	Fase A	Fase B	Fase C
Mínimo	7,75	8,85	10,38
Máximo	81,49	82,29	86,60
Mediana	40,06	41,82	41,56
Promedio	38,47	40,12	40,41

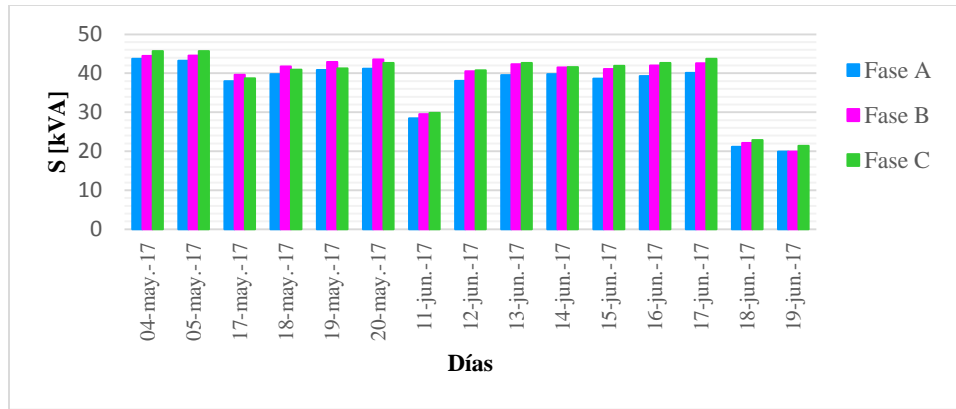


Figura 51. Demanda de potencia aparente [kVA].

5.2.5 Potencia activa. En la Tabla 31 se muestran los datos de potencia activa durante el período de medición. El día en el que se registró el mayor valor de demanda de potencia activa fue el viernes cuatro de mayo del 2017 con un valor de 45,57 kW y la menor demanda fue de 24,63 kW el domingo 19 de junio de 2017. En promedio la demanda de potencia activa de la empresa de cárnicos fue de 40 kW. En la Figura 52 se puede observar que ninguna fase se encuentra sobrecargada respecto a las demás. Los datos fueron calculados con 60 armónicos.

Tabla 31. Potencia Activa P [kW]

Potencia Activa P [kW]			
	Fase A	Fase B	Fase C
Mínimo	7,63	8,67	10,26
Máximo	81,44	82,22	86,48
Mediana	39,99	41,70	41,46
Promedio	38,39	40,01	40,30

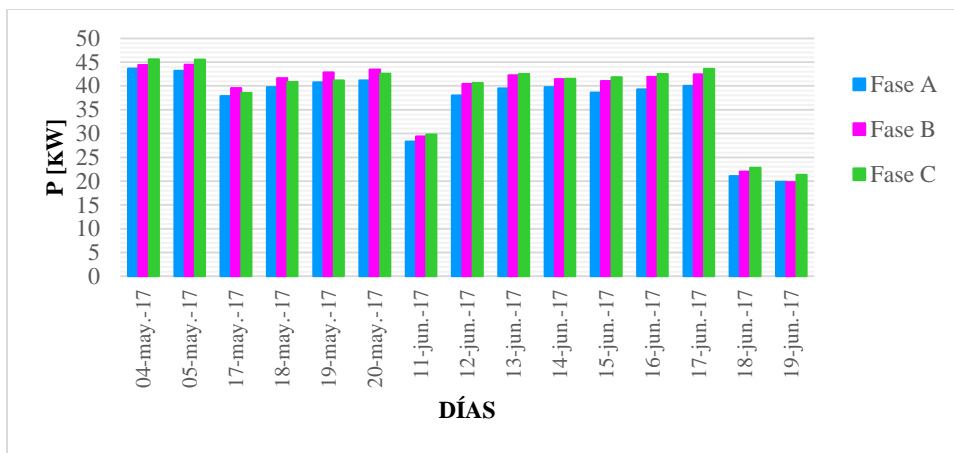


Figura 52. Demanda de potencia activa [kW].

5.2.6 Potencia Reactiva. La potencia reactiva se requiere para la producción de campos magnéticos en muchos equipos como motores de inducción, transformadores, relevadores, válvulas solenoides, etc.

Los niveles de potencia reactiva que consume la empresa de cárnicos se pueden apreciar en la tabla 32. En promedio se tiene una demanda de 56,69 kVAr, el valor máximo registrado fue de 94,36 kVAr. En la Figura 53 se aprecia el comportamiento de la demanda de potencia reactiva durante el periodo de análisis.

Tabla 32. Niveles de Potencia Reactiva [VAr]

Potencia Reactiva Q [kVAr]			
Fase	Promedio	Mínimo	Máximo
A	18,70	1,70	94,36
B	19,18	1,36	81,47
C	19,81	1,52	79,52

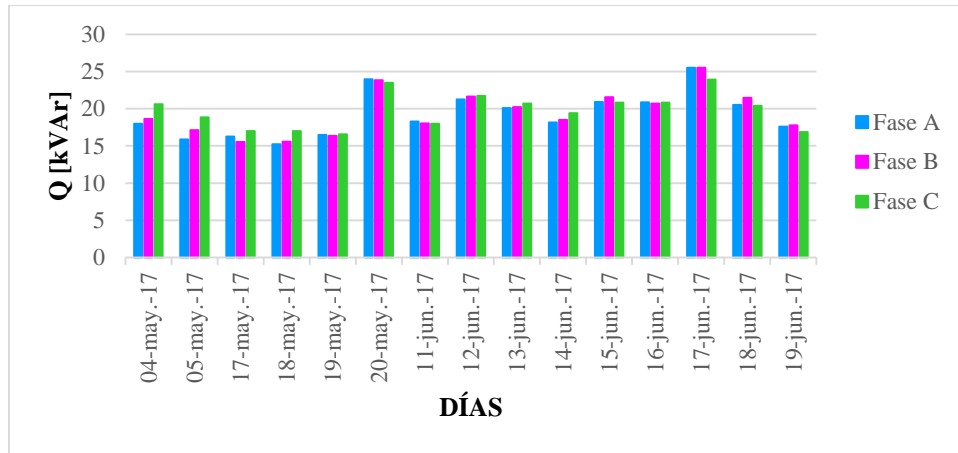


Figura 53. Demanda media de la potencia reactiva en la empresa de cárnicos.

5.2.7 Armónicos. Se consideran como fenómenos eléctricos indeseables que pueden ser ocasionados por la fuerza magnetomotriz de las máquinas rotatorias de corriente alterna, lámparas fluorescentes, lámparas LED que utilizan trocadores de tensión alterna, cargadores de baterías, fuentes conmutadas, etc. También se producen por parte del transformador en situaciones de saturación, corrientes de energización y conexiones al neutro.

Debido a que en este caso se alimentan también cargas monofásicas no lineales, la presencia de armónicos en el transformador de la empresa de cárnicos (*SUNTEC* 112,5 kVA, Delta/Estrella) puede tener efectos como sobrecalentamiento del neutro y de su devanado en delta. De la misma manera los armónicos pueden impactar en los motores provocando un calentamiento excesivo por el aumento en todas sus pérdidas y dependiendo de la tensión aplicada puede haber una reducción en el par promedio de la máquina.

Según la norma IEEE 1159-2009, los armónicos de tensión deben estar entre el 0 % y el 5 % del valor real y para armónicos de corriente deben estar entre el 0 % y el 20 % del valor real.

5.2.8 Armónicos de tensión. Utilizando el software del equipo *KEW6310* se visualizó el comportamiento de los armónicos de tensión en las tres fases durante los 15 días del periodo de análisis. La gráfica está en escala logarítmica de tensión RMS y muestra los armónicos impares. Los puntos sobre las barras marcan el máximo valor obtenido durante periodo de análisis. En este caso se encontró un comportamiento dentro del rango aceptable de los niveles de tensión y se pueden considerar completamente despreciables. El máximo valor fue de 11,21 V en el quinto armónico de la fase A.

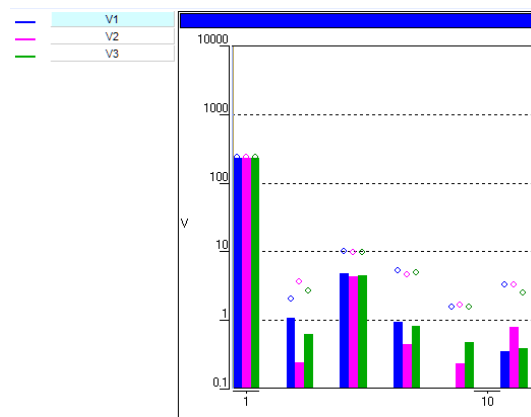


Figura 54. Armónicos de tensión

Fuente: Software de Análisis *KEW PQA MASTER v2,20*.

5.2.9 Armónicos de corriente. Los armónicos de corriente obtenidos durante el periodo de análisis arrojaron valores de corriente inferiores al 20 % del valor real. El máximo valor registrado fue de 23,41 A en el tercer armónico de la fase B, nivel que se encuentra dentro del rango aceptable y garantiza no producir daños al sistema eléctrico.

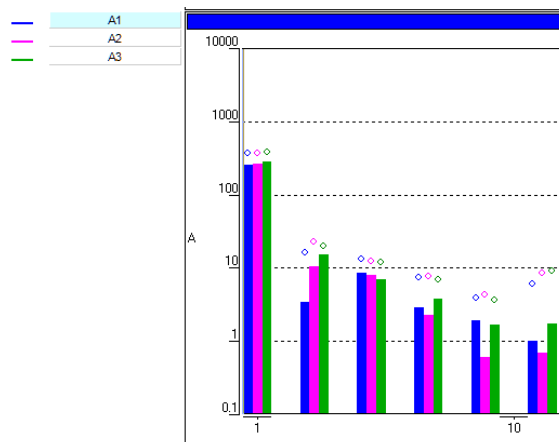


Figura 55. Armónicos de corriente

Fuente: Software de análisis *KEW PQA MASTER v2,20*.

5.3 Termografía

Se realizó el estudio termográfico en cada uno de los lugares de distribución de la red eléctrica, con el fin de analizar posibles anomalías y así descartar algún riesgo de calentamiento eléctrico.

5.3.1 Equipo utilizado.

En el estudio se utilizó una cámara termográfica *Fluke Ti32*

(Figura 56), sus especificaciones se encuentran en la Tabla 33.

Tabla 33. Especificaciones cámara termográfica *Fluke Ti32* utilizada.

Especificaciones	Ti32
Marca	Fluke Ti32
Rango de medida de la temperatura (no calibrado por debajo de -10 °C)	De -20 °C a +600 °C
Precisión de la medida de temperaturas	±2°C o 2% (a 25°C nominales, la mayor de ambas)
Tipo de detector	Matriz de plano focal de 320 X 240, microbolómetro no refrigerado
Sensibilidad térmica(NETD)	≤ 0.05°C a 30 °C (50 mK)
Banda espectral infrarroja	7,5 mm a 14 mm (Onda larga)
Distancia focal mínima	46 cm
Tipo de batería / Tiempo de funcionamiento	Dos baterías recargables y reemplazables (Ión Litio) / 4+ horas por baterías

Funcionamiento CA	Adaptador/cargador de CA de 110/230 V CA, 50/60 Hz
Peso incluyendo la batería	1.05 kg
Software	SmartView



Figura 56. Cámara termográfica Fluke Ti32.

5.3.2 Registro Termográfico:



Figura 57. Tablero de distribución del sistema de iluminación y fuerza del primer y segundo piso.

En la Figura 57 se observa que el tablero de distribución del sistema de iluminación y fuerza del primer y segundo piso presenta un nivel de temperatura de 49,8 °C en su primer breaker, si bien esto no es una temperatura muy alta comparada con la temperatura máxima de operación (80 °C (Legrand Group España, S.L., 2011), se recomienda un ajuste del tablero de distribución y chequeo del calibre del conductor para evitar pérdidas por efecto Joule. El resto del tablero presenta un calentamiento normal.

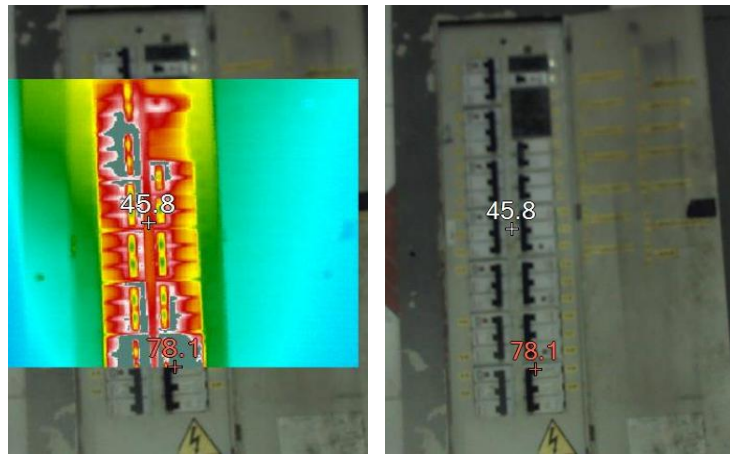


Figura 58. Tablero de distribución de los circuitos de unidades refrigerantes y vitrinas.

En la Figura 58 se observa que el tablero de distribución de los circuitos de unidades refrigerantes presenta un calentamiento leve, esto no es una temperatura muy alta comparada con la temperatura máxima a la cual estos pueden trabajar (80 °C); excepto uno de los breakers de la parte inferior derecha que está en el límite de calentamiento máximo. Esta temperatura pudo ser provocada por falta de ajuste del breaker o por un calibre inadecuado del conductor, sin embargo, también se realizó una inspección de la instalación física y se observó numerosas zonas oxidadas del metal del tablero de control así como también se encontró sulfato del barraje de cobre, pues no cuenta con ningún protector de la humedad externa que existe todas las noches que realizan lavado de vitrinas. Por tanto, se recomienda hacer cambio urgente del tablero de control del primer piso.

Es importante concientizar los empleados que lavan esta zona, ya que no se está teniendo precaución estos dispositivos eléctricos que tienen riesgo de incendio y de choque eléctrico.



Figura 59. Caja de control de los elevadores:

En la Figura 59 se observa la caja de control de los elevadora la cual indica una temperatura normal excepto en dos contactos los cuales denotan una temperatura de 38,3 °C con lo cual se deduce que es probable que haya un mal contacto. Se podría tener en cuenta ajustar las conexiones del contactor.



Figura 60. Transferencia automática.

En la Figura 60 se observa los contactores de red y planta de la transferencia automática

evidenciando el trabajo continuo del contactor de red, el cual expresa una temperatura en bornes de 75,1 °C; esta no es una temperatura crítica, pero es necesario ajustar los bornes de ambos contactores.

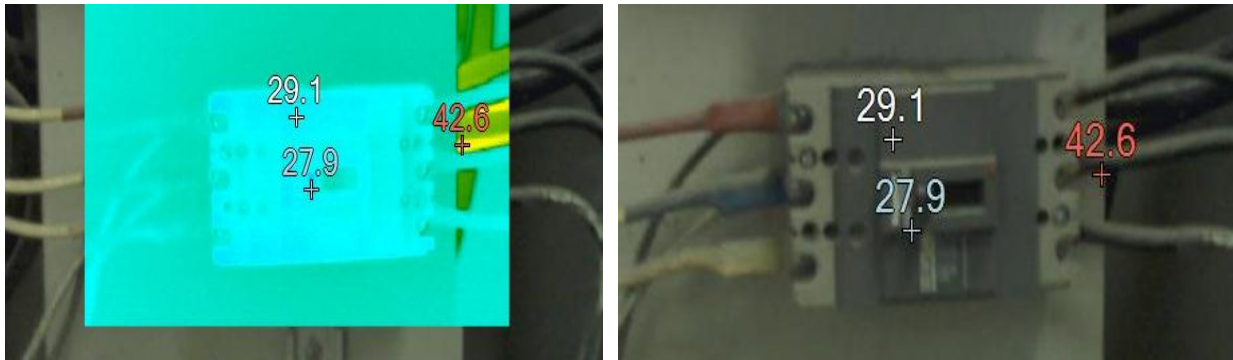


Figura 61. Totalizador principal del sistema de refrigeración del cuarto de conservación 2.

En la Figura 61 se observa el totalizador principal del sistema de refrigeración del cuarto de conservación dos. Este indica una temperatura normal excepto en uno de sus bornes el cual presenta una temperatura de 42,6 °C; esta no es una temperatura crítica, pero es necesario revisar la unión en sus contactores.

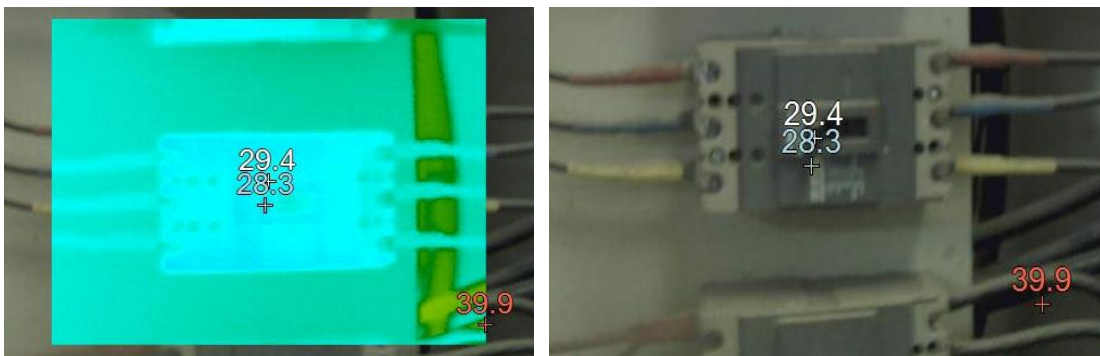


Figura 62. Totalizador principal del sistema de refrigeración del cuarto de conservación tres.

En la Figura 62 se observa el totalizador principal del sistema de refrigeración del cuarto de conservación dos el cual muestra una temperatura normal en todos sus contactos, indicando que se encuentra en un funcionamiento adecuado evitando las pérdidas por sobrecalentamiento.

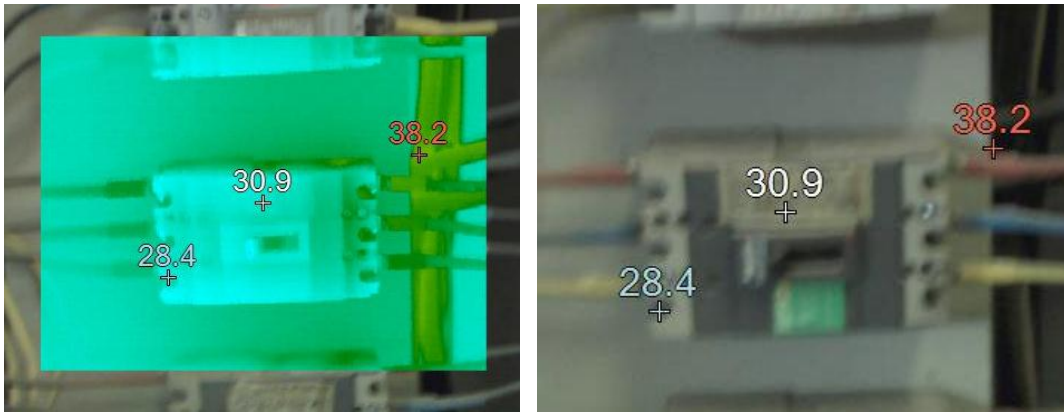


Figura 63. Totalizador principal del sistema de refrigeración del cuarto de conservación cinco

En la Figura 63 se observa el totalizador principal del sistema de refrigeración del cuarto de conservación cinco, en el cual se observa que sus contactos se encuentran en una temperatura adecuada indicando su correcto funcionamiento.

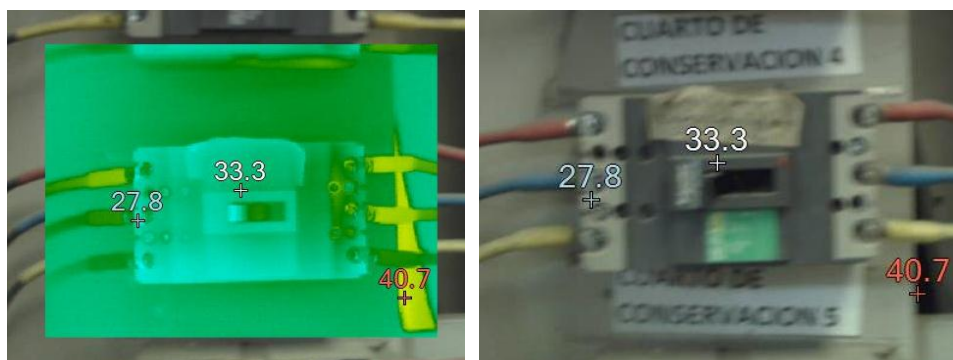


Figura 64. Totalizador principal del sistema de refrigeración del cuarto de conservación cuatro.

En la Figura 64 se observa el totalizador principal del sistema de refrigeración del cuarto de conservación cuatro, indicando una temperatura normal excepto en uno de sus bornes el cual presenta una temperatura de 40,7 °C; esta no es una temperatura crítica, pero es necesario revisar la unión de sus contactores para evitar posibles pérdidas a futuro.

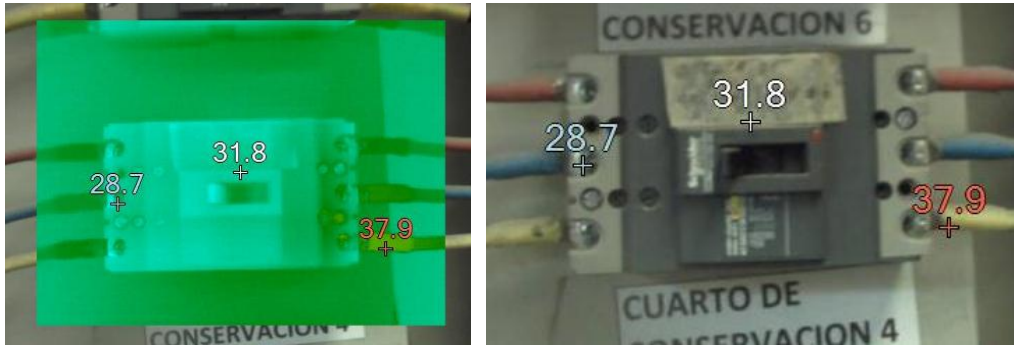


Figura 65. Totalizador principal del sistema de refrigeración del cuarto de conservación seis.

En la Figura 65 se observa el totalizador principal del sistema de refrigeración del cuarto de conservación seis, en el cual se observa que sus contactos se encuentran en una temperatura adecuada indicando su correcto funcionamiento y evitando pérdidas.

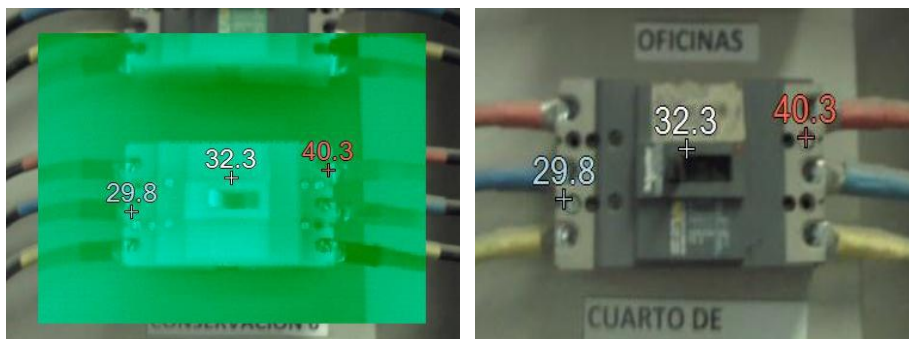


Figura 66. Totalizador principal del tablero de distribución, iluminación y fuerza de oficinas.

En la Figura 66 se observa el totalizador principal del tablero de distribución, iluminación y fuerza de oficinas, indicando una temperatura normal excepto en uno de sus bornes en el que se presenta una temperatura de 40,3 °C no siendo una temperatura crítica, pero es necesario revisar la unión de sus contactores para evitar posibles sobrecalentamientos.

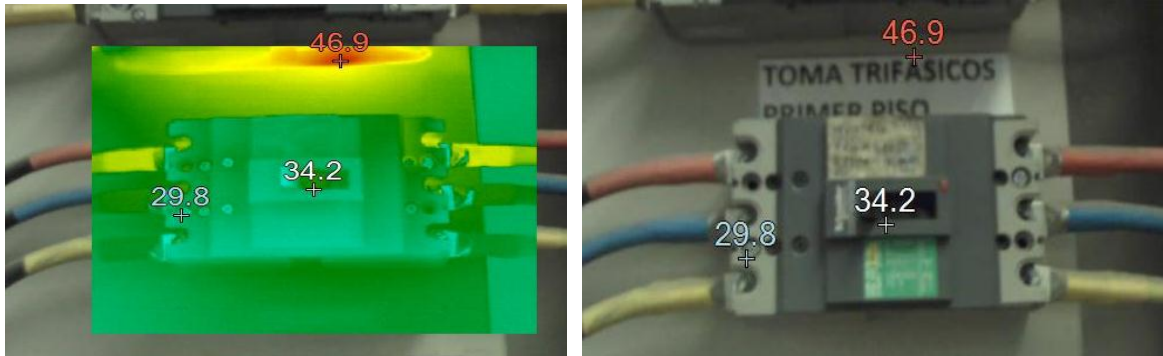


Figura 67. Totalizador principal del tablero de distribución del sistema de iluminación y fuerzas del primer y segundo piso.

En la Figura 67 se observa el totalizador principal del tablero de distribución del sistema de iluminación y fuerzas del primer y segundo piso evidenciando una temperatura normal en todas las partes de este incluyendo sus contactos.



Figura 68. Totalizador principal del tablero de distribución de unidades refrigerantes y vitrinas.

En la Figura 68 se observa el totalizador principal del tablero de distribución de unidades refrigerantes y vitrinas indicando una temperatura normal excepto en uno de sus bornes en el cual se presenta una temperatura de 52,7 °C, no siendo una temperatura crítica, pero de revisión ya que a futuro se pueden llegar a presentar pérdidas por sobrecalentamiento.

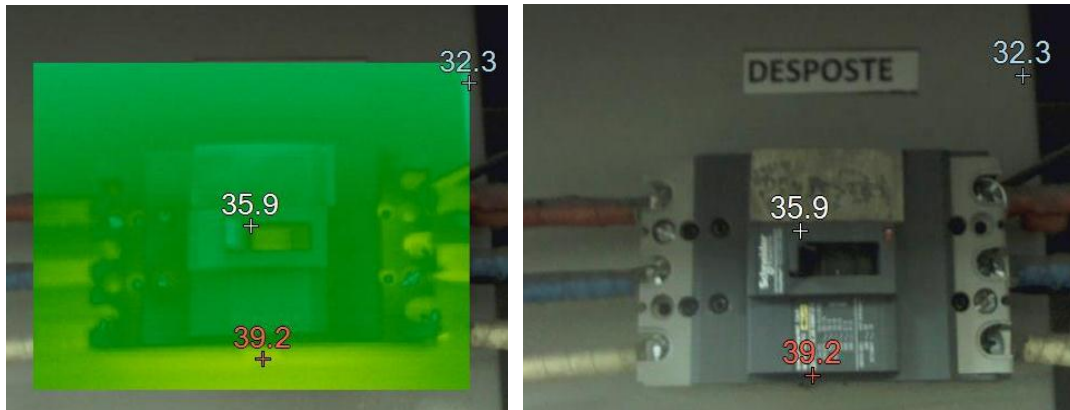


Figura 69. Totalizador principal del tablero de distribución, iluminación y fuerza piso tres.

En la Figura 69 se observa el totalizador principal del tablero de distribución, iluminación y fuerza del tercer piso, evidenciando una temperatura normal en todas las partes de este.

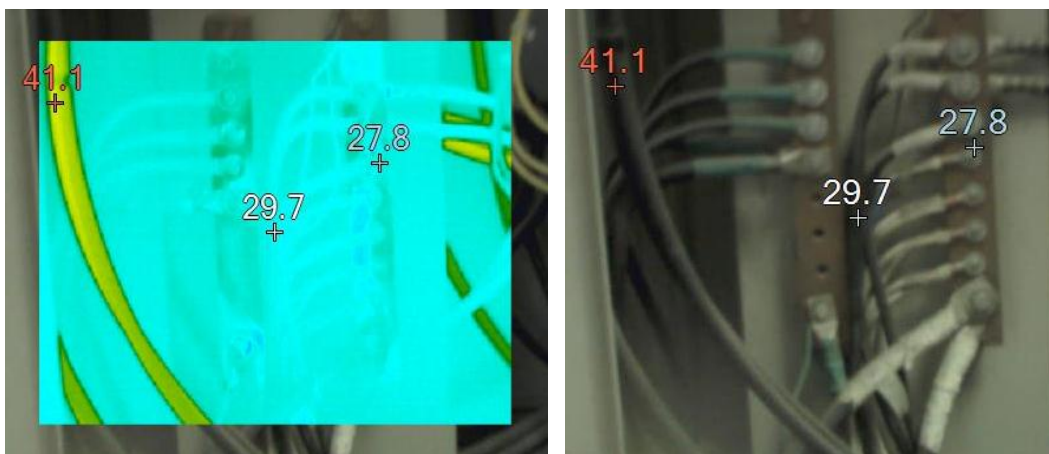


Figura 70. Barraje principal de puesta a tierra y barraje del neutro

En la Figura 70 se observa el barraje principal de puesta a tierra y barraje del neutro, indicando una temperatura normal en sus bornes evitando pérdidas por sobrecalentamiento.

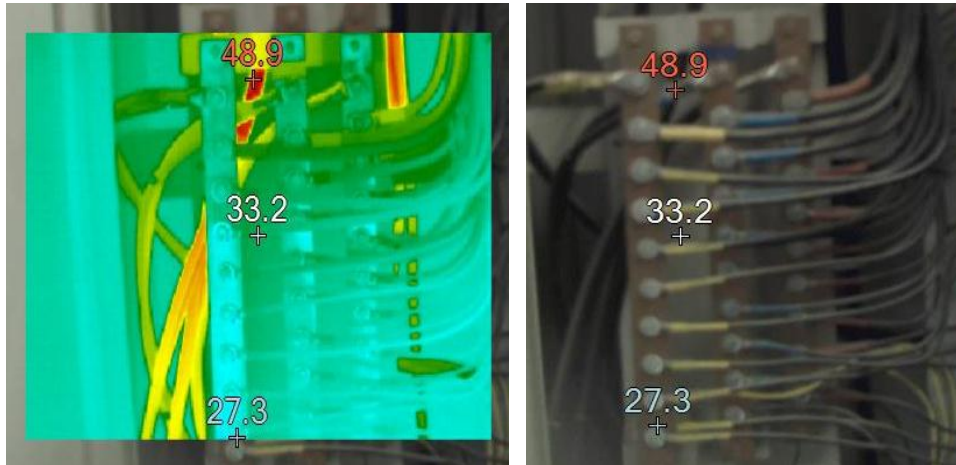


Figura 71. Barraje principal trifásico.

En la Figura 71 se observa el barraje principal trifásico mostrando una temperatura adecuada, excepto en uno de sus bornes indicando 48,9 °C, esto no es una temperatura alarmante, pero es necesario revisar la unión en sus contactores para evitar sobrecalentamientos futuros.

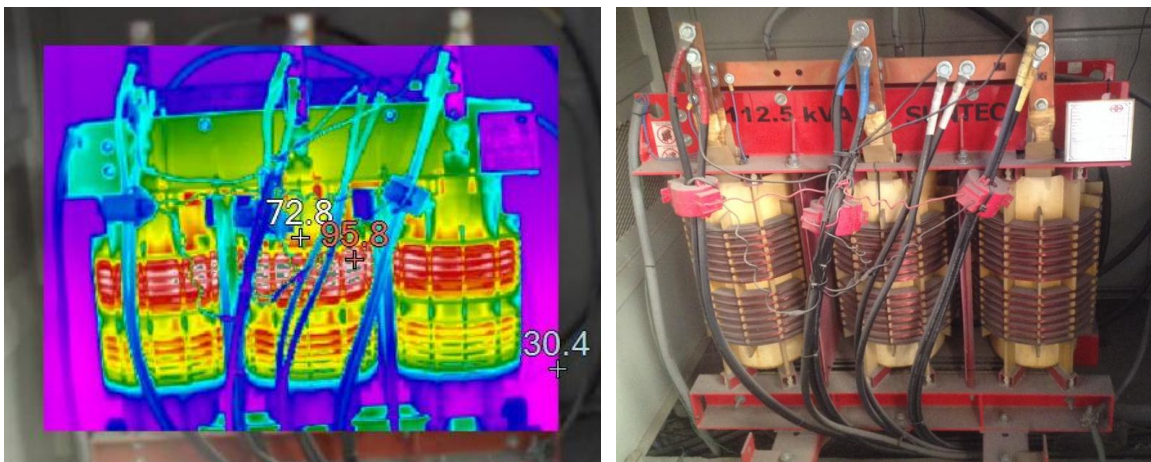


Figura 72. Transformador trifásico.

En la Figura 72 se observa el transformador trifásico el cual indica una temperatura de 95,8 °C que se encuentra dentro del rango permisible para este tipo de transformador (125 °C) (Suntec Grupo Weg Transformadores Colombia S.A.S., 2015)



Figura 73. Tablero de distribución del sistema no regulado.

En la Figura 73 se observa el tablero de distribución del sistema no regulado, el cual presenta una temperatura normal evidenciando que no existe ninguna anomalía por sobrecalentamientos.

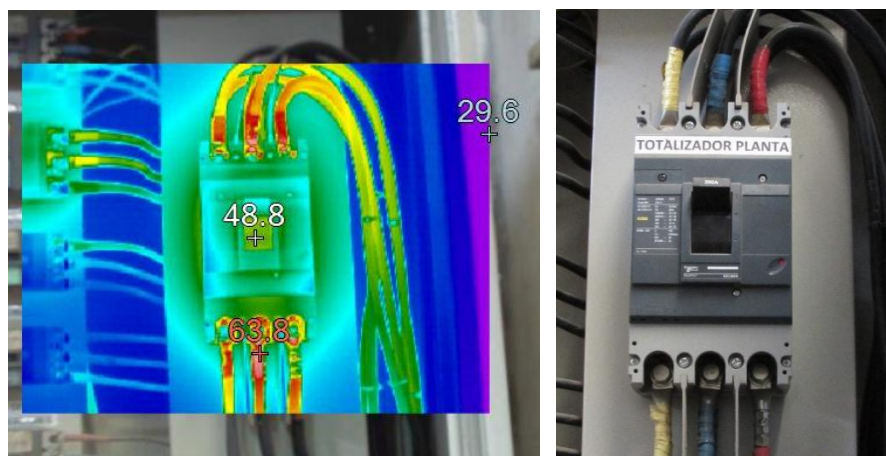


Figura 74. Totalizador principal de la planta de emergencia.

En la Figura 74 se observa el totalizador principal de la planta de emergencia el cual muestra una temperatura adecuada indicando su correcto funcionamiento.

6. Recomendaciones para el Uso Racional de la Energía

En esta actividad se establecen algunas estrategias para el uso eficiente de la energía a corto, mediano y largo plazo, las cuales requieren o no alguna inversión. Estas estrategias ayudan con la reducción del consumo energético de la empresa de cárnicos, tomando como base el diagnóstico y estudio de caracterización establecido por la UPME para el uso racional de la energía. Algunas de las recomendaciones descritas en esta sección servirán como base para la campaña de cultura energética.

6.1 Sistema Solar Fotovoltaico para abastecer la iluminación y el sistema de cómputo

Una solución para mitigar el consumo eléctrico, es mediante un análisis de costos para implementación un sistema solar fotovoltaico que alimenten la carga de iluminación y cómputo de la empresa de cárnicos, aprovechando el área disponible del techo de la empresa.

Para esto se calculó la carga total de iluminación y cómputo de la empresa, supliendo el 100% del consumo total de estos consumos mediante el uso de paneles solares. Al realizar el estudio se tuvo en cuenta las horas pico solares de Bucaramanga, la demanda promedio y máxima de la empresa para estas cargas, haciendo un perfil de cargas (Figura 75).

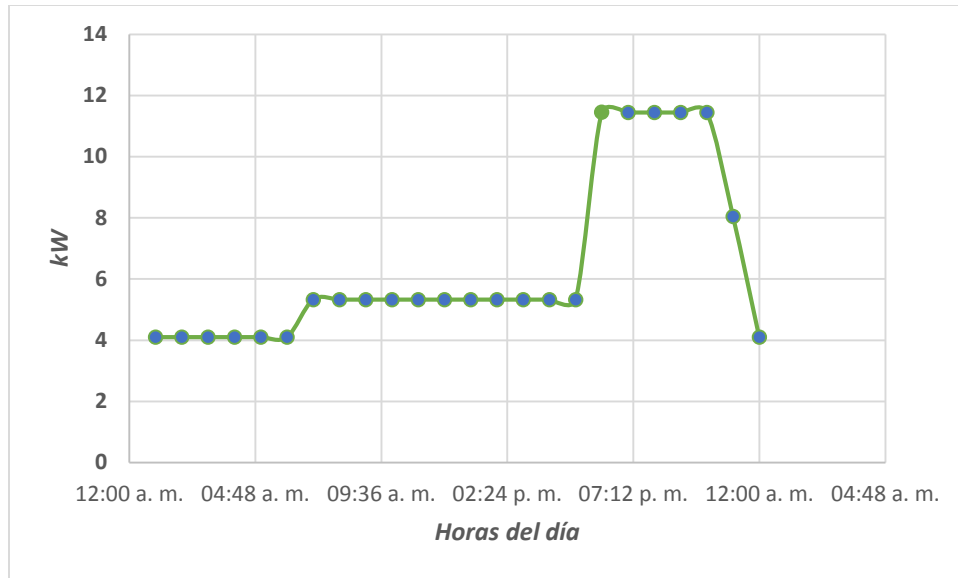


Figura 75. Perfil de Cargas de la Empresa de Cárnicos

Con estos datos se calcula la energía diaria y con la demanda máxima se calculará la capacidad del inversor. Los datos anteriormente mencionados se observan en la Tabla 34.

Tabla 34. Datos para calcular el número total de paneles en la empresa de cárnicos.

Horas pico solares [Hd]	5,15
Tensión del sistema [Vdc]	24
Demanda Promedio [kW]	6,35816667
Energía diaria [kWh/d]	152,596
Demanda máxima [kW]	11,448
Demanda inversora [kW]	14,31
Eficiencia inversor	98%
Eficiencia regulador	98%
Potencia entrada sistema [kWh/d]	158,887963
Ah/d	6620,33181
Corriente del sistema FV	1285 50132

Con los datos de la tabla 34, el área de los paneles y la potencia suministrada por cada uno de ellos, se calcula el número total de paneles solares que son necesarios instalar para suplir la demanda de 11,45 kW. Se selecciona un panel de 250 W y 24 V tipo policristalino.



Figura 76. Panel Solar de 250 W y 24 V tipo policristalino

- Potencia de salida Pmax: 250 W.
- Tolerancia de potencias de salida Pmax: 0/+5 W
- Eficiencia del módulo: 15,4%
- Tensión en Pmax: 29,8 V
- Intensidad en Pmax: 8,39 A
- Tensión en circuito abierto: 37,6 V
- Intensidad en cortocircuito: 8,92 A
- Tensión máxima del sistema: 1000 V DC
- Valor máximo del fusible en serie: 15 A
- Limitación de corriente inversa: 15 A
- Rango de temperatura de funcionamiento: - 40°C hasta 85°C.
- Cubierta frontal: vidrio templado de bajo contenido en hierro / 3.2 mm
- Célula solar (cantidad/tipo/dimensiones/número de busbar): 60/silicio multicristalino/ 156 x 156 mm/ 2 o 3.
- Marco: aluminio anodizado
- Caja de conexiones (grado de protección): \geq IP65
- Dimensiones: 1640 x 990x35 mm
- Peso: 18,6 kg

Según los datos anteriores y los cálculos realizados, el número de paneles que se necesitarían para ser instalados en el techo de la empresa de cárnicos es de 160 paneles, ocupando un área de 262,4 m² en el techo de la empresa de cárnicos.

Tabla 35. *Análisis de costos de la implementación de paneles solares.*

	Cantidad	Precio unitario (Pesos)	Precio total (Pesos)
Paneles solares	160	\$670 000	\$107 200 000
Inversor	1	\$5 250 000	\$5 250 000
Baterías	25	\$630 000	\$15 750 000
	Precio kWh (Pesos)	Consumo por iluminación [kWh]	Consumo total por iluminación (Pesos)
Costos actuales	\$327,41	11 448	\$3 748 189,68
Costos usando paneles	\$327,41	0	0
	Ahorro en pesos		\$3 748 189,68
TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN			
2.8 Años			

6.2 Mejoras en el Control de los Equipos de Refrigeración

Se observó en el gráfico de producción vs energía de la empresa de cárnicos (ver Figura 27), que existe un alto consumo base diario y obligatorio de energía, esto es debido a que la producción de la empresa requiere una cadena de frío continua para lo cual posee 10 compresores de tipo industrial (Figura 77) con potencias de consumo hasta de 17 490 W.

Al analizar los procesos de refrigeración, se encontró que los compresores cuentan con un buen controlador digital de temperatura referencia *TC900R* (recomendado por el fabricante de los compresores *Danfoss*) que garantiza las temperaturas adecuadas para el buen estado y conservación de cada tipo de producto cárnico y vida útil de la máquina. En la Tabla 36 se evidencia las temperaturas adecuadas para los cuartos encargados de la refrigeración de los productos en la empresa.



Figura 77. Compresor industrial para el sistema de refrigeración.

Tabla 36. *Temperaturas de vitrinas y cuartos de conservación de productos cárnicos*

Descripción	Cantidad	Temperatura deseada (°C)
Cuartos de congelación	3	Entre -7 y -3
Cuartos de Refrigeración	3	Entre 0 y 4
Vitrinas	16	Entre 5 y 9

Sin embargo, para lograr las temperaturas mencionadas anteriormente, los compresores demandan grandes periodos de trabajo durante el día.

Para realizar el defrost de los evaporadores, un temporizador independiente ordena apagar los compresores cada tres horas con un tiempo de descanso de veinte minutos, encendiendo las resistencias trifásicas las cuales son las encargadas de realizar este proceso. Las resistencias consumen una potencia promedio de 19 945 [W].

Para contribuir a la eficiencia energética de la empresa de cárnicos se plantea lo siguiente:

Dar orden electrónicamente de encendido de las resistencias eléctricas sólo cuando sea necesario, no obligatoriamente cada tres horas, ya que el temporizador está ordenando el encendido

de las resistencias aun cuando no es necesario realizar el defrost. La cantidad de escarcha en el evaporador depende de la temperatura ambiente en el cuarto, la cual varía dependiendo de la cantidad de mercancía y de la frecuencia con la que se abran y cierren las puertas de los cuartos fríos.

Para lograr corregir el control, se recomienda instalar sensores de flujo de aire a la entrada y salida del evaporador, estos darán una señal de tensión de acuerdo a la cantidad de flujo de aire que pasa a través de él, de manera que, si el evaporador tiene bastante escarcha, los ventiladores producirán menos flujo de aire el cual se traduce para el sensor en una señal de tensión que se puede utilizar para activar el defrost solo cuando sea estrictamente necesario. En el proceso se tendrán en cuenta tres variables: la temperatura del cuarto, el tiempo de defrost y el sensor de flujo de aire; si cumplen la condición correcta se dará orden de encendido a las resistencias.

Realizar este ajuste puede lograr un ahorro mínimo de 3 080 Wh al mes que representa \$ 1 155 073 pesos mensuales.

6.3 Campaña de Concientización

Tratando de promover el uso eficiente de los recursos energéticos de la empresa de cárnicos, se diseñó una campaña cívica de ahorro energético, donde se invita a los empleados a hacer el uso adecuado de los aparatos electrónicos y a tomar conciencia con respecto al uso racional y eficiente de la energía, para lograr disminuir al máximo los costos energéticos de la empresa. Se diseñan afiches alusivos a las buenas prácticas energéticas, invitando a reflexionar del buen uso que se le debe dar a la energía, dicho afiche se muestra en la Figura 78.

En la parte de oficinas de la empresa de cárnicos hay un gran número de ordenadores, se plantea pegar adhesivos en estos, en los interruptores, en las puertas, en los aires acondicionados

y cualquier electrométrico que se encuentre dentro de la empresa de cárnicos con mensajes alusivos al uso racional y eficiente de la energía. En las Figuras 79, 80 y 81 se muestran los adhesivos que se utilizaron.



Figura 78. Afiche de campaña cívica de ahorro energético.



Figura 79. Adhesivo para interruptores sobre campaña al uso racional y eficiente de la energía.



Figura 80. Adhesivo para aires acondicionados sobre campaña al uso racional y eficiente de la energía.



Figura 81. Adhesivo para electrodomésticos sobre campaña al uso racional y eficiente de la energía.

Se realizó una charla con la ingeniera encargada de la parte de calidad de la empresa, donde se dio a conocer esta campaña energética la cual busca reducir el consumo de energía eléctrica en la empresa de cárnicos mediante buenas prácticas. Con el fin de transmitir este mensaje a todos los empleados, se ubicó el afiche en diferentes puntos estratégicos de la empresa, con el fin de promover el uso racional de la energía. En la Figura 82 se muestra el afiche ubicado en un lugar estratégico de la empresa de cárnicos.



Figura 82. Afiche de concientización energética en la empresa de cárnicos.

7. Conclusiones y Observaciones

- Las actividades de la primera etapa del Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE) demostraron que el estado energético actual de la empresa de cárnicos tiene algunas áreas en las que se puede llegar a una mejora, esto con el fin de contribuir a una mayor eficiencia energética de la empresa.
- Desde el punto de vista electrónico se puede contribuir fuertemente a la mejora de la eficiencia de la empresa de cárnicos, aplicando las recomendaciones para el uso racional de la energía detalladas en el capítulo seis.
- Al realizar las encuestas propuestas por la Unidad de Planeación Minero Energética-UPME, se encontró que la empresa de cárnicos no cuenta con una política energética adecuada que permita que se cumplan en los tiempos estipulados las metas propuestas para la reducción de los costos energéticos y mejora de la eficiencia energética de la misma.
- La empresa de cárnicos desconoce el estado actual de su maquinaria y esta es una de las causas de consumos improductivos de energía y disminución de sus procesos.
- El diagrama de Pareto mostrado en la Figura 34, permitió conocer las secciones y equipos de la empresa de cárnicos que tienen el más alto consumo de energía eléctrica; análisis que es de gran importancia para la parte administrativa ya que se puede empezar a gestionar proyectos de mejoras energéticas, haciendo hincapié en cada una de estas secciones y máquinas.
- Se identificó que los mayores consumidores de energía eléctrica en la empresa de cárnicos son los cuartos fríos con un promedio de 15 593 kWh, ya que estos se encuentran trabajando

la mayor parte del día.

- En el reporte de caracterización energética de la UPME se evidencia que alcanzando la línea de meta mediante la implementación de estrategias de ahorro energético se puede llegar a reducir mensualmente en la factura de energía \$1 441 500 pesos, siendo esto significativo para la empresa de cárnicos.
- La implementación de paneles solares es una opción viable para la empresa de cárnicos, ya que mediante esta se cubre la carga total de iluminación y de equipos de cómputo logrando un ahorro hasta de \$3 748 189 pesos mensuales. Estos no solo ayudarían a disminuir el valor del recibo de energía sino también a contribuir con la eficiencia energética mediante energías alternativas mitigando el impacto ambiental.
- Se evidenció que la empresa de cárnicos no tiene buenas prácticas de cultura energética, ya que sus empleados hacen uso inadecuado de los computadores dejándolos encendidos todo el día, de esta misma forma con las luces, los cargadores de los celulares y radios cuando estos no están en uso.
- En el estudio de iluminación se determinó que la empresa de cárnicos no cumple en ningún área de la empresa la iluminancia mínima que recomienda la norma ISO 8995, esto provoca una fatiga visual apresurada en los empleados que afecta la producción.
- Se destaca la distribución de cargas de la empresa realizada en el tablero principal de distribución, pues los gráficos de análisis (Figura 50) mostraron un balance adecuado de las mismas, por tanto no necesita intervención en este aspecto.
- La demanda de potencia aparente de la empresa de cárnicos está llegando al límite de sobrecarga del transformador (Figura 51), si bien el transformador puede soportar esa

sobrecarga, pero necesita ser cambiado pensando en la futura expansión de la empresa.

- La empresa de cárnicos actualmente no posee inconvenientes por presencia de armónicas en la red (Figura 54 y 55), lo cual garantiza el correcto funcionamiento de sus motores y equipos en las diferentes labores de procesos de la carne, así mismo no hay peligro de sobrecargas importantes que puedan superar la capacidad nominal de corriente del transformador y sus conductores.
- Se recomienda hacer cambio urgente del tablero de control de circuitos de unidades refrigerantes y vitrinas del primer piso (Figura 58), en el cual la termografía mostró un calentamiento de 78,1 °C.
- Es fundamental inculcar una cultura de ahorro energético con charlas a los empleados de la empresa de cárnicos, ya que en la campaña realizada se encontró una notable desinformación acerca de los pequeños hábitos que ayudan a mejorar la eficiencia energética de la empresa.

Referencias Bibliográficas

- Aller, J., Salazar, L., Bueno, A., & Peña, M. (2010). *Metodología para la implementación de un sistema integral de gestión de la energía*. Obtenido de Páginas del Personal Académico de la USB: http://prof.usb.ve/jaller/PPI_papers/Codelectra2010.pdf
- Campos Avella, J. C., Lora Figueroa, E. D., Tovar Ospino, I., Prias Caicedo, O. F., Quispe Oqueña, E. C., Medina, i., & Ricardo, J. (Enero - Julio de 2008). *Modelo de gestión energética para el sector productivo nacional*. Obtenido de Sistema de Información Científica: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal: <http://www.redalyc.org/html/4962/496250973005/>
- Campos Avella, J. C., Lora Figueroa, E., Meriño Stand, L., Tovar Ospino, I., Navarro Gómez, A., Quispe Oqueña, E. C., . . . Castrillón Mendoza, R. (2008). *Guía para la Implementación de Sistemas de Gestión Integral de la Energía*. Obtenido de Universidad del Atlántico, Universidad Autónoma de Occidente. Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia y Colciencias: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Guia/Guia.pdf>
- Campos Avella, J. C., Prias Caicedo, O. F., Quispe Oqueña, E. C., Vidal Medina, J. R., & Lora Figueroa, E. D. (2008). *Herramientas para el análisis de caracterización de la eficiencia energética - UPME*. Recuperado el 2016, de Sistema de información de Eficiencia Energética y Energías Alternativas: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Docs/herramientas.pdf>
- Donga System. (2016). *Power Quality Analyzer(KYORITSU/KEW6315), 0.2%*. Recuperado el 10 de Octubre de 2017, de Donga System Korea: http://www.dongasystem.co.kr/nc_board/data/smart_edit/1482825447_41.jpg
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2013). *Norma Técnica*

Colombiana NTC 5000: Calidad de la Potencia Eléctrica -CPE-. Definiciones y Términos Fundamentales. Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).

Legrand Group España, S.L. (2011). *Guía de Potencia: Dispositivos de corte y protección.*

Obtenido de Luminarias de emergencia, sistemas de cableado, canalizaciones, interruptores y sistemas de protección Legrand: <http://www.legrand.es/documentos/guia-potencia-2011-legrand.pdf>

O'Shaughnessy, C. (Noviembre de 2013). *Estudio básico sobre los subsectores de la industria*

alimentaria y resumen de resultados nacionales e internacionales. Obtenido de Green Foods: http://www.green-foods.eu/wp-content/uploads/2013/05/Factsheet-2.1_ES.pdf

Smith J., C., Hensley, G., & Ray, L. (1995). *IEEE recommended practice for monitoring electric*

power quality. Estados Unidos: IEEE Std, 1159-1995.

Suntec Grupo Weg Transformadores Colombia S.A.S. (2015). *Transformadores Secos tipo*

abierto, clase H. Obtenido de Suntec Grupo Weg: <http://www.suntec.com.co/transformadores-secos-tipo-abierto-clase-h>

ToolBoom Supermarket for Engineers. (15 de Agosto de 2015). *Pinza amperimétrica digital UNI-*

T UT200A. Obtenido de Catálogo Aparatos de medición y control: <https://toolboom.com/es/845327-digital-clamp-meter-uni-t-ut200a/>

Unidad de Planeación Minero Energética – UPME; COLCIENCIAS; Programa Nacional de

Investigaciones en Energía y Minería, Universidad del Atlántico; Universidad Autónoma de Occidente . (Noviembre de 2008). *Sistema de Gestión Integral de la Energía .* Obtenido

de Sistema de información de eficiencia energética y energías alternativas: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Docs/cartilla.pdf>

Universidad del Atlántico; Universidad Autónoma de Occidente; Unidad de Planeación Minero

Energética de Colombia UPME. (2009). *Guía para la implementación de sistemas de Gestión integral de la energía*. Obtenido de Sistema de información de eficiencia energética y energías alternativas: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Guia/Guia.pdf>