



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**TEMA: “EVALUACIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO EN LAS  
INSTALACIONES DE LA EMPRESA EMBUTIDOS LA  
MADRILEÑA PARA GENERAR UNA PROPUESTA DE  
IMPLEMENTACIÓN DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADA EN  
ISO 50001”**

**AUTOR: DIEGO PAÚL MONGA SÁNCHEZ**

**DIRECTOR: ING. ÁLVARO MULLO**

**LATACUNGA**

**2018**



## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación “**EVALUACIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO EN LAS INSTALACIONES DE LA EMPRESA “EMBUTIDOS LA MADRILEÑA” PARA GENERAR UNA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADA EN ISO 50001**” realizado por el señor **DIEGO PAUL MONGA SÁNCHEZ**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **DIEGO PAÚL MONGA SÁNCHEZ** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 21 de Mayo de 2018



ING. ALVARO MULLO  
DIRECTOR



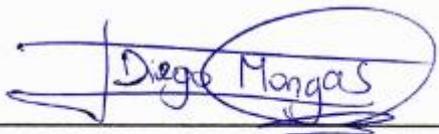
## DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **DIEGO PAUL MONGA SÁNCHEZ**, con cedula de identidad N° 0503569964 declaro que este trabajo de titulación “**EVALUACIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO EN LAS INSTALACIONES DE LA EMPRESA “EMBUTIDOS LA MADRILEÑA” PARA GENERAR UNA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADA EN ISO 50001**” ha sido desarrollado considerando métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

**Latacunga, 21 de Mayo de 2018**



**DIEGO PAUL MONGA SÁNCHEZ**  
**C.C. 0503569964**



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **DIEGO PAUL MONGA SÁNCHEZ**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“EVALUACIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO EN LAS INSTALACIONES DE LA EMPRESA “EMBUTIDOS LA MADRILEÑA” PARA GENERAR UNA PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADA EN ISO 50001”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

**Latacunga, 21 de Mayo de 2018**



**DIEGO PAÚL MONGA SÁNCHEZ**  
**C.C. 0503569964**

## **DEDICATORIA**

A mi abuelito Gustavo Rodrigo Monga Vargas quien para mí fue el único, el verdadero y el mejor padre que la vida me pudo haber dado, gracias papi por haberme enseñado todo en esta vida y por haberme apoyado siempre en todo momento de mi vida. Quizá no pudo estar conmigo en estos momentos de mi vida pero su espíritu, sus recuerdos y sus bendiciones estarán conmigo por siempre papito, le agradezco papi por haber hecho esto posible y por ser mi más grande motivación. Todo lo que alcance en mi vida será por usted y para usted le amo mi padre.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi madre Amparo por haberme apoyado siempre hasta en mis peores momentos gracias madre por siempre tenerme tanto cariño y paciencia, a mis tías y tíos que siempre han sido una cálida y gran compañía, a mi primita Kamila por alegrarnos la vida y a mi abuela Miche quien siempre me dio fuerzas y me aconsejo para continuar con mi carrera.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CARÁTULA</b> .....	i
<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	ii
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD</b> .....	iii
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	iv
<b>DEDICATORIA</b> .....	v
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xv

### CAPÍTULO I

<b>1. CONTENIDOS GENERALES</b> .....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Antecedentes.....	1
1.3. Justificación e importancia.....	2
1.4. Objetivos.....	2
1.4.1. Objetivo General.....	2
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Hipótesis.....	3

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
2.1. Gestión energética.....	4
2.2. Sistema de gestión energética (SGE).....	4
2.2.1. Necesidad de implementar un sistema de gestión energética.....	4
2.2.2. Beneficios de tener un sistema de gestión energética.....	4
2.2.3. Pasos para implantar con éxito un sistema de gestión energética.....	5
2.3. Norma ISO 50001.....	6
2.3.1. Estructuración de la norma ISO 50001.....	6
2.3.2. Objetivos que abarca la norma ISO 50001.....	9
2.3.3. Aplicabilidad de la norma ISO 50001.....	9
2.3.4. Beneficios de aplicar la norma ISO 50001.....	10

2.3.5.	Norma ISO 50001 – responsabilidad de la dirección.....	11
2.3.5.1.	Representante de la alta gerencia .....	11
2.3.5.2.	Política energética.....	12
2.4.	Auditorías energéticas.....	12
2.4.1.	Tipos de auditorías energéticas.....	13
2.5.	Aspectos de calidad referentes a la calidad del producto .....	13
2.5.1.	Nivel de voltaje.....	13
2.5.2.	Flicker.....	14
2.5.3.	Armónicos .....	14
2.5.4.	Factor de potencia .....	16
2.6.	Mantenimiento.....	17
2.7.	Equipos de medición .....	17
2.7.1.	Analizadores de redes eléctricas.....	18
2.7.2.	Multímetros .....	18
2.7.3.	Luxómetros .....	19
2.7.4.	Cámaras termográficas.....	20
2.8.	Técnicas de elaboración de presupuestos.....	21
2.8.1.	Periodo de recuperación de la inversión.....	21
2.8.2.	Valor presente neto (VPN) .....	21
2.8.3.	Tasa interna de rendimiento (TIR) .....	22

### **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>23</b>
3.1.	Antecedentes Investigativos .....	23
3.2.	Fundamentación legal.....	24
<b>3.2.1.</b>	<b>Modelo genérico para la evaluación del entorno de aprendizaje de las carreras .....</b>	<b>25</b>
<b>3.3.</b>	<b>VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>25</b>
<b>3.4.</b>	<b>Operacionalización de variables.....</b>	<b>25</b>
<b>3.5.</b>	<b>Modalidad de investigación.....</b>	<b>27</b>
<b>3.5.1.</b>	<b>Investigación Bibliográfica.....</b>	<b>27</b>
<b>3.5.2.</b>	<b>Investigación de campo .....</b>	<b>27</b>
<b>3.5.3.</b>	<b>Investigación experimental.....</b>	<b>27</b>
<b>3.5.4.</b>	<b>Investigación aplicada .....</b>	<b>27</b>

<b>3.6.</b>	Técnicas de recolección de datos .....	28
<b>3.6.1.</b>	Observación de laboratorio .....	28
<b>3.7.</b>	Técnica de análisis de datos .....	28

## **CAPÍTULO IV**

<b>4.</b>	<b>AUDITORÍA Y ANÁLISIS ENERGÉTICO EN LA INSTALACIONES DE LA EMPRESA EMBUTIDOS LA MADRILEÑA .....</b>	<b>29</b>
4.1.	Situación energética actual en las instalaciones de la empresa .....	29
4.1.1.	Ubicación e información general de la planta Industrial .....	29
4.1.2.	Estructuración energética actual de la empresa .....	29
4.1.3.	Fuentes de suministro energético en la planta .....	30
4.1.4.	Levantamiento de cargas en la empresa .....	33
4.1.4.1.	Potencia instalada referente a maquinaria .....	33
4.1.4.2.	Equipos adicionales .....	36
4.1.4.3.	Luminarias .....	37
4.1.5.	Usuarios significativos energéticos (USEn) .....	38
4.1.6.	Evaluación técnica de (USEn) .....	38
4.1.7.	Producción .....	46
4.1.7.1.	Registros de producción .....	47
4.2.	Análisis energético detallado .....	48
4.2.1.	Análisis de facturación por concepto de energía eléctrica .....	48
4.2.2.	Mediciones realizadas .....	51
4.2.2.1.	Trasformador de 125 KVA .....	51
a)	Curva de carga .....	52
b)	Consumo energético .....	53
c)	Niveles de voltaje .....	54
d)	Medición de corrientes .....	55
e)	Frecuencia .....	56
f)	Factor de potencia .....	57
g)	Distorsión armónica .....	58
h)	Parpadeo (Flicker) .....	60
4.2.2.2.	Trasformador de 75 KVA .....	61
a)	Curva de carga .....	63

b)	Consumo energético.....	63
c)	Niveles de voltaje .....	64
d)	Medición de corrientes .....	65
e)	Frecuencia .....	66
f)	Factor de potencia .....	67
g)	Distorsión armónica .....	68
h)	Parpadeo (Flicker).....	70
4.2.3.	Mediciones de luminosidad.....	71
4.2.4.	Simulación del sistema eléctrico de la empresa .....	72
4.2.4.1.	Resumen corto de la simulación.....	74
4.2.5.	Software de gestión energética.....	75
4.2.5.1.	Análisis rápido de la planta de producción en software .....	77
4.2.6.	Oportunidades de mejora y ahorro energético ahorro encontradas..	79

## **CAPÍTULO V**

<b>5.</b>	<b>PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN ISO 50001 .....</b>	<b>81</b>
5.1.	Generalidades.....	81
5.1.1.	Alcance de la propuesta .....	81
5.1.2.	Objetivos de la propuesta.....	81
5.1.3.	Requisitos generales .....	82
5.1.4.	Alta dirección.....	82
5.1.4.1.	Responsabilidades de la alta dirección.....	84
5.1.4.2.	Representante de la dirección.....	84
5.1.5.	Jerarquías para el desarrollo del SGEN.....	85
5.1.6.	Política energética.....	85
5.2.	Etapa 1 - Planificar.....	86
5.2.1.	Generalidades.....	86
5.2.1.1.	Requisitos legales .....	87
5.2.1.2.	Revisión energética .....	88
5.2.1.3.	Línea base energética.....	88
5.2.1.4.	Indicadores de desempeño energético .....	90
5.2.1.5.	Objetivos y planes de acción.....	91
5.3.	Etapa 2 - Hacer.....	93

5.3.1.	Implementación y operación.....	93
5.3.2.	Competencia, formación y concientización.....	93
5.3.3.	Comunicación.....	95
5.3.4.	Plan de documentación.....	95
5.3.4.1.	Requisitos de la documentación.....	95
5.3.4.2.	Control de documentos.....	96
5.3.5.	Control operacional.....	96
5.3.6.	Diseño.....	97
5.3.7.	Contratación de servicios de energía, productos, equipos y energía.....	97
5.3.8.	Estudio económico de las propuestas de mejora.....	106
5.3.9.	Análisis de las mejoras medioambientales que se tendrían con la implementación de las mejoras.....	106
5.4.	Verificar - Etapa 3.....	111
5.4.1.	Seguimiento, medición y análisis.....	111
5.4.2.	Evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos.....	111
5.4.3.	Manejo de las auditorías Internas al SGEEn.....	112
5.4.3.1.	Análisis de avance del SGEEn en base a las auditorías.....	113
5.4.4.	No conformidades, corrección, acción correctiva y preventiva.....	113
5.4.5.	Control de registros.....	113
5.5.	Actuar - Etapa 4.....	114
5.5.1.	Revisión por la gerencia.....	114
5.5.1.1.	Generalidades.....	114
5.5.1.2.	Información de entrada para la revisión de la gerencia.....	114
5.5.1.3.	Resultado de la revisión por la gerencia.....	115
	<b>PRUEBA DE HIPÓTESIS.....</b>	<b>116</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>117</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>118</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>119</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Etapas del modelo de sistema de gestión.....	7
<b>Figura 2</b>	Funcionamiento de un SGE con requerimientos medulares y estructurales.....	8
<b>Figura 3</b>	Beneficios obtenidos por empresas que han implantado la norma ISO 50001 a su SGE.....	10
<b>Figura 4</b>	Organización de un SGE .....	11
<b>Figura 5</b>	Triangulo de potencia.....	16
<b>Figura 6</b>	Analizador trifásico FLUKE 435 .....	18
<b>Figura 7</b>	Multímetro de pinza Beta 1760PA.....	19
<b>Figura 8</b>	Luxómetro MASTECH MS6610 .....	20
<b>Figura 9</b>	Cámara termográfica FLUKE TiS 10.....	20
<b>Figura 10</b>	Ubicación geográfica de la empresa “Embutidos La Madrileña”	29
<b>Figura 11</b>	Proyección estadística de consumo energético en la empresa	32
<b>Figura 12</b>	Diagrama de pareto referente a egresos por conceptos de energías en la empresa .....	33
<b>Figura 13</b>	Máquinas de mayor potencia instalada.....	38
<b>Figura 14</b>	Flujograma de proceso .....	46
<b>Figura 15</b>	Distribución de carga en el transformador de 125KVA .....	51
<b>Figura 16</b>	Estadística de consumo energético durante los años 2016 y 2017 en el transformador de 125 KVA .....	52
<b>Figura 17</b>	Curva de carga en el transformador de 125 durante la semana de producción.....	52
<b>Figura 18</b>	Consumo energético en el transformador de 125 KVA durante la semana de producción .....	53
<b>Figura 19</b>	Variación de voltaje en el transformador de 125 KVA.....	54
<b>Figura 20</b>	Consumo de corrientes en el transformador de 125 KVA.....	56
<b>Figura 21</b>	Grafica de frecuencia en el transformador de 125 KVA .....	56
<b>Figura 22</b>	Factor de potencia total en el transformador de 125 KVA.....	57
<b>Figura 23</b>	THD de voltaje en el transformador de 125 KVA .....	59
<b>Figura 24</b>	THD de corriente en el transformador de 125 KVA.....	60
<b>Figura 25</b>	Gráfica de flickers en el transformador de 125 KVA .....	61
<b>Figura 26</b>	Distribución de carga en el transformador de 75KVA .....	62

<b>Figura 27</b>	Estadística de consumo energético durante los años 2016 y 2017 en el transformador de 75 KVA .....	62
<b>Figura 28</b>	Curva de carga en el transformador de 75 KVA durante una semana de producción.....	63
<b>Figura 29</b>	Consumo energético en el transformador de 75 KVA durante una semana de producción.....	64
<b>Figura 30</b>	Variación de voltaje en el transformador de 75 KVA.....	65
<b>Figura 31</b>	Consumo de corriente en el transformador de 75 KVA.....	66
<b>Figura 32</b>	Grafica de frecuencia en el transformador de 75 KVA .....	66
<b>Figura 33</b>	Factor de potencia en el transformador de 75 KVA .....	67
<b>Figura 34</b>	THD de voltaje en el transformador de 75 KVA .....	68
<b>Figura 35</b>	Gráfica de THD de corriente en el transformador de 75 KVA ...	69
<b>Figura 36</b>	Flickers en el transformador de 75 KVA.....	70
<b>Figura 37</b>	Elaboración del SE de la empresa en ETAP.....	73
<b>Figura 38</b>	Configuración de cargas en ETAP .....	73
<b>Figura 39</b>	Simulación del SE de la empresa en ETAP 12.6.0 .....	74
<b>Figura 40</b>	Monitoreo en la plataforma cloud Smarkia 50001 .....	76
<b>Figura 41</b>	Interfaz del software DIALux .....	77
<b>Figura 42</b>	Modelamiento de la planta de producción en DIALux .....	77
<b>Figura 43</b>	Configuración de colores, materiales y texturas.....	78
<b>Figura 44</b>	Distribución de luminarias en las áreas de producción y cocción.....	78
<b>Figura 45</b>	Resultados obtenidos en DIALux .....	79
<b>Figura 46</b>	Directorio de “Embutidos La Madrileña” .....	83
<b>Figura 47</b>	Resumen de recursos necesarios para implantar el SGE.....	83
<b>Figura 48</b>	Pirámide de jerarquías para la ejecución del SGE.....	85
<b>Figura 49</b>	Línea base energética.....	89
<b>Figura 50</b>	Gráfica de indicadores de desempeño energético .....	90
<b>Figura 51</b>	Carga monofásica colocada en el transformador de 75 KVA..	100
<b>Figura 52</b>	Colocación de cargas trifásicas al transformador.....	100
<b>Figura 53</b>	Reestructuración de cargas en el SE de la empresa .....	101
<b>Figura 54</b>	Distribución de luminarias en la planta de producción .....	103
<b>Figura 55</b>	Colocación de cubiertas traslucidas.....	104
<b>Figura 56</b>	Sistema lumínico trabajando con el 70% de luminarias .....	104

<b>Figura 57</b>	Resultados obtenidos en DIALux con la propuesta de cubiertas traslucidas .....	105
<b>Figura 58</b>	Funcionamiento de un tubo solar .....	105
<b>Figura 59</b>	Comparación entre una lámpara industrial de 400 W vs un tubo solar .....	106

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Límites permitidos de variación de voltaje .....	14
<b>Tabla 2</b>	Valores límite (V <sub>i</sub> ' y THD')	15
<b>Tabla 3</b>	Operacionalización de la variable independiente.....	26
<b>Tabla 4</b>	Operacionalización de la variable dependiente .....	26
<b>Tabla 5</b>	Resumen de consumo energético en la planta industrial durante el año 2017 .....	31
<b>Tabla 6</b>	Equipos instalados en la planta de producción.....	34
<b>Tabla 7</b>	Equipos instalados en almacenamiento de materia prima.....	35
<b>Tabla 8</b>	Equipos instalados en el área de bombas .....	35
<b>Tabla 9</b>	Equipos instalados en el área de mantenimiento .....	35
<b>Tabla 10</b>	Equipos instalados en el área de mantenimiento .....	36
<b>Tabla 11</b>	Equipos de oficina instalados en la empresa.....	36
<b>Tabla 12</b>	Luminarias instaladas en la empresa .....	37
<b>Tabla 13</b>	Valoración del estado de los equipos .....	39
<b>Tabla 14</b>	Evaluación de la emulsificadora .....	39
<b>Tabla 15</b>	Evaluación del Cutter.....	40
<b>Tabla 16</b>	Evaluación del molino de carne.....	41
<b>Tabla 17</b>	Evaluación de la Hielera de producción.....	41
<b>Tabla 18</b>	Evaluación de la embutidora ROBBOT .....	42
<b>Tabla 19</b>	Evaluación de la Termoformadora.....	43
<b>Tabla 20</b>	Evaluación del contenedor frigorífico.....	43
<b>Tabla 21</b>	Evaluación de las cámaras frías de la planta de producción .....	44
<b>Tabla 22</b>	Evaluación de la cámara frigorífica del área de materia prima ...	45
<b>Tabla 23</b>	Registros de producción .....	47
<b>Tabla 24</b>	Resumen de facturación del medidor 448 .....	48
<b>Tabla 25</b>	Resumen de facturación del medidor 451 .....	50
<b>Tabla 26</b>	Variaciones de voltaje en el transformador de 125 KVA.....	54
<b>Tabla 27</b>	Corrientes en el transformador de 125 KVA .....	55
<b>Tabla 28</b>	Valores medios de potencia en el transformador de 125 KVA .....	57
<b>Tabla 29</b>	THD de voltaje en el transformador de 125 KVA .....	58
<b>Tabla 30</b>	THD de corriente en el transformador de 125 KVA .....	59
<b>Tabla 31</b>	Análisis de flickers en el transformador de 125 KVA .....	60

<b>Tabla 32</b>	Niveles de voltaje registrados en el transformador de 75 KVA ...	64
<b>Tabla 33</b>	Consumo de corrientes en el transformador de 75 KVA.....	65
<b>Tabla 34</b>	Valores medios de factor de potencia en el transformador de 75 KVA.....	67
<b>Tabla 35</b>	THD de voltaje en el transformador de 75 KVA .....	68
<b>Tabla 36</b>	THD de corriente en el transformador de 75 KVA .....	69
<b>Tabla 37</b>	Análisis de flickers en el transformador de 125 KVA .....	70
<b>Tabla 38</b>	Niveles mínimos de luminosidad permitidos por el IESS .....	71
<b>Tabla 39</b>	Mediciones de luminosidad .....	72
<b>Tabla 40</b>	Resultados obtenidos de la simulación.....	74
<b>Tabla 41</b>	Resumen de cables sobrecargados .....	75
<b>Tabla 42</b>	Oportunidades de ahorro energético encontradas.....	80
<b>Tabla 43</b>	Metas y objetivos planteados por “Embutidos La Madrileña” .....	91
<b>Tabla 44</b>	Etapas para la implementación del sistema .....	93
<b>Tabla 45</b>	Capación al personal .....	94
<b>Tabla 46</b>	Reglas básicas de ahorro energético .....	94
<b>Tabla 47</b>	Mejoramiento de maquinaria en la Planta Industrial .....	97
<b>Tabla 48</b>	Correcciones a problemas encontrados en el SE de la empresa .....	98
<b>Tabla 49</b>	Análisis de la restructuración del SE en ETAP .....	101
<b>Tabla 50</b>	Adquisición de un variador de velocidad para la emulsificadora .....	102
<b>Tabla 51</b>	Instalación de cubiertas traslucidas o tubos solares.....	102
<b>Tabla 52</b>	Análisis económico planes A - F.....	107

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación describe la realización de una auditoría energética y el planteamiento de una propuesta de gestión energética basada en la norma ISO 50001 para “Embutidos La Madrileña”. Se analizó los registros de consumos energéticos; determinándose que el consumo de energía eléctrica representa los mayores egresos con un registro anual de 49.668 dólares muy por encima de los 29.224 dólares que corresponden a otras energías. Por ello este trabajo tiene mayor enfoque en el sistema eléctrico sin descuidar el resto del sistema energético. Se hizo un levantamiento de carga, una evaluación técnica de equipos y un monitoreo de variables con el analizador FLUKE 435 acorde a la regulación No. 004/01 del CONELEC. Detectándose; un fp promedio de 0,84 y valores de hasta 36% de THD en el transformador de 125 KVA, niveles de Pst superiores a 1 en el 80 % de mediciones en los dos transformadores. Mediante una simulación en el software ETAP se determinó que algunas barras del sistema no cumplen con los límites de variaciones de voltaje llegando en el peor de los casos a variaciones del 26%. En base a una simulación en el software DIALux se determinaron oportunidades de ahorro energético aprovechando el recurso lumínico solar. Mediante las propuestas planteadas, se espera reducir en al menos un 5,93% equivalente a 24.362 Kwh el consumo energético anual con respecto al registrado durante el año 2017. Finalmente se generó la propuesta de un plan de gestión energética, en el cual constan los planes de mejoras con sus respectivos análisis.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **GESTIÓN ENERGÉTICA**
- **AUDITORIA ENERGÉTICA**
- **NORMA ISO 50001**

## ABSTRACT

The present research work describes the realization of an energy audit and the proposal of an energy management proposal based on the ISO 50001 standard for "Embutidos La Madrileña". The records of energy consumption were analyzed; determining that the consumption of electric power represents the highest expenditures with an annual record of 49,668 dollars well above the 29,224 dollars that correspond to other energies. Therefore, this work has a greater focus on the electrical system without neglecting the rest of the energy system. A load survey was carried out, a technical evaluation of equipment and a variable monitoring with the FLUKE 435 analyzer according to regulation No. 004/01 of the CONELEC. Detecting; an average fp of 0.84 and values of up to 36% of THD in the transformer of 125 KVA, Pst levels greater than 1 in 80% of measurements in the two transformers. By means of a simulation in the ETAP software it was determined that some bars of the system do not comply with the limits of voltage variations, reaching at worst 26% variations. Based on a simulation in the DIALux software, opportunities for energy saving were identified by taking advantage of the solar light resource. Through the proposed proposals, it is expected to reduce the annual energy consumption by at least 5.93% equivalent to 24,362 Kwh compared to that recorded during the year 2017. Finally, the proposal for an energy management plan was generated, in which the improvement plans with their respective analyzes are included.

## KEYWORDS

- ENERGY MANAGENT
- ENERGETIC AUDIT
- ISO 50001 STANDARD

## **CAPÍTULO I**

### **1. CONTENIDOS GENERALES**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

En la planta industrial de la empresa “Embutidos La Madrileña”, no se evidencia una cultura de buenas prácticas de consumo energético, se desconoce el estado del sistema energético de la planta, puesto que no se ha realizado estudio alguno al sistema, además de que no tienen diagramas unifilares del sistema eléctrico, ni se tienen registros organizados y adecuados de comparación, cuantificación y consumo de energías empleadas en la planta.

En el sistema se han suscitado problemas como: caídas de voltaje, bajo factor de potencia; debido a que los elementos de corrección actuales no están correctamente dimensionados y se encuentran en mal estado, cables sobrecargados, por lo que es necesario determinar cómo se encuentra el sistema energético de la planta, por ende conocer el estado de los transformadores y de los principales activos físicos de la empresa, ya que el tener un sistema poco eficiente resulta en pérdidas tanto económicas como energéticas, por ello mediante la implementación de un SGE se pretende mejorar el desempeño energético de la planta industrial de “Embutidos La Madrileña”.

#### **1.2. Antecedentes**

La empresa “Embutidos la Madrileña” es una industria ecuatoriana dedicada a la elaboración de productos cárnicos con altos estándares de higiene y calidad desde el año 1995. Con el paso de los años la empresa ha crecido y en la actualidad brinda empleo a más de 40 personas y posee alrededor de 50 máquinas y equipos necesarios para la elaboración y almacenamiento del producto. La planta de producción es abastecida por dos transformadores eléctricos de 125KVA Y 75KVA, diésel y gas industrial como fuentes energéticas.

En la empresa se desconoce totalmente la estructuración y el consumo del sistema energético debido ya que jamás se han realizado auditorías energéticas de ninguna índole en la planta, por ello se planea implementar un sistema de gestión energética alineado a la normativa ISO 50001 para de esta manera mejorar el desempeño energético en la planta de producción y mejorar el funcionamiento del sistema.

### **1.3. Justificación e importancia**

La gestión energética parte de gestionar eficientemente el uso de energías, la normativa ISO 50001:2011 provee una metodología altamente eficiente y probada de gestión energética para industrias y cualquier otro tipo de entidad. Facilita parámetros para incorporar sistemas de gestión energética con el propósito de disminuir el consumo y los costos relacionados a energías mientras al mismo tiempo se trata de proteger el medio ambiente ya que la norma abarca también capacitación constante a toda parte conformante de la entidad en sí.

Con este proyecto se pretende reducir los costos operacionales en base al uso de energías en la planta industrial, evitar que la maquinaria de la planta sufra daños por posibles fallos energéticos o por malos hábitos de uso, tratar de reducir el consumo de energía al implementarse buenos hábitos en el uso de energías y con ello reducir el costo por concepto de energías en la planta. También mediante la elaboración de una propuesta de sistema de gestión energético, ofrecer la opción de un mejor uso y desempeño de todos los activos de la planta con criterios y con lineamientos basados en la eficiencia energética.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo General**

Evaluar el sistema energético en las instalaciones de la empresa “Embutidos La Madrileña” mediante una auditoría energética para generar una propuesta de implementación de gestión energética basada en ISO 50001.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Identificar la estructuración y potencia instalada en el sistema energético de la empresa “Embutidos la Madrileña”.
- Analizar la calidad de energía en la empresa “Embutidos la Madrileña” y proponer soluciones a cada problema encontrado.
- Cuantificar el uso de la energía en la empresa “Embutidos la Madrileña”.
- Realizar una evaluación rápida de la planta empleando software como herramienta, para generar una metodología de producción más limpia.
- Generar un plan eficiente de gestión energética para disminuir el consumo y cuidar los activos.

#### **1.5. Hipótesis**

Con la evaluación del sistema energético en las instalaciones de la empresa “Embutidos La Madrileña”, se tendrá una alternativa propuesta para poder reducir el consumo energético en la misma.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Gestión energética**

Se basa en mejorar las prácticas de consumo energético logrando un uso eficiente de energía, sin reducir el nivel de producción, prestaciones, etc. Mediante la gestión energética se buscan y desarrollan oportunidades de mejora continua, consiguiendo que los usuarios se familiaricen con el sistema, reconozcan los consumidores principales en el sistema e incorporen mejoras, obteniendo de esta manera estándares superiores de eficiencia energética.

#### **2.2. Sistema de gestión energética (SGE)**

Es el grupo de elementos de una entidad, que actúan en conjunto entre sí, con el propósito de implantar políticas, ordenanzas e imponerse objetivos y alcances para conseguir y lograr un uso eficiente de energía.

##### **2.2.1. Necesidad de implementar un sistema de gestión energética**

A continuación se detallan los principales y más importantes argumentos por los que se considera necesario el implementar un sistema de gestión energética en las industrias.

- Cuidar el medioambiente reduciendo las emisiones de gases nocivos a la atmosfera y propios de procesos industriales, para así respetar lo estipulado en el protocolo de Kioto (MINAMBIENTE, 2018).
- Garantizar el abastecimiento de energía en todas las instalaciones de la industria, garantizando niveles constantes en la producción.
- Implantar regimientos para el buen uso de energía y a la vez planificar objetivos y metas con el fin de alcanzar ahorro y estándares superiores de eficiencia energética.

##### **2.2.2. Beneficios de tener un sistema de gestión energética**

Los principales benéficos de tener un sistema para gestionar la energía en una industria son:

### **Aspectos que benefician directamente a la industria**

- Un mayor porcentaje de ahorro en el costo de la energía.
- Menor vulnerabilidad ante las posibles variaciones en el precio de la energía.
- Menor huella de carbono.
- Mayor conciencia energética a nivel del personal y mayor participación.
- Más conocimiento del uso y del consumo de la energía, y de las oportunidades de mejora.
- Procesos de toma de decisiones basados en la información.
- Menor incertidumbre gracias a una mejor comprensión del uso de la energía en el futuro.

### **Aspectos que benefician indirectamente a la industria**

- Mejoras positivas respecto al marketing.
- Réditos a la imagen Institucional.
- Mayor eficiencia operacional.
- Prácticas de mantenimiento efectuadas de mejor manera.
- Beneficios respecto a mejoras en seguridad y salud. (GEF, 2015)

### **2.2.3. Pasos para implantar con éxito un sistema de gestión energética**

- Hacer de la gestión energética una firme prioridad para la organización.
- Evaluar el desempeño energético de la organización basándose en datos y con la meta de identificar oportunidades de mejoras.
- Determinar la línea de base energética como índice de comparación del desempeño energético en un tiempo determinado.
- Identificar y hacer cumplir los requisitos legales y de carácter energético. Imponer objetivos y alcances cuantificados exigentes pero alcanzables.
- Incentivar a la planificación energética con el fin de mejorar la situación a través del ciclo de vida del producto o servicio y el control de las operaciones, incluyendo las costumbres de compras y mantenimiento.
- Valorar el desempeño de carácter ambiental frente a políticas, objetivos, indicadores y prácticas de gestión de la energía.

- Implantar procesos para auditar y evaluar el sistema de gestión, que permita mejoras continuas en el sistema.
- Revisar el sistema, para establecer y mantener charlas con todas las partes, de manera especial incentivar la participación de los empleados.
- Comprometer a directivos y personal, asignándoseles responsabilidades con el fin de fomentar las buenas prácticas energéticas.
- Abastecer de los medios necesarios para cumplir con la legislación, compromisos energéticos y objetivos de forma constantemente por medio de mejoras continuas al sistema.
- Documentar, aprobar y esparcir un documento que ayude al mejoramiento energético de la organización (EQA, 2015)

### **2.3. Norma ISO 50001**

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) presento oficialmente el estándar sobre sistemas de gestión de la energía, la ISO 50001 el 15 de junio del 2011.

La norma ISO 50001 posibilita a una organización el definir una estructuración probada para lograr la mejora continua en sus procedimientos y procesos. Detalla las condiciones para instaurar, implementar y mejorar un SGE, con la finalidad de permitir a la organización enfocarse sistemáticamente para lograr mejoras continuas en su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética y el consumo energías. La norma también enfoca a la organización a disminuir las afectaciones al medio ambiente, así como también el aumentar sus ventajas o fortalezas competitivas dentro del mercado que le corresponda, precautelando el no reducir los índices de producción como firme principio de la eficiencia energética. (AChEE, 2012)

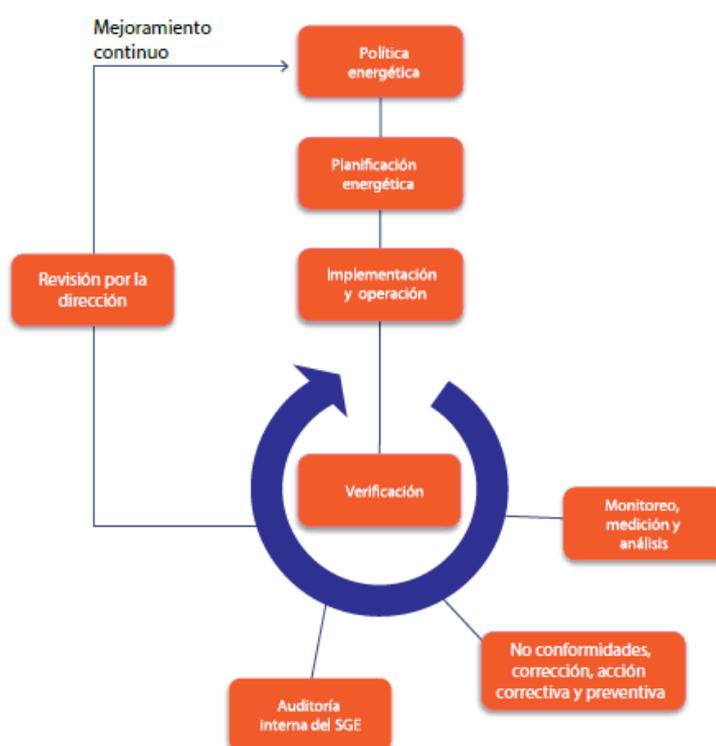
#### **2.3.1. Estructuración de la norma ISO 50001**

La norma ISO 50001 ofrece a las organizaciones, independientemente de su actividad o tamaño, una herramienta que permite lograr reducir los consumos energéticos, los egresos económicos propios del consumo y las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmosfera. Su versatilidad

permite integrarse a la norma con otros sistemas de gestión (ambientales, alimenticios, de calidad, etc.) implantados previamente en la organización.

Esta normativa al igual que el resto de normas de los estándares ISO, está basada en el ciclo de mejora continua PDCA (plan, Do, Check, Ac; planear, hacer, actuar y verificar) (AChEE, 2012).

A continuación se observa el modelo de gestión energética basado en el ciclo PDCA (ver figura 1).



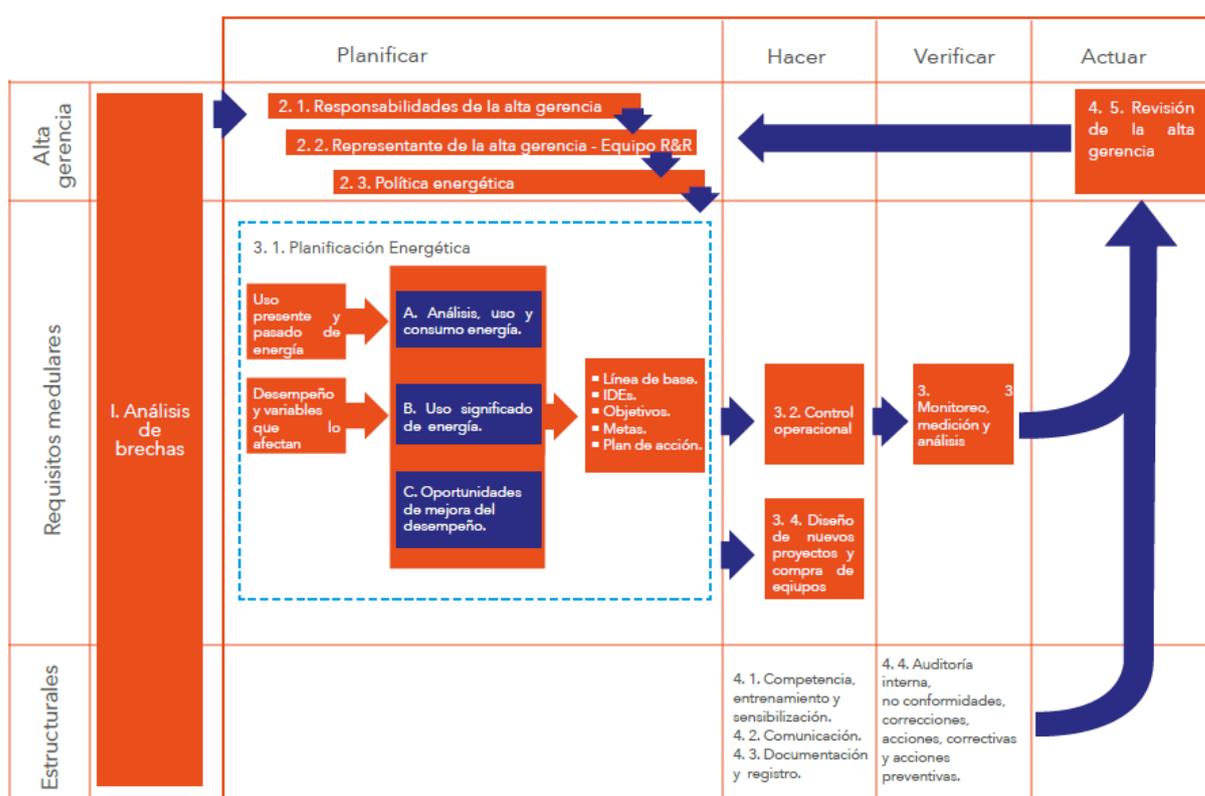
**Figura 1 Etapas del modelo de sistema de gestión**

Fuente: (AChEE, 2012)

- **Planificar:** se basa en comprender la conducta energética de la organización para implantar monitoreo y metas necesarias que resulten en el mejoramiento del desempeño energético.
- **Hacer:** fomenta el implementar procedimientos y procesos regulares, con el propósito de establecer control y así mejor el desempeño energético.

- **Verificar:** realizar monitoreos y tomar mediciones de procesos y productos basándose en políticas, objetivos y características claves de las operaciones e informar los resultados.
- **Actuar:** ejecutar acciones para conseguir mejoras continuas al desempeño energético basándose en los resultados. (AChEE, 2012)

Acorde al ciclo de mejora continua propuesto por la ISO por medio de sus estándares, se establecen los requerimientos de la norma ISO 50001, acorde a la Guía de Implementación de Sistema de Gestión de Energía basada en ISO 50001 (AChEE, 2012), se clasifican en requerimientos medulares y requerimientos estructurales con el fin de facilitar la implementación del sistema a una organización. En la figura 2 se observa el funcionamiento de un SGE con requerimientos medulares y estructurales.



**Figura 2 Funcionamiento de un SGE con requerimientos medulares y estructurales**

Fuente: (AChEE, 2012)

Los requerimientos medulares hacen referencia a los procesos fundamentales para observar y mejorar el desempeño energético. Mientras que los requerimientos estructurales, son los que dan la estructura con respecto a los requerimientos medulares y hacen de la gestión energética un proceso sistemático y con posibilidad de controlarse.

### **2.3.2. Objetivos que abarca la norma ISO 50001**

- Promover la eficiencia energética como principio fundamental en las organizaciones.
- Fomentar el ahorro de energía en los sistemas energéticos sin afectar a la productividad.
- Fomentar la mejora en el desempeño energético para la organización.
- Reducir las emisiones de gases nocivos al ambiente y que provocan el cambio climático.
- Garantizar el cumplimiento de la legislación energética rigente en la constitución de cada país.
- Aumentar e incentivar al aprovechamiento de energías renovables o excedentes.
- Mejora de la gestión de la demanda. (CARRETERA, 2012)

### **2.3.3. Aplicabilidad de la norma ISO 50001**

Esta norma se puede aplicar a todo tipo de organizaciones públicas y privadas de cualquier tamaño y actividad que realiza e independientemente si produce, consume energía o ambos a la vez.

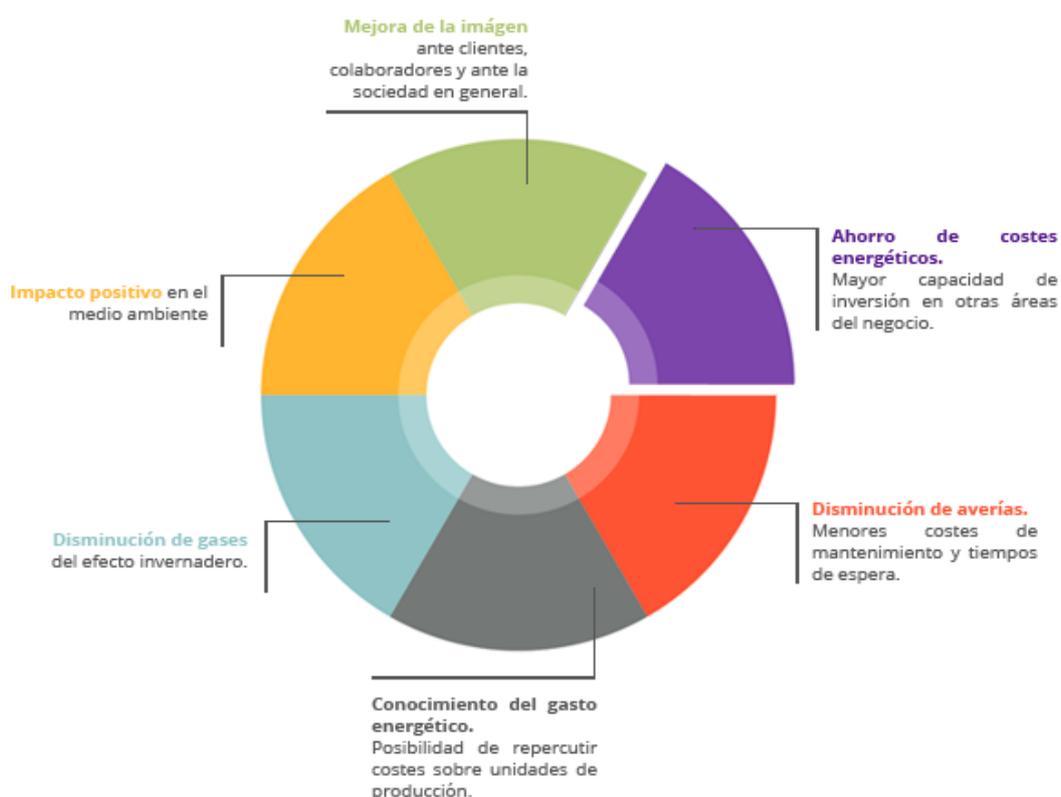
Una organización que desee certificar su Sistema de Gestión Energética (SGE) demuestra la aplicación de su política energética hacia fuentes de energía limpia, ya sean renovables o excedentes, bajo el principal objetivo de sistematizar los procesos energéticos. Entonces la norma ISO 50001 es aplicable para toda organización que desee:

- Lograr mejoras en la eficiencia energética de sus procesos.
- Evaluar y mejorar su SGE.
- Garantizar conformidad respecto a sus políticas energéticas.

- Mostrar conformidad con sus políticas energéticas, certificando su SGE por parte de las organizaciones adecuadas.
- Mejoramiento en el plano de comercio con el aumento de la competitividad, nuevos mercados.
- Disminución de los costes: optimización del uso de recursos, disminución de la intensidad energética (consumo energético/PIB)
- Prevención de costes: Herramienta idónea para facilitar el cometido del Gestor Energético e implantación de actuaciones provenientes de auditorías energéticas (CARRETERA, 2012)

### 2.3.4. Beneficios de aplicar la norma ISO 50001

Los beneficios que aporta la implantación de un sistema de gestión energética basado en ISO 50001 van desde lo económico, hasta lo medioambiental, marketing o referente a la responsabilidad social corporativa.



**Figura 3 Beneficios obtenidos por empresas que han implantado la norma ISO 50001 a su SGE**

Fuente: (SMARKIA, 2014)

En la figura 3 se observan algunos aspectos relevantes en base a resultados de un estudio realizado por la empresa SMARKIA a empresas que implantaron SGEs basados en ISO 50001 y los resultados que obtuvieron.

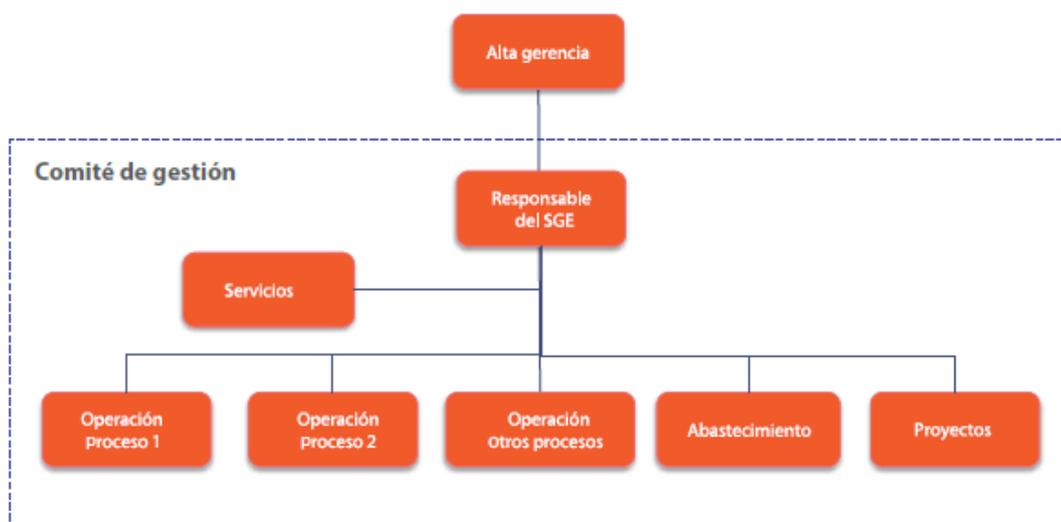
### 2.3.5. Norma ISO 50001 – responsabilidad de la dirección

#### 2.3.5.1. Representante de la alta gerencia

Los directivos deberán de designar un responsable de la gestión de la energía con las atribuciones suficientes de poder de la alta gerencia para poder influir en el funcionamiento de la empresa.

Dicho representante, deberá de designar un equipo para enfocarse en la gestión energética, que apoye la ejecución del SGE durante las fases, principalmente en la revisión energética, por ello es recomendable que el equipo esté integrado por personas que posean conocimientos solidos referentes a energía, a los equipos y procesos que se efectúen en la empresa. (AChEE, 2012).

En la figura 4, se tiene como referencia un diagrama de organización de un SGE.



**Figura 4 Organización de un SGE**

Fuente: (AChEE, 2012)

### **2.3.5.2. Política energética**

La política energética viene a ser una proclamación de las intenciones que tiene la empresa para conseguir mejoras en el desempeño energético con la implementación del SGE a continuación se enlistan algunos parámetros que deberá de cumplir la política energética en la organización.

- Deberá de consumir todos los requerimientos que rige la norma. Se recomienda, para su desarrollo basarse en las estrategias existentes en la organización, con el fin de que faciliten el asociar los requisitos de la norma con los lineamientos de la organización.
- La organización deberá estar alineada a los compromisos que asume en el SGE, de forma que cada persona que conforma la empresa aporte para conseguir la mejora en el desempeño energético.
- Si se contara con algún sistema de gestión implementado o política establecida que entregue los lineamientos de la empresa, es recomendable tomar base en ellos para sumar los requerimientos de la norma ISO 50001. (AChEE, 2012)

### **2.4. Auditorías energéticas**

Una auditoría energética consiste en un estudio completo a una empresa, edificio, residencia, etc., con el fin de investigar y comprobar si se pueden o no reducir los niveles de costes por concepto energético. Y de encontrarse posibles sectores en donde se podría reducir el consumo energético, detallar y evaluar las formas y maneras de hacerlo.

Una auditoría energética de calidad, plantea medidas de ahorro energético y a la vez evalúa los costes de mejoras, analizando minuciosamente la factibilidad económica de cada propuesta y denotando los beneficios que se obtendrían como resultado de su implantación.

Una auditoria energética de manera general, tiene la siguiente estructuración:

- Recolección de información actual.
- Mediciones de campo.
- Comparación de datos medidos con respecto a datos disponibles.
- Generación y evaluación de propuestas de ahorro energético.
- Procesamiento y presentación de la propuesta (AEC, 2017)

#### 2.4.1. Tipos de auditorías energéticas

Acorde a documentos disponibles en el sitio web del INER, se pueden identificar 3 tipos de auditorías energéticas.

- Auditoria tipo 1:** consiste en una inspección y evaluación visual, con resultados de baja inversión o corto periodo de retorno de inversión.
- Auditoria tipo 2:** consiste en una evaluación de equipos y procesos representativos, con la obtención de resultados a corto y mediano plazo.
- Auditoria tipo 3:** consiste en una evaluación completa de procesos y maquinaria, efectos son planes de alta inversión.

#### 2.5. Aspectos de calidad referentes a la calidad del producto

En la república del Ecuador, los lineamientos que rigen la calidad del producto con respecto al suministro eléctrico, están establecidos por la regulación n° 004/01 del CONELEC.

##### 2.5.1. Nivel de voltaje

Este parámetro es conocido como la diferencia de potencial eléctrico que existe entre dos puntos. Se usa la ecuación (1) para su cálculo: (CONELEC, 2001)

$$\Delta V_k(\%) = \frac{V_k - V_n}{V_k} * 100 \quad (1)$$

Donde:

$\Delta V_k$  = variaciones voltaje, en el punto de medición, el intervalo k de 10 min.

$V_k$  = voltaje eficaz (rms) medido en cada intervalo de medición k de 10 min.

$V_n$  = voltaje nominal en el punto de medición (CONELEC, 2001)

Las variaciones de voltaje que se permiten con respecto al voltaje nominal de la fuente, se indican a continuación:

**Tabla 1**  
**Límites permitidos de variación de voltaje**

	Subetapa 1	Subetapa 2
<b>Alto Voltaje</b>	± 7,0 %	± 5,0 %
<b>Medio Voltaje</b>	± 10,0 %	± 8,0 %
<b>Bajo Voltaje. Urbana</b>	± 10,0 %	± 8,0 %
<b>Bajo Voltaje. Rurales</b>	± 13,0 %	± 10,0 %

Fuente: (CONELEC, 2001)

### 2.5.2. Flicker

Causan variaciones de brillo en las lámparas, lo cual causa molesta visual al ser humano. Se producen debido a cambios bruscos en el voltaje de suministro de tipo no simétrico. La expresión para determinar el índice de problemática del flicker de corta duración se denota en la ecuación (2). (CONELEC, 2001)

$$P_{st} = \sqrt{0,0314P_{0,1} + 0,0525P_1 + 0,0657P_3 + 0,28P_{10} + 0,08P_{50}} \quad (2)$$

Donde:

$P_{st}$  = Índice de severidad de flicker de corta duración

$P_{0,1}, P_1, P_3, P_{10}, P_{50}$  = niveles de efecto flicker que se sobrepasan durante el 0,1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total el periodo de observación. (CONELEC, 2001)

### 2.5.3. Armónicos

Corresponden a señales de tensión o intensidad de frecuencias múltiplos enteros de la frecuencia que se tenga en el sistema.

Su forma es de ondas no sinusoidales o distorsionadas y son producidas debido a cargas no lineales. El principal problema que generan son los aumentos en las pérdidas de potencia activa, sobretensiones en los condensadores, mediciones erróneas, fallas en las protecciones,

degradamiento de aislamientos, reducción del tiempo de vida útil de los equipos, empeoramientos en el fp de la red. A continuación se muestra las ecuaciones (3) y (4) útiles para el cálculo de porcentajes de armónicos individuales y de THD. (CONELEC, 2001)

$$V_i' = \left( \frac{V_i}{V_n} \right) * 100 \quad (3)$$

$$THD = \left( \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} (V_i)^2}}{V_n} \right) * 100 \quad (4)$$

Donde:

$V_i'$  = factor de distorsión armónica individual de voltaje

THD = Factor de distorsión total por armónicos, expresado en porcentaje

$V_i$  = valor eficaz (rms) del voltaje armónico "i" (para  $i = 2 \dots 40$ ) expresado en voltios

$V_n$  = voltaje nominal del punto de medición expresado en voltios. (CONELEC, 2001)

En la tabla 2, se muestran los niveles permitidos de ( $V_i'$  y THD') respectivamente.

**Tabla 2**  
**Valores límite ( $V_i'$  y THD')**

ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD	TOLERANCIA   $V_i'$   o  THD'  (% respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	V > 40 kV (otros puntos)	V > 40 kV (trafos de distribución)
<b>Impares no múltiplos de 3</b>		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5

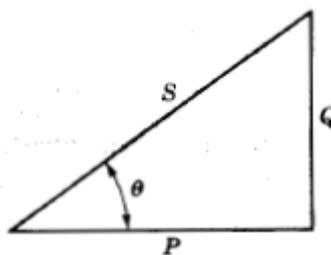
CONTINÚA 

12	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
>25	$0.1+0.6*25/n$	$0.2+1.3*25/n$
<b>Impares múltiplos de 3</b>		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores a 21	0.2	0.2
<b>Pares</b>		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
Mayores a 12	0.2	0.5
<b>THD</b>	<b>3</b>	<b>8</b>

Fuente: (CONELEC, 2001)

#### 2.5.4. Factor de potencia

Es el coseno del ángulo  $\theta$  de fase, entre el voltaje y la corriente o simplemente la relación entre potencia reactiva (Q) y potencia aparente (S). En la figura 5 se observa el triángulo potencias.



**Figura 5 Triangulo de potencia**

De donde se obtiene la ecuación 5 para cálculos de factor de potencia.  
(Grainger J., 1996)

$$\cos\theta = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}} \quad (5)$$

Acorde a la regulación No. 004/01 del CONELEC, el valor ideal para el factor de potencia será 1 y el valor mínimo será de 0,92.

## 2.6. Mantenimiento

Básicamente el mantenimiento es una actividad que garantiza que los activos permanezcan realizando las actividades para las que fueron fabricados o simplemente lo que el usuario desea que hagan sin inconvenientes.

- **Mantenimiento Correctivo**

Corresponde al reemplazo o cambio de partes deterioradas o cuando se suscitan fallas en los activos, esta actividad de mantenimiento se realiza de manera inesperada y por ende causa altos gastos en respuestas o mano de obra inmediata.

- **Mantenimiento Preventivo**

Corresponde a actividades previamente programadas cronológicamente para minimizar la afectación de fallos y la repetitividad con que se susciten los mismos, por ende garantiza el buen funcionamiento de activos y también reduce posibles impactos económicos, de seguridad y operacionales.

- **Mantenimiento Predictivo**

Corresponde a procedimientos de monitoreo para controlar y diagnosticar continuamente a los activos, lo cual permite una oportuna e inmediata intervención ante síntomas de fallo en los mismos.

## 2.7. Equipos de medición

A continuación se detallan algunos equipos básicos para la realización de auditorías energéticas en el sector industrial.

### 2.7.1. Analizadores de redes eléctricas

Son instrumentos con la capacidad de analizar parámetros de calidad energética mediante el monitoreo de carga de los sistemas eléctricos. Detectan índices, comportamiento y eventos que se susciten en el sistema respecto a cada variable eléctrica. Registran y permiten observar acontecimientos de perturbaciones en el sistema, permiten visualizar graficas con tendencias e históricos que sirven para verificar la calidad energética en intervalos de tiempo que se configuran a necesidad del usuario. Existen equipos altamente modernos que incluso ofrecen al usuario la opción de calcular las pérdidas económicas que representan los eventos indeseados al sistema como lo son los equipos serie II de la marca FLUKE.



**Figura 6 Analizador trifásico FLUKE 435**

**Fuente:** (CEDESA, 2017)

En la figura 6 se observa un analizador trifásico de la marca FLUKE modelo 435, donde se observa sus componentes como lo son: las sondas amperimétricas y las pinzas de voltaje, que son los accesorios básicos y fundamentales para empezar una medición además disco con el software y de cable óptico de entrada óptica rs232 - USB para descarga de datos.

### 2.7.2. Multímetros

Son instrumentos de medición que prestan la posibilidad de medir distintas variables o parámetros eléctricos, siendo los más comunes: corrientes,

voltajes y resistencias, sin embargo dependiendo de la marca, precio y tecnología del equipo, existen multímetros equipados para medir variables físicas como temperaturas e incluso pruebas de elementos electrónicos como diodos, transistores, etc. Existen también multímetros con extras como pinzas amperimétricas o foto sensores medidores de luxes integrados.

A continuación se muestra un multímetro de pinza AC/DC modelo 1760PA de la marca Beta (ver figura 7), en el cual se observa una pinza amperimétrica integrada además accesorios adicionales para medir temperaturas como lo es una sonda de temperatura.



**Figura 7 Multímetro de pinza Beta 1760PA**

Fuente: (Beta-Tools, 2018)

### 2.7.3. Luxómetros

Es un instrumento de medición lumínica que permite obtener medidas de la iluminancia real del ambiente. La unidad de medida de estos equipos es el lux (lx). Algunos luxómetros vienen con el sensor foto detector de forma compacta y otros de forma separada para una mayor comodidad en la toma de mediciones. A continuación se muestra un luxómetro digital modelo MASTECH MS6610 (ver figura 8) donde se observa el foto sensor separado al cuerpo del equipo.



**Figura 8 Luxómetro MASTECH MS6610**

Fuente: (Domo Electra, 2018)

#### **2.7.4. Cámaras termográficas**

Son instrumentos que con la emisión de infrarrojos medios del espectro electromagnético de los cuerpos enfocados, generan imágenes luminosas posibles de verse por el ojo humano. Operan con longitudes de onda en la zona del infrarrojo térmico, que bordean entre  $3\ \mu\text{m}$  y  $14\ \mu\text{m}$ . Una cámara térmica posibilita el ver la irradiación de cualquier cuerpo u objeto que el ojo humano no puede visualizar normalmente.

A continuación se observa una cámara termográfica de marca FLUKE modelo TiS 10 (ver figura 9), sencilla y fácil de manipular para el usuario.



**Figura 9 Cámara termográfica FLUKE TiS 10**

Fuente: (FLUKE, 2018)

## 2.8. Técnicas de elaboración de presupuestos

### 2.8.1. Periodo de recuperación de la inversión

Se refiere al tiempo que se requiere para que una empresa recupere su inversión inicial en un proyecto, determinado a partir de los ingresos de efectivo.

Acorde a (Lawrence & Zutter, 2012), el cálculo del periodo de recuperación de la inversión estaría representado mediante la ecuación (6).

$$PRI = \frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Ahorros Anuales}} \quad (6)$$

#### Criterios de decisión

- Cuando el periodo de recuperación de la inversión resulte menor que el periodo de recuperación máximo aceptable, el proyecto se acepta.
- Cuando el periodo de recuperación de la inversión resulte mayor que el periodo de recuperación máximo aceptable, el proyecto se rechaza.

### 2.8.2. Valor presente neto (VPN)

Sirve para cuantificar económicamente los ingresos y egresos estimados durante el periodo en que se evalué un proyecto, lo que permite observar desde el punto de vista financiero los beneficios de realizar o no realizar la iniciativa de inversión. (Lawrence & Zutter, 2012)

El VPN viene expresado mediante la ecuación (7):

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{FE_t}{(1+k)^t} - FE_0 \quad (7)$$

Donde:

$FE_0$  = inversión inicial de un proyecto

$FE_t$  = valor presente de sus flujos de entrada de efectivo en cada periodo t.

k = tasa equivalente al costo de capital de la empresa.

**Criterio de decisión**

- Cuando el VPN sea mayor que \$0, se acepta el proyecto.
- Cuando el VPN sea menor que \$0, se rechaza el proyecto.

**2.8.3. Tasa interna de rendimiento (TIR)**

La TIR corresponde a la tasa de descuento que iguala el VPN de una oportunidad de inversión con \$0 (debido a que el valor presente de las entradas de efectivo es igual a la inversión inicial); significa la tasa de rendimiento que se acreditará a la empresa si decide invertir en el proyecto y recibe las entradas de efectivo esperadas. En la ecuación 8 se expresa la igualdad indicada. (Lawrence & Zutter, 2012)

$$\sum_{t=1}^n \frac{FE_t}{(1+TIR)^t} = FE_0 \quad (8)$$

**Criterio de decisión**

- Cuando la TIR sea mayor que el costo de capital, el proyecto se aceptará.
- Cuando la TIR sea menor que el costo de capital, el proyecto se rechazará.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Antecedentes Investigativos

Con el paso de los años los activos e instalaciones de toda industria van deteriorándose, lo que ocasiona aumentos en el consumo energético debidos a eventos indeseados. En la actualidad toda industria tiene el reto de seguir vigente en el mercado modernizándose constantemente no solo en cuestión de activos sino también con la implantación de políticas para el buen uso del recurso energético, se conoce que aproximadamente el 34% de emisiones de gases de efecto invernadero son generados por el sector industrial, por ello no solo como una necesidad gubernamental o ecológica sino como una necesidad propia de la humanidad se necesita reducir los consumos energéticos y por ende la contaminación al medio ambiente lo cual hace de la eficiencia energética una necesidad actual e imprescindible.

El Ecuador por medio del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), ha fomentado proyectos para optimizar el desempeño energético en las industrias ecuatorianas como el proyecto: “EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA INDUSTRIA (EEI)” (MEER, 2014), la meta del proyecto es promover mejoras en la eficiencia energética de la industria ecuatoriana a través del desarrollo de estándares nacionales de gestión de energía y de la aplicación de la metodología de Optimización de Sistemas en procesos industriales, mejorando la competitividad de dichas instalaciones.

En el trabajo de titulación “ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA OPTIMIZAR LOS RECURSOS EN LA FÁBRICA TÉXTILES LA ESCALA S.A.” (Quinga, 2011). Previo a la obtención del título de ingeniero eléctrico, el autor Tito Salomón Quinga Vega elabora un plan con los horarios adecuados y posibles para realizar mantenimientos en la empresa en un sistema que trabaja las 24 horas. Este trabajo demuestra con un SGE eficiente debe cumplir con su objetivo de no parar ni reducir la producción indistintamente de las actividades que se realicen, por lo que sirve de mucho apoyo al desarrollo del trabajo de titulación.

El trabajo de titulación: “LEVANTAMIENTO, REDISEÑO Y AUDITORÍA ENERGÉTICA PARA LA FACTIBILIDAD DE IMPLANTACIÓN DE LA NORMA ISO 50001 EN EL SECTOR DE TERMOPLÁSTICOS DE LA EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.” (Molina, 2014). Previa a la obtención del título de ingeniero electromecánico, el autor Paul Fernando Molina Velasteguí, detalla la importancia y el peso que tiene el estado de la maquinaria con respecto al consumo energético. Este trabajo hace referencia al consumo de maquinarias evaluado por antigüedad, por lo que significa de importante apoyo al trabajo de titulación desarrollado.

### **3.2. Fundamentación legal**

En la república del Ecuador, mediante el artículo 173 de la ley orgánica de Educación Superior (LOES), se establece que el Consejo de Evaluación, Acreditación y aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CEAACES) es el organismo técnico público encargado de la ejecución de los procesos de evaluación externa, acreditación y aseguramiento de la calidad de la educación superior, así como de normar el proceso de autoevaluación. En el mismo artículo también se establece que todo establecimiento público o privado de educación superior del país, deberá de someterse en forma obligatoria a la evaluación interna y externa, a la acreditación y a la clasificación académica y el aseguramiento de la calidad de la educación.

Mientras que según a lo estipulado en el Plan Nacional del Buen Vivir en vigencia, se debe posicionar al sistema ecuatoriano de Educación Superior como ejemplo de calidad en la región, mediante la formación técnica y tecnológica superior, fomentando y fortaleciendo la formación de cuarto nivel, capacitando continuamente a servidores públicos, mejorando el sistema de certificación de competencias laborales y la educación continua, incentivando la inserción y retorno de graduados hacia el ente productivo e incentivando planes de becas con acceso justo y con libre apertura a méritos y a quienes lo deseen.

Por ello en el mismo Plan Nacional del Buen Vivir se plantean importantes metas en cuanto a la educación superior como lo son: mejorar la tasa de matrícula al 2021, enfocarse en la calidad y planificación de la oferta educativa y en su importancia, en un justo acceso a las instituciones de educación superior, en la titulación efectiva y en una correcta y consecuente planificación educativa correctamente articulada y con proyección a todo el sistema educativo.

### **3.2.1. Modelo genérico para la evaluación del entorno de aprendizaje de las carreras**

Establece 5 criterios para la evaluación del entorno de aprendizaje de la carrera, que son los siguientes: pertinencia, plan curricular, academia, ambiente institucional y estudiantes.

El criterio de ambiente institucional evalúa el sistema de gestión académica de la carrera y los recursos de apoyo relacionados con bibliotecas y laboratorios, que cumplan con los objetivos para los cuales fueron creados apoyando al continuo mejoramiento de la calidad de la educación en el país. Este criterio abarca 3 subcriterios que son:

- Gestión Académica
- Fondo Bibliográfico
- Laboratorios/Centros de simulación/Talleres

### **3.3. Variables de investigación**

**Variable Independiente:** Evaluación del sistema energético en las instalaciones de la empresa “Embutidos La Madrileña”.

**Variable dependiente:** Generar una propuesta de implementación de gestión energética.

### **3.4. Operacionalización de variables**

**Tabla 3**  
**Operacionalización de la variable independiente**

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	INDICADOR	DIMENSIONES
Evaluación del sistema energético en las instalaciones de la empresa "Embutidos La Madrileña"	Con una auditoria energética a las instalaciones de la empresa, se conocerá el estado actual del sistema energético de la misma para poder proponer mejoras	Levantamiento de carga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de consumo de energías en la planta de producción (kwh)</li> <li>• Potencia instalada por secciones en (Kw)</li> <li>• Estado de la maquinaria (funcional, físico)</li> </ul>
		Monitoreo de variables	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición y análisis de variables eléctricas con el analizador de redes FLUKE (cumplen o no con la regulación).</li> <li>• Medición y análisis de niveles de luminosidad (luxes)</li> </ul>

**Tabla 4**  
**Operacionalización de la variable dependiente**

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	INDICADOR	DIMENSIONES
Generar una propuesta de implementación de gestión energética	Obtener una propuesta para gestionar de una manera más eficiente el consumo energético en la empresa con la guía de la norma ISO 50001	Busca de posibles mejoras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rediseño del SE (ahorro en Kwh)</li> <li>• Mantenimiento y cambio de partes en algunas máquinas en base a revisiones técnicas.</li> <li>• Mejoras al sistema lumínico (ahorro Kwh)</li> </ul>
		Estructuración del plan de gestión energética	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Políticas para el buen uso de recursos energéticos por parte de los empleados</li> <li>• Responsabilidad de la alta gerencia en la ejecución del proyecto</li> <li>• Análisis del presupuesto para la ejecución de mejoras</li> <li>• Presentación escrita de la propuesta</li> </ul>

### **3.5. Modalidad de investigación**

#### **3.5.1. Investigación Bibliográfica**

Para llevar a cabo la investigación bibliográfica de este trabajo de titulación se recolectará información de libros, revistas, artículos científicos, sitios web de entidades de importancia y demás fuentes bibliográficas veraces para determinar un fundamento teórico claro y conciso acerca de lo que es la gestión energética, la normativa ISO 50001 y su aplicabilidad en el sector industrial.

#### **3.5.2. Investigación de campo**

La investigación de campo se realizará en las instalaciones de la planta industrial de la empresa “Embutidos La Madrileña” de acuerdo a un horario establecido y aprobado, ya que en la misma se encuentra toda la maquinaria con que se realizan todos los procesos para la elaboración de productos cárnicos que la empresa distribuye a nivel nacional.

#### **3.5.3. Investigación experimental**

Experimentalmente se recurre al empleo de métodos y técnicas orientadas a la realización de auditorías energéticas en el sector industrial que llevan a la obtención de datos necesarios para analizar y encontrar los sectores con altas posibilidades de mejoras en el sistema. En la búsqueda de mejoras posibles al sistema, se obtiene información veraz mediante la medición de variables físicas como consumo de energía, caídas de voltaje y demás eventos que puedan suscitarse en el sistema.

#### **3.5.4. Investigación aplicada**

Con la ejecución de este proyecto en la empresa “Embutidos La Madrileña”, se plantea generar una propuesta de gestión energética para la reducción del consumo en las instalaciones de la misma, partiendo fundamentalmente de la concientización al personal de la empresa para el empleo de buenas prácticas de consumo energético y a la alta gerencia para una administración eficiente del recurso energético.

### **3.6. Técnicas de recolección de datos**

#### **3.6.1. Observación de laboratorio**

Es una técnica indispensable, pues se necesita conocer el comportamiento del sistema energético de la empresa mediante datos obtenidos de forma experimental, por lo que se recurrirá a equipos de medición para poder observar y monitorear el comportamiento de las variables físicas, para así poder determinar los sectores con posibilidades de mejoras.

#### **3.7. Técnica de análisis de datos**

Para el análisis de datos obtenidos con respecto al levantamiento de carga se recurrirá en su mayoría a parámetros de mantenimiento, mientras que para el análisis de mediciones de variables físicas eléctricas tales como energía, potencia, armónicos de voltaje y corriente, flickers, caídas de voltaje, factor de potencia, etc. se emplearán en su mayoría las fórmulas, límites y parámetros establecidos en la regulación N° 004/01 del CONELEC para la calidad en el servicio eléctrico.

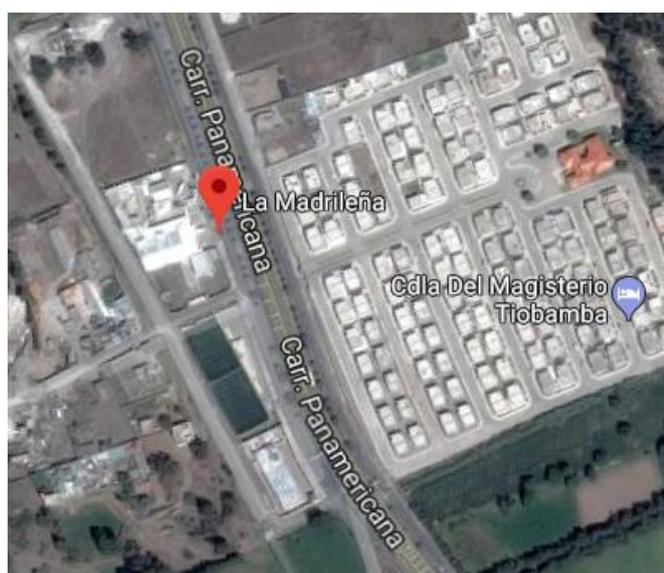
## CAPÍTULO IV

### 4. AUDITORÍA Y ANÁLISIS ENERGÉTICO EN LAS INSTALACIONES DE LA EMPRESA EMBUTIDOS LA MADRILEÑA

#### 4.1. Situación energética actual en las instalaciones de la empresa

##### 4.1.1. Ubicación e información general de la planta Industrial

La planta Industrial de la empresa “Embutidos La Madrileña”, está ubicada en el cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi en la panamericana sur km 3 y medio en el barrio Tiobamba como se muestra geográficamente en la figura 10. En el anexo A se muestra el bosquejo de infraestructura de las instalaciones de la empresa.



**Figura 10 Ubicación geográfica de la empresa “Embutidos La Madrileña”**

Fuente: (Google Maps, 2017)

##### 4.1.2. Estructuración energética actual de la empresa

La planta industrial de la empresa “Embutidos La Madrileña” es abastecida eléctricamente por una acometida trifásica a 13.8 KV proveniente de Elepco S.A, que alimenta a los transformadores de 125KVA y 75 KVA propios de la empresa, los cuales alimentan a toda la carga instalada y cuyo consumo es registrado por dos medidores de consumo de propiedad de la empresa

eléctrica. Al realizar este estudio, se constató que en la planta no se tenían diagramas unifilares por lo que se procedió a realizarlos con la guía del ingeniero de mantenimiento de la empresa y que constan en el anexo B.

La empresa es abastecida también de combustible tipo diésel para el funcionamiento de su sistema de vapor que es necesario para alimentar a las marmitas y al horno y que es abastecido por dos calderas, además en la empresa también se usan cilindros de gas industrial y gas doméstico como una tercera fuente energética para el funcionamiento de las ahumadoras.

#### **4.1.3. Fuentes de suministro energético en la planta**

En la planta industrial de la empresa, la mayor parte de maquinaria es de alimentación eléctrica sin embargo también existen los generadores del sistema de vapor, que en este caso son las calderas que necesitan de alimentación eléctrica para el funcionamiento de sus componentes eléctricos y de combustible para alimentar su sistema de combustión, también en la planta existe maquinaria que funciona netamente a gas como lo son las ahumadoras, es por ello que en la empresa se usan estos tres tipos de energías.

- **Energía eléctrica:** para evaluar el consumo y los egresos económicos por concepto de energía eléctrica, se ha tomado información de las planillas de facturación electrónica emitidas por la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A. y que se las encuentra disponibles en el sitio web de la entidad. Durante el año 2017 la empresa registra un consumo de 410.828 kwh.
- **Combustible tipo diésel:** para evaluar el consumo y los egresos económicos por concepto de diésel, se ha recurrido a datos proporcionados por el área de mantenimiento que lleva registros de entrada de diésel a la empresa. El combustible es proveído por Petroecuador, a la planta ingresa quincenalmente la cantidad de 2.000 galones de diésel al reservorio de capacidad de 2.500 galones, con dicha información se ha proyectado en consumo de diésel en la empresa.

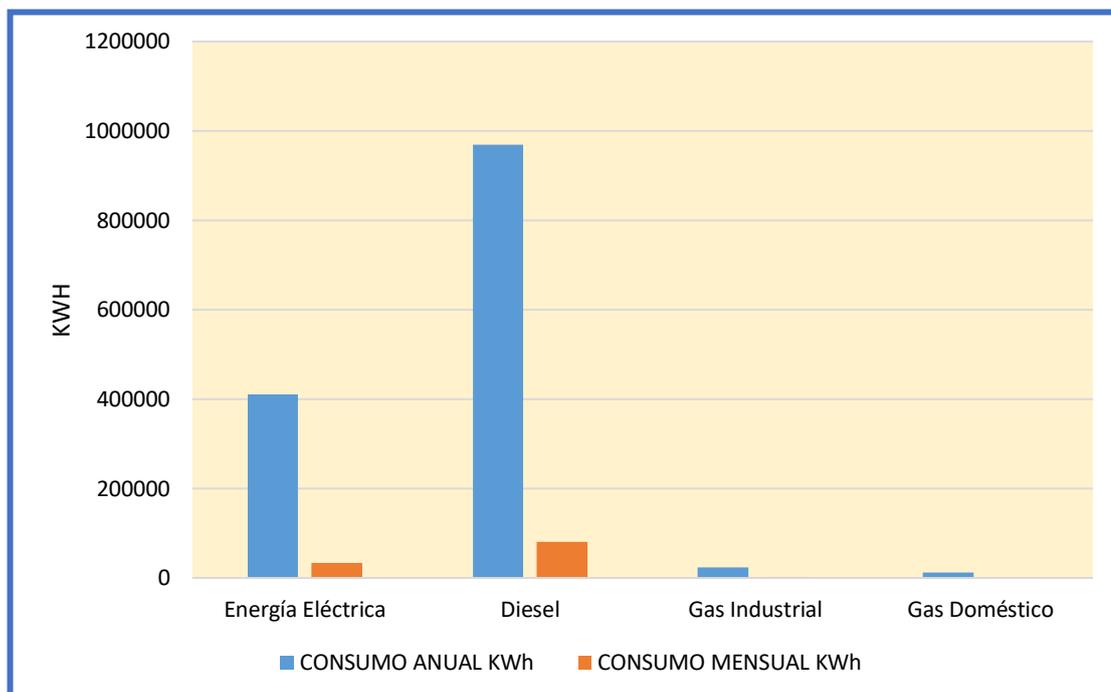
- **Gas industrial:** para evaluar el consumo y los egresos económicos por concepto de gas en la empresa, se ha recurrido a datos proporcionados por el área de bodega. El proveedor es DURAGAS, a la empresa ingresan quincenalmente en una cantidad de 5 cilindros de gas doméstico de 14,9 kg y 9 cilindros de gas industrial de 15 kg para abastecer a la planta.

En la tabla 5 se observa el resumen de consumo de energías en la empresa durante el año 2017, en donde se observa que el consumo de energía eléctrica representa el mayor egreso económico para la empresa, por ello y debido a que en el sistema eléctrico se tienen problemas constantes, se tendrá mayor enfoque en el mismo.

**Tabla 5**  
**Resumen de consumo energético en la planta durante el año 2017**

ENERGÍA ELÉCTRICA		
	ANUAL	MENSUAL
CONSUMO (KWh)	410.828	34.235,67
GASTO (USD)	49.668,04	4.139
COSTO PROMEDIO DEL KWh (USD)	0,093	
PROVEEDOR	ELEPCO S.A	
ENERGIA TÉRMICA		
	COMBUSTIBLE DIESEL	
	ANUAL	MENSUAL
CONSUMO (GALONES)	24.000	2.000
GASTO (USD)	25.036,08	2.086,34
COSTO POR GALON (USD)	1,037	
PROVEEDOR	PETROECUADOR	
	GAS DOMÉSTICO	
	ANUAL	MENSUAL
CONSUMO (CILINDRO)	120	10
GASTO (USD)	300	25
COSTO POR CILINDRO (USD)	2,50	
PROVEEDOR	DURAGAS	
	GAS INDUSTRIAL	
	ANUAL	MENSUAL
CONSUMO (CILINDRO CON VÁLVULA ESPECIAL)	216	18
GASTO (USD)	\$3.888	\$324
COSTO POR CILINDRO (USD)	18	
PROVEEDOR	DURAGAS	

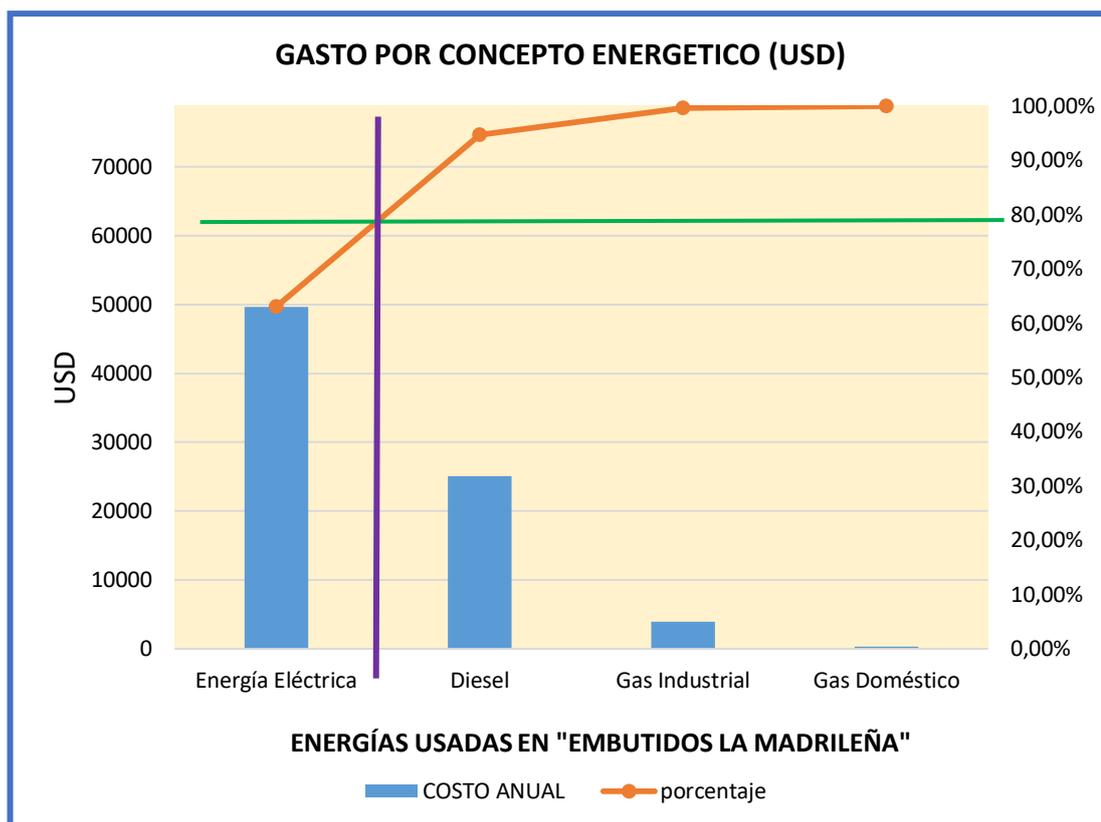
Para proyectar el consumo de energías en KWh en la planta industrial, se ha recurrido a la guía de equivalencias energéticas proporcionada por promigas (PROMIGAS, 2018) debido a que el único dato de consumo que se tiene en KWh corresponde a energía eléctrica. En la figura 11 se observa una proyección equivalente de consumo en KWh para cada tipo de energía en la planta durante el año 2017 donde se observa un predominio del diésel.



**Figura 11 Proyección estadística de consumo energético en la empresa**

A continuación se muestra un diagrama de pareto referente a los gastos por conceptos de pago de energías en la empresa (ver figura 12). Donde se puede observar que la energía eléctrica representa el 20% de las causas que provoca el 80% de incrementos en los egresos económicos por conceptos de energías para la empresa.

Por ello como se mencionó antes, se tendrá mayor enfoque en el sistema eléctrico por ser el sistema que causante del mayor número de problemas frecuentes en la planta y por ser el requerimiento de la dirección. Hay que tener en cuenta también que el sistema eléctrico actual es bastante antiguo y desordenado en su estructuración.



**Figura 12 Diagrama de Pareto referente a egresos por conceptos de energías en la empresa**

#### 4.1.4. Levantamiento de cargas en la empresa

##### 4.1.4.1. Potencia instalada referente a maquinaria

La empresa cuenta con alrededor de 50 máquinas repartidas entre: la planta de producción, el área de calderos y compresores, el área de mantenimiento, el área de almacenamiento de materia prima y el área de bombas. Para determinar la potencia instalada en cada sección se recurrirá a la placa de datos de cada máquina. Para facilidad de identificación de los activos se ha propuesto una codificación para cada máquina de acuerdo a su nombre y sección.

- **Planta de producción**

Dentro de la planta de producción se tienen 6 áreas en las que se elaboran y almacenan los productos que la empresa ofrece.  $P_{inst} = 205 \text{ KW}$ .

**Tabla 6**  
**Equipos instalados en la planta de producción**

<b>AREA DE PROCESO</b>		
<b>MÁQUINA</b>	<b>CÓDIFICACIÓN</b>	<b>POTENCIA (KW)</b>
MOLINO DE CARNE	PCSO - MOLC	19
MEZCLADORA DE SAL AUTOMATICA	PCSO - MEZS	4,1
MEZCLADORA DE SAL MANUAL	PCSO - MEZM	4,4
<b>AREA DE PRODUCCIÓN</b>		
<b>MÁQUINA</b>	<b>CÓDIFICACIÓN</b>	<b>POTENCIA (KW)</b>
ATADORA 1	PDCN - ATD1	1,1
ATADORA 2	PDCN - ATD2	1,1
BOMBA DE VACÍO 1	PDCN - BVC1	1,5
BOMBA DE VACÍO 2	PDCN - BVC1	1,5
CUTTER	PDCN - CUTT	33
RETORCEDORA 1	PDCN - RES1	4
RETORCEDORA 2	PDCN - RES2	4
EMBUTIDORA MAINCA 1	PDCN - EMC1	0,75
EMBUTIDORA MAINCA 2	PDCN - EMC2	0,75
EMBUTIDORA ROBBOT	PDCN - EROT	17
EMBUTIDORA ROBBY	PDCN - ERBY	5,3
EMULSIFICADORA	PDCN - EMUL	44
INYECTORA DE SALMUELA	PDCN - INYS	0,6
<b>ÁREA DE COCCIÓN Y AHUMADOS</b>		
<b>MÁQUINA</b>	<b>CÓDIFICACIÓN</b>	<b>POTENCIA (KW)</b>
HORNO VEMAG DE 6 COCHES	CAAH - HORN	10,2
<b>ÁREA DE EMPAQUE AL VACIO</b>		
<b>MÁQUINA</b>	<b>CÓDIFICACIÓN</b>	<b>POTENCIA (KW)</b>
CORTADORA DE DADOS	EMPV - CDAD	1,3
CORTADORA DE SALCHICHAS	EMPV - CSCH	2
REBANADORA	EMPV - REBD	0,4
SELLADORA AL VACIO	EMPV - SEDV	1,5
TERMOFORMADORA	EMPV - TEMF	13
CÁMARA FRIGORÍFICA 1	EMPV - CAF1	11,4
<b>ÁREA DE EMPAQUE A GRANEL</b>		
<b>MÁQUINA</b>	<b>CÓDIFICACIÓN</b>	<b>POTENCIA (KW)</b>
SELLADORA 1	EGRA - SEL1	1
SELLADORA 2	EGRA - SEL2	1
CÁMARA FRIGORÍFICA 2	EGRA - CAF2	9,7
<b>ÁREA DE PRODUCTO TERMINADO</b>		
<b>MÁQUINA</b>	<b>CÓDIFICACIÓN</b>	<b>POTENCIA (KW)</b>
CÁMARA FRIGORÍFICA 3	PRDT - CAF3	11,4

- **Área de almacenamiento de materia prima**

Área de almacenamiento de carnes y demás implementos perecibles usados en producción.  $P_{inst} = 47,73 \text{ KW}$ .

**Tabla 7**

**Equipos instalados en almacenamiento de materia prima**

ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA		
MÁQUINA	CÓDIFICACIÓN	POTENCIA (KW)
CÁMARA FRIGORIFICA 1	MATP - CMF1	6
CÁMARA FRIGORIFICA 2	MATP - CMF2	10,6
CONTENEDOR FRIGORIFICO	MATP - CONF	12,7
HIELERA	MATP - HIEL	18,43

- **Área de bombas**

Área de bombas para la circulación de agua potable en la empresa.  $P_{inst} = 5,8 \text{ KW}$ .

**Tabla 8. Equipos instalados en el área de bombas**

ÁREA DE BOMBAS Y CISTERNAS		
MÁQUINA	CÓDIFICACIÓN	POTENCIA (KW)
BOMBA 1	BMSS - BMS1	1,5
BOMBA 2	BMSS - BMS2	3,7
BOMBA DOSIFICADORA	BMSS - BDSF	0,6

- **Área de mantenimiento**

Área donde se encuentran los equipos necesarios para mantenimiento en la empresa.  $P_{inst} = 27,77 \text{ KW}$ .

**Tabla 9**

**Equipos instalados en el área de mantenimiento**

ÁREA DE MANTENIMIENTO		
MÁQUINA	CÓDIFICACIÓN	POTENCIA (KW)
COMPRESOR	MNTO - CMPR	3,7
ESMERIL	MNTO - EMRL	0,37
LAVADORA DE TINAS	MNTO - LVTN	4
SOLDADORA ELÉCTRICA	MNTO - SOLD	19,7

- **Área de calderas y compresores**

Área donde se encuentran los equipos necesarios el funcionamiento del sistema de vapor y la circulación de aire comprimido.  $P_{inst}=25,09$  KW.

**Tabla 10**  
**Equipos instalados en el área de mantenimiento**

ÁREA DE CALDERAS Y COMPRESORES		
MÁQUINA	CÓDIFICACIÓN	POTENCIA (KW)
BOMBA DE VACÍO	CALD - BOMV	9,2
BOMBA DOSIFICADORA	CALD - DOSF	0,6
CALDERA 1	CALD - CLD1	3,7
CALDERA 2	CALD - CLD2	3,7
COMPRESOR	CALD - COMP	7,5
SECADOR DE AIRE	CLAD - SECA	0,39

#### 4.1.4.2. Equipos adicionales

Es importante auditar también los equipos de oficina, equipos de laboratorio y demás equipos electrónicos, ya que pese a ser equipos de bajo consumo es importante tenerlos en cuenta puesto que en su mayoría son cargas lineales y por ende son las principales fuentes de armónicos que ingresan al sistema de la empresa "Embutidos La Madrileña" (ver tabla 11).

**Tabla 11**  
**Equipos de oficina instalados en la empresa**

EQUIPOS DE OFICINA EN "EMBUTIDOS LA MADRILEÑA"			
EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL (W)
COMPUTADOR DE ESCRITORIO	8	500	4.000
COMPUTADOR PERSONAL	4	100	400
COPIADORA RICOH	1	1600	1.600
ESCANER HP	1	40	40
IMPRESORA EPSON	2	30	60
TELEVISOR	1	80	80
TELÉFONOS	3	1,9	5,7
EQUIPOS DE LABORATORIO EN "EMBUTIDOS LA MADRILEÑA"			
EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL (W)
MÁQUINA AUTOCLAVE	1	2500	2.500

CONTINÚA 

INCUBADORAS	2	159	318
ESTUFA	1	600	600
REFRIGERADOR	1	250	250
ENFRIADOR	1	375	375
<b>OTROS</b>			
<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>POTENCIA (W)</b>	<b>POTENCIA TOTAL (W)</b>
BALANZA DIGITAL DE MESA	6	5	30
BALANZA DIGITAL DE PEDESTAL	4	6	24

#### 4.1.4.3. Luminarias

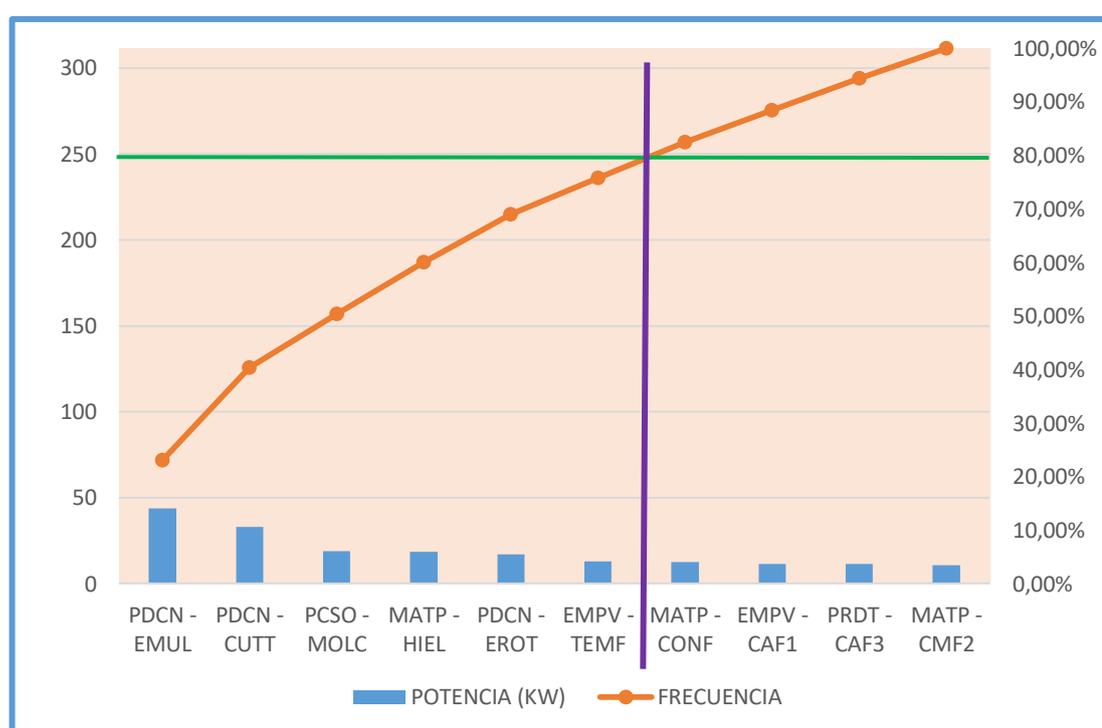
Es importante llevar un registro del tipo de luminarias instaladas en la empresa, como se muestra en la tabla 12.

**Tabla 12**  
**Luminarias instaladas en la empresa**

<b>PLANTA DE PRODUCCIÓN</b>			
<b>TIPO</b>	<b>CANT.</b>	<b>POT. (W)</b>	<b>POT. TOTAL (W)</b>
LÁMPARAS FLUORESCENTES DE TUBO	28	40	1.120
LÁMPARAS INCANDESCENTES	22	400	8.800
<b>AREA DE CALDERAS Y COMPRESORES</b>			
<b>TIPO</b>	<b>CANT.</b>	<b>POT. (W)</b>	<b>POT. TOTAL (W)</b>
LÁMPARAS FLUORESCENTES DE TUBO	4	40	160
<b>LABORATORIOS DE CALIDAD Y FORMULACIÓN</b>			
<b>TIPO</b>	<b>CANT.</b>	<b>POT. (W)</b>	<b>POT. TOTAL (W)</b>
LÁMPARAS FLUORESCENTES DE TUBO	8	20	80
<b>BODEGA</b>			
<b>TIPO</b>	<b>CANT.</b>	<b>POT. (W)</b>	<b>POT. TOTAL (W)</b>
LÁMPARAS FLUORESCENTES DE TUBO	12	40	480
<b>OFICINAS ADMINISTRATIVAS Y DE INGENIEROS</b>			
<b>TIPO</b>	<b>CANT.</b>	<b>POT. (W)</b>	<b>POT. TOTAL (W)</b>
FOCO AHORRADOR INCANDESCENTE	9	15	135
LÁMPARAS FLUORESCENTES DE TUBO	2	40	80
<b>OTROS: CORREDORES, COCINA, MEDICO, GARITA, CONTENEDOR, ETC.</b>			
<b>TIPO</b>	<b>CANT.</b>	<b>POT. (W)</b>	<b>POT. TOTAL (W)</b>
LÁMPARAS FLUORESCENTES DE TUBO	32	40	1.280
FOCO INCANDESCENTE	2	70	140

#### 4.1.5. Usuarios significativos energéticos (USEn)

En el diagrama de Pareto de la figura 13, se observa las máquinas de mayor potencia instaladas en la planta industrial que por ende corresponden a los usuarios significativos energéticos en el sistema (USEn), donde se puede observar que las máquinas desde PDCN - EMUL a EMPV - TEMF significan el 20% de los eventos que producen el 80% de alzas en el consumo de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la empresa “Embutidos La Madrileña”.



**Figura 13 Máquinas de mayor potencia instalada**

#### 4.1.6. Evaluación técnica de (USEn)

Se procedió a evaluar el estado de los (USEn) considerados como las máquinas más críticas en el sistema con relación al consumo energético de acuerdo a lo expuesto en la figura 13. Cada máquina se evaluó mediante una inspección rápida y consultando acerca de cada una de ellas al personal de mantenimiento y a los operadores. Las ponderaciones a cada parámetro evaluado se realizaron acorde al siguiente indicador mostrado en la tabla 13.

**Tabla 13**  
**Valoración del estado de los equipos**

ESTADO TÉCNICO	PORCENTAJE	VALORACIÓN	SERVICIO DE MANTENIMIENTO
BUENO	90 - 100	1	REVISIÓN
REGULAR	75 - 89	0,8	REPARACIÓN PEQUEÑA
MALO	50 - 74	0,6	REPARACIÓN MEDIA
MUY MALO	< 50	0,4	REPARACIÓN GENERAL

Fuente: (Zamora, 1984, citado en Molina, 2014)

Se realizó una evaluación visual rápida a cada máquina, evaluando cada sistema que se tenga, a continuación se enlistan algunos parámetros base tomados en cuenta en la evaluación. Para ello se emplearon hojas Check list (ver anexo C).

**a) Emulsificador**

- El sistema mecánico tiene el mayor problema con el motor eléctrico, pues el arranque de esta máquina es la causante de eventos indeseables en el sistema ya que es una maquina con frecuencia nominal de 50 Hz y no se han realizado las adecuaciones necesarias. Con respecto a carcaza, pernos, tuercas y demás componentes no existe mayor problema.
- El sistema eléctrico se encuentra en buen estado, ya que se realizan continuos mantenimientos, no se observan cables pelados, con respecto a interruptores, pulsadores, luces, contactores, etc. no existen problemas.

**Tabla 14**  
**Evaluación de la emulsificadora**

MÁQUINA	EMULSIFICADORA
MARCA	KARL SCHNELL
MODELO	111-FD2-175
AÑO	NCPD
CODIFICACIÓN	PDCN – EMUL
PARÁMETROS EVALUADOS	
SISTEMA ELÉCTRICO	0,6
SISTEMA MECÁNICO	0,6
TOTAL	1,2
VALORACIÓN PROMEDIO %	60
TAREA A EFECTUARSE	REPARACIÓN MEDIA

### b) Cutter

- El sistema mecánico se encuentra en un estado regular, debido a que por antigüedad de la maquina su carcaza, ejes, chumaceras, pernos, tuercas, tolva y demás elementos se encuentran con desgaste y algunos deben de reemplazarse. El motor principal presenta vibraciones leves por su antigüedad.
- El sistema hidráulico se encuentra en estado regular, la bomba en buen estado pero gatos, mangueras, tuberías presentan deterioro.
- En el sistema eléctrico se observa el arranque estrella triangulo en buen estado, pulsadores y luces en buen estado, no se muestran cables descubiertos.

**Tabla 15**  
**Evaluación del Cutter**

MÁQUINA	CUTTER
MARCA	NO EXISTE PLACA DE DATOS
MODELO	NO EXISTE PLACA DE DATOS
AÑO	NO EXISTE PLACA DE DATOS
CODIFICACIÓN	PDCN - CUTT
PARÁMETROS EVALUADOS	
SISTEMA ELÉCTRICO	0,88
SISTEMA HIDRÁULICO	0,60
SISTEMA MECÁNICO	0,75
TOTAL	2,23
VALORACIÓN %	74
TAREA A EFECTUARSE	REPARACIÓN PEQUEÑA

### c) Molino de carne

- Sistema mecánico se encuentra en muy buen estado debido a los contantes mantenimientos, carcasa sana y sin presencia de óxido, no tiene ruidos inadecuados en el motor.
- Sistema eléctrico no se presentan cables descubiertos, enchufe en buen estado. Con respecto a pulsadores, luces e interruptores no existen problemas.

**Tabla 16**  
**Evaluación del molino de carne**

MÁQUINA	MOLINO DE CARNE
MARCA	KG WETTER
MODELO	WWE130
AÑO	2010
CODIFICACIÓN	PCSO - MOLC
PARÁMETROS EVALUADOS	
SISTEMA ELÉCTRICO	0,98
SISTEMA MECÁNICO	0,96
TOTAL	1,94
VALORACIÓN %	97
TAREA A EFECTUARSE	REVISIÓN

**d) Hielera**

- El sistema eléctrico se encuentra en buen estado, no se observan cables descubiertos, la conexión es directa a breakers.
- El sistema neumático necesita chequeo pues se encuentran pequeñas fugas en las cañerías, se deben chequear limpiar filtros y válvulas.
- El sistema mecánico se encuentra en buen estado no existen ruidos ni vibraciones exageradas en el compresor, carcasa y partes en buen estado. Con respecto a los ventiladores no existe problemas.

**Tabla 17**  
**Evaluación de la Hielera de producción**

MÁQUINA	MOLINO DE CARNE
MARCA	COPELAND DISCUS
MODELO	ADJNF76KE-TSK-C00
AÑO	2009
CODIFICACIÓN	MATP - HIEL
PARÁMETROS EVALUADOS	
SISTEMA ELÉCTRICO	0,92
SISTEMA NEUMÁTICO	0,75
SISTEMA MECÁNICO	0,90
TOTAL	2,62
VALORACIÓN %	87
TAREA A EFECTUARSE	REPARACIÓN PEQUEÑA

### e) Embutidora Robbot

- El sistema eléctrico se encuentra bien no presenta problemas en el tablero de control: pulsadores, luces en buen estado. No se observan cables descubiertos.
- El sistema mecánico se encuentra en buen estado, carcaza en buen estado no se escucha ruidos por fallas en el funcionamiento de la máquina.
- Sistema neumático en buen estado, bomba de vacío en buen estado, mangueras y tuberías deterioradas, válvulas y manómetros en buen estado.

**Tabla 18**  
**Evaluación de la embutidora ROBBOT**

MÁQUINA	EMBUTIDORA ROBBOT
MARCA	HORREM BEZ. KOLN
MODELO	3000 DO
AÑO	2002
CODIFICACIÓN	PDCN - EROT
PARÁMETROS EVALUADOS	
SISTEMA ELÉCTRICO	0,90
SISTEMA NEUMÁTICO	0,90
SISTEMA MECÁNICO	0,90
TOTAL	2,7
VALORACIÓN %	90
TAREA A REALIZARSE	REVISIÓN

### f) Termoformadora

- El sistema eléctrico se encuentra en buen estado pues la maquina tiene muy pocos años de uso.
- El sistema mecánico en buen estado sin inconvenientes.
- El sistema neumático no presenta problemas, bomba de vacío en buen estado, mangueras, tuberías y demás componentes sin problemas.
- El sistema electrónico se encuentra en excelente estado, display touch sin problemas, tarjetas de control, servomotores en excelente estado.

**Tabla 19**  
**Evaluación de la Termoformadora**

MÁQUINA	TERMOFORMADORA
MARCA	PACKAGING SYSTEMS
MODELO	VC999/RS420
AÑO	2008
CODIFICACIÓN	EMPV - TEMF
PARÁMETROS EVALUADOS	
SISTEMA ELÉCTRICO	1
SISTEMA NEUMÁTICO	0,99
SISTEMA MECÁNICO	1
TOTAL	2,99
VALORACIÓN %	99
TAREA A REALIZARSE	REVISIÓN

**g) Contenedor frigorífico de almacenamiento de materia prima**

- El sistema mecánico se encuentra en estado regular: carcasa, pernos, tuercas y demás componentes deteriorados por antigüedad. El compresor presenta fugas en sus partes y es antiguo, podría ser reemplazado.
- El sistema eléctrico es regular, si se observan cables desnudos, la conexión es directa a breaker.
- El sistema neumático presenta cañerías deterioradas con pequeñas fugas, válvulas en buen estado.

**Tabla 20**  
**Evaluación del contenedor frigorífico**

MÁQUINA	CONTENEDOR FRIGORIFICO
MARCA	TRANSICOLD
MODELO	69NT40-30287
AÑO	NO CONSTA EN LA PLACA
CODIFICACIÓN	MATP - CONF
PARÁMETROS EVALUADOS	
SISTEMA ELÉCTRICO	0,70
SISTEMA NEUMÁTICO	0,70
SISTEMA MECÁNICO	0,72
TOTAL	2,12
VALORACIÓN %	70
TAREA A REALIZARSE	REPARACIÓN MEDIA

## h) Cámaras frías de producción

Son 3 unidades similares que datan del año 2013 por lo que tienen muy pocos años de uso, se encuentran instaladas en las áreas de empaque al vacío, empaque a granel y producto terminado dentro de la planta de producción de la empresa, su consumo de energía varía ligeramente de acuerdo al evaporador con el que cuenta cada cámara ya sea de 2 o de 3 ventiladores.

- El sistema eléctrico se encuentra en óptimas condiciones. Compresores y ventiladores en excelente estado funcional y físico. La conexión es directa a breaker, no se observan cables descubiertos.
- El sistema neumático se encuentra en buen estado debido a que se realizan buenas tareas de mantenimiento a las unidades, las cañerías presentan pequeñas fugas.
- El sistema mecánico en excelente estado. Carcasa, pernos y tuercas en muy buen estado. Los compresores y ventiladores son nuevos por lo que no representan problemas. No se observan indicios de incineración ni eventos indeseables de ninguna índole.

**Tabla 21**  
**Evaluación de las cámaras frías de la planta de producción**

MÁQUINA	CAM. FRIGORÍFICA 1	CAM. FRIGORÍFICA 2	CAM. FRIGORÍFICA 3
MARCA	TECUMSEH	TECUMSEH	TECUMSEH
MODELO	TAGD4612Z HR	TAGD4612Z HR	TAGD4612Z HR
AÑO	2013	2013	2013
CODIFICACIÓN	EMPV - CAF1	EGRA - CAF2	PRDT - CAF3
PARÁMETROS EVALUADOS			
SISTEMA ELÉCTRICO	1	1	1
SISTEMA NEUMÁTICO	0,90	0,90	0,90
SISTEMA MECÁNICO	1	1	1
TOTAL	2,9	2,9	2,9
VALORACIÓN PROMEDIO %	96	96	96
TAREA A REALIZARSE	REVISIÓN	REVISIÓN	REVISIÓN

### i) Cámara frigorífica de almacenamiento de materia prima

Unidad bastante antigua, presenta componentes de diferentes marcas por lo que se es evidente que se trata de una unidad re ensamblada en su mayoría de componentes. Y que durante el lapso de tiempo de la auditoria presento varios contratiempos.

- El sistema eléctrico es regular, se pueden observar cables descubiertos, terminales en mal estado. El tablero eléctrico es poco organizado, la conexión es directa a breaker.
- El sistema mecánico presenta sonidos inadecuados, mucha vibración y sonidos relacionados a desgaste, la unidad muestra indicios de incineración en algún momento de su vida útil. Únicamente el compresor es nuevo. Se observan pernos, tuercas flojas en mal estado y deterioradas. Protecciones de los ventiladores deterioradas.
- El sistema neumático se encuentra en mal estado: presenta fugas en las cañerías y componentes lo cual es evidente al observarse considerables cantidades de líquido en las cercanías de las cañerías de la unidad. Válvulas, filtros y demás componentes se encuentran deterioradas

**Tabla 22**  
**Evaluación de la cámara frigorífica del área de materia prima**

MÁQUINA	CONTENEDOR FRIGORIFICO
MARCA	COPELAND
MODELO	ZBZ6KQE - TF5 - 551
AÑO	NO CONSTA EN LA PLACA
CODIFICACIÓN	MATP - CMF2
PARÁMETROS EVALUADOS	
SISTEMA ELÉCTRICO	0,70
SISTEMA NEUMÁTICO	0,68
SISTEMA MECÁNICO	0,72
TOTAL	2,1
VALORACIÓN %	70
TAREA A REALIZARSE	REPARACIÓN MEDIA

#### 4.1.7. Producción

A continuación en la figura 14 se presenta el flujograma de proceso actual de la empresa “Embutidos La Madrileña”

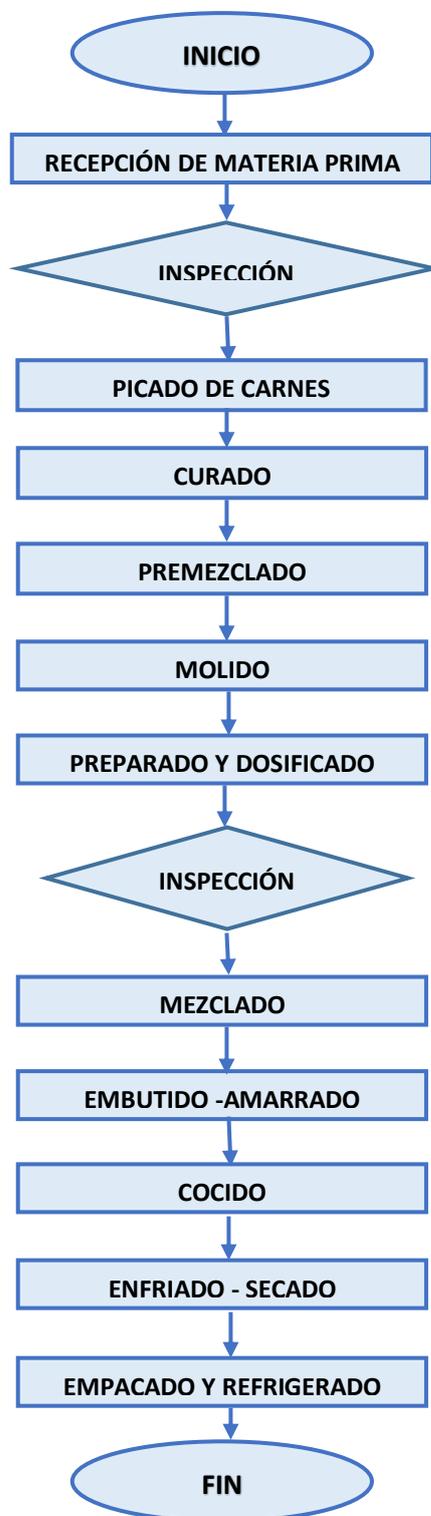


Figura 14 Flujograma de proceso

#### 4.1.7.1. Registros de producción

Con el fin de cumplir con los requisitos necesarios para poder proyectar en el siguiente capítulo de este documento la línea base energética referente a la situación energética actual de la empresa “Embutidos La Madrileña”, se ha procedido a analizar los registros de producción mensual en la empresa durante un año.

En la tabla 23 se observan los registros de producción en kilogramos durante un año completo.

**Tabla 23**  
**Registros de producción**

MES DE PRODUCCIÓN	PRODUCCIÓN (KG)
ENERO	13836,26
FEBRERO	9200
MARZO	10018,08
ABRIL	8654,45
MAYO	8381,26
JUNIO	7836,26
JULIO	7536,26
AGOSTO	7536,26
SEPTIEMBRE	10563,54
OCTUBRE	11381,72
NOVIEMBRE	11927,17
DICIEMBRE	14109,10

Acorde a lo expuesto en la tabla 23, se puede observar que los meses en los que se registra la mayor producción son enero y diciembre. Además se observa también que hay cierta similitud en la cantidad de producción entre los meses de julio y agosto al igual que entre los meses de abril y mayo, lo cual se deberá observar, comparar y analizar mediante la proyección gráfica de la línea base energética de la empresa.

Todo lo expuesto anteriormente deberá tener su respectiva relación con los datos de facturación energética que se revisaran más adelante.

## 4.2. Análisis energético detallado

### 4.2.1. Análisis de facturación por concepto de energía eléctrica

La empresa “Embutidos La Madrileña” acorde al último pliego tarifario emitido por el ARCONEL, corresponde a un consumidor de media tensión de categoría general con demanda. Cuyo consumo energético es registrado por dos medidores: el medidor 448 que se encuentra conectado al lado de baja tensión del transformador de 125 KVA y el medidor 451 conectado al lado de baja tensión del transformador de 75 KVA.

El consumidor acorde a la tarifa general de media tensión con demanda deberá pagar:

- Un cargo por comercialización en USD/consumidor-mes, independiente del consumo de energía.
- Un cargo por potencia en USD/kW-mes, por cada kW de demanda mensual facturable; como mínimo de pago, independiente del consumo de energía.
- Un cargo por energía en USD/KWh, en función de la energía consumida. (ARCONEL, 2018)

A continuación se analiza el consumo y facturación de energía eléctrica en la empresa durante el periodo de enero del 2016 a diciembre del 2017 en base a datos obtenidos de las panillas de consumo eléctrico emitidas por la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A. y que se encuentran disponibles en el sitio web de la empresa eléctrica.

**Tabla 24**  
**Resumen de facturación del medidor 448**

CONSUMO DE ENERGÍA ELECTRICA EN EL MEDIDOR 448					
AÑO	MES	CONSUMO (KWH)	DEM. PICO (KW)	P.I.T	FP
2016	1	20.500	52	402	1
2016	2	18.393	71	361	0,843
2016	3	19.690	60	386	0,825
2016	4	18.361	48	360	0,816

CONTINÚA 

2016	5	19.019	59	473	0,814
2016	6	18.352	44	360	0,811
2016	7	16.282	42	319	0,789
2016	8	16.258	44	319	0,823
2016	9	18.996	47	372	0,813
2016	10	19.033	232	373	0,819
2016	11	17.615	51	345	0,856
2016	12	19.403	51	380	0,978
2017	1	17.992	44	353	0,953
2017	2	18.056	44	354	0,953
2017	3	19.647	42	385	0,954
2017	4	15.497	42	304	0,959
2017	5	24.367	80	478	0,956
2017	6	20.369	45	399	0,953
2017	7	18.929	38	371	0,96
2017	8	18.544	37	364	0,956
2017	9	18.166	39	356	0,948
2017	10	19.344	44	379	0,933
2017	11	19.936	40	391	0,956
2017	12	21.264	58	417	0,938

Fuente: (ELEPCO S.A., 2018)

En base al resumen elaborado en la tabla 24, se puede notar que la demanda pico máxima en el medidor 448 se generó el mes de octubre del año 2016 con 232 kW, mientras que la demanda pico mínima se generó en el mes de agosto del año 2017 con un registro de 37 kw. También se observa la medición mensual de pérdidas en el transformador P.I.T, parámetro propio del proceso de transformación relacionado a pérdidas en el hierro y pérdidas en el cobre. Este parámetro se encuentra incluido en la facturación a la empresa debido a que la misma se conecta a la red de media tensión por medio de los 2 transformadores propios que posee como ya se dijo anteriormente en este trabajo.

Acorde al ARCONEL (2018) “si un consumidor de nivel de tensión media, está siendo medido en Baja tensión, la empresa considerará un recargo por pérdidas de transformación equivalente al 2% del monto total consumido de unidades de potencia y energía”.

**Tabla 25**  
**Resumen de facturación del medidor 451**

CUNSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN EL MEDIDOR 451					
AÑO	MES	CONSUMO (KWH)	DEM. PICO (KW)	P.I.T	FP
2016	1	19.172	47	376	1
2016	2	14.272	51	280	0,9
2016	3	16.213	46	318	0,899
2016	4	15.159	44	297	0,893
2016	5	14.465	46	284	0,898
2016	6	12.996	30	255	0,898
2016	7	13.070	30	256	0,902
2016	8	13.813	30	271	0,901
2016	9	14.251	30	279	0,897
2016	10	16.173	31	317	0,893
2016	11	15.321	29	300	0,882
2016	12	15.955	46	313	0,879
2017	1	14.726	45	289	0,879
2017	2	13.415	39	263	0,864
2017	3	13.878	42	272	0,896
2017	4	13.667	41	268	0,886
2017	5	13.445	42	264	0,912
2017	6	14.795	40	290	0,971
2017	7	14.282	40	280	0,971
2017	8	15.445	42	303	0,971
2017	9	16.096	47	316	0,973
2017	10	14.413	47	341	0,971
2017	11	17.173	47	337	0,963
2017	12	17.382	45	341	0,97

Fuente: (ELEPCO S.A., 2018)

En base al resumen elaborado en la tabla 25, se puede notar que la demanda pico máxima en el medidor 451 se generó el mes de enero del año 2016 y los meses de septiembre a noviembre del mismo año con un valor de 47 kW, mientras que la demanda pico mínima se generaron los meses de julio a septiembre del 2017 con un valor de 30 kw.

## 4.2.2. Mediciones realizadas

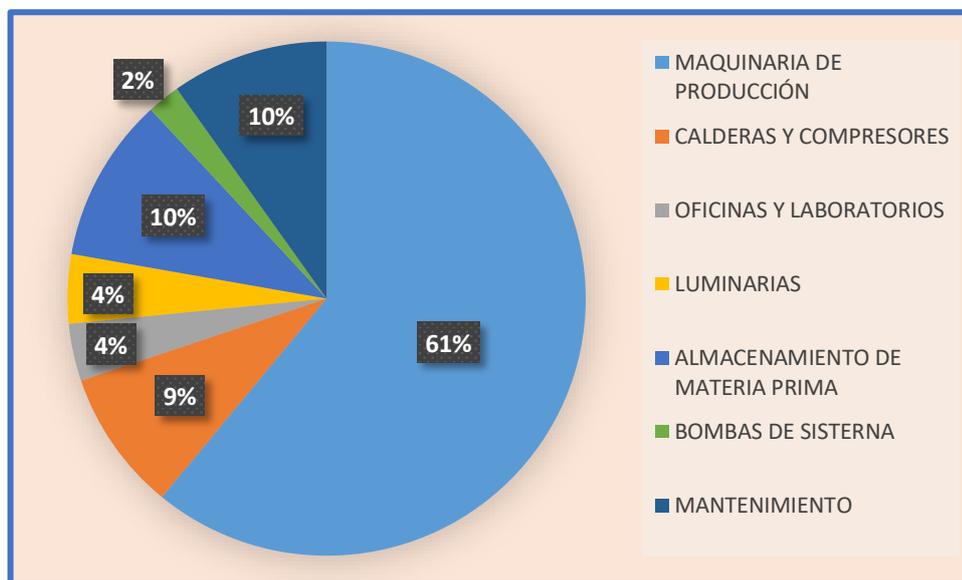
### 4.2.2.1. Transformador de 125 KVA

El transformador es de marca INATRA, de capacidad 125 KVA, trifásico con relación de transformación de voltaje de 13.8/0.22KV, de conexión Delta – Yn, y se encuentra en ubicación aérea. Transformador propio de la empresa.

Para las mediciones en el transformador, se utilizó el equipo Analizador de redes FLUKE 435 con el cual se realizaron mediciones cada 10 min, en un periodo de 7 días como lo dictamina la regulación No. 004/01 del CONELEC (ver anexo D).

Los analizadores de redes FLUKE, registran tres valores un mínimo, un máximo y un medio para cada intervalo de medición. Los valores mínimo y máximo señalan las mediciones más desfavorables y son eventos de corta duración mientras que el valor medio muestra la tendencia general.

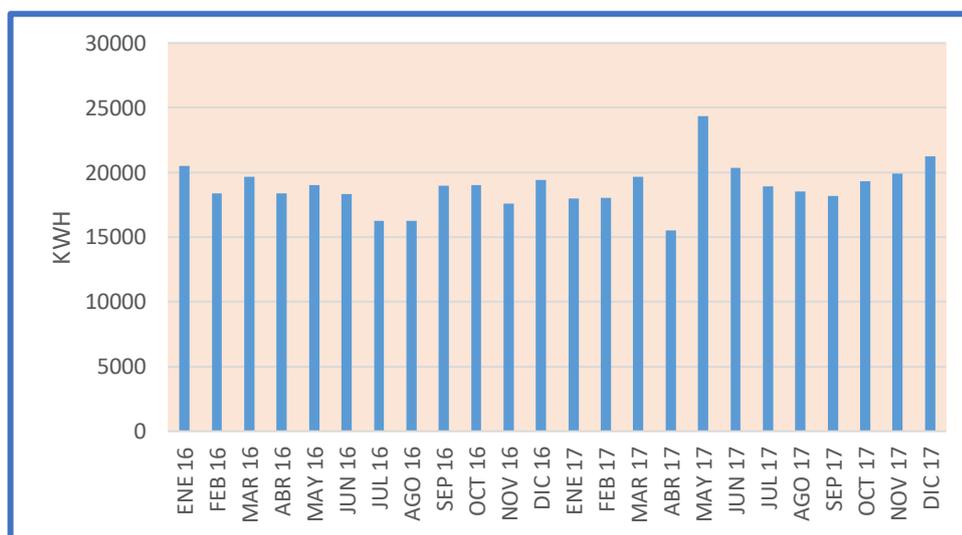
En la figura 15 se muestra la distribución de carga en el transformador.



**Figura 15 Distribución de carga en el transformador de 125KVA**

En la figura 16 se muestra la variación de consumo de energía eléctrica en el transformador de 125 KVA durante el periodo analizado acorde a la tabla 24. Donde se observa que el mes de mayo del 2017 se registró el mayor consumo de energía que fue de 24.367 kwh por lo que se proyecta como el

mes de mayor producción durante el periodo analizado debido a que este transformador alimenta al total de la máquina de producción como se muestra en la figura 14. Mientras que el mes de abril del mismo año registra el consumo energético más bajo que fue de 15.497 Kwh que por ende corresponde al mes con menor producción dentro del periodo analizado.



**Figura 16 Estadística de consumo energético durante los años 2016 y 2017 en el transformador de 125 KVA**

#### a) Curva de carga

En la figura 17 se observa la curva de carga en el transformador durante una semana de producción en base a las mediciones de potencia activa, registrándose una demanda máxima de 192,7 Kw.

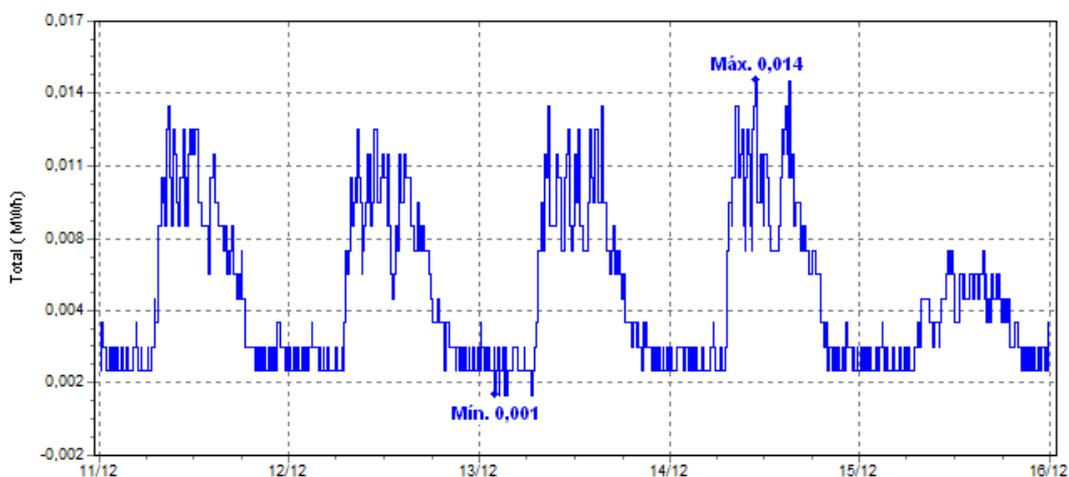


**Figura 17 Curva de carga en el transformador de 125 durante la semana de producción**

## b) Consumo energético

Las mediciones se realizaron desde el 09 al 16 de diciembre del 2017, y se registró un total de 1022 mediciones y se registró un consumo energético total de 4.503 kwh.

En la figura 18 se observa el consumo energético en el transformador de 125 KVA durante la semana de producción, que consta de dos jornadas de trabajo de: 07:30 am a 12:30 pm y de 13:30 pm a 17:00 pm de lunes a viernes.



**Figura 18 Consumo energético en el transformador de 125 KVA durante la semana de producción**

Como se puede observar en la figura, el día jueves es el día con mayor consumo de energía, mientras que el día viernes se tiene un consumo casi nulo respecto al resto de días laborables debido a que los días viernes frecuentemente son destinados para mantenimiento, ya que al tratarse de una industria cárnica, las máquinas requieren mantenimiento constante. Durante el horario de 18:00 pm a 06:30 am se observa un consumo que no es nulo y se debe al funcionamiento de algunas luminarias que por seguridad nunca se apagan en la fachada, patios y garita de la empresa y principalmente al ciclo de funcionamiento del contenedor frigorífico, de la cámara frigorífica antigua y de la cámara frigorífica moderna que siempre están activas debido a que almacenan materia prima el 100% del tiempo.

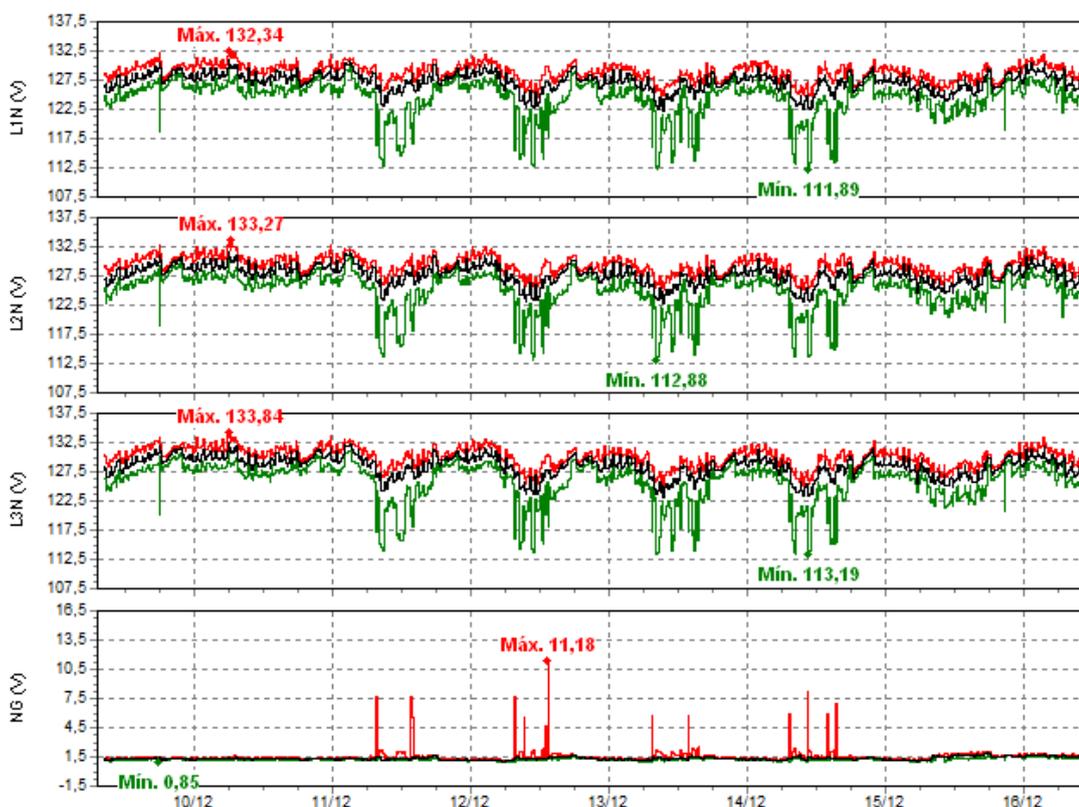
### c) Niveles de voltaje

Con respecto a baja tensión se permite una variación del +/- 8% del voltaje nominal según la regulación No. 004/01 del CONELEC. La regulación establece que si durante más del 5% del periodo de medición se registran valores fuera de límite, se está incumpliendo con los límites permitidos.

**Tabla 26**  
**Variaciones de voltaje en el transformador de 125 KVA**

LÍNEA	VOLT. MAX (V)	VOLT. MIN (V)	EVENTOS	%	CUMPLE
L1	132,34	111,89	56	1,83	SI
L2	133,27	112,88	45	1,47	SI
L3	133,84	113,19	45	1,47	SI

En la tabla 26 se observa que del total de valores obtenidos mínimos, máximos y medios de cada medición, en las 3 fases se registraron valores que superan el límite inferior permitido, sin embargo ninguna de las líneas registra eventos fuera de rango por más del 5 % del periodo de medición.



**Figura 19 Variación de voltaje en el transformador de 125 KVA**

En la figura 19 se puede visualizar de manera gráfica las variaciones de voltaje en el transformador, donde se observa que los eventos más desfavorables suceden con poca frecuencia y se deben a los lapsos de tiempo en que están en marcha la mayor parte de maquinaria pero principalmente estas caídas de tensión se deben al arranque de la maquina emulsificadora. Sin embargo la tendencia general (color negro) se encuentra bien por lo que no existen problemas significativos.

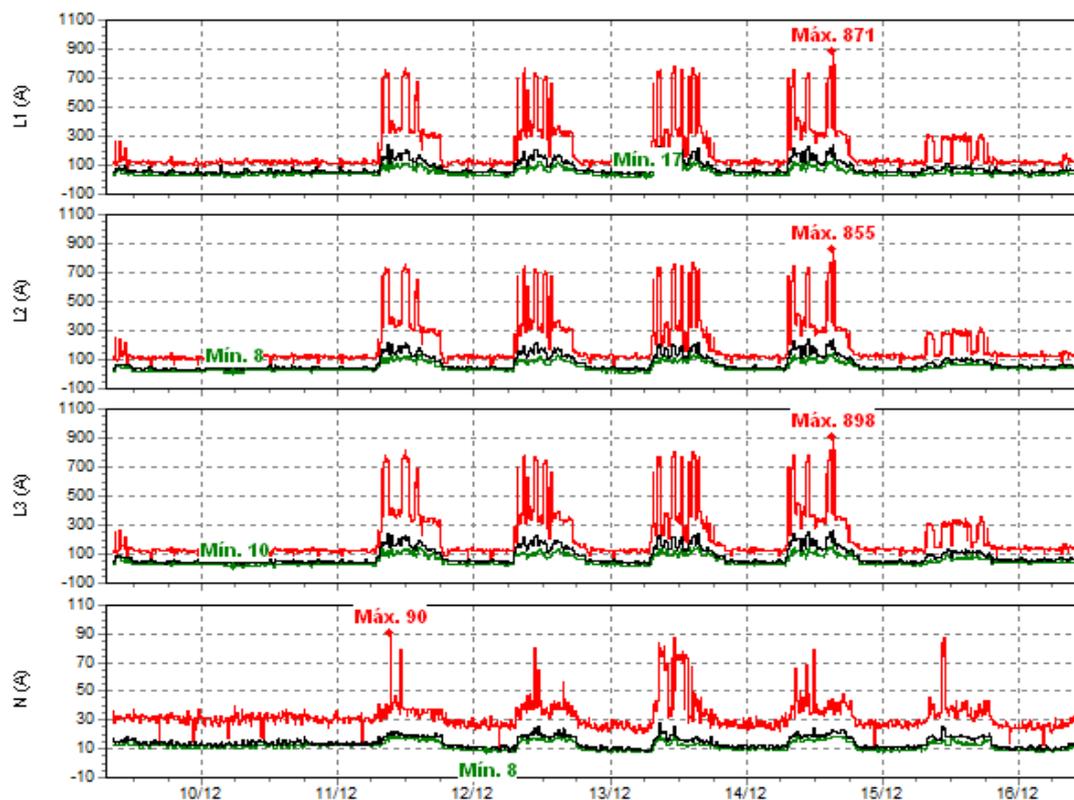
#### d) Medición de corrientes

En la tabla 27 se observan los valores máximos y mínimos de consumo de corriente en las fases del transformador, de donde se puede decir que las 3 fases se encuentran balanceadas ya que la mayor parte de carga son maquinaria trifásica y la pequeña variación que existe se debe al uso de equipos monofásicos o bifásicos.

**Tabla 27**  
**Corrientes en el transformador de 125 KVA**

LÍNEA	I MAX (A)	I MIN (A)	I PROM (A)
L1	871	17	241
L2	855	8	242
L3	898	10	263
N	90	8	28

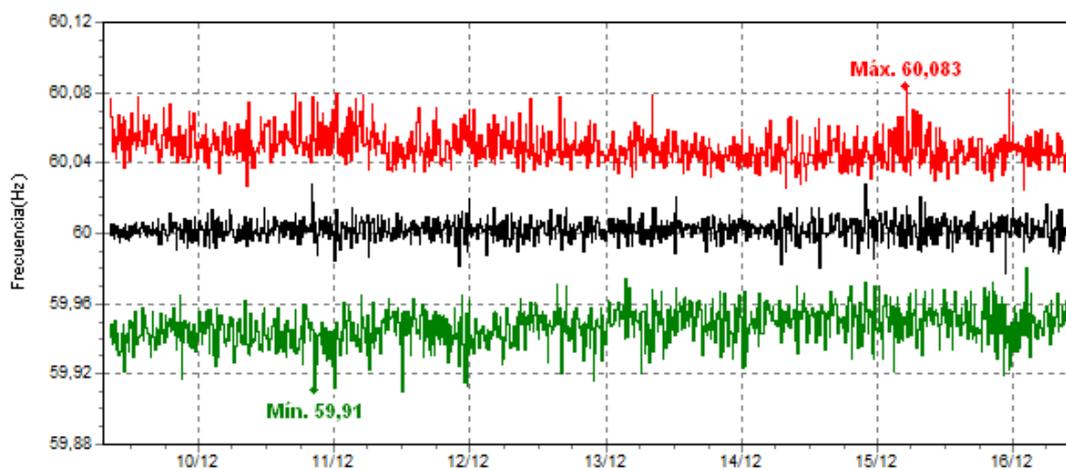
En la figura 20 se observa el consumo de corriente en las 3 fases y en el neutro, se observan intervalos de corriente sumamente alto que corresponde al funcionamiento de la mayor parte de maquinaria de producción y principalmente al arranque de la emulsificadora y que tienen relación con los eventos de voltaje mostrados en la gráfica 18. La emulsificadora cuenta con un arranque estrella - triangulo sin embargo no se ha logrado mitigar su altísima corriente de arranque ya que cada vez que arranca ocurren eventos indeseables evidenciados claramente en el sistema lumínico. En la gráfica también se puede observar que la línea que la línea 1 tiene la mayor cantidad de carga monofásica debido a su corriente mínima registrada y que supera considerablemente a la de las otras líneas.



**Figura 20 Consumo de corrientes en el transformador de 125 KVA**

### e) Frecuencia

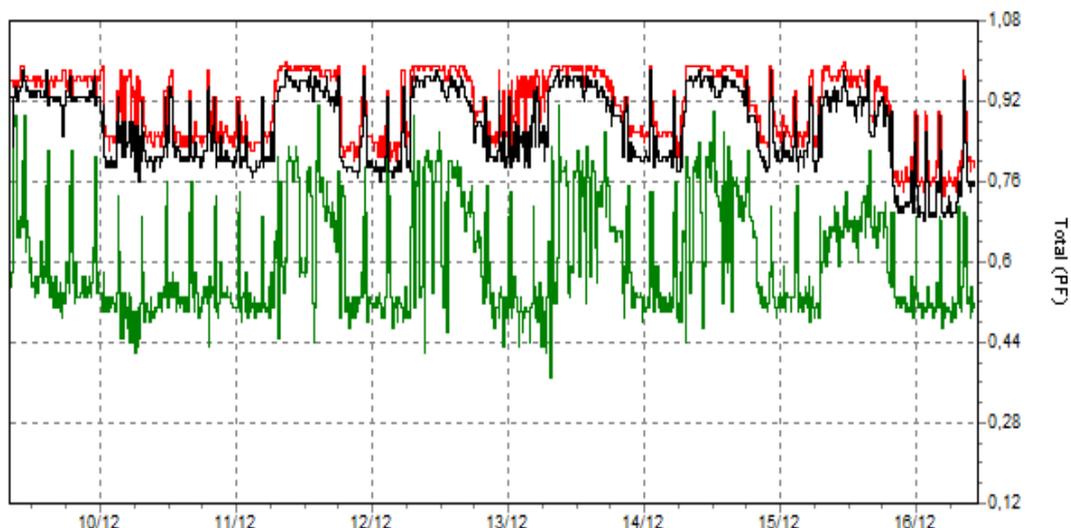
La frecuencia no debe exceder el  $\pm 1\%$  de los 60 Hz a los que trabaja el SNI ecuatoriano, a continuación en la figura 21 se observa el comportamiento del sistema en cuanto a frecuencia, donde se registró un valor máximo de 60.089 Hz y un valor mínimo de 59,903 Hz que no superan los límites permitidos.



**Figura 21 Grafica de frecuencia en el transformador de 125 KVA**

## f) Factor de potencia

El factor de potencia ideal equivale a un valor de 1 y el mínimo a 0,92 acorde a lo estipulado en la regulación 004/01 del CONELEC.



**Figura 22 Factor de potencia total en el transformador de 125 KVA**

En la gráfica 22 se observan los valores máximos, mínimos y medios del factor de potencia total obtenidos del equipo analizador de redes, donde se puede evidenciar que la curva de valores medios que a decir de (FLUKE, 2018) presentan la tendencia general (en color negro) muestra una gran cantidad de eventos con valores de fp por debajo del límite 0,92.

La regulación No. 004/01 del CONELEC establece si durante más del 5% del tiempo de mediciones, los valores de fp son menores a 0,92 el consumidor está incumpliendo con el índice de calidad.

**Tabla 28**

**Valores medios de potencia en el transformador de 125 KVA**

LÍNEA	fp máx.	fp mín.	fp prom.	EVENTOS	%	CUMPLE
L1	1	0,63	0,84	730	71,42	NO
L2	1	0,74	0,87	534	52,25	NO
L3	1	0,64	0,85	630	61,64	NO
<b>TOTAL</b>	<b>0,98</b>	<b>0,68</b>	<b>0,85</b>	<b>600</b>	<b>50,71</b>	<b>NO</b>

En la tabla 28 se presenta un análisis de los valores promedio del factor de potencia total y por fases en el transformador de 125 KVA. Acorde a los valores mostrados el factor de potencia del transformador se encuentra por debajo del nivel permitido infringiendo el límite por más del 5% del periodo de mediciones y por ende está expuesto a penalizaciones en la facturación por parte de la empresa eléctrica.

Para corregir dicho problema se deben ingresar nuevos bancos de capacitores para lograr un factor de potencia de como mínimo 0,92, ya que el existente presenta una fachada que evidencia una incineración previa en su interior, aparte de ser un banco que a decir del personal de mantenimiento se encontraba obsoleto e inactivo y que simplemente se lo conecto de manera ortodoxa y que además data de hace varios años por lo que no está dimensionado para solventar las necesidades del sistema actual al que en los últimos años la empresa ha incrementado gran cantidad de maquinaria.

#### g) Distorsión armónica

Las lámparas fluorescentes, equipos electrónicos y de escritorio en general también llamados cargas lineales; representan fuentes constantes de aporte de armónicos al sistema.

- **THD de voltaje**

En la tabla 29 se observa que en ninguna de las 3 líneas se exceden los valores permitidos de distorsión armónica de voltaje.

**Tabla 29**  
**THD de voltaje en el transformador de 125 KVA**

LÍNEA	% MAX	% MIN	LIMITE	CUMPLE
L1	2,36	0,3	8%	SI
L2	2,73	0,59	8%	SI
L3	2,7	0,4	8%	SI

En la figura 23 se observa la distorsión armónica de voltaje durante la semana de trabajo donde predomina el armónico individual 5.

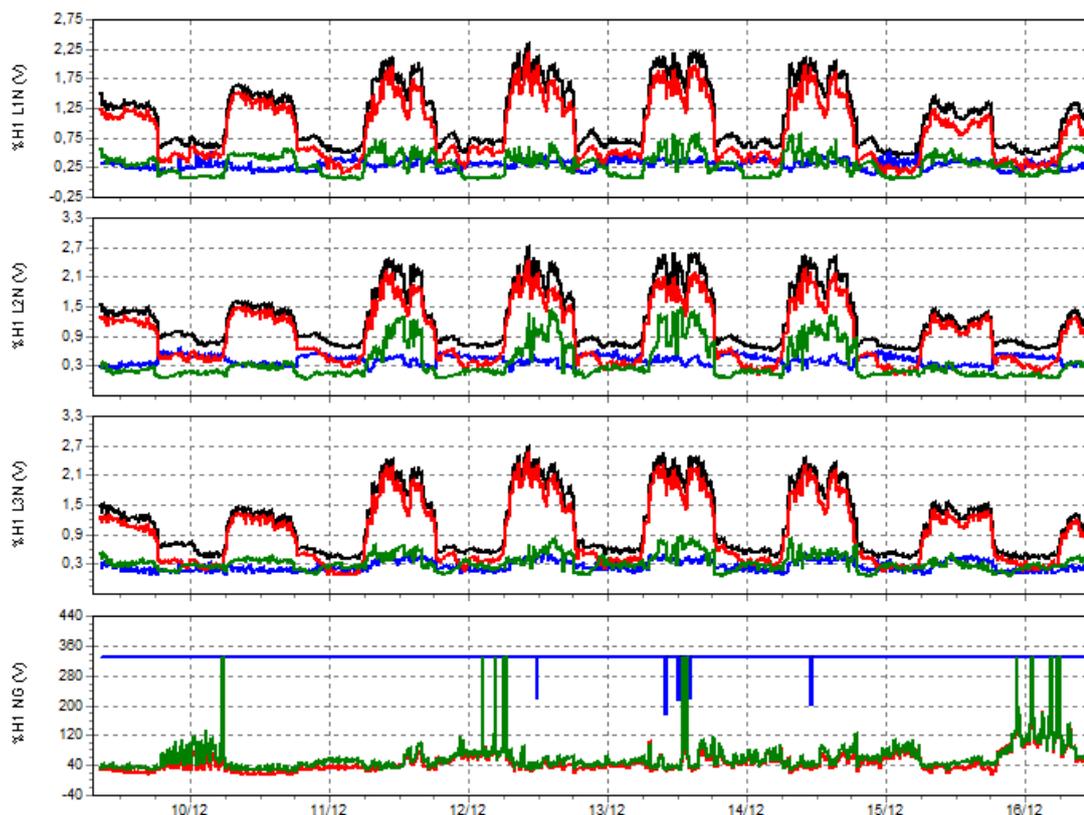


Figura 23 THD de voltaje en el transformador de 125 KVA

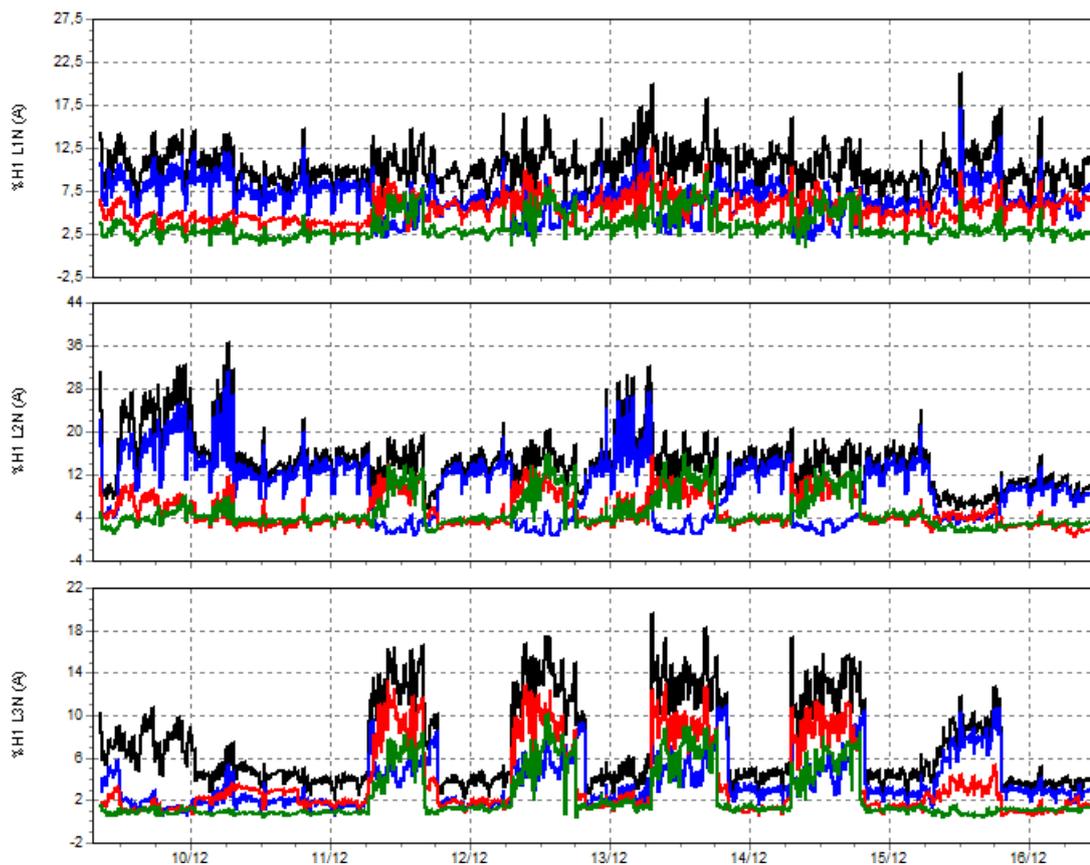
- **THD de corriente**

En la tabla 30 se observa que en las 3 líneas se los porcentajes de distorsión armónica de corriente superan por mucho el límite establecido por lo que se deberán dimensionar filtros para mitigar las pérdidas de energía por armónicos en la red.

**Tabla 30**  
THD de corriente en el transformador de 125 KVA

LÍNEA	MAX	MIN	LIMITE	CUMPLE
L1	21,28	5,08	8%	NO
L2	36,5	5,44	8%	NO
L3	19,62	2,11	8%	NO

En la figura 24 se observa la distorsión armónica de corriente durante la semana de trabajo donde se observa el predominio del armónico individual 3.



**Figura 24 THD de corriente en el transformador de 125 KVA**

#### h) Parpadeo (Flicker)

Acorde a lo estipulado en la regulación No. 004/01 del CONELEC, el valor límite de Pst es de 1 como valor máximo. La regulación establece que si durante el 5% o más del periodo de medición se registran valores de Pst fuera de límite, se está incumpliendo con el límite de Pst permitido.

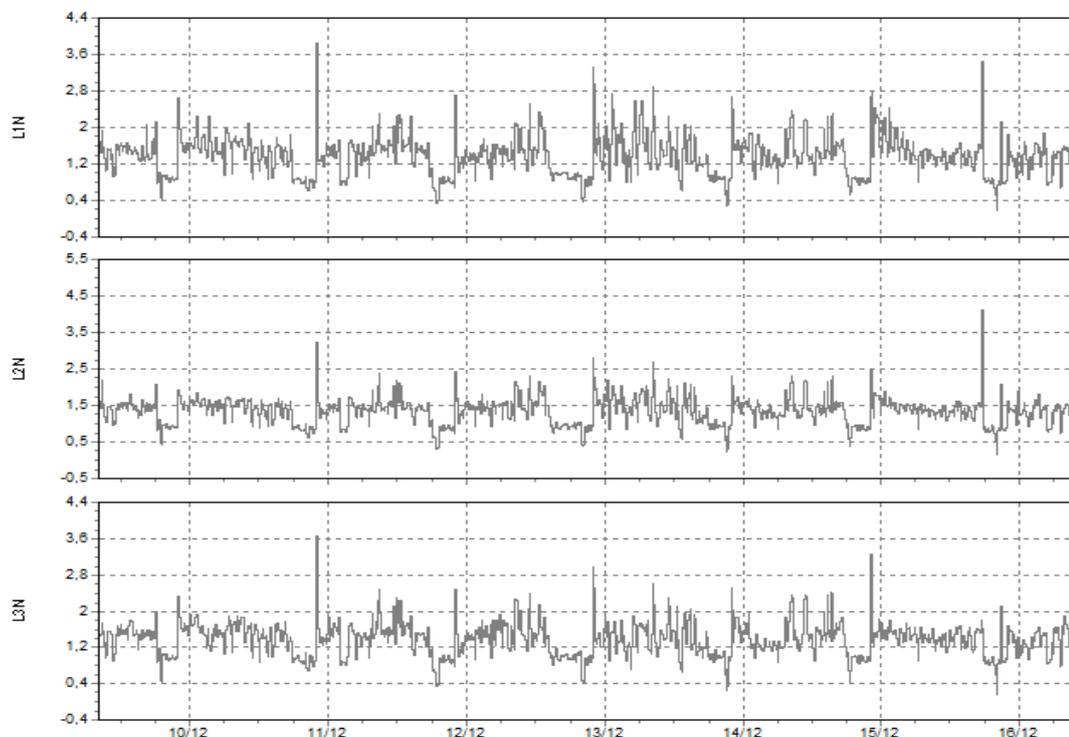
**Tabla 31**

#### **Análisis de flickers en el transformador de 125 KVA**

LÍNEA	Pst Máx.	Pst Min.	EVENTOS	%	CUMPLE
L1	3,85	0,19	799	78,18	NO
L2	4,13	0,16	805	78,77	NO
L3	3,67	0,17	841	82,29	NO

En la tabla 31 se observa que las 3 líneas registran eventos que superan el límite permitido de Pst por más del 5% del periodo de medición por lo que se está incumpliendo con la regulación y se necesita dimensionar filtros para su corrección.

En la figura 25 se puede observar de manera gráfica la total inestabilidad del sistema en cuanto a flickers, lo cual debe corregirse por bienestar físico del personal.



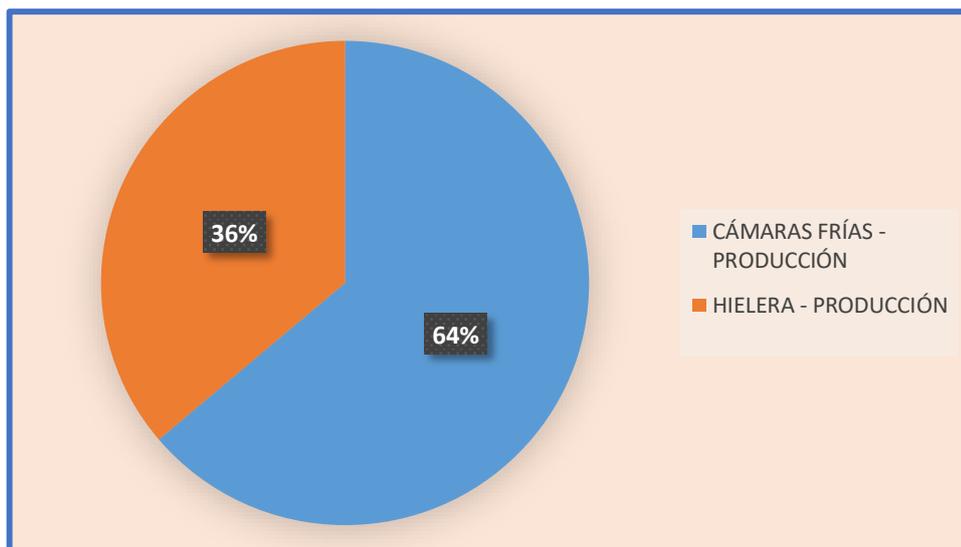
**Figura 25 Gráfica de flickers en el transformador de 125 KVA**

#### **4.2.2.2. Transformador de 75 KVA**

El transformador número 2, es de marca INATRA, de capacidad de 75 KVA, trifásico de relación de transformación de voltaje 13,8/0,22KV, de conexión Delta – Yn, y también se encuentra en ubicación aérea.

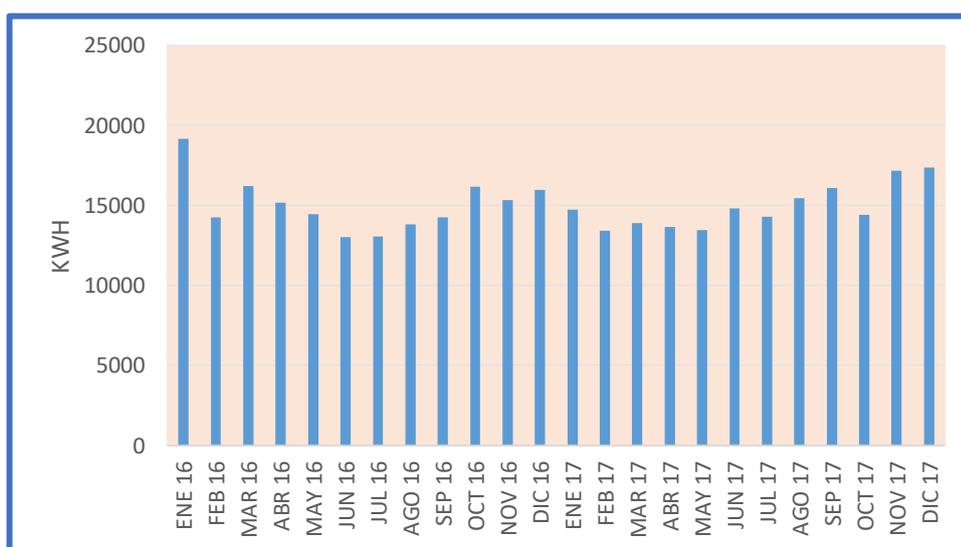
Para realizar las mediciones en el mismo se utilizó el equipo Analizador Trifásico Fluke 435 con mediciones de 10 min, en un periodo de 7 días como lo dictamina la normativa. Las mediciones se realizaron desde el 17 al 24 de diciembre del 2017. Registrándose un total de 1028

En la figura 26 se observa la distribución de carga instalada al transformador de 75 KVA.



**Figura 26 Distribución de carga en el transformador de 75KVA**

En la figura 27 se muestra la variación de consumo de energía eléctrica en el transformador durante el periodo analizado en base a los datos de la tabla 25, donde se observa que en el mes de enero 2016 se registró el mayor consumo de energía que fue de 19.172 kwh, mientras que el mes de junio del 2016 registra el consumo energético más bajo que fue de 12.996 Kwh, dando a entender que en estos meses se almaceno la mayor menor cantidad de producto respectivamente en las cámaras frigoríficas.



**Figura 27 Estadística de consumo energético durante los años 2016 y 2017 en el transformador de 75 KVA**

### a) Curva de carga

En la figura 28 se puede observar la curva de carga en el transformador durante una semana de producción, donde se registra una demanda máxima de 74,7 kw.



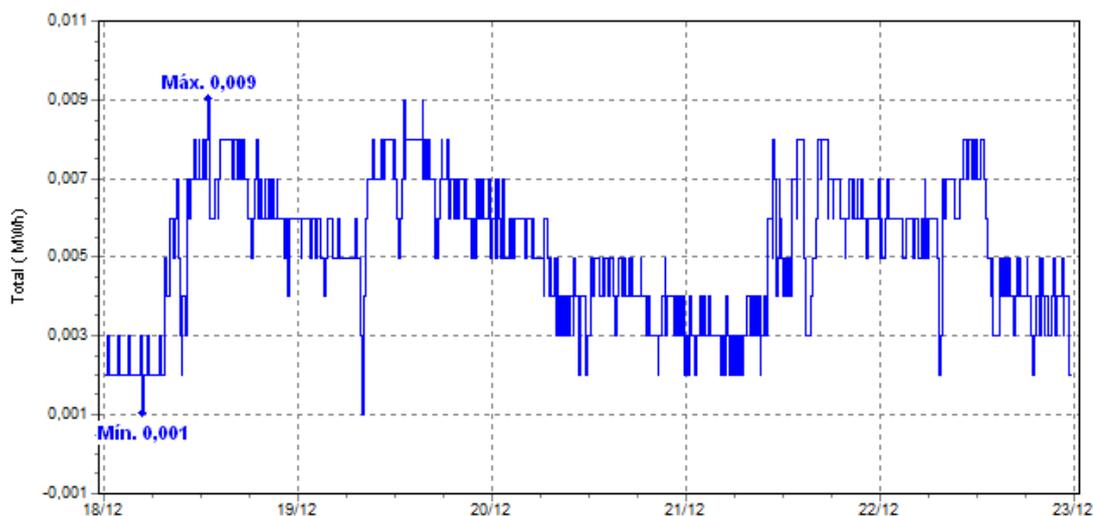
**Figura 28 Curva de carga en el transformador de 75 KVA durante una semana de producción**

### b) Consumo energético

Durante el periodo de medición se registraron 1015 mediciones y un consumo total de 4.539 KWh.

En la figura 29 se observa gráficamente el consumo energético en el transformador durante una semana de producción, el mayor consumo de energía se produce el día lunes, al igual que el día martes en donde se registra un consumo similar, el día miércoles y jueves se observan consumos inferiores que pueden deberse a la cantidad de producto almacenado tanto en la cámara fría de producto terminado como en las cámaras frías de empaque al granel y de empaque al vacío. Mientras que los días jueves y viernes un consumo estable pero no igual al máximo registrado.

En este transformador siempre se registrara consumo debido a que es el encargado de alimentar a las 3 cámaras frigoríficas de producción y a la hielera también de producción.



**Figura 29 Consumo energético en el transformador de 75 KVA durante una semana de producción**

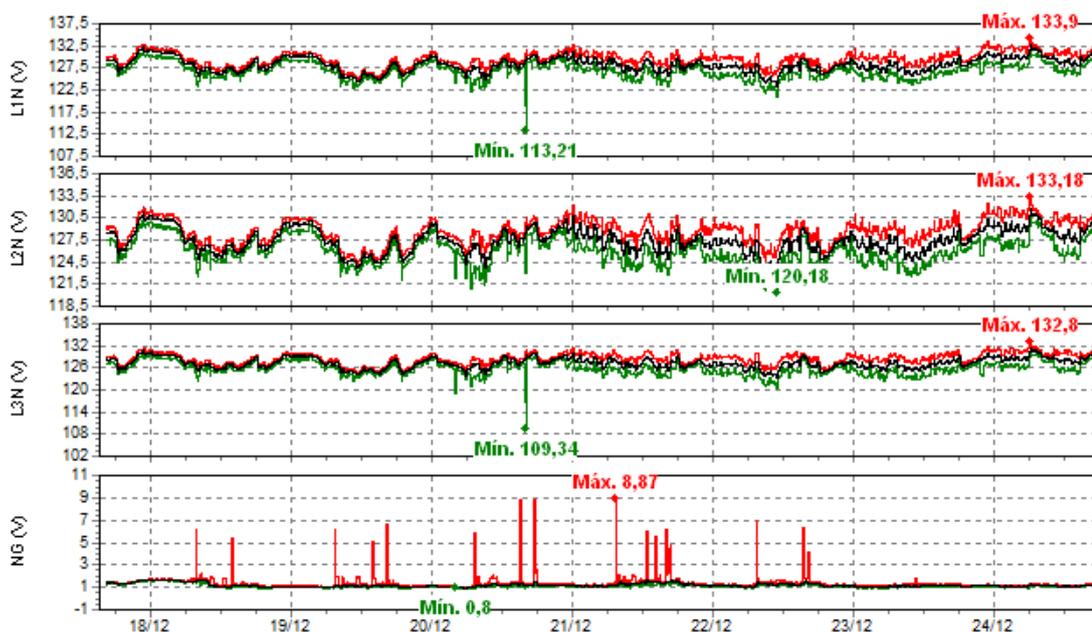
### c) Niveles de voltaje

En la tabla 32 se observa que del total de valores obtenidos mínimos, máximos y medios de cada medición, en las 3 fases se registraron valores que superan el límite inferior permitido, sin embargo ninguna de las líneas registra eventos fuera de rango por más del 5 % del periodo de medición.

**Tabla 32**  
**Niveles de voltaje registrados en el transformador de 75 KVA**

LÍNEA	VOLT. MAX (V)	VOLT. MIN (V)	EVENTOS	%	CUMPLE
L1	133,9	113,21	1	0,03	SI
L2	133,18	120,18	0	0	SI
L3	132,8	109,34	2	0,06	SI

En la figura 30 se puede visualizar de manera gráfica las variaciones de voltaje en el transformador donde se observa que el mismo está en óptimas condiciones con apenas 3 eventos en 1015 mediciones de 3 valores cada una. Esto se debe a que el transformador únicamente alimenta a 3 cargas trifásicas que son las cámaras frías.



**Figura 30 Variación de voltaje en el transformador de 75 KVA**

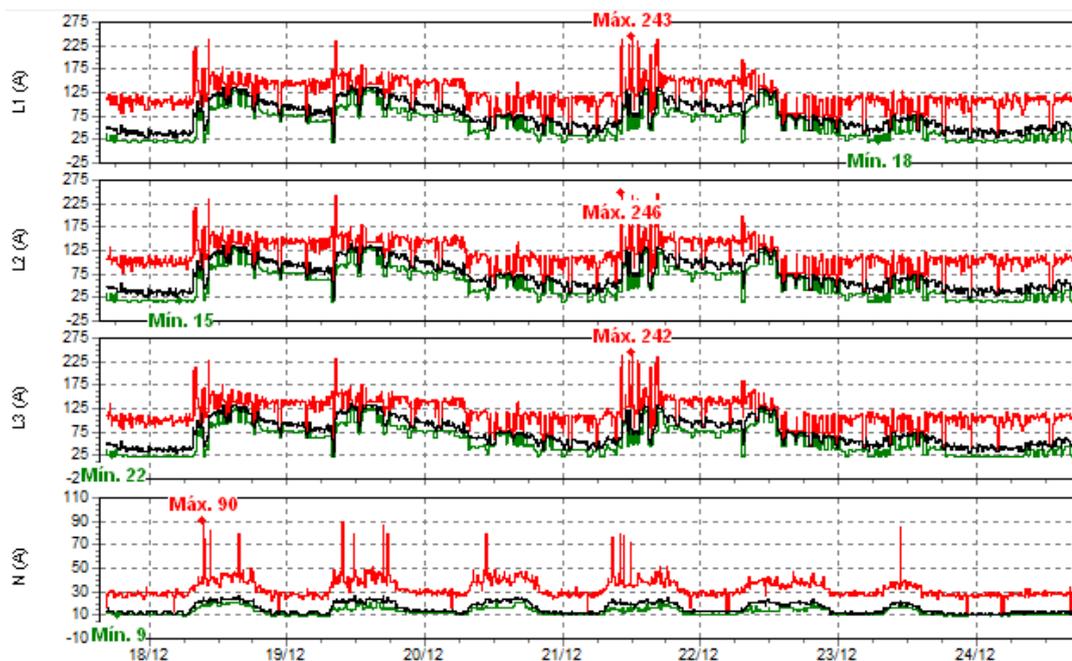
#### d) Medición de corrientes

En la tabla 33 se observan los valores máximos y mínimos de consumo de corriente en las fases del transformador, de donde se puede decir que las 3 fases se encuentran balanceadas y la pequeña diferencia que se observa y que se relaciona a la corriente en el neutro, se debe al tipo de evaporador de cada cámara frigorífica, cabe recalcar que los evaporadores son carga monofásica.

**Tabla 33**  
**Consumo de corrientes en el transformador de 75 KVA**

LÍNEA	I MAX (A)	I MIN (A)	I PROM (A)
L1	243	18	140
L2	246	15	138
L3	242	22	135
N	90	9	27

Para visualizarlo de mejor manera en la figura 31 se observa el consumo de corriente en las fases y en el neutro del transformador donde se observa una buena distribución de cargas ya que el consumo de corriente es idéntico en las tres fases del transformador.



**Figura 31 Consumo de corriente en el transformador de 75 KVA**

#### e) Frecuencia

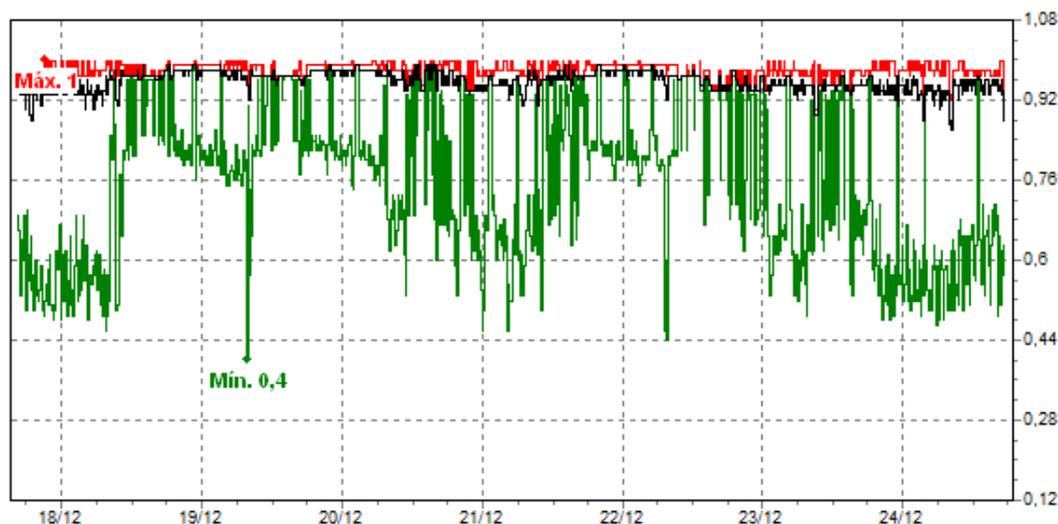
Según la normativa, la frecuencia no debe exceder el +/- 1% de los 60 Hz a los que trabaja el SNI ecuatoriano, en la figura 32 se observa el comportamiento del sistema en cuanto a frecuencia, donde observamos un valor máximo de 60,111 Hz y un valor mínimo de 59,753 Hz por lo que no existen problemas en cuanto a frecuencia en el sistema.



**Figura 32 Grafica de frecuencia en el transformador de 75 KVA**

## f) Factor de potencia

En la figura 33 se observan los valores máximos, mínimos y medios del factor de potencia total obtenidos del equipo analizador de redes, donde se puede evidenciar que la curva de valores medios que a decir de (FLUKE, 2018) presentan la tendencia general (en color negro) muestra un excelente nivel de factor de potencia.



**Figura 33 Factor de potencia en el transformador de 75 KVA**

En la tabla 34 se presenta un análisis de los valores promedio del factor de potencia total y por fases en el transformador de 75 KVA. Acorde al valor total el factor de potencia se encuentra en excelentes condiciones con un promedio de 0,958.

**Tabla 34**

**Valores medios de factor de potencia en el transformador de 75 KVA**

LÍNEA	fp máx.	fp mín.	fp prom.	EVENTOS	%	CUMPLE
L1	0,99	0,9	0,97	3	0,3	SI
L2	0,99	0,81	0,95	125	12,3	NO
L3	0,99	0,86	0,95	43	4,23	SI
<b>TOTAL</b>	0,99	0,86	0,958	29	2,86	SI

### g) Distorsión armónica

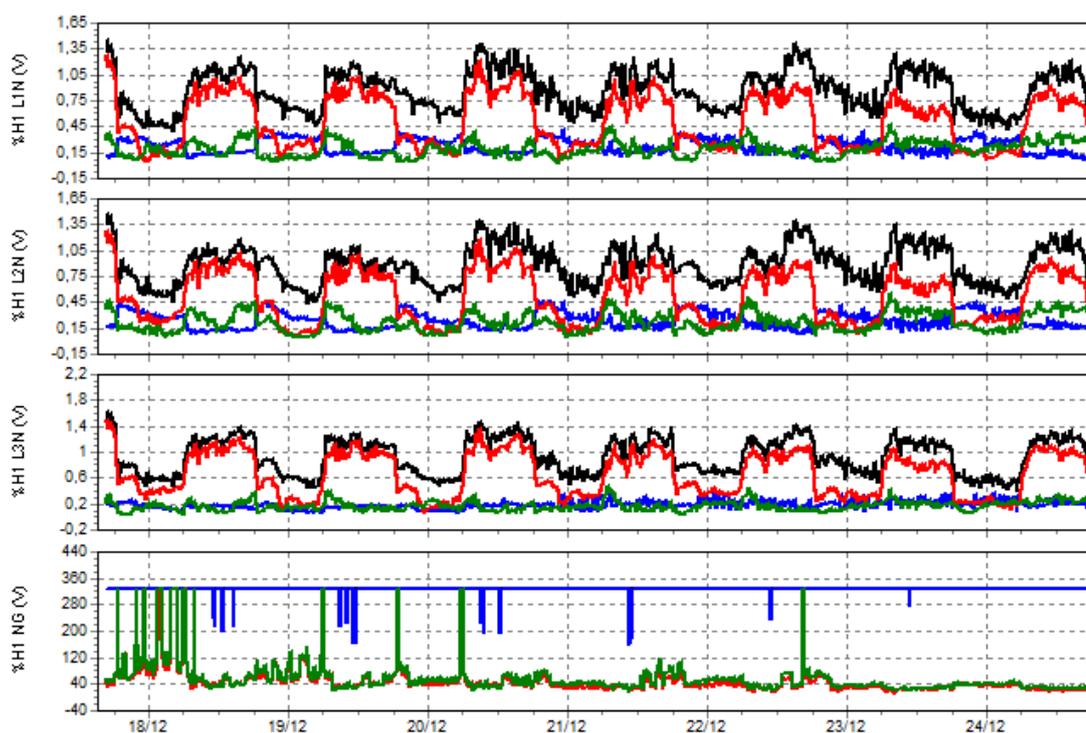
- THD de voltaje

En la tabla 35 se observa que en ninguna de las 3 líneas se exceden los valores permitidos de distorsión armónica de voltaje.

**Tabla 35**  
**THD de voltaje en el transformador de 75 KVA**

LÍNEA	% MAX	% MIN	LIMITE	CUMPLE
L1	1,45	0,39	8%	SI
L2	1,47	0,44	8%	SI
L3	1,62	0,41	8%	SI

En la figura 34 se observa la distorsión armónica de voltaje durante la semana de trabajo donde predomina el armónico individual 5.



**Figura 34 THD de voltaje en el transformador de 75 KVA**

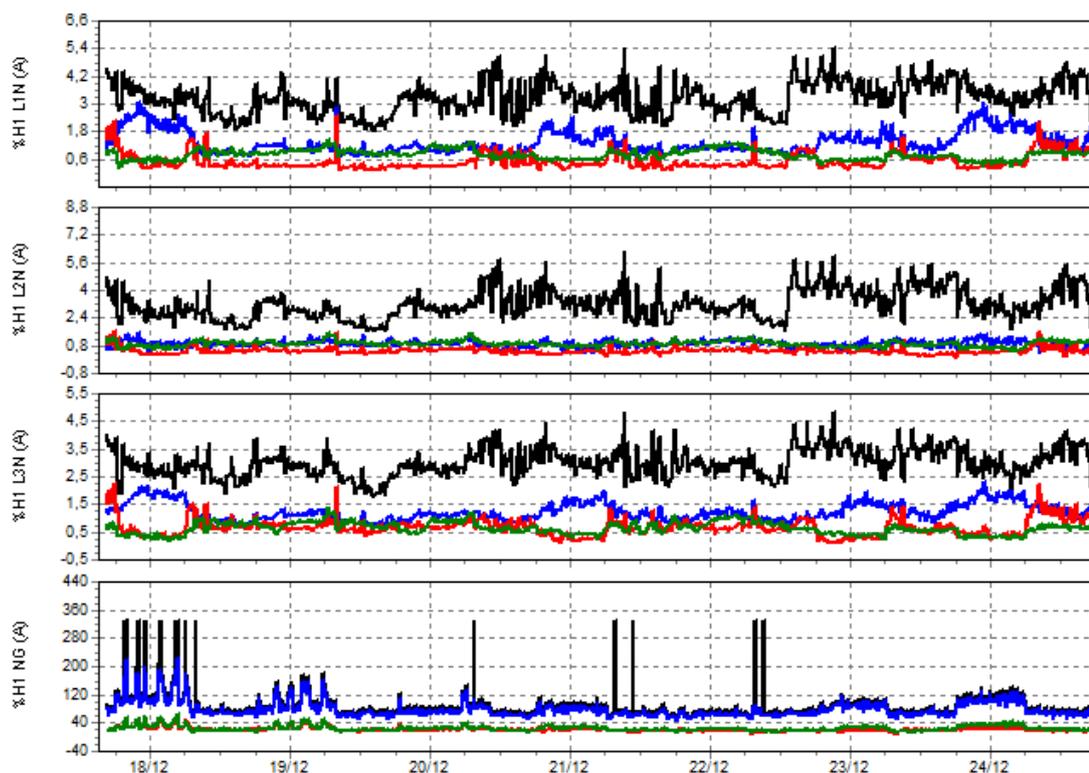
- **THD de corriente**

En la tabla 36 se observa que en las 3 líneas se los porcentajes de distorsión armónica de corriente superan por mucho el límite establecido por lo que se deberán tomar las correcciones necesarias para mitigar las pérdidas de energía por armónicos en la red.

**Tabla 36**  
**THD de corriente en el transformador de 75 KVA**

LÍNEA	MAX	MIN	LIMITE	CUMPLE
L1	5,45	1,85	8%	SI
L2	6,26	1,62	8%	SI
L3	4,84	1,77	8%	SI

En la figura 35 se observa la distorsión armónica de corriente durante la semana de trabajo donde no se observa ningún predominio de armónicos individuales en especial.



**Figura 35 Gráfica de THD de corriente en el transformador de 75 KVA**

## h) Parpadeo (Flicker)

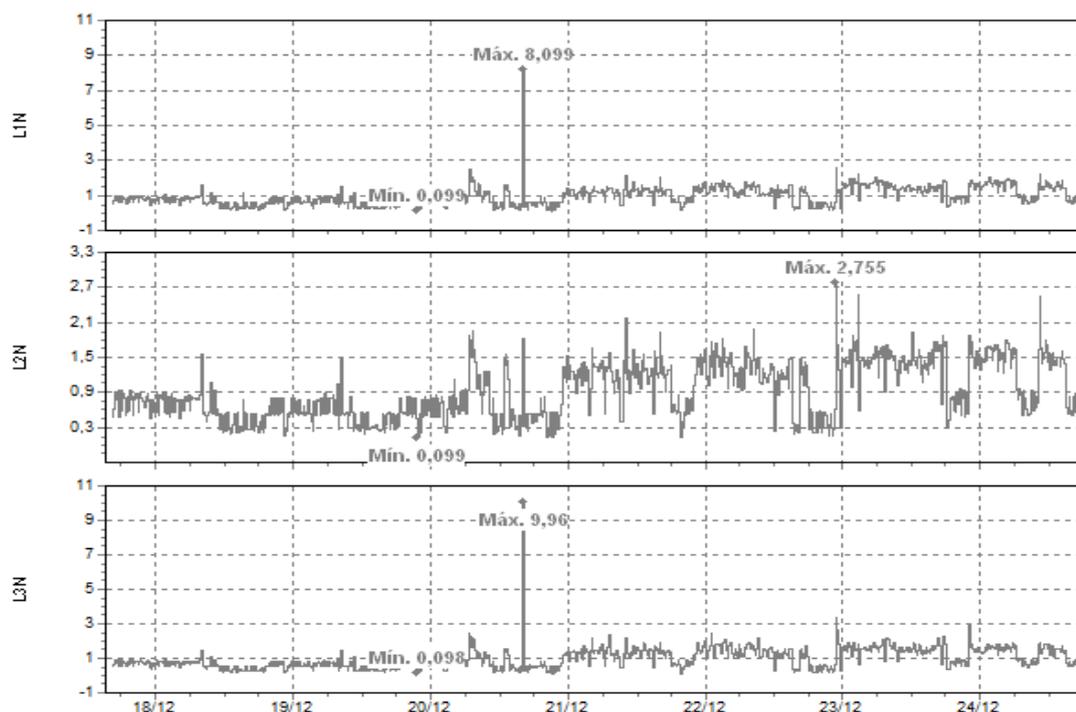
Acorde a lo estipulado en la regulación No. 004/01 del CONELEC, el valor límite de Pst es de 1 como valor máximo. La regulación establece que si durante el 5% o más del periodo de medición se registran valores de Pst fuera de límite, se está incumpliendo con el límite de Pst permitido.

**Tabla 37**  
**Análisis de flickers en el transformador de 125 KVA**

LÍNEA	Pst Máx.	Pst Min.	EVENTOS	%	CUMPLE
L1	8,099	0,099	426	41,97	NO
L2	2,755	0,099	422	41,58	NO
L3	9,96	0,098	429	42,26	NO

En la tabla 37 se observa que las 3 líneas registran eventos que superan el límite permitido de Pst por más del 5% del periodo de medición por lo que se está incumpliendo con la regulación y se necesita dimensionar filtros para su corrección.

En la figura 36 se puede observar de manera gráfica la total inestabilidad del sistema en cuanto a flickers, lo cual debe corregirse por bienestar físico del personal.



**Figura 36 Flickers en el transformador de 75 KVA**

### 4.2.3. Mediciones de luminosidad

Debido a que el objetivo de este trabajo es la eficiencia energética, se analizarán los niveles lumínicos en las diferentes áreas de la empresa acorde a lo que estipula el instituto ecuatoriano de seguro social IESS: “todo los lugar de trabajo y tránsito deberá estar dotado de suficiente iluminación natural o artificial, para que el/la trabajador/a pueda efectuar sus labores diarios con seguridad y sin riesgos de daños visuales”

En la tabla 38 se muestran los niveles mínimos de iluminación para tipos de sectores y tipo de actividades que se realicen actividades.

**Tabla 38**  
**Niveles mínimos de luminosidad permitidos por el IESS**

NIVEL MÍNIMO (LUXES)	ACTIVIDAD/LUGAR
20	Pasillos, patios y lugares de paso.
50	Actividades en las que la distinción no sea esencial como manejo de materias, desechos de mercancías, embalaje, servicios higiénicos.
100	Cuando sea necesaria una ligera distinción de detalles como: fabricación de productos de hierro y acero, taller de textiles y de industria manufacturera, salas de máquinas y calderos, ascensores.
200	Si es esencial una distinción moderada de detalles, tales como: talleres de metal mecánica, costura, industria de conserva, imprentas.
300	Siempre que sea esencial la distinción media de detalles, tales como: trabajos de montaje, laboratorios, pintura a pistola, tipografía, contabilidad, taquigrafía.
500	Actividades en que sea indispensable una fina distinción de detalles, bajo condiciones de contraste, tales como: corrección de pruebas, fresado y torneado, dibujo.
1000	Actividades que exijan una distinción extremadamente fina o bajo condiciones de contraste difíciles, tales como: trabajos con colores o artísticos, inspección delicada, montajes de precisión electrónicos, relojería.

Fuente: (IESS, 2016)

Se realizó las mediciones en toda área posible dentro de la empresa, de donde se obtuvieron los siguientes valores mostrados en la tabla 39:

**Tabla 39**  
**Mediciones de luminosidad**

SECTOR	MEDICIÓN (LUXES)	IESS NIVEL MIN. (LUXES)	CUMPLE
BODEGA	130	140	NO
OFICINAS	263	300	NO
LAB. DE FORMULACIÓN	780	300	SI
LAB. DE CALIDAD	1180	300	SI
AREA DE PRODUCCION	595	200	SI
HORNOS Y COCCION	242	200	SI
PROCESO	230	200	SI
EMPAQUE AL VACIO	103	200	NO
EMPAQUE AL GRANEL	108	200	NO
PRODUCTO TERMINADO	166	200	NO
CALDERAS	260	100	SI

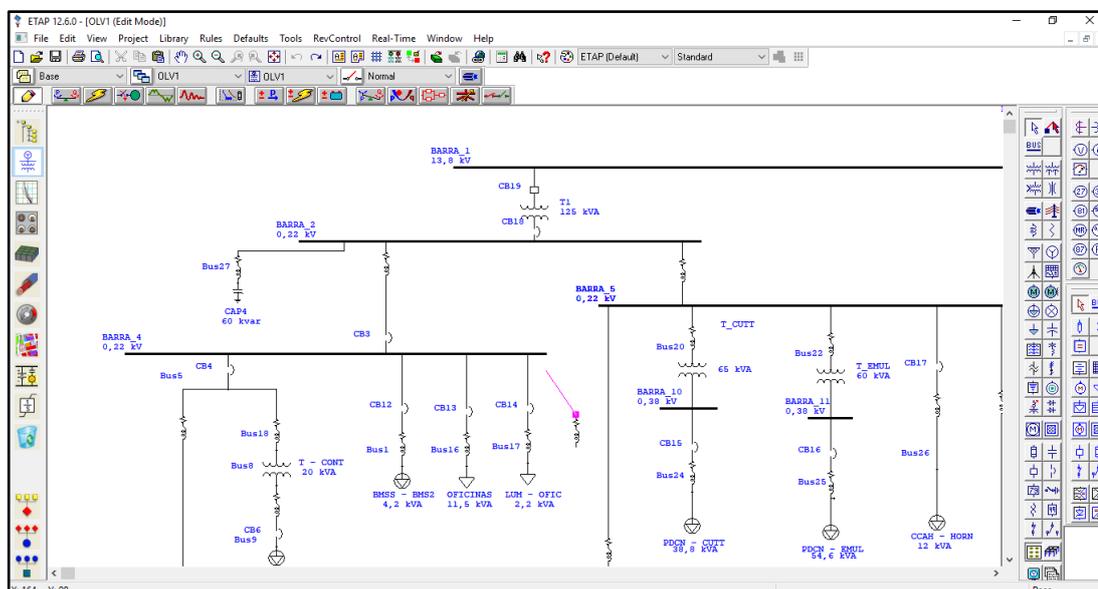
En los sectores de la empresa donde no se cumplen con los niveles adecuados de iluminación, se deben colocar lámparas de mayor nivel de luminosidad y para algunos sectores más adelante se analizarán alternativas para reemplazar lámparas por luz natural del sol con el fin de ahorrar energía.

#### 4.2.4. Simulación del sistema eléctrico de la empresa

A continuación se ha realizado una simulación del sistema eléctrico de la empresa mediante el software ETAP 12.6.0 con el fin de revisar las variaciones de voltaje en todas las barras principales del sistema eléctrico de la empresa, puesto que el mismo tiene varias derivaciones de transformación de 0,22/0,38 KV principalmente en el transformador de 125 KVA que energiza a aproximadamente el 85% de la carga total de la empresa. Esto es necesario debido a que mediante el analizador de redes se realizaron mediciones a los transformadores en general.

Entonces mediante los datos obtenidos de la auditoria se ha procedido a simular a demanda máxima el sistema eléctrico de la empresa "Embutidos La Madrileña". En la figura 37 se observa la simulación del sistema en el software.

- Primeramente una vez reconocidos los iconos y elementos de ETAP, se procedió a realizar el diagrama unifilar de la empresa. (ver figura 37).



**Figura 37 Elaboración del SE de la empresa en ETAP**

- Luego se procedió configurar cada elemento del proyecto como transformadores, cables, cargas, barras, etc. En la figura 38 se observa la configuración de una carga trifásica o simplemente de una máquina.

Lumped Load Editor - PDCN - CUTT

Info Nameplate Short-Circuit Dyn Model Reliability Remarks Comment

38,8 kVA 0,38 kV ( 80% Motor 20% Static )

Model Type: Conventional Rated kV: 0,38 Calculator...

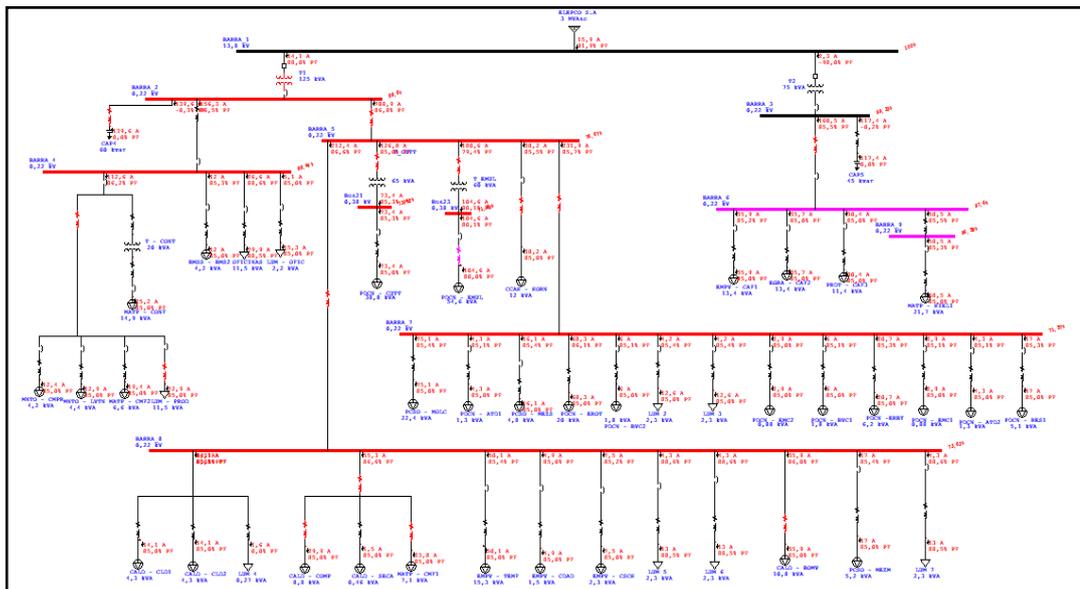
Ratings	kVA	kW	kvar	% PF	Amp
	38,8	32,98	20,439	85	58,95

Load Type: Constant kVA (80%) / Constant Z (20%)

Motor Load			Static Load		
Loading Category	% Loading	kW	kvar	kW	kvar
1 Design	100	26,38	16,35	6,6	4,09
2 Normal	100	26,38	16,35	6,6	4,09
3 Brake	0	0	0	0	0
4 Winter Load	0	0	0	0	0
5 Summer Load	0	0	0	0	0
6 FL Reject	0	0	0	0	0
7 Emergency	0	0	0	0	0
8 Shutdown	0	0	0	0	0

**Figura 38 Configuración de cargas en ETAP**

- Finalmente se procedió a correr la simulación (ver figura 39). En el anexo E se presentan los resultados completos de la simulación.



**Figura 39 Simulación del SE de la empresa en ETAP 12.6.0**

#### 4.2.4.1. Resumen corto de la simulación

- a) A continuación en la tabla 40 se muestra un resumen de variaciones de voltaje en las barras del SE de la empresa.

**Tabla 40**  
**Resultados obtenidos de la simulación**

VARIACIONES DE VOLTAJE EN LAS BARRAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE "EMBUTIDOS LA MADRILEÑA"			
BARRA	VOLTAJE NOM (KV)	VARIACION (%)	COMENTARIO
1	13,8	0	ACOMETIDA
2	0,22	11,4	T1
3	0,22	0,67	NINGUNO
4	0,22	11,6	NINGUNO
5	0,22	23,3	NINGUNO
6	0,22	2,4	T2
7	0,22	28,4	NINGUNO
8	0,22	12,4	NINGUNO
9	0,22	3,4	NINGUNO
10	0,38	26,6	T_CUTT
11	0,38	28,2	T_EMUL

b) A continuación en la tabla 41 se muestra un resumen de los cables que se encuentran sobrecargados en el sistema.

**Tabla 41**  
**Resumen de cables sobrecargados**

CABLES SOBRECARGADOS				
CABLE	VOLTAJE NOM (KV)	CALIBRE AWG	LONGITUD (M)	REFERENCIA
2	0,22	6	45	TAB DE MNTO
9	0,22	12	40	OFICINAS
13	0,22	2/0	53	A BARRA 5
14	0,22	2/0	50	A BARRA 8
15	0,22	1/0	36	A T_CUTT
16	0,22	1/0	36	A T_EMUL
19	0,22	10	15	AL HORNO
20	0,22	2/0	75	A BARRA 7
25	0,22	3/0	46	A BARRA 6
54	0,22	10	20	TAB DE CALDERAS
55	0,22	8	25	A CALD - COMP
57	0,22	10	5	A MATP - CMF1
65	0,22	10	25	A CALD - BOMV
71	0,22	2/0	6	A BANCO 1

#### 4.2.5. Software de gestión energética

A continuación se analizarán las mejores opciones de software o plataformas para usos de gestión energética disponibles y que se los encuentra disponibles en la web, con el fin de plantear una propuesta más para el control y monitoreo de la eficiencia energética en la empresa "Embutidos La Madrileña". Con ello se desea obtener una propuesta para generar una producción más limpia empleando menos el recurso energético y usándolo de mejor manera, cumpliendo así en este punto también con el propósito general de este trabajo que es plantear soluciones para mejorar el desempeño energético de la empresa.

##### a) SMARKIA

La plataforma cloud de Smarkia funciona simplemente con una cuenta y una clave de acceso y se la puede usar desde cualquier dispositivo electrónico

que tenga acceso a internet. Básicamente permite monitorear en vivo el sistema, presenta históricos de consumo energético, este software compara registros en intervalos de tiempo acorde a la necesidad del usuario y genera informes periódicamente. En el transcurso de su uso, expertos en el tema alertaran de desvíos u otras situaciones desfavorables en el desempeño energético del sistema, a la vez que plantean soluciones a las mismas para reducir los costes y tiempos además de reducir el impacto medioambiental, todo esto cumple con lo deseado en esta parte del presente trabajo.

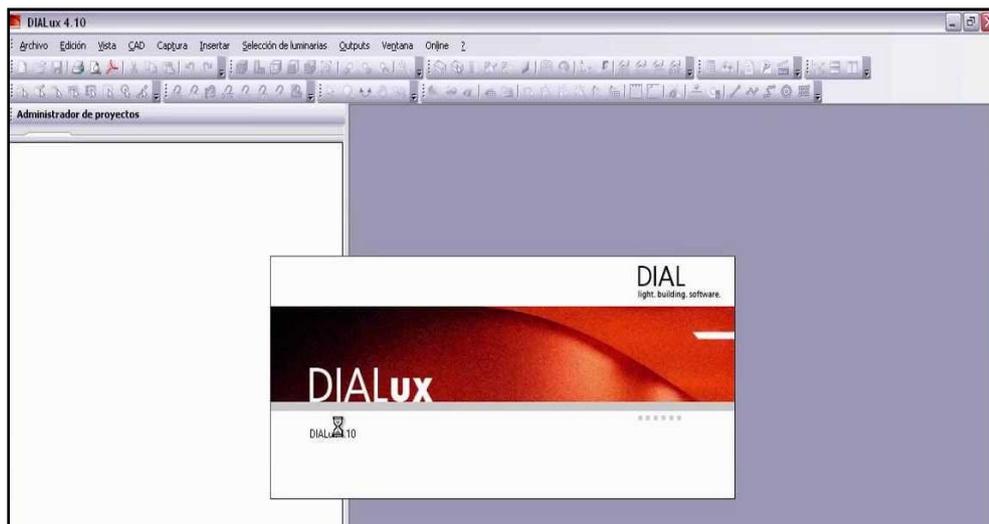


**Figura 40 Monitoreo en la plataforma cloud Smarkia 50001**

- **DIALux**

En la web también se encuentran softwares libres que sirven de la misma manera para el control de eficiencia energética en edificios, casas e industrias de los cuales se analizó interesantes softwares destinados a la eficiencia energética en la parte lumínica, pues se trata de aprovechar el recurso lumínico natural lo cual permite reducir el consumo energético.

En este caso el software DIALux es un software libre que se lo puede encontrar en internet, este software permite modelar entornos estructurales y ofrece lámparas de todas las marcas de fabricantes disponibles en la industria para realizar análisis para reemplazarse luminarias con otras de menor consumo o propuestas alternativas como lo son las cubiertas translucidas.

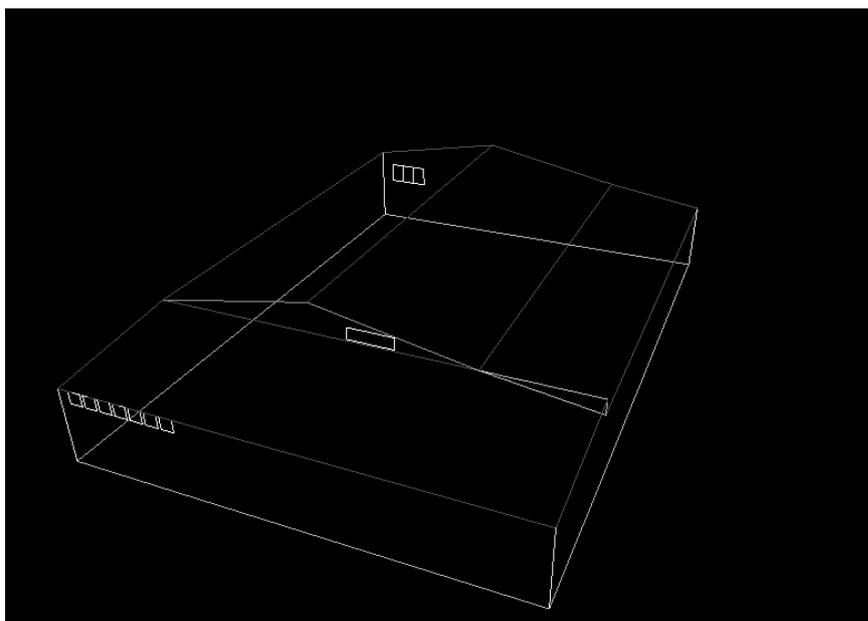


**Figura 41 Interfaz del software DIALux**

#### **4.2.5.1. Análisis rápido de la planta de producción en software**

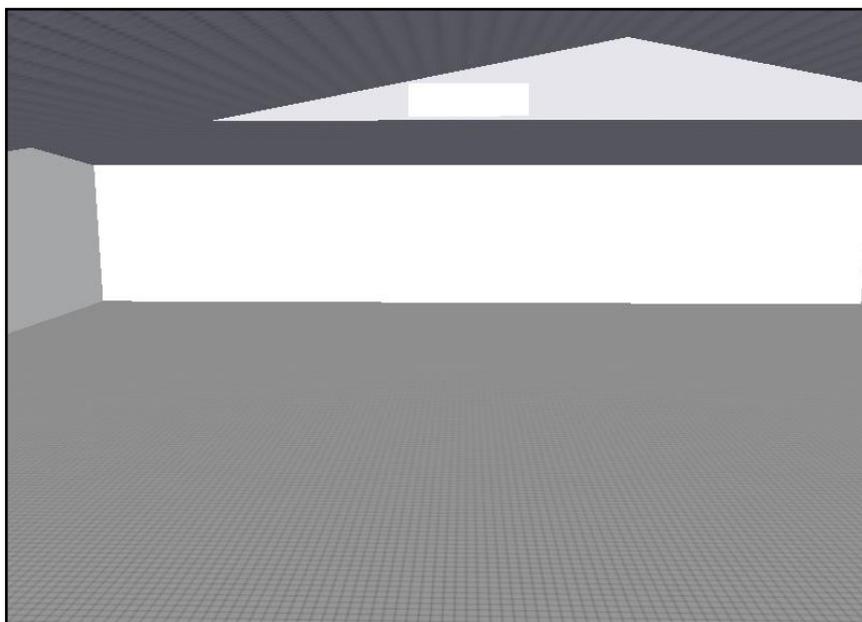
Se ha procedido a realizar un análisis rápido de la planta de producción en el software DIALux para encontrar oportunidades de ahorro energético y así conseguir una producción más limpia.

- Primero se procedió el modelamiento CAD de la planta de producción, tomando en cuenta dimensiones, alturas, morfología, etc. (ver figura 42).



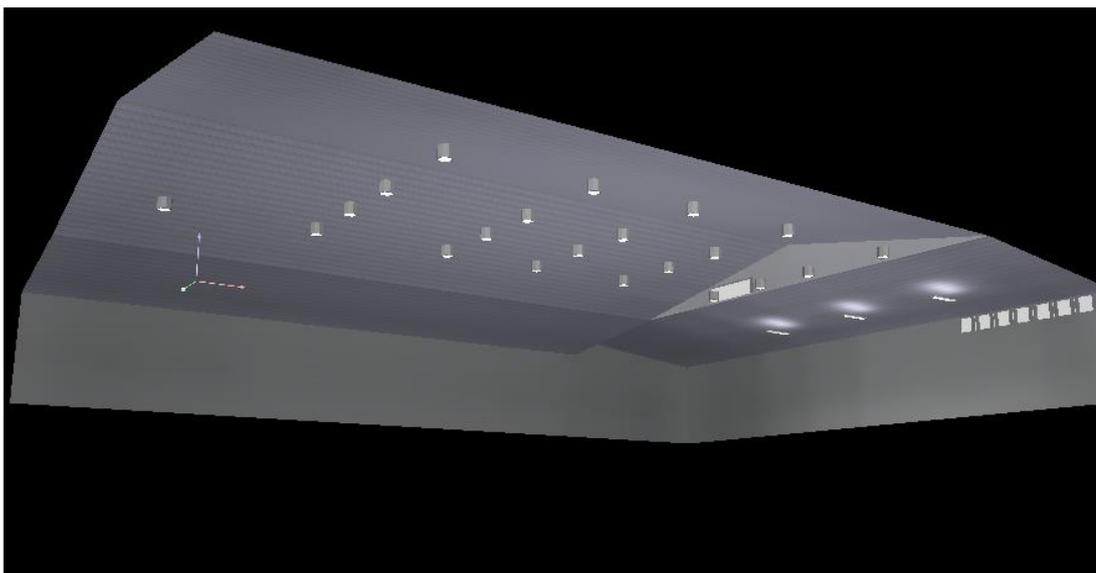
**Figura 42 Modelamiento de la planta de producción en DIALux**

- Como siguiente paso se procedió a configurar colores, texturas y materiales en la simulación de la planta. (ver figura 43)



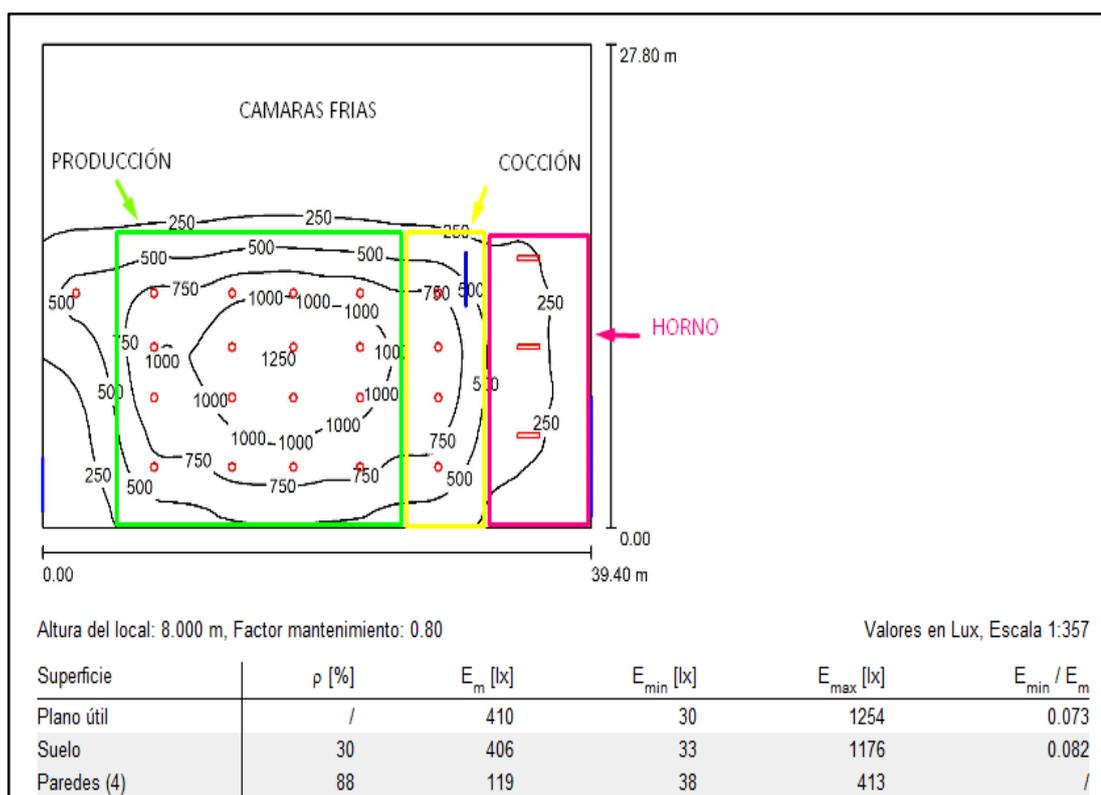
**Figura 43 Configuración de colores, materiales y texturas**

- Luego se ha procedido a colocar las luminarias que ya se indicaron antes en este capítulo que en su mayor parte consisten en lámparas industriales de 400W y que significan el mayor consumo en lo que respecta a iluminación. (ver figura 44).



**Figura 44. Distribución de luminarias en las áreas de producción y cocción.**

- Luego se procede a realizar el cálculo en el software, los niveles de luminancia obtenidos están disponibles en el resumen que genera DIALux (ver anexo F), donde se observa que se cumplen los niveles requeridos de luminosidad por norma como se comprobó con el luxómetro y como se lo muestra en la figura 45.



**Figura 45 Resultados obtenidos en DIALux**

#### 4.2.6. Oportunidades de mejora y ahorro energético ahorro encontradas

Luego del análisis realizado al sistema energético de la empresa “Embutidos La Madrileña” mediante mediciones con el equipo analizador de carga Fluke 435 y mediante las simulaciones en los softwares ETAP 12.6.0 Y DIALux, se ha procedido a plantear algunas propuestas de oportunidades de ahorro energético para la empresa. Las cuáles serán analizadas a fondo de manera técnica y económicamente en el desarrollo del capítulo siguiente y que se presentan a continuación en la tabla 42.

**Tabla 42**  
**Oportunidades de ahorro energético encontradas**

<b>OPORTUNIDADES DE MEJORA EN “EMBUTIDOS LA MADRILEÑA”</b>		
<b>MEJORA</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>SECCIÓN/ACTIVO</b>
<b>Adquisición de un variador de velocidad para la emulsificadora</b>	Problemas observados durante el arranque de la máquina.	Maquina emulsificadora
<b>Implementación de un filtro contra armónicos</b>	Pérdidas de energía detectadas por armónicos.	Transformador de 125 KVA
<b>Corrección contra flickers</b>	Altos niveles de flickers que infringen la norma y van contra la salud visual	Transformadores de distribución 75 KVA y 125 KVA
<b>Nivelar las cargas en los transformadores de distribución y redimensionar el calibre de algunos conductores</b>	Se podría nivelar el sistema al pasar algunas cargas procedentes del transformador de 125 KVA al transformador de 75 KVA y reemplazar cables que se encuentran sobrecargados	Sistema Eléctrico
<b>Implantación de cubiertas traslucidas en la planta de producción</b>	Ahorro energético probado en el software de eficiencia energética DIALux	Sistema lumínico
<b>Implementación de tubos solares en las cubiertas de la planta de producción</b>	Una segunda opción de uso de energías renovables como lo es la energía solar	Sistema lumínico
<b>Reemplazo del container frigorífico</b>	Maquina demasiado antigua que funciona con un transformador poco eficiente a 380 V	Sistema Eléctrico
<b>Concientizaciones al personal</b>	La norma ISO 50001 demanda estos medios para el ahorro energético.	Recursos humanos - personal
<b>Señalización didáctica para incentivar al ahorro energético</b>	La norma ISO 50001 demanda estos medios para el ahorro energético.	Recursos humanos - personal
<b>Corrección del factor de potencia en el transformador de 125 KVA</b>	El factor de potencia obtenido en el tiempo de análisis infringe la normativa.	Transformador de 125 KVA

## **CAPÍTULO V**

### **5. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN ISO 50001**

#### **Introducción**

En este capítulo se estructurará una propuesta de implementación de un sistema de gestión energética (SGEn) basado y articulado acorde a la estructura para sistemas de gestión energética proporcionado en la norma ISO 50001:2011 para beneficio de la empresa “Embutidos La Madrileña” con el firme propósito de mejorar el desempeño energético de la misma y cumplir con estándares de eficiencia energética.

Esperándose con esta propuesta encaminar a la empresa hacia un modelo de gestión en el que se tengan buenas culturas de consumo energético con el fin de precautelarse el medio ambiente y el recurso económico de la empresa mediante el ahorro energético constante.

#### **5.1. Generalidades**

##### **5.1.1. Alcance de la propuesta**

Generar un SGEn eficiente que en su contenido tenga planes de acción con mejoras y propuestas suficientes para mejorar el desempeño energético de la empresa “Embutidos La Madrileña” basándose en los regimientos de la norma ISO 50001:2011. Un sistema tendrá aplicabilidad a todo el personal de la empresa.

##### **5.1.2. Objetivos de la propuesta**

- Estructurar un SGEn eficiente que ha de implantarse en la planta industrial de la empresa “Embutidos La Madrileña” en base a los lineamientos que rige la norma ISO 50001:2011.
- Orientar a la correcta selección del personal adecuado para conformar el Comité de Gestión Energética (CGEn) que serán los encargados de la implantación, control, monitoreo y evaluación del SGEn.

- Proponer planes de acción que al implementarse beneficien de manera económica a “Embutidos La Madrileña” mediante el ahorro energético.
- Generar y proveer de las herramientas necesarias para la continua revisión y control del SGE.

### **5.1.3. Requisitos generales**

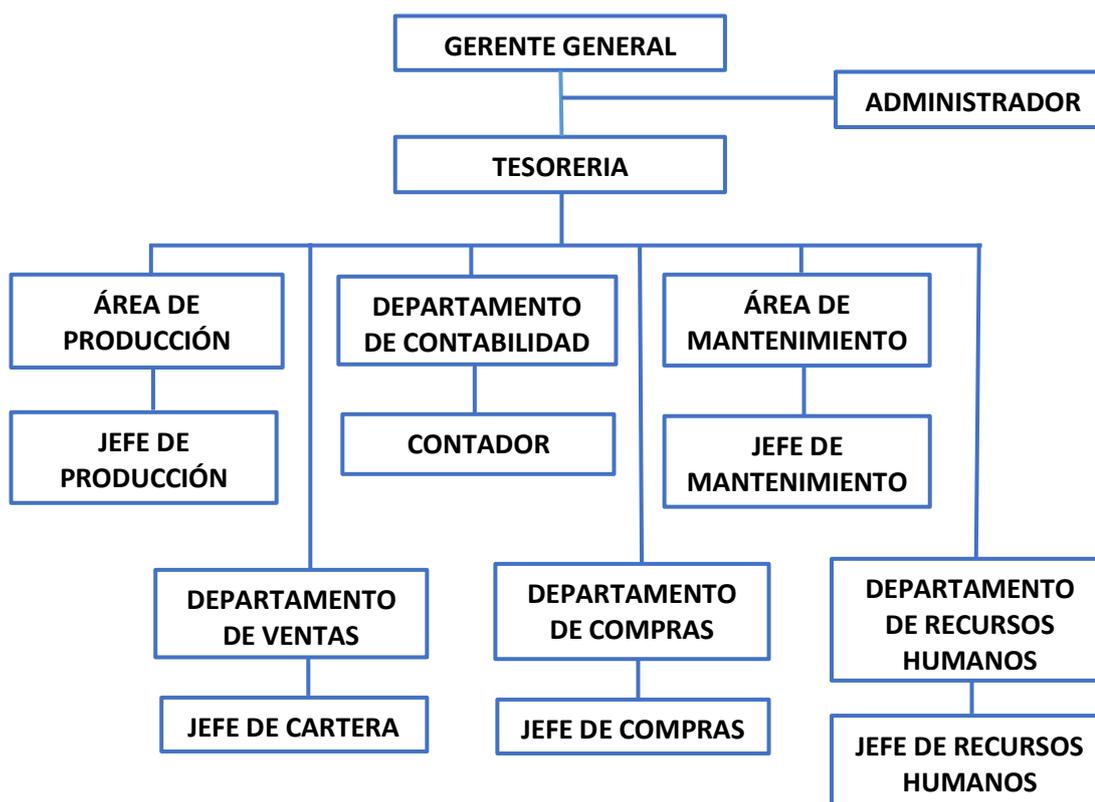
La empresa “Embutidos La Madrileña” por medio de quien corresponda en su estructuración jerárquica, será la encargada de implementar el sistema de gestión energética (SGE) que se propone en este documento acorde a los requisitos que establece la norma ISO 50001:2011, el cual está establecido con su objetivo y alcances, el mismo que deberá de mantenerse y mejorarse con el propósito de sumarlo en conjunto con los demás sistemas de calidad que posea la organización.

### **5.1.4. Alta dirección**

Acorde a la norma ISO 50001 se toma como principal criterio el compromiso que debe tener la dirección que en el caso de “Embutidos La Madrileña” es la gerencia general con la implantación del sistema de gestión energética en la empresa.

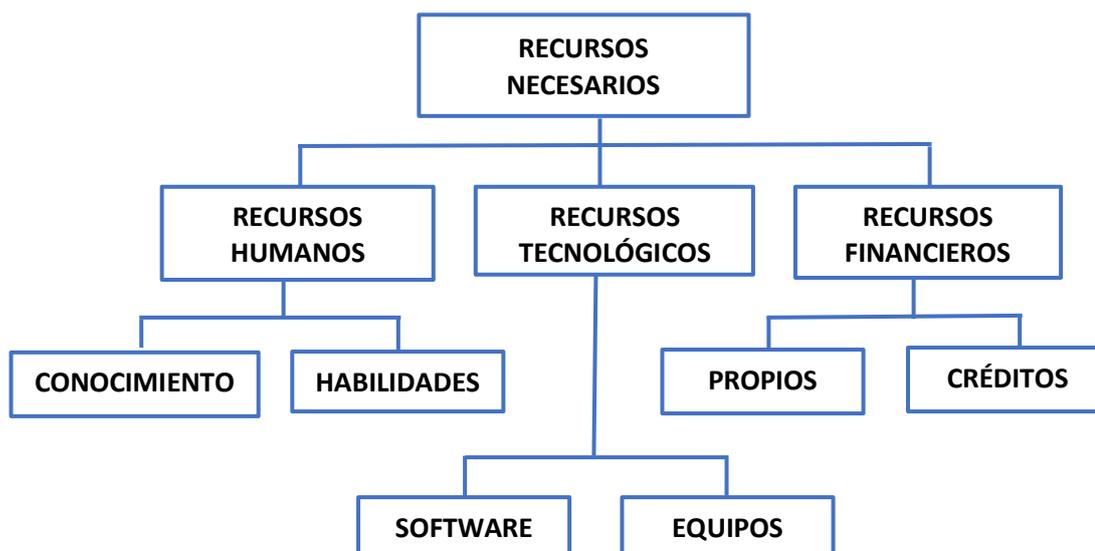
Tomando en cuenta también el artículo 413 de la Constitución del Ecuador del 2008 el cual menciona que “El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua”, la gerencia general deberá asumir el firme compromiso de liderar la busca de la eficiencia energética para la empresa con el fin de hacerla un ejemplo a nivel nacional en lo que se refiere a industrias con sistemas energéticos eficientes comprobados y certificados.

En la figura 46 se observa el diagrama estructural del directorio de la empresa “Embutidos La Madrileña”.



**Figura 46 Directorio de “Embutidos La Madrileña”**

La empresa garantizará el abastecimiento de todos los recursos necesarios para el establecimiento del SGE. En la figura 47 se resumen los recursos necesarios para implementarse el sistema.



**Figura 47 Resumen de recursos necesarios para implantar el SGE**

Fuente: (Fernandez, 2013)

#### **5.1.4.1. Responsabilidades de la alta dirección**

Con el propósito de liderar y llevar a cabo el compromiso de mejora continua en el sistema de gestión energética de la empresa, la gerencia habrá de hacer lo siguiente:

- Plantear y establecer la política energética.
- Designar o contratar un representante de la gerencia para involucrarse totalmente en todo el proceso desde la implantación hasta el cumplimiento y la obtención de resultados en base a la propuesta.
- Chequear continuamente las políticas energéticas con el fin de revisar la eficiencia de la ejecución de las mismas.
- Concientizar e informar cuán importante es la eficiencia energética a todas las partes que conforman la empresa empleando los mejores y más adecuados medios de comunicación.
- Verificar que los indicadores de desempeño energético sean los correctos y los más adecuados en base a los resultados obtenidos de la auditoria energética realizada en la empresa.
- Corroborar que se hayan planteado eficientes planes de acción, objetivos y metas en el SGE.
- Asegurarse del cumplimiento de todo requisito planteado en la propuesta y que la empresa asuma.
- Monitorear continuamente la obtención de resultados obtenidos en base a la implantación del sistema.
- Informar los resultados obtenidos a todas las partes que conforman la empresa “Embutidos La Madrileña”.

#### **5.1.4.2. Representante de la dirección**

La empresa “Embutidos La Madrileña” elegirá o contratara un representante que cumpla con los requisitos que dicha designación exige, el mismo deberá conformar el CGEn con un equipo integrado por personal de todas las áreas que conforman la empresa. Entonces el representante de la dirección deberá tratar con dicho equipo de trabajo con el fin de:

- Incentivar a las buenas prácticas energéticas a todo el personal restante de la empresa.

- Gestionar los recursos necesarios durante el proceso de implantación, ejecución del sistema.
- Precautelar la mantención e implementación de todo proceso necesario durante el desarrollo del sistema.
- Controlar todas las actividades relacionadas al sistema de gestión energética que se realicen en la empresa, mediante planificaciones con constancia de acuerdo al tiempo que se crea conveniente.
- Comunicar constantemente a la gerencia y al personal sobre el desempeño del sistema de gestión energética para motivar al personal y de ser necesario informar mejoras adicionales que se necesiten.

#### 5.1.5. Jerarquías para el desarrollo del SGE<sub>n</sub>

En base todo lo expuesto, a continuación en la figura 48 se muestra la pirámide de jerarquías durante la implementación del SGE<sub>n</sub>, que deberán de acatarse para la correcta implementación y desempeño del mismo.



**Figura 48 Pirámide de jerarquías para la ejecución del SGE<sub>n</sub>**

#### 5.1.6. Política energética

La empresa “Embutidos La Madrileña es una industria dedicada a la elaboración de productos cárnicos, mediante este sistema de gestión

energética adquiere el compromiso de mejorar su desempeño de carácter energético y por medio de la alta dirección instaura una serie de políticas energéticas, las cuales deberán ser documentadas, mejoradas y comunicadas de manera constante a toda parte de la empresa.

Dichas políticas plantean un firme compromiso para mejorar el desempeño energético en la empresa y se muestran a continuación:

- Acatar y respetar los estatutos legales implantados por parte de “Embutidos La Madrileña” en relación al uso, consumo y ahorro de energía en la planta de industrial.
- Garantizar que todo el personal tenga acceso a la capacitación adecuada y necesaria acerca del SGE.
- Mantener una firme y constante búsqueda de oportunidades de mejora en el sector energético de la empresa, estableciendo objetivos y metas que tengan compatibilidad con la misión y visión de la empresa y garantizar los medios necesarios para cumplirlos y así lograr un constante mejoramiento en el desempeño energético de la empresa.
- Renovar constantemente los activos más antiguos y críticos de la planta industrial por activos modernos y eficientes que garanticen el mejor desempeño energético de la empresa, realizando sus respectivos estudios financieros de inversión
- Mejorar constantemente el sistema de gestión energética implantado con el fin de acatar mejoras normativas y necesidades propias de la empresa que se detecten en base a revisiones energéticas.

## **5.2. Etapa 1 - Planificar**

### **5.2.1. Generalidades**

La empresa “Embutidos la Madrileña” ha planteado los parámetros necesarios para generar una planificación energética eficiente, consistiendo en una auditoria como línea de partida de donde se pueden encontrar oportunidades de mejorar el desempeño energético de la empresa.

Para la evaluación del desempeño energético, en la empresa se consideran constantemente algunos aspectos importantes como lo son:

- Registro del destino de usos y consumo energético en las instalaciones de la empresa.
- Comparación del estado energético actual con registros pasados.
- Monitoreo de variables energéticas, que en conjunto con documentos de facturación energética permiten encontrar las oportunidades de mejora.

#### **5.2.1.1. Requisitos legales**

Para una correcta formulación de la propuesta del SGE<sub>n</sub> es indispensable respaldarse en normas, reglamentos y fundamentos legales de índole relacionada al sector energético y por ende a la eficiencia energética con el fin de sustentar la veracidad y aplicabilidad de la propuesta y para tener una guía durante el proceso de: implantación, ejecución y evaluación del SGE<sub>n</sub>.

Entonces a continuación se citan algunos documentos y fundamentos legales en los que se ha basado para la elaboración de esta propuesta:

- Guía para la Implementación de Sistema de Gestión Energética basada en ISO 50001, Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE).
- NTE - INEN ISO 50002:2014: Auditorías Energéticas. Requisitos con guía para su uso, Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).
- NTE INEN ISO 50001:2012: Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con guía para su uso, Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).
- NTE INEN 1152: Iluminación Natural de edificios. Requisitos, Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).
- RTE INEN 056:2013: Reglamento técnico Ecuatoriano “Carne y Productos Cárnicos”, Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).
- Normativa aplicable a la seguridad y salud en el trabajo, Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS).
- Artículo 413, Constitución de la República del Ecuador 2008.

En el Anexo G1 se presenta una matriz para el registro de requerimientos legales para la implementación del SGEN.

#### **5.2.1.2. Revisión energética**

Con el fin de buscar oportunidades de mejora constantes, se ha evaluado energéticamente a la empresa “Embutidos La Madrileña” mediante una auditoría energética, con el propósito de conocer el consumo y uso de energías en la empresa, el comportamiento energético del sistema, monitoreo de variables que causan problemas al sistema con el objetivo de plantear soluciones que apacigüen a las mismas.

La auditoría energética que se le realizó a la empresa consistió en los siguientes pasos:

- Revisión de potencia instalada en cada sección de la empresa
- La estructuración del sistema eléctrico de la empresa ya que no se tenían diagramas unifilares.
- Registros de consumo y de pagos por conceptos de energías en la empresa.
- Medición de variables energéticas y análisis de facturación energética.
- Revisión del estado de la maquinaria considera más crítica así como sus intervalos de uso y registros de funcionamiento y mantenimientos.
- Modelamiento del sistema eléctrico en software con el fin de visualizar regulaciones de voltaje en absolutamente todas las barras.

Con los resultados obtenidos de la auditoría energética, se pudieron determinar los indicadores de desempeño energético y las oportunidades de mejora presentes en el estado y estructuración actual del sistema. En el Anexo G2 se encuentra la matriz propuesta para recolección información sobre usos energéticos en la empresa.

#### **5.2.1.3. Línea base energética**

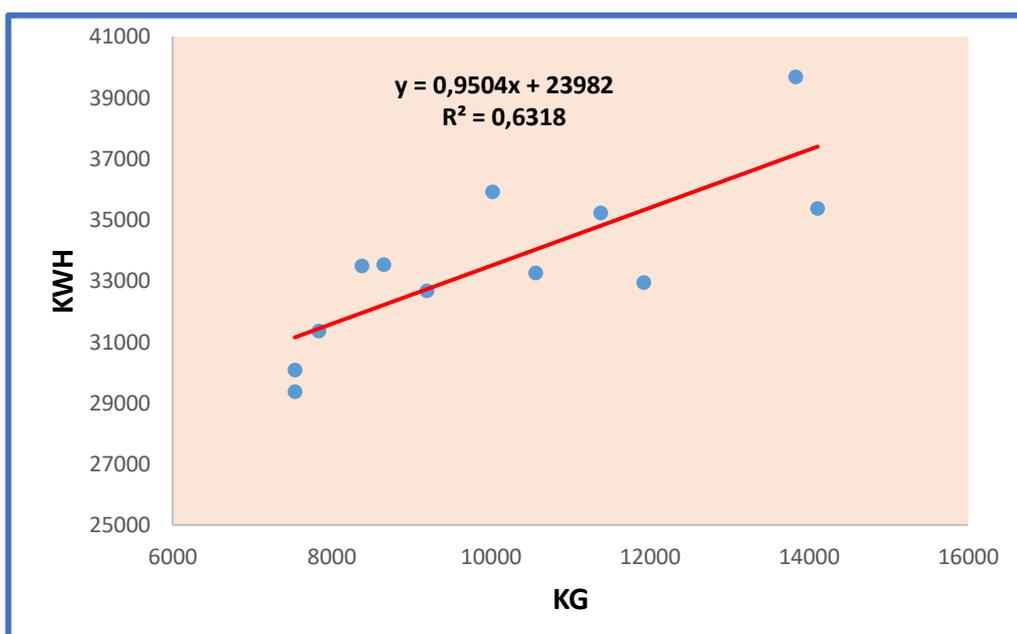
La línea base planteada a continuación es la referencia que se ha podido obtener de la situación actual de la planta industrial de la empresa en base a la información obtenida y analizada de la auditoría energética realizada y que

servirá como referencia para cuando se implemente el SGEEn que se propone en este documento. En el Anexo G3 se presenta la matriz para recolección de datos sobre consumos energéticos registrados en la planta industrial.

El propósito de la línea base es la facilidad para la evaluación de avances o retrocesos que obtenga la empresa en concepto de desempeño energético comparando el estado real de la empresa con respecto a dicha línea base. Se podría expresar de la siguiente manera:

$$\text{Ahorro} = \text{Consumo de línea base} - \text{Consumo real}$$

Para un año de producción en la empresa “Embutidos La Madrileña”, se tiene la siguiente línea base energética con relación entre KWh consumidos y kg de producción.



**Figura 49 Línea base energética**

En la figura 49 se puede observar la línea base relacionada entre kilogramos de producción y KWh consumidos mensualmente, la línea base permitirá plantear metas de ahorro energético para así proyectarse a mejorar el desempeño energético reduciendo el consumo, se puede observar que  $R^2$  es de 0,6318 y para mejorar los resultados se espera una  $R^2$  igual a 1 o lo más cercana a 1.

#### 5.2.1.4. Indicadores de desempeño energético

Los indicadores de desempeño energético corresponden a medidas cuantificables del desempeño energético en este caso con parámetros medidos y relacionados entre KWh consumidos y kg de producción durante un año en la empresa “Embutidos La Madrileña”.

Entonces se deben establecer los IDEn con el fin de tener parámetros para el monitoreo y medición del desempeño energético de la empresa además también sirven para compararse el desempeño energético de la empresa con el de otras de similar actividad. Se podrían expresar de la siguiente manera:

$$\text{IDEn} = \text{Consumo anual de energía} / \text{Producción anual}$$

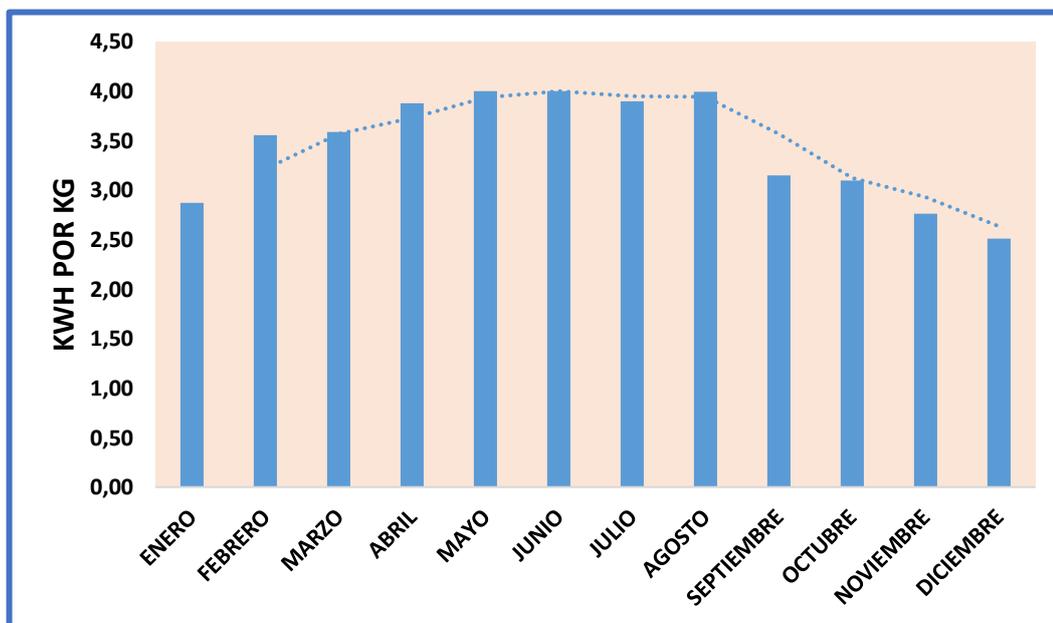


Figura 50 Gráfica de indicadores de desempeño energético

En la figura 50 se puede observar la variación de energía consumida que se presentó mensualmente para producir un kg de producto, mediante esta grafica se puede observar el comportamiento de los IDE antes de la implantación del sistema y luego de implantado que en base a todas las mejoras propuestas se tendrá que reducir la energía utilizada en producir un kg de producto.

### 5.2.1.5. Objetivos y planes de acción

En base a los registros que se obtuvieron de la auditoría energética realizada a la empresa, se han podido establecer objetivos y planes de acción con el propósito de mejorar el uso y consumo de energía tal como lo rige la norma ISO 50001.

A continuación en la tabla 43 se presentan los objetivos y metas que se han propuesto por parte de la empresa “Embutidos La Madrileña”, los cuales deberán de cumplirse bajo el control del grupo o persona responsable tratando de cumplirse en los lapsos de tiempo propuestos. El proceso debe ser controlado constantemente y de ser necesario realizarse los cambios necesarios.

**Tabla 43**  
**Metas y objetivos planteados por “Embutidos La Madrileña”**

OBJETIVO	META ESTABLECIDA	INDICADOR	RESPONSABLE	PLAZO
<b>Instrucción y capacitación al equipo responsable del SGE y al total del personal restante.</b>	Informar sobre sus responsabilidades en el SGE a cada integrante de la entidad con el fin de lograr una familiarización rápida con el sistema.	Horas de capacitación	Recursos Humanos (RRHH)	4 meses
<b>Reducir el consumo de energías usadas fuera de producción.</b>	Regir reglas básicas de ahorro energético dirigidas principalmente a operadores de maquinaria y también al personal restante	Horas de capacitación	Área de Mantenimiento	2 meses
<b>Lograr una alta eficiencia operacional en las áreas de producción y complementarias de la empresa</b>	Disponer de las máquinas al 100% en su funcionamiento en base a mantenimientos completos incluyendo el cambio de pequeñas partes, como sugerencia se propone seguir el formato de hojas de mantenimiento RCM (Anexo G4)	Horas de mnto	Área de Mantenimiento	8 meses

CONTINÚA 

<b>Solucionar el problema de distorsión armónica en el transformador de 125 KVA</b>	Implementación de filtros para compensar los armónicos de corriente que afectan al sistema.	Tipo de filtro	Área de mantenimiento	2 meses
<b>Reducir la afectación por flickers en el sistema lumínico de la empresa</b>	Implementación de filtros en los dos transformadores de distribución de la empresa.	Tipos de filtros	Área de mantenimiento	3 meses
<b>Reducir el consumo en sistema con relación al registro de consumo del año 2017</b>	Rediseño del sistema eléctrico de la empresa en base a las oportunidades de mejora encontradas al analizar la estructuración del mismo.	KWh	Área de mantenimiento	12 meses
<b>Disminuir el consumo energético en el área de producción</b>	Reemplazo de elementos en las máquinas más antiguas del área de producción.	KWh	Área de mantenimiento	6 meses
<b>Reducir la corriente de arranque de la emulsificadora</b>	Instalar un variador de frecuencia a la entrada de la máquina emulsificadora para arrancarla a 50 Hz	Tipo de variador de frecuencia	Área de mantenimiento	1 mes
<b>Mejorar el factor de potencia en el transformador de 125 KVA</b>	Instalar un banco de capacitores de acuerdo a la necesidad actual que se tiene para el transformador de 125 KVA.	KVAR	Área de mantenimiento	1 mes
<b>Mejorar el sistema lumínico de la empresa donde se lo requiera</b>	Optar por una de las dos propuestas expuestas en el capítulo anterior para aprovechar la luz natural del sol y reducir el gasto energético en iluminación.	Luxes	Área de mantenimiento	15 Días

### 5.3. Etapa 2 - Hacer

#### 5.3.1. Implementación y operación

La gerencia de “Embutidos la madrileña”, con el fin de lograr una exitosa a implementación del SGE basado en la norma ISO 50001:2011, tendrá que acatar los planes mostrados en la tabla 44.

**Tabla 44**  
**Etapas para la implementación del sistema**

ETAPA	PLAN DE ACCIÓN	PROCEDIMIENTOS
I	Decisión empresarial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compromiso de los directivos y personal de la empresa “Embutidos La Madrileña”</li> <li>• Información y presentación de beneficios y modelo de los SGE basados en la norma ISO 50001</li> <li>• Estructuración del personal que será encargado de liderar la implementación del sistema.</li> </ul>
II	Implementación del sistema de gestión energética	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auditoria energética en las instalaciones de la empresa “Embutidos La Madrileña”</li> <li>• Capacitación a todo el personal de la empresa acerca de las buena cultura energética</li> <li>• Capacitación a los operadores de maquinaria</li> <li>• Estrategias para el uso eficiente de la energía.</li> </ul>
III	Llevar a cabo con lo establecido en el Sistema de Gestión Energética	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adicionamiento de planes en busca de la mejora continua</li> <li>• Control y monitoreo de la cultura de buenas prácticas energéticas establecidas.</li> <li>• Revisión y control de los resultados obtenidos.</li> <li>• Evaluación constante del sistema de gestión energética</li> </ul>

#### 5.3.2. Competencia, formación y concientización

En este punto, la empresa “Embutidos La Madrileña” ha de ejecutar los planes citados a continuación para beneficio de la correcta incorporación del SGE a la empresa. El plan A que consistirá en capacitar al elemento humano encargado de liderar el sistema de gestión energética, así como también al resto del personal (Ver Anexo H1), se encuentra mostrado en la tabla 44.

**Tabla 45**  
**Capacitación al personal**

<b>PLAN A</b>	
<b>TEMA:</b> CAPACITACION SOBRE EL SGE	
<b>PROPÓSITO:</b> CAPACITAR A LOS MIEMBROS DEL GRUPO RESPONSABLE DEL SGE Y AL RESTO DEL PERSONAL	
<b>TAREAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de los contenidos del plan, en los que se incluirán charlas de concientización para el ahorro energético.</li> <li>• Planificación horaria que no interfiera con las actividades netas de la empresa.</li> <li>• Monitoreo y evaluación de mejoras constantes.</li> </ul>
<b>INDICADOR</b>	Cantidad de cursos planificados
<b>RESPONSABLE</b>	Recurso Humanos (RRHH)

El plan B consiste en campañas de concientización e implantación de buenas culturas de uso energético en la empresa. (Ver Anexo H2)

**Tabla 46**  
**Reglas básicas de ahorro energético**

<b>PLAN B</b>	
<b>TEMA:</b> REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍAS AJENAS A LA PRODUCCIÓN	
<b>PROPÓSITO:</b> CAPACITAR Y DAR A CONOCER AL PERSONAL MEDIDAS BASICAS DE AHORRO	
<b>TAREAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar carteleras, pancartas, afiches donde se muestre las reglas básicas de ahorro para implementarse</li> <li>• Reducción de consumo en el sistema de iluminación mediante lámparas ahorradoras.</li> <li>• Buen control operacional en cada puesto de trabajo.</li> <li>• Desenergizar todo equipo eléctrico y luminarias durante las horas de almuerzo y de 05:00 pm a 07:00 am, lapso en el que no se labora.</li> <li>• Controlar constantemente el buen estado de la pintura que debe ser blanca en paredes para optimizar la iluminación.</li> <li>• Limpiar constantemente el piso para que resalte el color blanco del granito para también optimizar la iluminación.</li> <li>• Control de mejoras.</li> </ul>
<b>INDICADOR</b>	Kwh ahorrados
<b>RESPONSABLE</b>	Personal de producción

**Ahorro esperado con los planes A y B:** se espera un ahorro energético del 1 % con respecto al consumo del año 2017 que corresponde a 4108 kw.

### **5.3.3. Comunicación**

La empresa “Embutidos la madrileña” deberá de crear y desarrollar un medio de comunicación referente a:

- Facilitar y repartir información del SGE implantado a todos los sectores de la empresa.
- Realizarse reuniones entre la gerencia y los ingenieros jefes de cada área, notificando con anticipación de las mismas.
- Evaluar aspectos indicadores de la acogida y desempeño del sistema de gestión energética.
- Revisiones constantes del contenido del SGE hacia los empleados, para garantizarse que la importancia del SGE esté presente siempre como un concepto integral de calidad en los empleados.

En el anexo G5 se encuentra propuesta una matriz que deberá ser usada para la estructuración del proceso de comunicación del SGE.

### **5.3.4. Plan de documentación**

#### **5.3.4.1. Requisitos de la documentación**

La documentación referente al contenido del SGE ha de conservarse de manera física y digital en los registros de la empresa, de manera que pueda ser actualizado y distribuido constantemente cuando el CGEn así lo requiera. Entonces la documentación que “Embutidos La Madrileña” tendrá como elemento fundamental de su SGE deberá estar conformada por los siguientes parámetros:

- Manual que contendrá alcance y límites del SGE así como sus respectivos elementos.
- Política energética desarrollada por la gerencia general.
- Formatos necesarios para cumplir con cada etapa o elemento que así lo requiera dentro del SGE.
- Registros de inicio previos a la implementación del sistema, para fines de comparación.
- Documentos útiles para llevar a cabo registros.

Por ende la documentación deberá elaborarse en base a una metodología que preste las garantías y las herramientas necesarias para generar y manipular documentos referentes al SGEEn. En el anexo G6 se propone el formato a usarse para el control, registro y aprobación de documentación referente al SGEEn en “Embutidos La Madrileña”.

#### **5.3.4.2. Control de documentos**

“Embutidos La Madrileña” por medio de su CGEn deberá designar encargados de asegurar la elaboración, chequeo y actualización constante de documentaciones referentes al SGEEn implantado, ya dichas documentaciones deben controlarse cuidadosa y paulatinamente. La documentación también deberá presentar algunas garantías durante la vigencia del SGEEn, garantías como estar a tiempo para recepción y emisión, ser claros y consistentes para que puedan ser entendidos e interpretados desde la primera hasta la última persona en la empresa, deben tener facilidades de distribución en la planta. Los encargados también deberán realizar reconocimientos para descartar documentos caducados u obsoletos para evitar confusiones.

#### **5.3.5. Control operacional**

Con el propósito de garantizar la eficiencia en el control operacional en “Embutidos La Madrileña”, la empresa planificará actividades de operación y mantenimiento correspondientes a los objetivos, metas y planes de acción en fin de la mejora continua del desempeño energético. Especialmente tratando de proveer siempre al personal operativo maquinaria u otro elemento necesario para producción en óptimas condiciones de funcionamiento.

Entonces a continuación en la tabla 45 se muestra el plan C que se ha propuesto para el control operacional a la maquinaria de la empresa. Se propone también usar hojas de mantenimiento para cuestiones de programación de mantenimientos a la maquinaria.

**Tabla 47**  
**Mejoramiento de maquinaria en la Planta Industrial**

<b>PLAN C</b>	
<b>TEMA:</b> CONTROL OPERACIONAL	
<b>PROPÓSITO:</b> TENER LAS MÁQUINAS AL 100% EN SU FUNCIONALIDAD	
<b>TAREAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluaciones periódicas a los equipos de acuerdo a lo estipulado en la tabla 13.</li> <li>• Buscar posibles fallas en cada maquina</li> <li>• Elaboración de planes de manteniendo para cada máquina.</li> <li>• Control de la funcionalidad de las máquinas.</li> </ul>
<b>INDICADOR</b>	Cantidad de máquinas revisadas
<b>RESPONSABLE</b>	Área de mantenimiento

### 5.3.6. Diseño

Con los resultados obtenidos de la auditoria energética y analizados en el capítulo 4 de este documento, “Embutidos La Madrileña” ha de considerar el diseño o rediseño de procesos, maquinas o en si del sistema energético actual en la planta industrial para buscar el firme objetivo general de este trabajo que es obtener una metodología o propuesta eficiente para mejorar el desempeño energético de la empresa y por ende oportunidades de ahorro. Este proceso de reingeniería debe ser controlado por personal capacitado para dichas tareas.

### 5.3.7. Contratación de servicios de energía, productos, equipos y energía.

Enfocados en la mejora constante del desempeño energético de la empresa, se desarrollaran proyectos como el rediseño del sistema eléctrico de la empresa mediante la inclusión de nuevos bancos de capacitores al transformador de 125 KVA, mejoras en algunas máquinas, algunas mejoras en el sistema lumínico, mejoras en el cableado, etc. Los cuáles serán analizados y justificados a continuación, para que garanticen eficiencia y ahorro a la empresa con su implementación.

**Tabla 48.**  
**Correcciones a problemas encontrados en el SE de la empresa**

<b>PLAN D</b>	
<b>TEMA:</b> Correcciones a problemas encontrados en el SE de "Embutidos La Madrileña"	
<b>PROPÓSITO:</b> Reducir el consumo energético en el sistema con respecto al consumo auditado para el año 2017.	
<b>TAREAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación del SE actual y rediseño en función a la fallas y oportunidades de mejora encontradas.</li> <li>• Analizar cambios posibles al sistema.</li> <li>• Planificación de mano de obra profesional propia o contratada para el rediseño.</li> <li>• Realizar los cambios para verificación de resultados.</li> </ul>
<b>INDICADOR</b>	Cantidad de mejoras posibles al SE
<b>RESPONSABLE</b>	Ingeniero de mantenimiento o profesional particular

A continuación se presentan las mejores y posibles soluciones con respecto a cambios en el sistema eléctrico de la empresa en base al análisis y mediciones realizadas a los transformadores de distribución de la empresa:

**a) Corrección del factor de potencia en el transformador de 125 KVA.**

Luego de analizar las mediciones realizadas al transformador de 125 KVA, se determinó un factor de potencia por debajo del límite por más del 5% del tiempo de mediciones por lo que el transformador no está cumpliendo con los límites permitido. Por ello es recomendable modificar o instalar un nuevo banco de capacitores.

Para el cálculo de la potencia del banco de capacitores, se ha usado la tabla disponible en el anexo I1.

**Datos para dimensionar el banco de capacitores**

- **Pinst = 300 Kw**
- **Proyección futura de aumento de carga = 15%**
- **Pinst proyectada = 345 Kw**
- **fp actual = 0,84**
- **fp mín. deseado = 0,92**

- **Factor K seleccionado de la tabla = 0,217**

$$Q_{B.Cap} = P_{inst\ proyectada} * K$$

$$Q_{B.Cap} = 345 * 0,217$$

$$Q_{B.Cap} = 74,9\ KVAR$$

La potencia reactiva requerida para el banco de capacitores es de 75 KVAR como se tiene uno de 60 KVA actualmente, se necesitan agregar capacitores por una denominación de 15 KVA, es decir un capacitor de 5KVA a cada línea para compensar la demanda de potencia reactiva en el transformador o a su vez reemplazar todo el banco de capacitores.

#### **b) Propuesta de solución al % de THDA en el transformador de 125 KVA**

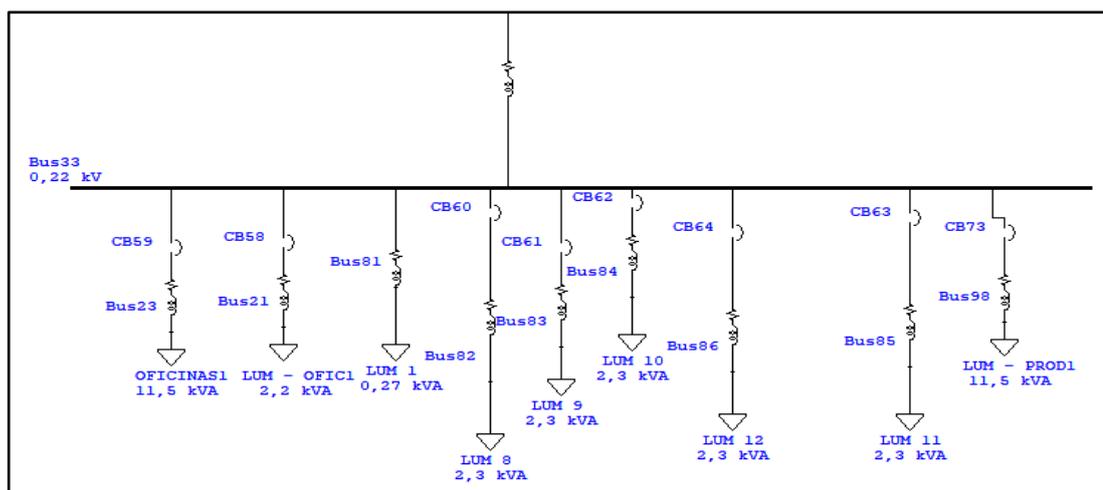
Se propone la implementación de un filtro “AccuSine” para compensar la distorsión armónica de corriente detectada en el transformador durante las mediciones con el equipo analizador de redes eléctricas Fluke. La marca Schneider Electric propone los filtros Accusine de acuerdo a la potencia reactiva referente a la carga lineal en el transformador, ver anexo I2.

#### **c) Propuesta de solución contra flicker Pst en los dos transformadores de distribución de la empresa.**

Los diferentes métodos existentes y posibles para la atenuación de flicker se presentan en el Anexo I3, de donde se precisa como primer y fundamental método básico de atenuación el cambio de luminarias o a su vez los bancos de reactancias controladas.

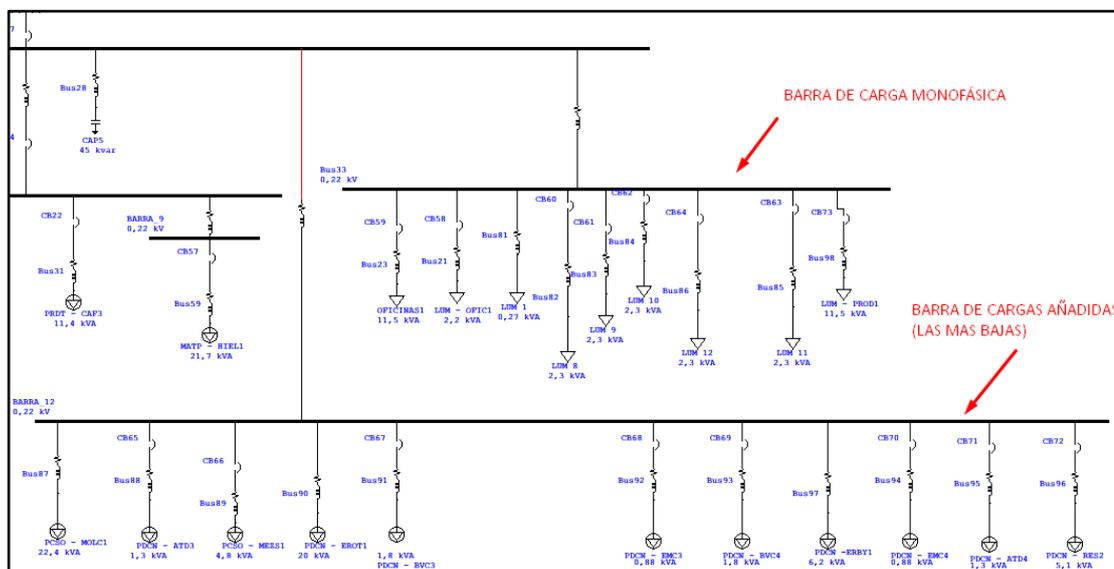
#### **d) Rediseño del SE de “Embutidos La Madrileña”**

- Se plantea una alternativa simple la cual es balancear cargas en los transformadores, es decir se propone colocar cargas monofásicas y algunas trifásicas procedentes del transformador de 125 KVA al transformador de 75 KVA que muestra excelentes niveles de voltaje en todas sus barras y que se encuentra con relativamente poca carga. (ver figura 51)



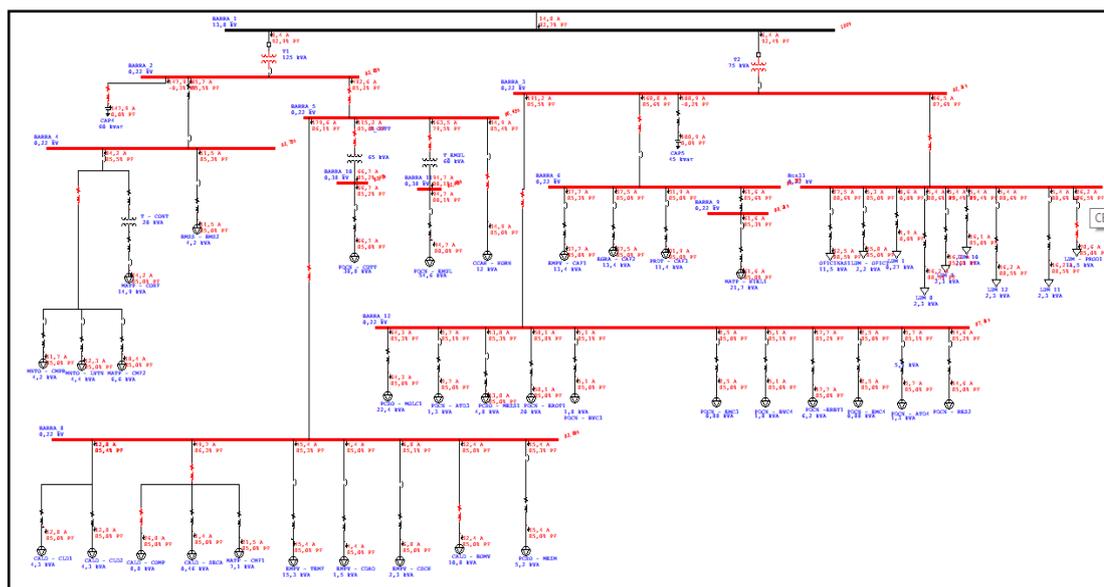
**Figura 51 Carga monofásica colocada en el transformador de 75 KVA**

- Se procede a colocar una barra de cargas trifásicas proveniente del transformador de 125 KVA a la barra principal del transformador de 75 KVA. (ver figura 52)



**Figura 52 Colocación de cargas trifásicas al transformador**

- Se observa que con los cambios realizados los niveles de voltaje en cada barra del transformador de 125 KVA han mejorado considerablemente y pasan a ser aceptables, recordando que la simulación se la realiza a carga máxima, es decir en el peor escenario posible.



**Figura 53 Reestructuración de cargas en el SE de la empresa**

- Entonces en la tabla 49 se observan los nuevos niveles de voltaje en las barras del sistema los cuales pasan a ser aceptables con respecto a los que se tenían previamente, cabe recalcar de nuevo que esta simulación se la realiza en el peor escenario posible para el sistema es decir a demanda máxima.

**Tabla 49**

**Análisis de la reestructuración del SE en ETAP**

BARRA	VOLTAJE NOM (KV)	VARIACION ANTERIOR (%)	VARIACIÓN NUEVA (%)
1	13,8	0	0
2	0,22	11,4	6,1
3	0,22	0,67	7,9
4	0,22	11,6	6,2
5	0,22	23,3	13,5
6	0,22	2,4	9,7
7	0,22	28,4	15,6
8	0,22	12,4	16,1
9	0,22	3,4	10,8
10	0,38	26,6	16,5
11	0,38	28,2	17,9

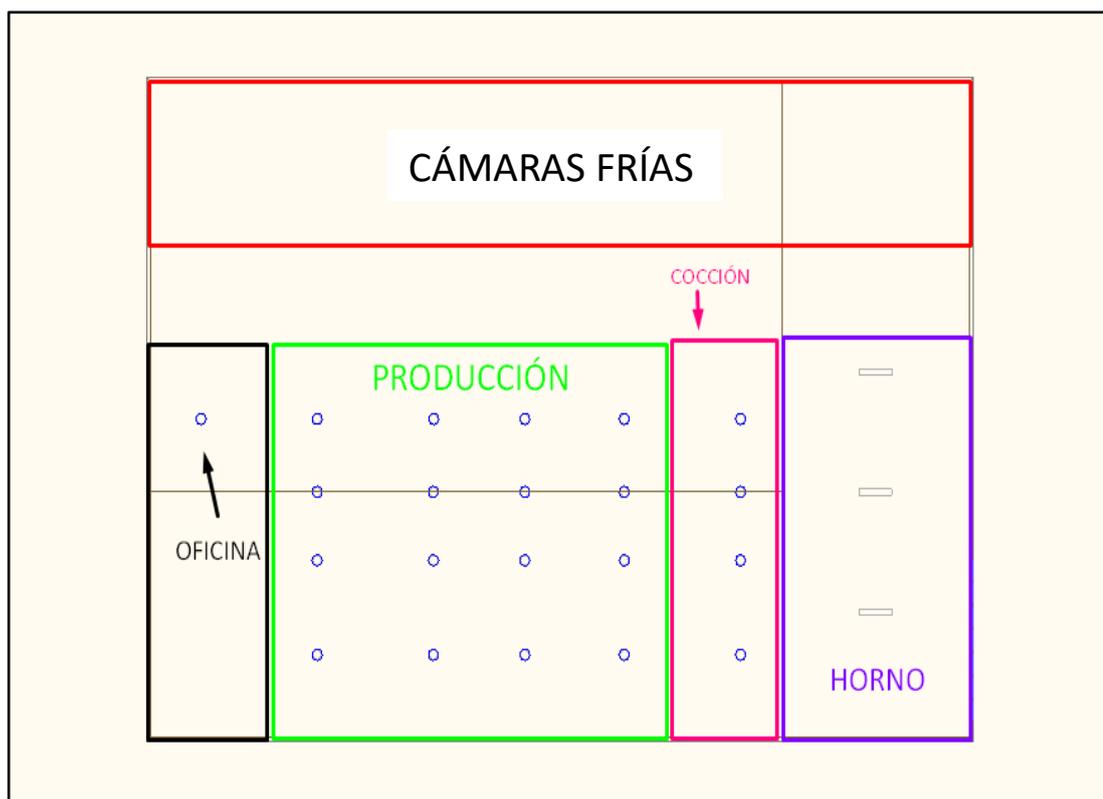
**Tabla 50**  
**Adquisición de un variador de velocidad para la emulsificadora**

<b>PLAN E</b>	
<b>TEMA:</b> ADQUIRIR UN VARIADOR DE VELOCIDAD PARA LA MÁQUINA EMULSIFICADORA	
<b>PROPÓSITO:</b> Arrancar la máquina emulsificadora a 50 Hz con un variador de frecuencia	
<b>TAREAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buscar en el mercado variadores de frecuencia a 380 V y con las características adecuadas para el motor de la máquina (Ver Anexo I4)</li> <li>• Analizar las mejores ofertas para la adquisición del variador de frecuencia.</li> <li>• Comprar él variador con el resto de equipos necesarios para su implementación.</li> <li>• Instalar el variador y controlar resultados.</li> </ul>
<b>INDICADOR</b>	(A) amperios ahorrados
<b>RESPONSABLE</b>	Ingeniero de mantenimiento

**Tabla 51**  
**Instalación de cubiertas traslucidas o tubos solares**

<b>PLAN F</b>	
<b>TEMA:</b> Instalación de cubiertas traslucidas en algunas áreas de la planta	
<b>PROPÓSITO:</b> Reemplazar el uso de focos por luz natural en algunas áreas de la planta industrial durante las horas del día que permitan tener iluminación natural.	
<b>TAREAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar los sectores de la planta industrial en los cuales no afecta el calor producido en momentos por las cubiertas traslucidas como lo son el área de cocción, ahumados, calderas, bodega, etc.</li> <li>• Analizar las mejores ofertas para la adquisición de las cubiertas traslucidas o a su vez de los tubos solares.</li> <li>• Comprar las cubiertas o tubos solares y los accesorios necesarios para su implementación.</li> <li>• Instalar las cubiertas o los tubos solares.</li> </ul>
<b>INDICADOR</b>	(KWh) ahorrados
<b>RESPONSABLE</b>	Ingeniero de mantenimiento

En la planta de producción se usan en su mayor parte lámparas de una potencia nominal de 400 w. Una lámpara de ellas en las 8 horas de la jornada laboral representa un consumo de 3,2 kwh, al año representaría un consumo de 768 kwh. En la figura se puede observar la distribución de lámparas dentro de la planta de producción la cual ofrece oportunidades de ahorro energético.



**Figura 54 Distribución de luminarias en la planta de producción**

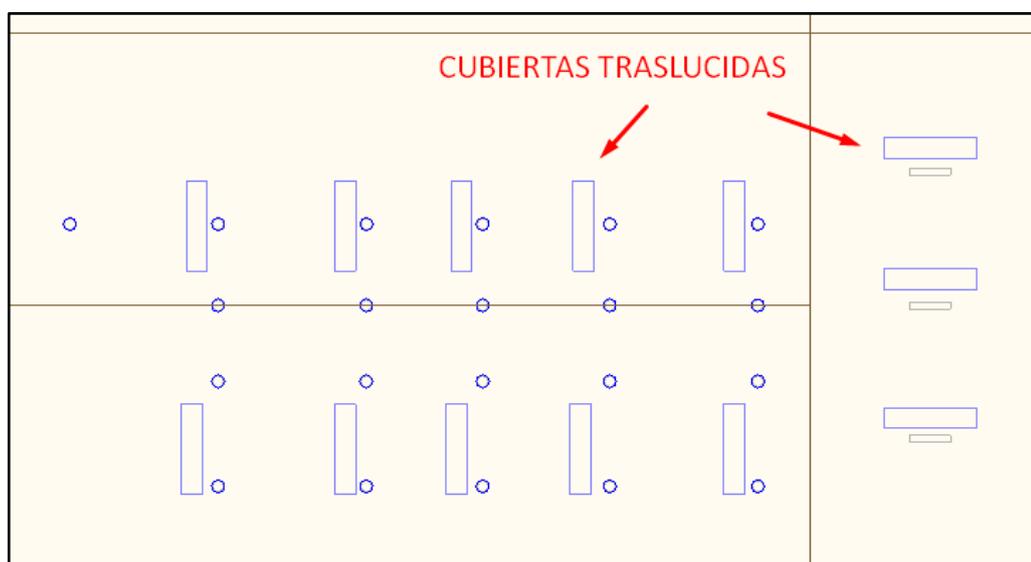
Para la distribución de luminarias se ha usado la nomenclatura siguiente presente en la figura 54:

- = Lámparas de campana a 400 W
- = Lámparas incandescentes dobles

#### **a) Primera propuesta – cubiertas traslucidas**

Entonces se ha procedido a realizar una segunda simulación en el software DIALux considerando esta vez; la propuesta de reemplazo de algunas placas metálicas de la cubierta de la planta que cubre las áreas especificadas de gran oportunidad de ahorro energético por placas de cubierta traslucidas de manera que se obtenga la misma cantidad de luminosidad con una menor cantidad de lámparas encendidas que con respecto a cuándo se enciende el total de las mismas, de esta manera se tiene la primera opción para aprovechar la luz natural del sol y pretender lograr un ahorro considerable en el sistema lumínico.

- En la figura 55 se observa la incorporación de 10 cubiertas traslucidas cubiertas traslucidas de 0,8 m de ancho y 3,5 m de largo.



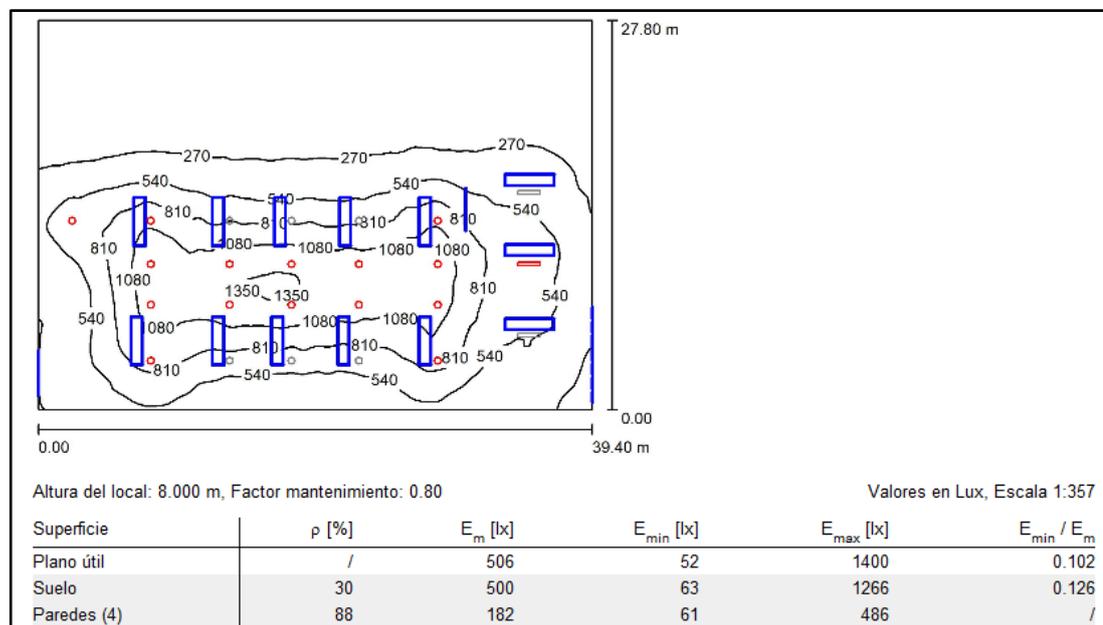
**Figura 55 Colocación de cubiertas traslucidas**

- La propuesta es reducir el uso de lámparas industriales al 70%, es decir utilizar únicamente 14 de las 20 colocadas en las áreas de producción y cocción. En la figura 56 se observa el funcionamiento del nuevo sistema lumínico con traslucidos y con 14 de las 20 lámparas industriales.



**Figura 56 Sistema lumínico trabajando con el 70% de luminarias**

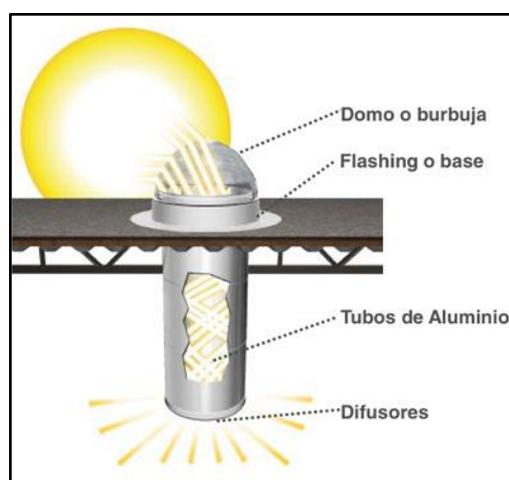
- En la figura 57 se observa el resultado obtenido de la simulación, en donde se observa que se cumplen los niveles de luminosidad, quedando de esta manera comprobado el ahorro que se tendría con la propuesta.



**Figura 57 Resultados obtenidos con la propuesta de cubiertas traslucidas**

### b) Segunda propuesta - Instalación de tubos solares

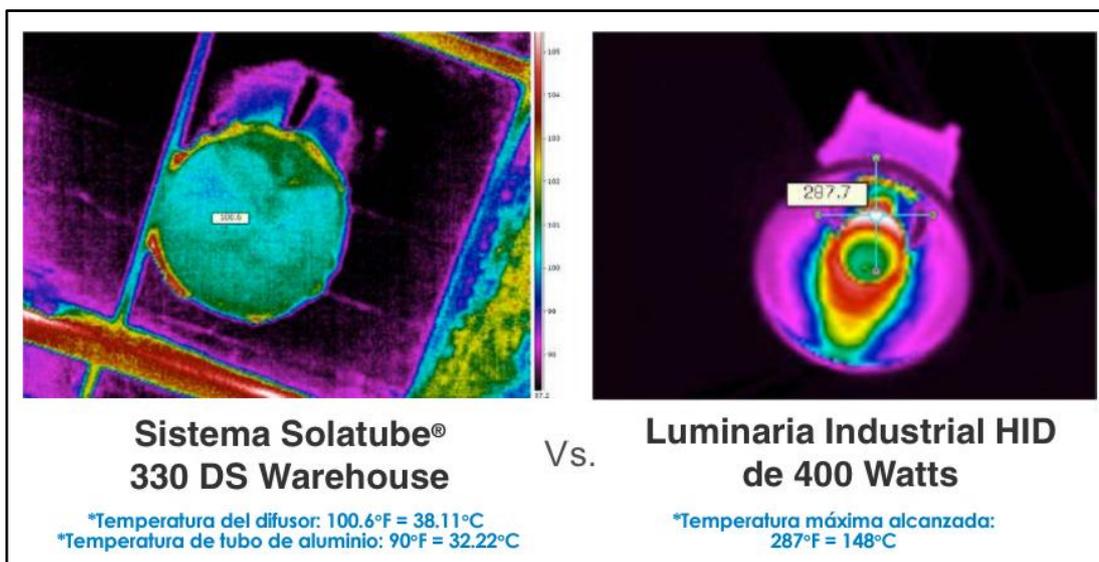
Como segunda opción de ahorro energético se pretende también utilizar el recurso lumínico natural del sol pero esta vez por un sistema nuevo sistema usado en domicilios, oficinas, industrias, etc. En la figura 58 se observa el actuar de un tubo solar.



**Figura 58 Funcionamiento de un tubo solar**

La propuesta consiste en instalar tubos solares en la misma ubicación de las lámparas de 400 W y de las fluorescentes dobles de 40 W. En el anexo J1 se muestran las especificaciones y funcionamiento de los tubos solares de donde cabe recalcar, se muestra a eficiencia de los tubos solares al indicarse que en condiciones atmosféricas nubladas el tubo solar puede proveer hasta 400 luxes, cantidad suficiente para el tipo de iluminación que se necesita.

En la figura 59 se muestra la comparación del rendimiento de una lámpara industrial de 400 W con un tubo solar.



**Figura 59 Comparación de una lámpara industrial de 400 W vs un tubo solar**

También se ha procedido a realizar un pequeño cálculo en la plataforma de la empresa VELUX a manera de un ejemplo para elegir el tubo solar adecuado según las características especificadas (ver Anexo J2).

### 5.3.8. Estudio económico de las propuestas de mejora

En la tabla 51 se muestran los precios de los planes de mejoras que se desea implementar en la empresa “Embutidos La Madrileña” con el fin de gestionar de una manera más eficiente el recurso energético en la planta industrial.

**Tabla 52**  
**Análisis económico planes A - F**

<b>PLAN A</b>			
<b>PROPUESTA</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO/UNIDAD (USD)</b>	<b>PRECIO TOTAL (USD)</b>
<b>CAPACITACIONES AL ELEMENTO HUMANO DE LA EMPRESA</b>	2	400	800
<b>PLAN B</b>			
<b>PROPUESTA</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO/UNIDAD (USD)</b>	<b>PRECIO TOTAL (USD)</b>
<b>REGLAS BASICAS DE AHORRO ENERGÉTICO</b>	1	200	200
<b>PLANES C, D, E</b>			
<b>PROPUESTA</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO/UNIDAD (USD)</b>	<b>PRECIO TOTAL (USD)</b>
<b>Capacitores de 5 KVAR a 220 V</b>	3	113,40	255,15
<b>Filtro Accusine</b>	1	600	600
<b>Reactancias controladas</b>	2	250	500
<b>Variador de velocidad para un motor de 60 Hp a 380 V</b>	1	4458	4458
<b>Tablero</b>	1	200	200
<b>PLAN F1</b>			
<b>PROPUESTA</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO/UNIDAD (USD)</b>	<b>PRECIO TOTAL (USD)</b>
<b>Cubiertas translucidas</b>	13	38,90	505,70
<b>PLAN F2</b>			
<b>PROPUESTA</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO/UNIDAD (USD)</b>	<b>PRECIO TOTAL (USD)</b>
<b>Tubos solares</b>	20	160	3200

Los precios para cada elemento de la tabla 51 se muestran con los respectivos descuentos ofrecidos por la empresa a la que se le solicitó la cotización necesaria.

Entonces se ha procedido a analizar el tiempo de recuperación que demandaran los planes de mejora propuestos, los cuales no deberán superar un tiempo de recuperación máximo de 4 años para ser propuestas viables y aceptables para implantarse. En este punto cabe recordar que el consumo energético correspondiente al año 2017 fue de 410.828 Kwh.

- **Planes A y B (Capacitaciones al personal de la empresa e implantación de reglas básicas de ahorro energético)**

Ahorro esperado con los planes A Y B: Con estos dos planes que actuarán en conjunto, se espera un ahorro de al menos el 1% con respecto al consumo eléctrico total del año 2017.

$$\text{Ahorro: } 4108 \text{ kwh} * \$ 0,0897 = \$ 368,5$$

$$\text{PRI} = \frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Ahorros Anuales}}$$

$$\text{PRI} = \frac{800}{368,5} = 2,17 \text{ años}$$

La propuesta es viable ya que la inversión se recuperara en 2,17 años y de ahí en adelante serán ganancias.

- **Planes B, C, D y E (Mejoras al S.E de la empresa)**

Mediante estas propuestas se espera un ahorro de al menos el 4 % con respecto al consumo eléctrico total del año 2017.

$$\text{Ahorro: } 16.433 \text{ kwh} * \$ 0,0897 = \$ 1.474$$

$$\text{PRI} = \frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Ahorros Anuales}}$$

$$\text{PRI} = \frac{6013,15}{1474} = 4,08 \text{ años}$$

La propuesta es viable ya que la inversión se recuperara en 4 años que es el límite permitido, de ahí en adelante serán ganancias para la empresa.

- **Plan F1 (Instalación de cubiertas traslucidas)**

Mediante esta propuesta se espera un ahorro proyectado como mínimo de 7680 Kwh/año al usar el 70 % de las lámparas industriales de la planta de

producción. Y el ahorro correspondería al 0,93 % con respecto al consumo del año 2017.

$$\text{Ahorro: } 3.840 * \$ 0,0897 = \$ 344,5$$

$$\text{PRI} = \frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Ahorros Anuales}}$$

$$\text{PRI} = \frac{622,40}{344,5} = 1,8 \text{ años}$$

La propuesta es viable ya que la inversión se recuperará en 1,8 años y de ahí en adelante serán ganancias para la empresa.

- **Plan F2 (Instalación de tubos solares)**

Mediante esta propuesta se plantea usar la luz natural del sol mediante la implementación de tubos solares. De acuerdo a las características que oferta el sistema de tubos solares de VELUX, se plantea con la instalación de los mismos reducir en un 60% el uso de lámparas industriales de 400 W existentes en producción.

Lo cual significaría un ahorro de 9216 kwh anuales que corresponden al 2,24 % del consumo referente al año 2017.

$$\text{Ahorro: } 9.216 * \$ 0,0897 = \$ 826,68$$

$$\text{PRI} = \frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Ahorros Anuales}}$$

$$\text{PRI} = \frac{3200}{826,68} = 3,87 \text{ años}$$

La propuesta es viable ya que la inversión se recuperará en 3,87 años y de ahí en adelante serán ganancias para la empresa.

### 5.3.9. Análisis de las mejoras medioambientales que se tendrían con la implementación de las propuestas de mejora

Debido a que el cuidado medioambiental es un aspecto fundamental si se habla de eficiencia energética, se ha procedido a analizar las mejoras medioambientales que se obtendrían con el ahorro energético planteado mediante las propuestas A - F anteriormente mencionadas.

Entonces y debido a que el protocolo de Kioto está estrechamente enlazado con la eficiencia energética, se hace necesario una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera con las propuestas de ahorro energético, por ello se ha procedido a cuantificar la cantidad de emisiones que se reducirían con las mismas mediante la relación entre kg de CO<sub>2</sub> generados para producir un kwh de energía eléctrica.

Entonces se conoce que para producir un kwh de energía eléctrica, se generan 0,385 kg de CO<sub>2</sub>. (Palido de luz, 2013)

- **Ahorro esperado con las propuestas A - F = 24.362 kwh**
- **Cantidad de CO<sub>2</sub> generado para producir 1 kwh = 0,385 kg**

$$\text{Reducción de emisiones de CO}_2 = 24.362 * 0,385$$

$$\text{Reducción de emisiones de CO}_2 = 9379,37 \text{ kg}$$

$$\text{Reducción de emisiones de CO}_2 = 9,4 \text{ TON}$$

Entonces en base al análisis realizado se determina que con las propuestas planteadas; el ahorro de 24.362 kwh significaría que se estarían dejando de emitir 9,4 toneladas de CO<sub>2</sub> anualmente a la atmosfera, de esta manera cumpliendo con lo estipulado en el protocolo de Kioto, cuidando el medioambiente y por ende cumpliendo así con los estándares de eficiencia energética, lo cual es el principio fundamental en el que se basa este trabajo de investigación.

## **5.4. Verificar - Etapa 3**

### **5.4.1. Seguimiento, medición y análisis**

Cumpliendo con lo establecido en la norma ISO 50001, “Embutidos La Madrileña” creará e implementará procesos para monitorear, evaluar y analizar parámetros referidos al uso y consumo de energías, evaluación de indicadores de desempeño energético, cumplimiento de los planes de gestión energética, análisis de consumos reales frente a consumos esperados y evaluación de oportunidades de mejoras. También se hace necesario definir la frecuencia y las necesidades o requerimientos previos con que se realizarán dichos controles por parte del CGEn.

El CGEn será el encargado de garantizar la exactitud de dichos controles para ello se deberán adquirir los equipos necesarios determinándose previo a un análisis de necesidades y de las características de los elementos que se tiene. Finalmente todo resultado que se obtenga de dichos procesos deberá ser inventariado y registrado para futuros procesos constantes de comparación con fines de examinar los réditos que se estén obteniendo con el actuar del SGen así como también para actuar de inmediato en cuanto se registren desvíos desfavorables para la tendencia referente al desempeño energético de “Embutidos La Madrileña”.

En el Anexo G7 se propone una matriz de medición, monitoreo y análisis para determinar el desempeño energético de la empresa con el SGen.

### **5.4.2. Evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos**

Es un parámetro importante, pues el éxito del SGen va estrechamente de la mano con el cumplimiento de las normativas que rigen la eficiencia energética. Entonces se deben establecer algunos aspectos para dar cumplimiento a este importante parámetro como lo son:

- Debe existir un encargado de controlar el cumplimiento de normas por parte del SGen.

- El resultado de los controles deberá ser informado a la gerencia general y al resto del personal como una forma de motivación.
- Realizar la evaluación constantemente en plazos razonables sin embargo se recomienda al menos 1 vez al año.
- Revisar si la empresa ha cumplido o no con los fundamentos legales con los que se ha comprometido.
- Si no se hubiese cumplido se planteara un plazo máximo para que se cumpla y se corrijan desavenencias a lo acordado en este plan.

En el anexo G8 se adjunta el formato propuesto para la evaluación de cumplimiento de normas y fundamentos legales con el SGEN por parte de la empresa.

#### **5.4.3. Manejo de las auditorías Internas al SGEN**

Debido a que el principal fundamento técnico de la norma ISO 50001 es el ciclo de mejora continua, se debe auditar constantemente el SGEN.

Las auditorías se realizarán tomando en cuenta lo siguiente: los auditores serán seleccionados por el CGEn quienes también definirán los objetivos y metas de las mismas, en donde habrá un auditor líder que será quien encabece la auditoría, la misma que tendrá un manual de procedimientos y responsabilidades de la gerencia y del equipo auditor.

Se deberá estructurar un calendario de planificación de auditorías, el cual deberá ser comunicado de manera oportuna y obligatoria al personal vía mails, pancartas u otro medio de comunicación por cuestión de agilización de procesos. En el Anexo G9 se presenta el formato de planificación de auditorías internas al SGEN.

A manera de un documento más de alta importancia que deberá ser analizado, aprobado y almacenado para registros de documentos del SGEN, en el Anexo G10 se presenta el formato propuesto para usarse en auditorías energéticas.

#### **5.4.3.1. Análisis de avance del SGEEn en base a las auditorias**

Cuando se ejecute la primera auditoría al SGEEn, se recomienda auditar con mayor interés a los requerimientos, a la planificación y puesta en acción del mismo. Para ello se adjunta en el Anexo G11 un formato de cumplimiento y ejecución del SGEEn el cual se deberá usar para cada auditoria interna que se le realice al sistema. De donde se obtendrán resultados los cuales podrán ser analizados para determinar en qué porcentaje de avance se encuentra la implementación del SGEEn.

#### **5.4.4. No conformidades, corrección, acción correctiva y preventiva**

Los motivos de no conformidades deberán ser identificadas oportunamente por el CGEn de “Embutidos La Madrileña” para analizar sus causas lo cual permitirá a la empresa actuar de inmediato y precautelar para que no se vuelvan a repetir y que no afecten al buen desempeño del SGEEn. Para ello de inmediato se realizaran actividades de índole correctiva y preventiva sin embargo también se debe llevar cuidadosos registros de estas actividades para analizar la eficiencia de las mismas. Conforme se realicen estas acciones, el CGEn también deberá asegurarse de que todo lo realizado en dichas acciones contemple cambios o no deberá ser sumado en si al SGEEn.

En el anexo G12 se ha planteado el formato para el registro de no conformidades con relación al actuar del SGEEn.

#### **5.4.5. Control de registros**

La empresa en cierto punto deberá mostrar conformidad y satisfacción con los parámetros y regimientos de la norma ISO 50001 que deberán verse reflejados en las mejoras en su desempeño energético, por ello “Embutidos La Madrileña” deberá tener registros necesarios, llevarlos de una manera ordena y actualizada constantemente.

La empresa siempre deberá plantear las metodologías necesarias para identificar, recolectar y archivar dichos registros por medio del CGEn. También deberán garantizar a toda parte de la empresa que estos siempre estén disponibles de una forma clara y de fácil interpretación. En el anexo 13

se presenta la matriz de documentos y registros principales propuesta para la operación del SGEEn.

## **5.5. Actuar - Etapa 4**

### **5.5.1. Revisión por la gerencia**

#### **5.5.1.1. Generalidades**

La gerencia general de “embutidos La Madrileña deberá realizar controles frecuentes al accionar del SGEEn con el fin de comprobar si el mismo es idóneo y eficiente en su accionar para la empresa”. Se sugiere que se las realice una vez al año acorde a las normas usadas para así disponer de resultados del desempeño energético, objetivos, metas y también de las auditorías realizadas.

La norma ISO 50001 acorde a su principio basado en el ciclo de mejora continua hace que en “Embutidos La Madrileña” dentro de este punto también se deba seleccionar responsables, plazo y revisión por la gerencia para cada actividad. Siendo fundamental también el registrar el informe y reporte de acciones que tome la gerencia general después de su revisión.

#### **5.5.1.2. Información de entrada para la revisión de la gerencia**

En conclusión la revisión de la gerencia se basa en revisar los resultados que se han obtenido en base al actuar del SGEEn y por ende se basa también en el análisis y las decisiones que se tomarán para siempre buscar la mejora continua en el sistema y por ende en la empresa.

A continuación se enlista la información que será necesaria de presentarse siempre por parte del CGEn para la revisión por parte de la gerencia general.

- Requisitos legales y otros
- Objetivos y metas planteadas
- Resultados completos y en resumen de auditorías
- Actualidad de acciones correctivas y preventivas que se han seleccionado
- Desempeño energético proyectado a periodos siguientes

- Recomendaciones de mejoras
- Indicadores de desempeño energético IDEn
- Registros de revisiones previas
- Documento de política energética

#### **5.5.1.3. Resultado de la revisión por la gerencia**

De las revisiones por la dirección se pueden generar distintos registros que evidencien su realización y en los que se resuman las decisiones tomadas de acuerdo a la información revisada esta con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del sistema y la mejora continua de la gestión de la energía.

Entonces en los resultados de la revisión por parte de la gerencia general de “Embutidos La Madrileña, estos deberán contener lo siguiente:

- Cambios en el desempeño energético
- Cambios en la política energética
- Cambios de IDE
- Cambios de recursos
- Cambios en objetivos y metas

Entonces en base a lo expuesto, en el anexo G14 se presenta el formato para el registro de recomendaciones, cambios y acciones a ejecutar después del análisis y revisión del SGEEn por parte de la alta dirección.

## PRUEBA DE HIPÓTESIS

### Hipótesis:

“Con la evaluación del sistema energético en las instalaciones de la empresa “Embutidos La Madrileña”, se tendrá una alternativa propuesta para poder reducir el consumo energético en la misma.”

### Evaluación del sistema energético de “Embutidos La Madrileña”

Mediante la evaluación del sistema energético se obtuvo la siguiente información:

#### a) Problemas encontrados:

- Máquina emulsificadora con un motor a 50 Hz y corriente de arranque superior al transformador seco que la energiza, lo cual ocasiona los colapsos registrados en el sistema lumínico.
- Bajo factor de potencia en el transformador de 125 KVA
- Elevados niveles de flickers en el sistema energético.
- Cables sobrecargados, barras con niveles superiores a los permitidos de variaciones de voltaje.

#### b) Oportunidades de mejora

- Acondicionar un variador de frecuencia para la máquina emulsificadora.
- Modificar el banco de capacitores del transformador de 125 KVA.
- Compensar flicker con el mejor método de los presentados en el anexo J3.
- Rediseño del S.E en base a una nivelación de cargas entre los dos transformadores de distribución y demás actividades citadas.
- Aprovechar la luz natural mediante cubiertas traslucidas o tubos solares para reemplazar un porcentaje de las lámparas de 400 W ubicadas en producción.

### Propuesta para poder reducir el consumo energético

Mediante la implementación de las mejoras propuestas, se podrá reducir el consumo energético con respecto al año 2017 en al menos un 5,93% equivalente a 24,362 Kwh/año y que también correspondería a una reducción de 9,4 Ton/año en las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera, cumpliendo así con los estándares de eficiencia energética y contribuyendo con el cuidado medioambiental, de esta manera quedan comprobada la hipótesis.

## CONCLUSIONES

- Se verificó los centros de carga y la potencia instalada en todas las áreas de la planta industrial de la empresa “Embutidos la Madrileña”, determinándose que el área con mayor potencia instalada dentro de la planta es la área de producción con una potencia instalada igual a 114,6 Kw.
- Se constató que el sistema energético de la empresa no cumple con los estándares de calidad contemplados en la regulación N° 004/01 del CONELEC por ello se necesita realizar algunas correcciones como; ingresar capacitores con una denominación de 15 KVA para compensar el bajo factor de potencia en el transformador de 125 KVA, además se deben atenuar los flickers en el sistema y realizar el balanceo de cargas propuesto para mejorar los niveles de variación de voltaje en las barras del sistema.
- El consumo de energías en la planta industrial corresponde a máquinas, luminarias y equipos complementarios y puede ser reducido con las soluciones propuestas en esta investigación, puesto que es posible una reducción de al menos el 5,93 % de consumo energético con respecto al año anterior.
- Acorde a la simulación del sistema lumínico, se puede ahorrar energía de entre 3820 a 9030 kwh anualmente al aprovechar la energía solar con las propuestas planteadas y así tener una producción más limpia al usar menos energía eléctrica en los procesos.
- Se generó un plan de gestión energética completo con políticas energéticas, planes de acción que contemplan capacitar al personal y dar solución a los problemas detectados con el fin de mejorar el desempeño energético de “Embutidos la Madrileña”.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda en un futuro cambiar el transformador de 125 kVA por uno de al menos 200 kVA para no tener problemas con futuras adiciones de carga al sistema de la empresa, además de soportar en caso de que el sistema funcionara a plena carga constantemente.
- En un futuro se debe analizar a fondo el sistema térmico para determinar y cuantificar el consumo de diésel por parte de los quemadores de las calderas con el fin de buscar soluciones para el ahorro de combustible ya que en el análisis rápido visual a las máquinas de la planta, se observó que las calderas son relativamente antiguas y presentan fugas.
- Es recomendable reemplazar el container frigorífico, puesto que es poco eficiente de acuerdo a las revisiones rápidas realizadas a la maquinaria, además de que funciona a 380 V suministrados por un transformador antiguo y poco confiable que ocasiona posibles pérdidas considerables al sistema.
- Para la adquisición de elementos para las mejoras propuestas basarse en las hojas técnicas recomendadas en los anexos y en los dimensionamientos contemplados a lo largo de la realización de este trabajo.
- Seguir las recomendaciones de auditarse el sistema energético de la planta industrial al menos una vez al año como se lo contempla en el capítulo 5 y valiéndose de los formatos provistos en los anexos para una correcta documentación y control del sistema energético.

## BIBLIOGRAFÍA

- AChEE. (2012). Guía de Implementación Sistema de Gestión de la Energía ISO 50001. Concepción : AChEE.
- AEC. (2017). Auditoría Energética. Recuperado el 04 de 01 de 2018, de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/auditoria-energetica>
- ARCONEL. (2018). Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución. Recuperado el 27 de 01 de 2018, de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/2018-01-11-Pliego-y-Cargos-Tarifarios-del-SPEE-20182.pdf>
- Beta-Tools. (2018). Recuperado el 17 de 01 de 2018, de [http://www.beta-tools.com/catalog/articles/view/1760PA\\_slash\\_AC-DC/\\_\\_lang\\_en/\\_\\_catlang\\_es/\\_\\_catalog\\_beta/\\_\\_filters\\_\\_](http://www.beta-tools.com/catalog/articles/view/1760PA_slash_AC-DC/__lang_en/__catlang_es/__catalog_beta/__filters__)
- CARRETERA, A. (2012). Sistemas de Gestión de Eficiencia Energética ISO 50001:2011. Recuperado el 18 de 01 de 2018, de [https://www.aec.es/c/document\\_library/get\\_file?p\\_l\\_id=930013&folderId=925308&name=DLFE-10932.pdf](https://www.aec.es/c/document_library/get_file?p_l_id=930013&folderId=925308&name=DLFE-10932.pdf)
- CEDESA. (2017). Analizadores de calidad de la energía eléctrica FLUKE. Recuperado el 17 de 01 de 2018, de <http://www.cedesa.com.mx/fluke/analizadores/calidad-energia/435/>
- CONELEC. (2001). Regulación N° 004/01. Recuperado el 21 de 01 de 2018, de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/Regulacion-No.-CONELEC-004-01.pdf>
- Domo Electra. (2018). Recuperado el 17 de 01 de 2018, de <https://www.domelectra.com/tiendaonline/612-luxmetro-digital-mastech-ms6610>
- ELEPCO S.A. (2018). Facturación Electrónica. Recuperado el 22 de 01 de 2018, de <https://elepcosa.com.ec/servicios/facturacion-electronica/>
- EQA. (2015). Sistemas de Gestión Energética ISO 50001. Recuperado el 20 de 01 de 2018, de [https://eqa.es/presentaciones/ISO\\_50001.pdf](https://eqa.es/presentaciones/ISO_50001.pdf)

- Fernandez, P. (2013). Como implantar un sistema de gestión de la energía según la ISO 50001:2011. Madrid: FC Editorial.
- FLUKE. (2018). Cámaras termográficas. Recuperado el 17 de 01 de 2018, de <http://www.fluke.com/fluke/eses/termografia/fluke-tis10.htm?pid=79858#>
- GEF, M. O. (2015). Guía Práctica para la Implentación de un Sistema de Gestión de la Energía. Recuperado el 05 de 01 de 2018, de <http://www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Gui%CC%81a-Pra%CC%81ctica-para-Sistemas-de-Gestio%CC%81n-de-la-Energi%CC%81a.pdf>
- Google Maps. (2017). Recuperado el 14 de 12 de 2017, de <https://www.google.com.ec/maps/place/La+Madrile%C3%B1a/@-0.9774139,-78.6073111,205m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x91d463cbee312287:0xf8ccac8b4fa2fe10!8m2!3d-0.9774139!4d-78.6067422?hl=es-419&authuser=0>
- Grainger J., S. w. (1996). Análisis de sistemas de potencia. México: McGraw-Hill.
- IESS. (2016). Normativa Aplicable a la seguridad y salud en el trabajo. Recuperado el 08 de 02 de 2018, de [http://sart.iess.gob.ec/DSGRT/portal/norma\\_interactiva/IESS\\_Normativa.pdf](http://sart.iess.gob.ec/DSGRT/portal/norma_interactiva/IESS_Normativa.pdf)
- Lawrence & Zutter. (24 de 01 de 2012). Principios de administracion financiera. México: Pearson.
- Lawrence J., Z. C. (24 de 01 de 2012). Principios de administracion financiera. México: Pearson. Recuperado el 20 de 01 de 2017, de <http://www.farem.unan.edu.ni/investigacion/wp-content/uploads/2015/04/1-Principios-de-Administracion-Financiera-12edi-Gitman.pdf>
- MEER. (2014). Eficiencia Energética Sector Industrial. Recuperado el 16 de 01 de 2018, de <http://www.energia.gob.ec/eficiencia-energetica-sector-industrial/>

- MINAMBIENTE. (2018). Protocolo de Kioto. Recuperado el 25 de 12 de 2017, de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/458-plantilla-cambio-climatico-14>
- Molina. (08 de 2014). Levantamiento, rediseño y auditoría energética para la factibilidad de implantación de la Norma ISO 50001 en el sector de termoplásticos de la empresa Plasticaucho Industrial S.A. Recuperado el 21 de 01 de 2018, de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/8849>
- Palido de luz. (2013). Huella del Carbono. Recuperado el 30 de 05 de 2018, de <http://palido.deluz.mx/articulos/1232>
- PROMIGAS. (2018). Guía de equivalencias energéticas y volumétricas de combustibles. Recuperado el 24 de 01 de 2018, de <https://es.scribd.com/document/360151846/Guia-de-equivalencias-energeticas-y-volumetricas-de-combustibles-pdf>
- Quinga. (06 de 2011). Análisis de eficiencia energética para optimizar recursos en la fábrica "Textiles La Escala S.A.". Recuperado el 21 de 01 de 2018, de <http://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=10916>
- SMARKIA. (2014). Beneficios de aplicar ISO 50001. Recuperado el 20 de 01 de 2018, de <http://www.smarkia.com/es/blog/beneficios-de-aplicar-iso-50001>
- Zamora, 1984, citado en Molina, 2014. (s.f.). Recuperado el 22 de 01 de 2018, de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/12281>

# ANEXOS



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**CERTIFICACIÓN**

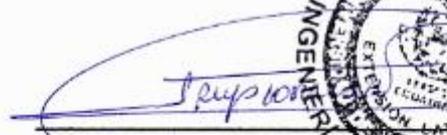
Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor: **DIEGO PAÚL MONGA SÁNCHEZ**

En la ciudad de Latacunga, a los 05 días del mes de Junio del 2018.



Ing. Álvaro Mullo  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

Aprobado por:



Ing. Katya Torres  
**DIRECTORA DE LA CARRERA**



Dr. Rodrigo Vaca  
**SECRETARIO ACADÉMICO**

