



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

**DIRECCIÓN DE POSGRADO**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN OPCIÓN AL GRADO  
ACADÉMICO DE MAGISTER EN **GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**TEMA:**

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EMPRESA DE LÁCTEOS LEITO UBICADA EN EL  
CANTÓN SALCEDO, 2013.

Autor:

Pérez Mayorga Javier Isaías

Tutor:

PhD. Marrero Ramírez Secundino

LATACUNGA – ECUADOR

Enero – 2018





Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

**DIRECCIÓN DE POSGRADO**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN OPCIÓN AL GRADO  
ACADÉMICO DE MAGISTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

**TEMA:**

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EMPRESA DE LÁCTEOS LEITO UBICADA EN EL  
CANTÓN SALCEDO, 2013.

Autor:

Pérez Mayorga Javier Isaías

Tutor:

PhD. Marrero Ramírez Secundino

LATACUNGA – ECUADOR

Enero – 2018



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**  
**Latacunga – Ecuador**

---

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe en la Dirección de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: Pérez Mayorga Javier Isaías con el título de tesis: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EMPRESA DE LÁCTEOS LEITO UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO, 2013. Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga octubre 2017.

Para constancia firman:

.....  
MSc. Ángel León  
PRESIDENTE

.....  
PhD. Gustavo Rodríguez  
MIEMBRO

.....  
MSc. Marco León  
PROFESIONAL EXTERNO

.....  
MSc. Xavier Proaño  
OPOSITOR

**AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS  
CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Programa de Maestría en Gestión de Energías, cohorte 2011, nombrado por el Honorable Consejo de Posgrados de la UTC.

**CERTIFICO**

Que he analizado el Proyecto de tesis de grado con el título de “EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EMPRESA DE LÁCTEOS LEITO UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO, 2013.”

Presentado por Javier Isaías Pérez Mayorga, con cédula de ciudadanía 1802874105 como requisito previo para la aprobación y el desarrollo de la investigación para optar el grado de Magister en Gestión de Energías.

Sugiero su aprobación y permita continuar con el trabajo de investigación.

Latacunga Octubre, 2017

-----  
PhD. Secundino Marrero Ramírez

CC.

TUTOR

## **RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE LA TESIS**

Del contenido del presente Proyecto de Investigación y desarrollo, EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EMPRESA DE LÁCTEOS LEITO UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO, 2013. Se responsabiliza el autor.

.....  
Pérez Mayorga Javier Isaías  
Número de C.I. 1802874105

## **AGRADECIMIENTO**

Mi profundo agradecimiento a todos quienes de una u otra manera contribuyeron con mi formación, a la empresa de LÁCTEOS LEITO que me dio las facilidades para realizar este estudio, a la Universidad Técnica de Cotopaxi y en forma especial al Centro de Post grado.

**Javier.....**

## **DEDICATORIA**

A mi familia por su apoyo incondicional.....

"El planeta no es una herencia de nuestros padres, sino un préstamo de nuestros hijos"  
(López, 2013)

**Javier.....**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## DIRECCIÓN DE POSGRADOS MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

### TÍTULO:

“EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EMPRESA DE LÁCTEOS LEITO UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO, 2013.”

### Autor:

Pérez Mayorga Javier Isaías

### RESUMEN

El presente estudio se ejecutó en la Industria – Lácteos LEITO, ubicada en el cantón Salcedo, donde se ha identificado que el consumo energético y la falta de programas de auditoría y eficiencia energética incrementan costos de producción. El objetivo fue evaluar el consumo de energía y proponer un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos de la empresa mediante el análisis de los rendimientos de equipos térmicos, eléctricos, y la adopción de medidas técnico-organizativas que permitan lograr ahorros de los insumos energéticos y disminuir costos de producción por esta causa. El estudio se basó en métodos y cálculos especificados en la norma IRAM, ISO50001, para el análisis eléctrico se empleó la regulación nacional 1160, regulación CONELEC – 004/011. Los resultados del estudio muestran bajos rendimientos en los sistemas de refrigeración y de generación de vapor. Estos parámetros pueden mejorarse con el control y ajuste de los equipos de refrigeración y generación de vapor, cambio de tecnología en compresores del sistema de refrigeración y la puesta en funcionamiento de sistemas de control que posee la empresa.

**Descriptor:** lácteos Leito, energéticos, industria lechera, eficiencia térmica y eléctrica.

# **COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY**

**POSTGRADUATE DIRECTION**

**ENERGY MANAGEMENT MASTER'S DEGREE**

**THEME:**

Energy efficiency in the dairy company Leito located in Salcedo canton, 2013.

**Author:**

Eng. Pérez Mayorga Javier Isaías

**ABSTRACT**

The present study was carried out in the Industry - Dairy LEITO, located in Salcedo canton, where it has been identified that energy consumption and the lack of audit programs and energy efficiency increase production costs. The objective was to evaluate the energy consumption and propose a better use of the company's energy resources by analyzing the performance of thermal and electrical equipment and the adoption of technical-organizational measures that allow achieving savings of the energy inputs to reduce costs of production by this issue. The study was based on the methods and calculations specified in the IRAM standard, ISO50001, for the electrical analysis national regulation was used 1160, regulation CONELEC - 004/011. The results of the study show low yields in the systems of refrigeration and steam generation. These parameters can be improved with the control and adjustment of refrigeration equipment and steam generation, the change of technology in refrigeration system compressors and the commissioning of control systems that the company has.

**Descriptors:** dairy Leito, energy, dairy industry, thermal and electrical efficiency.

## ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iv
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
ÍNDICE GENERAL.....	xi
Situación Problemática.....	xix
Formulación del problema. ....	xx
Justificación y significación.....	xx
OBJETIVOS.....	xx
Objetivos generales:.....	xx
Objetivos específicos:.....	xx
Antecedentes de la Investigación:.....	xxi
CAPITULO I.....	23
MARCO TEÓRICO Y CONTEXTUAL.....	23
Eficiencia Energética.....	23
La Energía en la Industria Láctea .....	23
Sistema Eléctrico .....	24
La Calidad del Producto.....	24
CLASES DE POTENCIAS.....	26
POTENCIA ACTIVA .....	26
POTENCIA REACTIVA .....	26
POTENCIA APARENTE .....	27

Factor de potencia.....	27
Beneficios Económicos .....	29
Beneficios en los Equipos .....	29
Armónicos .....	30
Armónicos de Voltaje: .....	30
Armónicos de Corriente: .....	31
Desbalances de carga .....	33
Selección del Calibre de Conductor para Instalaciones Eléctricas de bajo voltaje .....	35
Cálculo de la corriente admisible del conductor .....	35
Diagnóstico Energético de los Sistemas.....	36
Gestión energética. ....	37
Sistema de refrigeración.....	38
Sistema térmico.....	39
Uso racional de energía en sistemas de vapor .....	40
Evaluación de la eficiencia de las máquinas asíncronas en condiciones de campo .....	41
Métodos y mediciones para la evaluación de la eficiencia .....	42
Método de los datos de placa .....	42
El calor .....	43
Calor sensible y calor latente.....	43
Pérdida de calor en Tuberías. ....	45
Factor de pérdida de calor.....	45
Tipos de diagnósticos energéticos:.....	45
Diagnóstico de cuarto grado: .....	46
CAPITULO II.....	47
METODOLOGÍA.....	47
Métodos de investigación .....	47
Tipos de Investigación .....	48

Investigación Bibliográfica .....	48
Investigación Exploratoria .....	48
Investigación descriptiva .....	48
Investigación Propositiva. - .....	48
Técnicas de Investigación: .....	48
Observación Directa y Participativa .....	48
Instrumentos de Investigación: .....	49
Hipótesis.....	49
Operacionalización de variables .....	49
Mediciones de energía eléctrica y consumo de motores. ....	50
Medición de carga en motores.....	50
Modelación y simulación.....	52
CAPITULO III - ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	54
Descripción de la Industria láctea LEITO:.....	54
Análisis de la Producción de la Industria Láctea Leito .....	54
Diagramas de flujo principales procesos .....	54
Diagrama de flujo de elaboración del yogurt .....	55
Pareto de la producción .....	57
Energía – Producción.....	59
Análisis del consumo de energía eléctrica de los equipos de la industria .....	62
Sistema de vapor.....	64
Pérdidas de energía.....	64
Pérdidas de energía en tuberías por aislamiento .....	64
Pérdidas de energía por desperdicio de condensado.....	66
Pérdidas de combustible .....	67
Pérdida por fuga en el visor de nivel .....	67
Tanque con fuga de agua .....	68

Descripción del sistema eléctrico de la Industria: .....	69
Levantamiento de carga: .....	71
Energía kWh/mes: .....	73
Análisis de datos obtenidos en las mediciones: .....	73
Curva de Carga: .....	75
Desbalance de Cargas .....	77
Análisis de Factor de Potencia: .....	77
Análisis de Armónicos: .....	78
Armónicos de Corriente: .....	79
Análisis de Desbalance de carga: .....	83
Análisis de Niveles de Voltaje: .....	83
Datos obtenidos con la Simulación. - .....	84
Simulación Inicial del Sistema en el software EASY POWER .....	84
CAPÍTULO IV – LA PROPUESTA.....	88
PROPUESTA.....	88
Título de la propuesta .....	88
Justificación .....	88
Objetivos .....	88
Estructura de la propuesta .....	88
Desarrollo de la propuesta .....	88
Propuesta para corregir los problemas del sistema eléctrico .....	88
Análisis del Conductor: .....	89
Análisis técnico – económico.....	91
Propuesta para corregir el Sistema Térmico.....	91
Evaluación económica de propuestas para corregir los problemas térmicos.....	92
Evaluación económica de propuestas para corregir los problemas eléctricos .....	95
Ahorro energético al implementar las soluciones propuestas .....	96

Calculo de las pérdidas de energía .....	97
Pago de penalización por bajo factor de potencia.....	98
Cálculo del TIR y el TMAR: .....	98
Plan de Ahorro de energía .....	99
CONCLUSIONES.....	101
RECOMENDACIONES.....	101
Referencias Bibliográficas.....	102
ANEXOS.....	104
Calor necesario para producir calor .....	104
Energía de combustibles .....	104
Ahorro de energía calorífica tuberías .....	105
Calor específico del bunker y diésel .....	105
Conductividad térmica .....	106
Pérdidas de calor para tuberías de acero sin aislamiento .....	107
Perdidas de calor para tuberías con diferentes espesores de aislamiento .....	108
Flujo de calor convección y radiación.....	108
Tipos de aislamientos .....	109
Layout LEITO.....	110
Curva de vapor .....	111
Motor de alta eficiencia .....	111
Factor K .....	112
Comparación entre límites THDv entre CONELEC y IEEE .....	112

## ÍNDICE DE GRÁFICOS:

Ilustración 1: Sistema Trifásico a tres hilos .....	35
Ilustración 2: Diagnóstico Energético .....	37
Ilustración 3: Ciclo de refrigeración .....	38
Ilustración 4: Intercambiador de calor .....	40
Ilustración 5 Medidas tomada con equipos .....	50
Ilustración 6: Medidas tomadas del vapor .....	51
Ilustración 7: Medidas tomadas de la temperatura.....	51
Ilustración 8: Medidas tomadas del condensado.....	52
Ilustración 9: Productos elaborados por la Industria.....	54
Ilustración 10: Elaboración del yogurt.....	55
Ilustración 11: Elaboración de naranjadas .....	56
Ilustración 12: Porcentaje de producción.....	57
Ilustración 13: Porcentaje de los portadores energéticos .....	58
Ilustración 14: Estructura de consumo de energía .....	58
Ilustración 15: Control de Energía en consumo de diésel.....	61
Ilustración 16: Control del índice en consumo de diésel .....	61
Ilustración 17: Comparación entre el diésel y producción.....	62
Ilustración 18: Índice del consumo de energía eléctrica .....	62
Ilustración 19: Índice del consumo de energía eléctrica .....	63
Ilustración 20: Comparación entre energía eléctrica y la producción de la industria .....	63
Ilustración 21: Medición de las pérdidas de energía en las tuberías .....	65
Ilustración 22: Medición de las pérdidas de energía en las tuberías .....	66
Ilustración 23: Medición de pérdidas de combustible .....	67
Ilustración 24: Medición de pérdidas de fugas de vapor .....	68
Ilustración 25: Diagrama Unifilar de la Industria .....	70
Ilustración 26: Consumo de energía eléctrica de cada equipo eléctrico .....	73
Ilustración 27: Representación de la carga en porcentaje .....	74
Ilustración 28: Curva de carga .....	75
Ilustración 29: Curva de carga .....	76

Ilustración 30: Nivel de Armónicos de Voltaje .....	78
Ilustración 31: Nivel de Armónicos de Corriente .....	83
Ilustración 32: Simulación inicial del sistema eléctrico de la industria .....	85
Ilustración 33: Corrida de flujos del sistema .....	85
Ilustración 34: Esquema del sistema de condensación .....	93

#### ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1: Parámetros eléctricos según la regulación CONELEC 004/01 .....	25
Tabla 2: Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.....	29
Tabla 3: Límites de armónicos de voltaje .....	31
Tabla 4: Límites de Distorsión de Corriente.....	32
Tabla 5: Límites de Variaciones de voltaje.....	34
Tabla 6: Variables Independientes .....	49
Tabla 7: Variables Dependientes .....	50
Tabla 8: Cantidad de productos elaborados por la industria.....	57
Tabla 9: Consumo de energía y diésel en TEP .....	58
Tabla 10: Consumo de energía y diésel en TEP .....	58
Tabla 11: Representación del consumo de energía y diésel.....	59
Tabla 12: Representación del consumo de energía y diésel.....	60
Tabla 13: Representación del consumo de energía y diésel.....	60
Tabla 14: Cantidad de productos elaborados por la industria.....	64
Tabla 15: Equipos distribuidos en la tubería de vapor.....	65
Tabla 16: Características del Transformador .....	69
Tabla 17: Levantamiento de cargas conectadas al transformador de 500 kVA.....	72
Tabla 18: Carga total instalada y con factor de utilización en porcentaje .....	73
Tabla 19: Potencia Aparente de las Tres Líneas .....	74
Tabla 20: Resumen de Potencias .....	75
Tabla 21: Potencia activa máxima de las tres líneas.....	76
Tabla 22: Potencia activa máxima de las tres líneas.....	77
Tabla 23: Valores de Factor de Potencia .....	77
Tabla 24: Valores de THD de voltaje por línea y fase.....	78

Tabla 25: Valores de THD de voltaje por línea y fase.....	78
Tabla 26: Valores de Corriente de la línea.....	79
Tabla 27: Cálculo de $\alpha$ para verificar los armónicos de corriente .....	81
Tabla 28: Límites de distorsión de corriente.....	81
Tabla 29: Límites de distorsión de corriente en Amperios .....	82
Tabla 30: Límites de distorsión de corriente en Amperios .....	82
Tabla 31: Valores de Voltaje min, med y max de las fases .....	84
Tabla 32: Niveles de Voltaje min, med y max de las fases .....	84
Tabla 33: Factor de Potencia de la carga .....	86
Tabla 34: Factor de Potencia de la carga .....	86
Tabla 35: Sobrecarga de la línea .....	87
Tabla 36: Costo de Energía Anual por iluminación.....	87
Tabla 37: Simulación inicial con el conductor.....	89
Tabla 38: Resultado del conductor cuando ya se coloca el banco de capacitores .....	90
Tabla 39: Simulación con el calibre de 4 AWG .....	90
Tabla 40: Tipos básicos de aislamiento .....	92
Tabla 41: Presupuesto para implementación del aislamiento de las tuberías .....	92
Tabla 42: Presupuesto para implementación del aislamiento de las tuberías .....	93
Tabla 43: Presupuesto para implementación del aislamiento de las tuberías .....	94
Tabla 44: Presupuesto para implementar el sistema contra fuga .....	94
Tabla 45: Presupuesto para motores más eficientes.....	95
Tabla 46: Presupuesto para motores más eficientes.....	95
Tabla 47: Presupuesto para cambiar la iluminación .....	96
Tabla 48: Presupuesto para cambiar la iluminación .....	96
Tabla 49: Pliego Tarifario. Valor Industrial.....	97
Tabla 50: Penalización anual por bajo factor de potencia .....	98
Tabla 51: Flujo Neto de Inversión .....	99
Tabla 52: Flujo Neto de Inversión .....	99
Tabla 53: Flujo Neto de Inversión .....	100
Tabla 54: Flujo Neto de Inversión .....	100

## **Situación Problemática**

La eficiencia energética actualmente es responsabilidad de todos, hoy en día la demanda energética se ha incrementado a un ritmo acelerado y consecuentemente los efectos nocivos sobre nuestro planeta cada vez son más evidentes, el uso adecuado de la energía no solo representa la reducción de los gastos por concepto de energía sino también minimiza el impacto al ambiente.

La empresa de lácteos “Leito” ubicada en el cantón Salcedo provincia de Cotopaxi está interesada en iniciar proyectos para reducir el consumo de energía mediante el uso de nuevas tecnologías que contribuyan a mejorar los procesos para hacerlos más eficientes en consumo de energía.

Este trabajo contempla la realización de una auditoria energética de toda la planta industrial, la evaluación de los procesos productivos desde el punto de vista de consumo de energía, la evaluación de la información técnica recogida, el análisis costo beneficio y la elaboración de una propuesta de las posibles estrategias a seguir para optimizar el uso de energía, a través de un programa de ahorro dirigido a las instalaciones que garanticen el funcionamiento óptimo de los equipos

La situación energética mundial y el efecto invernadero, ocasionado por la demanda de energía y el uso desmesurado de recursos provenientes de fósiles, marcan una problemática actual que la humanidad debe resolver para garantizar los recursos necesarios para las futuras generaciones.

La empresa de Productos Lácteos “LEITO” se fundó en el año de 1978 bajo el amparo de la ley del consumidor, siendo su propietario el Ing. Germán Pozo se encuentra ubicada en la Provincia de Cotopaxi, Cantón Salcedo, Barrio Rumipamba de las Rosas. La empresa produce y comercializa varios productos tales como: yogurt, quesos, y refrescos, tanto para el mercado formal como para el mercado informal.

La planta procesadora LEITO, carece de un sistema de gestión energética y presenta varias oportunidades de mejora en manejo de recursos energéticos, la energía con la que opera la procesadora proviene de la electricidad y diésel principalmente, para exteriorizar las deficiencias en gestión de energética fue necesaria una auditoria a los sistemas y procesos productivos para determinar oportunidades de mejora y así realizar una propuesta para el incremento de la eficiencia energética de la planta.

### **Formulación del problema.**

El problema en la planta procesadora de lácteos Leito se refiere a:

“La carencia de datos energéticos de la Industria Láctea LEITO y la falta de programas de auditoría energética ha provocado una ineficiencia en los diferentes procesos que realiza la industria y generando un pago excesivo en las planillas de consumo”

### **Justificación y significación**

La investigación pretende optimizar el consumo de energía identificando las oportunidades de mejora en las instalaciones de la procesadora de lácteos LEITO, los consumos no controlados de energía en los procesos productivos hacen ineficiente a la empresa en el manejo de energía, esto impacta no únicamente un costo de energía elevado sino también contribuye al deterioro de la capa de ozono, al calentamiento global. El presente trabajo se justifica de manera social, disminuyendo el impacto ambiental, realizando un consumo sostenible de energía. Se justifica científicamente al evaluar metódicamente los procesos productivos frente al consumo de energía.

### **OBJETIVOS**

#### **Objetivos generales:**

1. Evaluar el consumo de la energía en la procesadora de lácteos “LEITO”, mediante un levantamiento de datos de consumo de energía para proponer un plan de eficiencia energética en la empresa.

**Comentado [XP1]:** Qué, Cómo y Para qué

#### **Objetivos específicos:**

1. Realizar un diagnóstico energético de los sistemas de vapor, refrigeración y eléctrico de la industria a través del levantamiento del consumo de las cargas
2. Identificar las oportunidades de mejora en los procesos de transformación, mediante el análisis de los datos de consumo de energía con el fin de obtener un ahorro en el consumo energético.

3. Elaborar un plan de reducción de consumo de energía y mediante la evaluación de la factibilidad económica de las posibles soluciones y así poder mejorar la matriz productiva de la industria.

#### **Antecedentes de la Investigación:**

“El consumo de energía a nivel mundial se ha duplicado en los últimos 25 años, situación que se ha observado desde el consumo a nivel industrial hasta el consumo en los hogares. Pero estos cambios varían fuertemente de acuerdo a las distintas regiones del planeta. El consumo de energía viene acompañando del constante crecimiento de la producción industrial, del consumo doméstico y del transporte. Esto se relaciona directamente con un aumento en las necesidades económicas y sociales de la población mundial. Pero este incremento no se da en todas las sociedades por igual.” (Delgado, 2013, pág. 7)

“Actualmente 90 % de las necesidades energéticas de nuestro planeta son satisfechas con la utilización de combustibles fósiles (petróleo, gas, carbón). Todos ellos extingüibles, fuertemente contaminantes y utilizados en forma ineficiente.” (Hernandez, Aristizabal, & Gordillo, 2013, pág. 12).

“El petróleo y otros combustibles fósiles como el carbón y el gas natural según muestra figura 1, se consolidaron durante el siglo XX como la base de la matriz energética, tanto por los costos de producción y de transporte como por la multiplicidad de usos. A corto plazo no se prevé un cambio significativo en esta situación, a pesar de lo limitado de los yacimientos o de las consecuencias ambientales de su utilización. Una política energética social y ambientalmente sustentable debe repensar tanto la matriz energética actual como la distribución de la producción de energía, de modo que las mejoras en calidad de vida alcancen a toda la población mundial, pero que no pongan en riesgo la supervivencia de la vida humana en el planeta.” (Delgado, 2013, pág. 8)

“En Ecuador el Gobierno Nacional ha venido desarrollando desde hace algunos años más que un régimen de ahorro energético, un plan de soberanía energética cuyo propósito se fundamenta en la creación de una cultura de uso racional y eficiente de la energía.

El Programa Nacional de Ahorro de Energía comprende varios sectores como: residencial, productivo, servicio, edificios públicos y normas de eficiencia, para la difusión de la política energética mediante proyectos estratégicos de energía.

Cuando se habla de la política energética se refiere al análisis de la demanda en función de la oferta dada por las hidroeléctricas, plantas térmicas y la interconexión que se da con los países vecinos.” (Plaza, 2014, pág. 26)

Lo más importante para lograr la Eficiencia Energética de una Empresa no es sólo que tengamos un plan de ahorro de energía, sino que exista un sistema de gestión energética que garantice que ese plan sea renovado cada vez que sea necesario, que involucre a todos, que eleve cada vez más la capacidad de los trabajadores y directivos para generar y alcanzar nuevas metas en este campo, que desarrolle nuevos hábitos de producción y consumo en función de la Eficiencia Energética.

Para la Planta Procesadora de Lácteos Leito, la Gestión de Energía es actualmente una buena oportunidad de mejora y prestó todas las facilidades para el desarrollo del presente trabajo.

El trabajo se ha dividido en IV capítulos, donde se explican los procedimientos realizados para cumplir con los objetivos propuestos.

El capítulo I, Marco Contextual y Teórico: Antecedentes del estudio, Fundamentación teórica, Fundamentación Legal.

El capítulo II, Metodología: consta del diseño de la investigación, población y muestra, hipótesis de la investigación, operacionalización de variables dimensiones e indicadores, instrumentos de recolección de datos, procedimientos de la investigación, procesamiento y análisis.

El capítulo III, presenta el análisis e interpretación de resultados de la investigación.

El capítulo IV, Propuesta: Se presenta la propuesta a la que se llega después de realizar la investigación y la evaluación técnico – económica.

## CAPITULO I

### MARCO TEÓRICO Y CONTEXTUAL

#### **Eficiencia Energética**

“Se entiende como Eficiencia Energética (EE) a la relación entre la cantidad producida de un servicio o utilidad y la cantidad de energía consumida para proporcionarlo. Una mejora de la eficiencia energética implica producir la misma cantidad consumiendo menos energía, o bien producir más cantidad consumiendo la misma energía. Desde la óptica industrial, el concepto abarca el uso eficaz de los consumos energéticos de equipos dentro de los procesos, cuyo objetivo global es reducir los costos de producción, pero con la convicción de que el uso de la energía es responsable, sustentable y amigable con el medio ambiente.

Además, la industria constituye para cualquier nación uno de los pilares fundamentales de crecimiento económico, identificada simultáneamente con el incremento de la demanda de energía, especialmente con la de tipo eléctrico. Por lo tanto, el emprendimiento de políticas de EE permite cambios sustanciales en los índices de consumo y mejoras impostergables en la optimización del uso de la energía en sus diferentes formas

Un análisis más profundo se logra a través de la auditoría energética, que consiste en un procedimiento sistemático para tener conocimiento de la situación energética en una instalación, identificando y valorando los posibles ahorros de energía desde el punto de vista técnicos y económicos” (Pelaéz, 2017, págs. 28-29)

#### **La Energía en la Industria Láctea**

Según (Pelaéz, 2017, págs. 28-30). La utilización de energía permite asegurar la calidad de los productos que se ofrece la industria lechera, principalmente en la generación de vapor para los tratamientos térmicos y la refrigeración en la etapa de almacenamiento. Se considera que, en una planta procesadora de lácteos, aproximadamente un 80% del consumo total se obtiene a través de la combustión de combustibles fósiles (diésel, gas, etc.) en tanto que el 20% restante es energía eléctrica, y de esta, la refrigeración representa entre un 30 a 40%

Herramientas útiles para la cuantificación de los rendimientos energéticos en industria lechera y que aporta con información adicional son los índices de rendimiento por unidad, tales como la Unidad de Uso de Energía Eléctrica y la Unidad de Uso de Energía Térmica

Unidad de Uso de Energía Eléctrica= 
$$\frac{\text{Total KWh de Energía Eléctrica Usada en un periodo de 12 meses}}{\text{Total de Litros de Leche Procesada Recibida en el mismo periodo de 12 meses}}$$

**Ecuación 1**

El rango de valor esperado para este índice es aproximadamente 0,1 a 0,3 kWh/litro de leche procesada, dependiendo del proceso. Mientras que el índice de Uso de Energía Térmica depende del tipo de combustible usado. Para consumo de diésel tipo 2 se puede calcular mediante la ecuación 2:

$$\text{Unidad de Uso de Energía Térmica} = \frac{\text{Total de litros de combustible Usada en un periodo de 12 meses}}{\text{Total de Litros de Leche Procesada Recibida en el mismo periodo de 12 meses}} \quad \text{Ecuación 2}$$

### Sistema Eléctrico

La producción de derivados lácteos depende en gran medida de la energía eléctrica, por lo que se debe asegurar una buena calidad de energía manteniendo los indicadores eléctricos en los niveles establecidos por la regulación nacional emitida CONELEC 004/01.

#### La Calidad del Producto

La Regulación de Calidad de Servicio Eléctrico de Distribución del Ecuador (Regulación No. CONELEC-004/01), establece patrones en tres aspectos tales como:

- Calidad del Producto
- Calidad de Servicio Técnico
- Calidad de Servicio Comercial

La primera, Calidad del Producto, establece pautas para los parámetros eléctricos para poder entregar energía de buena calidad. La Calidad de Servicio Técnico en cambio, regula las interrupciones de servicio eléctrico estableciendo límites para su frecuencia y duración. La calidad de Servicio Comercial a diferencia de las anteriores reglamenta las solicitudes y reclamos de medición y facturación.

El detalle de los incumplimientos y las penalizaciones correspondientes se incorporarán a los respectivos contratos de concesión. El estudio presente tomará a consideración solo la parte de “Calidad del Producto” de esta regulación, debido a que la Industria de lácteos no cuenta con dicho estudio, y para ello tomar como referencia cada una de las presentes mediciones para observar las características de Calidad del Suministro Eléctrico de la Industria. Según la regulación No. CONELEC-004/01, la Calidad del Producto comprende los siguientes aspectos (CONELEC, 2011, págs. 4-11):

- Nivel de voltaje.
- Perturbaciones de voltaje.
- Factor de potencia

Comentado [XP2]: es marco teórico es análisis de resultados

Comentado [UdW3R2]:

**Tabla 1:** Parámetros eléctricos según la regulación CONELEC 004/01

ÍTEM	PARÁMETRO	NORMA O REFERENCIA															
1	<p><b>VOLTAJE DE ESTADO ESTACIONARIO:</b></p> <p>Variaciones máximas permitidas en baja voltaje:</p> <p>Las variaciones de voltaje permitidas en condiciones normales de operación para redes de baja voltaje (menores a 1 kV) deben estar entre el 90% y el 110% del voltaje nominal, en periodos superiores a 1 minuto.</p>	<p><b>REGULACIÓN CONELEC 004/01</b></p> <p>Las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal se señalan a continuación:</p> <table border="1" data-bbox="587 748 1045 1079"> <thead> <tr> <th></th> <th>Sub etapa 1</th> <th>Sub etapa 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alto Voltaje</td> <td>± 7,0 %</td> <td>± 5,0 %</td> </tr> <tr> <td>Medio Voltaje</td> <td>± 10,0 %</td> <td>± 8,0 %</td> </tr> <tr> <td>Bajo Voltaje Urbanas</td> <td>± 10,0 %</td> <td>± 8,0 %</td> </tr> <tr> <td>Bajo Voltaje Rurales</td> <td>± 13,0 %</td> <td>± 10 %</td> </tr> </tbody> </table> <p>Prevalece actualmente la sub-etapa 2</p>		Sub etapa 1	Sub etapa 2	Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %	Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %	Bajo Voltaje Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %	Bajo Voltaje Rurales	± 13,0 %	± 10 %
	Sub etapa 1	Sub etapa 2															
Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %															
Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %															
Bajo Voltaje Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %															
Bajo Voltaje Rurales	± 13,0 %	± 10 %															
2	<p><b>ARMÓNICOS</b></p> <p>Contenido de Armónicos de las Ondas de Voltaje y Corriente (Límites de Distorsión Armónica) depende del voltaje en el que se esté trabajando</p>	<p><b>REGULACIÓN CONELEC 004/01</b> Para efectos de regulación de calidad del servicio eléctrico.</p> <p><b>ANSI/IEEE std 519 - 1992</b> “Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems”</p>															
3	<p><b>FRECUENCIA</b></p> <p>Variaciones máximas permitidas en frecuencia: La frecuencia nominal del SIN es 60 Hz y su rango de variación de operación está entre 59.8 y 60.2 Hz en condiciones normales de operación.</p>	<p><b>REGULACIÓN CONELEC 004/01</b> Para efectos de regulación de calidad Del servicio eléctrico.</p>															

<b>5</b>	<b>FACTOR DE POTENCIA:</b> El factor de potencia inductivo de las instalaciones deberá ser igual o superior a 0.90.”	<b>REGULACIÓN CONELEC 004/01</b> Para efectos de regulación de calidad Del servicio eléctrico. Establece el límite en 0,92.
----------	---	---

**Fuente:** Análisis de carga del hospital San Vicente de Paúl de la Ciudad de Ibarra y propuesta para el cumplimiento de la calidad de energía según la regulación No. CONELEC 004/01” (Aguirre & Germán, 2010, págs. 49-54)

### CLASES DE POTENCIAS

Se toma las definiciones básicas de las diferentes potencias existentes con sus respectivas fórmulas para calcular.

#### POTENCIA ACTIVA

La potencia activa se la define como la potencia que se transforma íntegramente en trabajo o en calor (pérdidas). Se mide en kWh. Del concepto anterior se deduce que todas las máquinas eléctricas alimentadas con corriente alternan convierten la energía eléctrica suministrada en trabajo mecánico y calor, esta energía se mide en kWh. Según (Schneider, 2012).

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos(\varnothing)$$

**Ecuación 3**

**Donde:**

**P:** Potencia activa

**U:** Voltaje de la red (voltaje de línea)(entre fases)

**I:** Corriente de la línea

**$\varnothing$ :** Ángulo de desfase entre el voltaje y la corriente

#### POTENCIA REACTIVA

La potencia que utilizan ciertos receptores para la creación de campos eléctricos y magnéticos (como motores, transformadores, reactancias, etc.)

Entonces esta potencia no se convierte en trabajo útil, pero es muy necesaria para la creación de los campos magnéticos internos de los motores y transformadores, además aumenta la potencia total a transportar por las empresas eléctricas distribuidoras, así como también las pérdidas en los conductores, caídas de voltaje de los mismos y un consumo de energía suplementario que no es aprovechable directamente por los receptores. Se mide en kVAr y se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$Q = \sqrt{3} \times U \times I \times \sin \varnothing$$

**Ecuación 4**

## POTENCIA APARENTE

Es el valor real demandado a la red y que es la suma vectorial de las potencias activa y reactiva. Es importante destacar que es la energía real generada y transportada por las líneas

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

**Ecuación 5**

$$S = U \times I$$

**Ecuación 6**

$$S = \sqrt{3} \times U \times I$$

**Ecuación 7**

En definitiva, la potencia aparente es el valor real demandado a la red y que es la suma vectorial de las potencias activa y reactiva.

### Factor de potencia

Es la relación que hay entre la potencia activa y la aparente; es un indicativo del porcentaje de potencia aparente que se transforma en potencia activa. En un circuito puramente resistivo, el valor de la potencia activa es igual al de la aparente y el factor de potencia es 1. Si el circuito es puramente inductivo, el valor de la potencia aparente es igual al de la potencia reactiva, el factor de potencia es entonces 0. De esta manera, el factor de potencia es un valor que varía entre 0 y 1 y coincide con el coseno del ángulo de desfase ( $\phi$ ) que hay entre el voltaje y la corriente. Según (Pelaéz, 2017, págs. 31-32)

$$\text{Factor de Potencia} = \frac{\text{Potencia activa}}{\text{Potencia Aparente}} = \cos(\phi)$$

**Ecuación 8**

El triángulo de potencias permite comprender gráficamente el factor de potencia y su relación con los tipos de potencia presentes en el circuito eléctrico.

Un bajo factor de potencia genera algunos problemas, como:

1. Multas por la compañía suministradora de energía eléctrica.
2. Reducción de la capacidad útil del sistema, incluyendo la capacidad del transformador de la subestación eléctrica.
3. Pérdidas por el efecto Joule debido a la resistencia eléctrica de los conductores de la instalación, incrementándose el consumo de energía eléctrica.
4. Reducción del nivel del voltaje lo que afecta la eficiencia de los motores.
5. Reducción de la iluminación de lámparas incandescentes.

En los artefactos que poseen un motor para su funcionamiento, una parte de la energía se transforma en energía mecánica, y la parte restante requiere otro tipo de energía llamada energía reactiva, que

es necesaria para su propio funcionamiento. En estos casos el factor de potencia toma valores menores a 1. Un bajo factor de potencia aumenta el costo de suministrar la potencia activa a la compañía eléctrica, esto significa que tiene que transmitirse más corriente. Este incremento en el costo se cobra directamente al consumidor por medio de cláusulas del factor de potencia.

Una metodología práctica para el cálculo del factor de potencia, consiste en usar los valores registrados de energía activa y reactiva en la planilla de consumo eléctrico, en base a estos y una vez calculado el  $\cos(\phi)$ , comparar y comprobar las penalizaciones que realiza la empresa proveedora de energía, así también llevar un control oportuno de este factor, que ayude a administrar el correcto funcionamiento de los equipos durante las operaciones de una empresa (Sernández, 2014)

#### **Factor de potencia (REGULACIÓN No. CONELEC 004/01)**

En la Regulación CONELEC – 004/01 al hablar de factor de potencia dice que “para efectos de evaluación de la calidad, en cuanto al factor de potencia, si en el 5% o más del periodo evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el Consumidor está incumpliendo con el índice de calidad.”

#### **1. LÍMITE**

El valor mínimo es de 0,92. (Regulación CONELEC 004/01)

Entonces operativamente las empresas eléctricas distribuidoras tienen la obligación de realizar las mediciones de la calidad del producto, recopilar, analizar y mantener registros de la información relacionada con la calidad del producto y del servicio, para analizar y reportar al Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC).

Diseñar planes para mantener y mejorar el nivel de calidad del servicio eléctrico de acuerdo a las exigencias de los clientes y a las normativas vigentes, considerando el aspecto económico. Presentar alternativas de corrección para los problemas de calidad.

#### **Cargos por bajo factor de potencia**

Para aquellos consumidores de la Categoría General, con medición de energía reactiva, que registren un factor de potencia medio mensual inferior a 0,92 el distribuidor aplicará los cargos establecidos en el Reglamento de Tarifas del Pliego y Cargos Tarifarios de Ecuador, en concepto de cargos por bajo factor de potencia.

Donde se deduce que la penalización por bajo factor de potencia será igual a la facturación mensual correspondiente a: consumo de energía, demanda, pérdidas en transformadores y comercialización, multiplicando por el siguiente factor. Según (ARCONEL, 2016, pág. 9):

$$Bfp = \left( \frac{0.92}{fpr} \right) - 1 \quad \text{Ecuación 9}$$

**Donde:**

**Bfp:** Factor de penalización por bajo factor de potencia.

**fpr:** Factor de potencia registrado.

### Corrección del factor de potencia

El Art. 27 de la Codificación del Reglamento de Tarifas Eléctricas establece que las empresas distribuidoras de energía eléctrica registrarán el valor del factor de potencia aceptable con un mínimo de 0.92; caso contrario si los usuarios demandan un factor de potencia menor al 0,92 tendrán una sanción económica denominada penalización por bajo factor de potencia, que deberán pagar en su factura eléctrica. Al corregir el factor de potencia se lograrán obtener beneficios económicos y en los equipos, estos se mencionan en la siguiente tabla (Sernández, 2014, pág. 15)

**Tabla 2:** Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Beneficios Económicos	Beneficios en los Equipos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción en los costos de facturación eléctrica</li> <li>• Eliminación del rubro por penalización por bajo factor de potencia</li> <li>• Menor sección de cables y protecciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución en las caídas de tensión</li> <li>• Reducción de las pérdidas en conductores</li> <li>• Aumento en la vida útil de las instalaciones</li> <li>• Incremento de la disponibilidad de potencia de transformadores, líneas y generadores.</li> </ul>

Fuente: SKV Solo Kilovatios Verdes (Sernández, 2014, pág. 16)

### **Armónicos**

Son tensiones cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia a la que el sistema de alimentación está diseñado para funcionar. Se puede entender como una malformación de la corriente eléctrica que se origina por los equipos que consumen energía eléctrica de una forma no lineal en el tiempo, lo que provoca que la forma de la onda senoidal de la corriente se distorsione (Delgado, 2013)

Acarrea ciertos problemas, como:

2. El sobrecalentamiento en los conductores especialmente en el neutro de las instalaciones.
3. Disparos intempestivos de interruptores automáticos y diferenciales.
4. Disminución del factor de potencia de una instalación.
5. Vibraciones en cuadros eléctricos y acoplamientos en redes de telefonía y de datos.
6. Deterioro de la forma de onda de la tensión y subsecuente mal funcionamiento de los aparatos eléctricos.
7. Calentamiento y degradaciones en los aislamientos.
8. Degradaciones del aislamiento de los transformadores, pérdida de capacidad de suministro de potencia en los mismos.

### **Armónicos de Voltaje:**

Las armónicas de voltaje se producen principalmente, entre la relación de corriente armónica absorbida por las cargas no lineales y la impedancia de las fuentes del transformador de alimentación, esto está regido por la ley de OHM

La propia red de alimentación puede ser una fuente indirecta de armónicas de voltaje. Todas las cargas que comparten un transformador o un ramal, con fuerte carga armónica podrían resultar afectadas por las armónicas de voltaje producidas. Según (Sierra, 2009, págs. 29-30)

## Armónicos (REGULACIÓN No. CONELEC 004/01)

### Límite de Armónicos de voltaje

En la Regulación CONELEC – 004/01 al hablar de armónicos de voltaje dice que “Los valores eficaces (rms) de los voltajes armónicos individuales (Vi’) y los THD, expresados como porcentaje del voltaje nominal del punto de medición respectivo, no deben superar los valores límite (Vi’ y THD’) señalados a continuación. Para efectos de esta regulación se consideran los armónicos comprendidos entre la segunda y la cuadragésima, ambas inclusive.”

**Tabla 3:** Límites de armónicos de voltaje

ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD	TOLERANCIA  V <sub>i</sub>   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
13	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 tres</b>		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 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>

ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD	TOLERANCIA  V <sub>i</sub>   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
13	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 tres</b>		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 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: Regulación CONELEC 004/01 (CONELEC, 2011)

### **Armónicos de Corriente:**

Las armónicas de corriente son creadas por cargas no lineales que absorben corrientes en impulsos bruscos en vez de hacerlo suavemente en forma de onda sinusoidal. Estos impulsos crean ondas de corriente distorsionadas, que originan a su vez corrientes armónicas, de retorno hacia otras partes del sistema de alimentación.

Las corrientes absorbidas por las cargas no lineales contienen una buena cantidad de armónicos. Los armónicos presentes son una función del sistema de distribución y la configuración de la carga no lineal. (Mora & Cevallos, 2014, pág. 30)

### **Estándar IEEE 519 -1992**

Esta norma norteamericana ofrece una amplia información acerca de las causas y efectos de las perturbaciones armónicas en redes eléctricas. Está enfocada a limitar el contenido armónico de los sistemas de potencia. Separa y fija el grado de distorsión armónica máximo en voltaje (responsabilidad del suministrador de energía) y el de corriente (responsabilidad del consumidor de energía).

#### **Distorsión Total de Demanda**

TDD es la distorsión armónica basada en la máxima corriente de demanda (componente fundamental). Es una medida de la distorsión armónica total de la corriente en el PCC (punto de conexión común) para la carga total conectada

#### **Relación de Corriente de Cortocircuito a la Corriente de Carga $\frac{I_{sc}}{I_{L1}}$**

Es la medida de la relación de corriente de cortocircuito disponible en el PCC a la máxima corriente de carga en el mismo punto. Esto es una medida de la rigidez del sistema eléctrico relativo a la carga.

#### **Contenido armónico de corriente**

Se calcula sobre la base de índices que consideran el porcentaje de contenido armónico individual en la onda de corriente y el valor del TDD (Factor de Distorsión Total de la Demanda) de la carga conectada por los Agentes en los puntos de conexión. Para efectos de esta Regulación, se consideran las armónicas comprendidas entre la 2ª y la 30ª, incluyendo las mismas

#### **Límites**

Los valores límites de contenido armónico, de TDD y más procedimientos para aplicación de límites, se regirán a lo indicado en la guía IEEE 519 Control armónico. Una tabla con los límites señalados en esa guía se indica a continuación (IEEE\_519\_1992, 1992, pág. 76):

**Tabla 4:** Límites de Distorsión de Corriente

<b>Límites de Distorsión de Corriente para Sistemas de Distribución en General (desde 120 V hasta 69.000 V)</b>
Máxima Distorsión de Corriente Armónica en Porcentaje de $I_L$

Orden Armónico Individual (Armónicos Impares)						
$\frac{I_{sc}}{I_L}$	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.5	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	0.7	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

**Donde:**  
 $I_{sc}$  = máxima corriente de cortocircuito en el PCC  
 $I_L$  = máxima corriente de carga demandada (componente de frecuencia fundamental) en el PCC

Fuente: IEEE 519-1992 (IEEE\_519\_1992, 1992, pág. 76)

El valor del ITHD se calcula de la manera siguiente:

$$ITHD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{30} I_h^2}}{I_{h=1}}$$

#### Desbalances de carga

Los sistemas eléctricos industriales son propensos a sufrir desbalance de voltaje, esto significa que los valores de voltajes se diferencian entre sí.

Las razones para que esto ocurra pueden ser:

➤ **Razones Externas:**

Que la Compañía Eléctrica entregue un voltaje desbalanceado. Esto requiere un reclamo ante la empresa suministradora para que corrija la situación.

➤ **Razones Internas:**

Crecimiento desordenado de la instalación eléctrica, al incluirse cargas Monofásicas sin control, como: Cargas especiales, motores, aires acondicionados, otros.

Falsos contactos en Breakers, Fusibles, Contactores. De manera que se produzcan caídas de voltaje en alguna de las líneas. Según (Enríquez, 2005)

#### Fórmula:

$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{\text{Carga Fase Mayor} - \text{Carga Fase menor}}{\text{Carga Fase Mayor}}$$

**Ecuación 10**

El desbalance permitido no debe exceder al 5%, lo que quiere decir que las cargas totales conectadas a cada Fase de un sistema bifásico o trifásico no deben ser diferentes una de la otra en un porcentaje mayor al 5%

### **Análisis de niveles de voltaje**

Se determina a la calidad de voltaje como las variaciones de los valores eficaces (rms), medidos cada 10 minutos, con relación al voltaje nominal en los diferentes niveles. No cumple con el nivel de voltaje en el punto de medición cuando el 5% o más de los registros durante del período de medición de 7 días continuos, no se encuentren dentro de los límites de voltaje admitidos con respecto al valor del voltaje nominal como se señala (CONELEC, 2011):

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

**Ecuación 11**

Donde:

$\Delta V_K$  = variación de voltaje, en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.

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

$V_n$  = voltaje nominal en el punto de medición.

Los niveles de voltaje dependen de la zona en donde se ha realizado la medición: zona urbana o zona rural, la Subetapa 1 comprende medio voltaje (distribución), la Subetapa 2 al nivel de consumidor. Por consiguiente, la industria láctea LEITO corresponde a la categoría Bajo voltaje, zona rural y Subetapa 2, como se resalta en la tabla

**Tabla 5:** Límites de Variaciones de voltaje

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

Fuente: Regulación CONELEC 004-01

### Selección del Calibre de Conductor para Instalaciones Eléctricas de bajo voltaje.

La selección adecuada en un conductor que llevara corriente a un dispositivo específico se hace tomando en consideración dos factores:

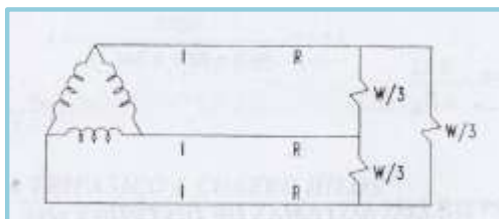
1. La capacidad de conducción de corriente (ampacidad)
2. La caída de voltaje.

Estos dos factores se consideran por separado para un análisis y simultáneamente en la selección de un conductor. Como es posible que los resultados en la selección de un conductor difieran considerando estos factores, entonces, se debe tomar como bueno el que resulte de mayor sección ya que de esta manera el conductor se comportará satisfactoriamente desde el punto de vista de caída de voltaje y cumplirá con los requerimientos de capacidad de corriente. (Enríquez H. , 2012, págs. 89-92)

### Cálculo de la corriente admisible del conductor

Los conductores de alimentación de una carga deben ser capaces de soportar, además de la corriente de plena carga en operación continua, cualquier sobrecarga que pueda tener durante su operación y las corrientes de arranque. Por lo tanto, debemos calcular el conductor a un 125% de la corriente consumida a plena carga.

**Ilustración 1: Sistema Trifásico a tres hilos**



**Fuente:** Manual de Instalaciones eléctricas (Enríquez H. , 2012, pág. 92)

Para poder calcular la corriente se utiliza las siguientes fórmulas:

$$P = \sqrt{3} * E_f * I * \cos \theta \quad \text{Ecuación 12}$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * E_f * \cos \theta} \quad \text{Ecuación 13}$$

### Cálculo de los conductores por caída de Voltaje

El voltaje en los terminales de la carga es por lo general menor que el voltaje de alimentación, la diferencia entre estos dos puntos se conoce como “La caída de voltaje”. En las normas técnicas para instalaciones eléctricas recomiendan que la máxima caída de voltaje (desde la alimentación hasta la

carga) no debe exceder el 5%; 3% se permite a los circuitos derivados (del tablero o interruptor a la salida para utilización) y el otro 2% se permite al alimentador (de la alimentación al tablero principal).

Una caída de voltaje excesiva (mayor del 5%) conduce a resultados indeseables debido a que el voltaje en la carga se reduce. No es suficiente calcular los conductores por corriente, es decir seleccionar el calibre de un conductor de acuerdo con la corriente que circula por él. También es necesario que las caídas de voltaje en el conductor no excedan los valores establecidos por el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas (que son 2% de caída de voltaje en instalaciones residenciales y un máximo de 5% en instalaciones industriales, desde el punto de alimentación hasta el último punto). (Enríquez H. , 2005, pág. 107)

#### **Calculo de la caída de voltaje en Sistemas Trifásicos a tres hilos:**

La caída de voltaje entre fases es:

$$e_f = \sqrt{3} \times R \times I$$

**Ecuación**

**14**

El porciento de la caída de voltaje es:

$$e\% = \frac{\sqrt{3}I}{50sE_f} \times 100$$

**Ecuación**

**15**

$$e\% = \frac{2\sqrt{3}LI}{sE_f}$$

**Ecuación**

**16**

#### **Diagnóstico Energético de los Sistemas.**

Para analizar el uso eficiente de la energía en las instalaciones de la Industria Láctea Leito es necesario realizar un diagnóstico energético a todos los sistemas que constituyen la planta.

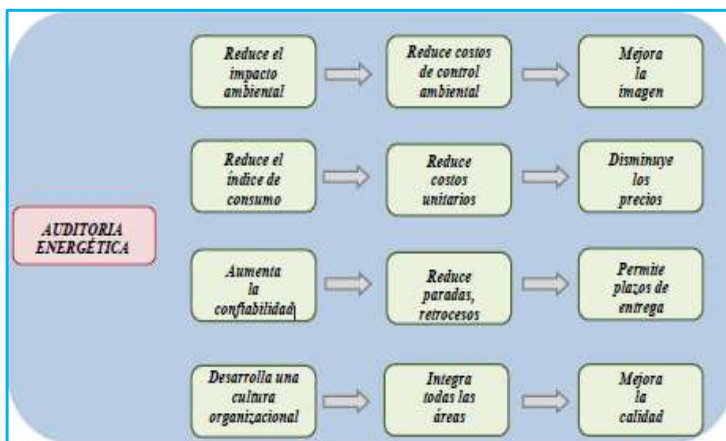
(Plaza, 2014, págs. 60-61). Dice “Un diagnóstico energético consiste en determinar el grado de eficiencia con que son utilizadas todas las formas y fuente de energía que constituyen la planta, y así poder establecer la implementación de un programa de ahorro energético, en el cual se evalúa como y donde es utilizada la misma, además se puede obtener información concreta de cuanta energía es desperdiciada. Las áreas de aplicación de un diagnóstico energético en la industria son: calderos, hornos, motores, bombas, sistemas eléctricos, turbinas, compresores y sistemas de

refrigeración. El proceso que sigue un diagnóstico energético para su aplicación dentro de una empresa es el siguiente:

9. Recopilación de datos.
10. Análisis de las energías útiles
11. Inventario de las prestaciones de los equipos.
12. Medidas y monitorización.
13. Identificar las medidas potenciales de ahorro energético
14. Análisis del ahorro energético y de emisiones.
15. Análisis económico y financiero.
16. Informe final.”

Mediante la gráfica se puede visualizar los beneficios que presenta la aplicación de un diagnóstico energético.

Ilustración 2: Diagnóstico Energético



Fuente: Manual de Instalaciones eléctricas (Enríquez H. , 2012, pág. 92)

### Gestión energética.

(Neita & Quitian, 2014, págs. 11-12) “Es un procedimiento de análisis cualitativo y cuantitativo que permite evaluar la eficiencia con la que una empresa administra y usa todos los tipos de energía

requeridos en el proceso. Así mismo, sirve para conocer las debilidades del sistema de administración energética, los niveles de eficiencia, y de pérdidas entre otros indicadores energéticos.

Es por esto que las buenas prácticas operacionales en el manejo y operación de equipos, la planeación de la producción, y el mantenimiento, entre otros factores relacionados con la productividad hace que las empresas sean más competitivas, además de identificar oportunidades y responsabilidades en la compra de equipos por su desempeño y consumo energético

Las empresas requieren reducir los costos de producción con menores consumos de energía, para competir en los mercados nacionales e internacionales.

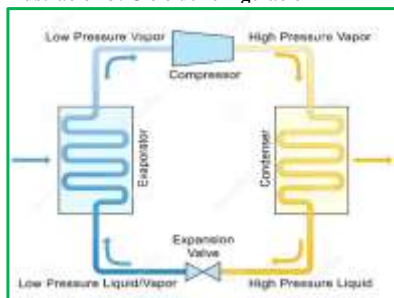
Con el ahorro de energía se logra:

1. Disminuir costos
2. Disminuir los niveles de contaminación
3. Conservar los recursos naturales
4. Implementar nuevas tecnologías en productos y fuentes alternas de energía
5. Incrementar la productividad y competitividad de las empresas.

### Sistema de refrigeración

“La refrigeración es un proceso por el que se reduce la temperatura de un espacio determinado manteniéndola con un propósito, como la conservación de alimentos; en este caso particular evita el crecimiento de bacterias e impide algunas reacciones químicas. En la industria es ampliamente utilizada la refrigeración mecánica, la que obtiene el enfriamiento constante mediante la circulación de un refrigerante en un circuito cerrado, donde se evapora y se vuelve a condensar en un ciclo continuo. Para mantener el enfriamiento es necesario un suministro continuo de energía y un método para disipar el calor. Para cada refrigerante existe una temperatura específica de vaporización asociada a cada presión, por lo que basta controlar la presión del evaporador para obtener la temperatura deseada. En el condensador existe una relación similar entre presión y temperatura (Guanipa, 2014, págs. 34-36)

Ilustración 3: Ciclo de refrigeración



Fuente: Ciclo de refrigeración (Enríquez H. , 2012, pág. 92)

“Los sistemas de compresión, utilizan cuatro elementos en el ciclo de refrigeración, compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador. En el evaporador el refrigerante se evapora y absorbe calor del espacio que está enfriando y de su contenido. El vapor pasa a un compresor movido por un motor que incrementa su presión, lo que aumenta su temperatura. El gas sobrecalentado a alta presión se transforma posteriormente en líquido en un condensador refrigerado por aire o agua. Después del condensador, el líquido pasa por una válvula de expansión, donde su presión y temperatura se reducen hasta alcanzar las condiciones que existen en el evaporador. El desempeño refrigerante se expresa en términos del Coeficiente de Operación - COP”

El COP que se define como:

$$\text{COP} = \frac{\text{Salida deseada}}{\text{Entrada requerida}} = \frac{\text{Efecto de calentamiento}}{\text{Entrada de Trabajo}} = \frac{Q_{sum}}{W_{neto,entra}} \quad \text{Ecuación 17}$$

**Donde:**

$Q_{sum}$  - Calor extraído del espacio refrigerado.

$W_{neto}$  - entrada de trabajo al refrigerador.

Por otra parte, el resultado útil del funcionamiento de una máquina frigorífica es extraer una cantidad de calor de la fuente fría, pagando con el trabajo que se entrega. Cuan mayor sea la razón de la ganancia, mejor será la máquina frigorífica.

### **Sistema térmico**

Los sistemas térmicos son equipos cuya función es la generación y distribución de energía en forma de calor, para cubrir las necesidades térmicas de los procesos productivos. En la industria alimenticia la más empleada es la caldera. La caldera es un sistema que utiliza el calor producido por la combustión para calentar un fluido que posteriormente será utilizado en las áreas que tengan necesidades térmicas. Particularmente en la industria láctea, la generación de vapor constituye un eje central que permite la pasteurización y del cual dependen los procesos subsiguientes. Al ser los equipos más importantes también son los mayores consumidores de energía, por lo que la optimización de estos sistemas repercute en gran medida en los ahorros de energía de la empresa.

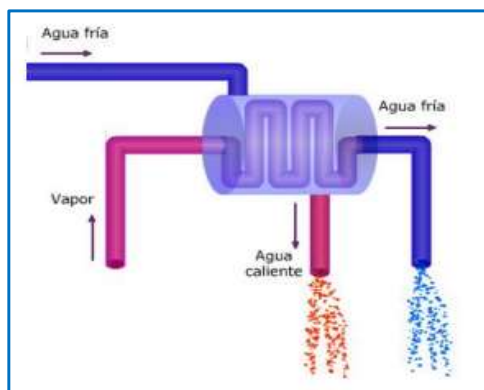
La eficiencia de la transmisión de energía del combustible depende de la calidad de la combustión, la capacidad y efectividad de la caldera como intercambiador de calor; a su vez, estos factores dependen del estado de mantenimiento y conservación de la combustión y el nivel de limpieza de la superficie libre de intercambio. Es posible alcanzar la máxima eficiencia cumpliendo los siguientes parámetros:” (Sanchez, 2003, págs. 15-22):

1. Proporcionar el combustible a la cámara de combustión en condiciones de ser quemado.
2. Aportar el aire necesario a la cámara de combustión.
3. Mezclar íntimamente el aire y el combustible.
4. Encender, mantener la llama y quemar la mezcla
5. Adaptar la llama a la geometría de la cámara de combustión.
6. Desplazar los productos de la combustión hacia la salida de los humos.

#### Uso racional de energía en sistemas de vapor

Uno de los medios más utilizados de transmisión de energía calórica es el vapor de agua por su fácil generación, su fácil manejo y su bajo costo comparado con otros sistemas. El vapor se genera a partir de una caldera diseñada para elevar las temperaturas de un líquido, generalmente agua, que cambia su estado líquido a gas a una determinada presión y temperatura. El transporte se da por medio de tuberías metálicas, debido a su presión no requiere de utilizar una bomba para su transporte, ver Figura 6.

**Ilustración 4:** Intercambiador de calor



**Fuente:** Gestión Energética del proceso Industrial de producción de leche de consumo (Neita &

Quitian, 2014, pág. 12)

La eficiencia en los sistemas de vapor en las calderas puede ser calculada mediante dos métodos: el método directo en donde se relaciona la energía útil con energía ingresada al sistema, y el método indirecto en el que se resta del total de la energía que ingresa al sistema, las pérdidas generadas para producir vapor. A continuación, se relacionan las ecuaciones para su cálculo

#### Método directo

$$\text{Eficiencia}(\%) = \frac{m_v \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] * (h_g - h_{\text{agua in}})}{m_c \left[ \frac{\text{kg}}{\text{g}} \right] * \text{P.C.S} \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]} \quad \text{Ecuación 18}$$

#### Método indirecto

$$\text{Eficiencia}(\%) = \frac{(m_c \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] * \text{P.C.S} \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]) - \Sigma \text{pérdidas} \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]}{m_c \left[ \frac{\text{kg}}{\text{g}} \right] * \text{P.C.S} \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]} \quad \text{Ecuación 19}$$

Dónde:

**m<sub>v</sub>**: Flujo de Vapor (kg/h).

**h<sub>agua in</sub>**: Entalpía de agua de entrada (kJ/kg).

**h<sub>g</sub>**: Entalpía total del vapor (kJ/kg).

**m<sub>c</sub>**: Flujo de combustible (kg/h).

**P.C.S**: Poder Calorífico Superior (kJ/kg).

**Σ Pérdidas**: Total pérdidas del Sistema (Gases, purgas, convección y radiación)

En los sistemas de vapor, así como en cualquier proceso donde intervengan maquinarias eléctricas o mecánicas se requiere de un buen uso de los recursos energéticos y de la materia prima como lo es combustible para su funcionamiento, además del estado actual de los equipos y del mantenimiento de los sistemas de vapor se puede mejorar estos procesos evitando fugas de calor por las tuberías o en la recuperación del condensado”

#### Evaluación de la eficiencia de las máquinas asincrónicas en condiciones de campo

“Un programa de perfeccionamiento energético difícilmente puede considerarse completo sin una evaluación de la eficiencia de los motores más potentes y críticos de una instalación. Debido a los precios crecientes y las exigencias de ahorro de energía, el valor de la eficiencia juega un papel fundamental en la industria. El objetivo de la evaluación está en determinar el estado de carga y la eficiencia operacional.

### Métodos y mediciones para la evaluación de la eficiencia

Existen muchos métodos para determinar la eficiencia; la IEEE-112 establece cinco métodos denominados A, B, C, E y F con las variantes E1, F1. En la práctica industrial los métodos de evaluación toman nombres genéricos y pueden fundarse en la combinación de varios métodos básicos. Entre ellos se tiene:

1. Método de los datos de placa
2. Método del deslizamiento
3. Método de la corriente
4. Método del circuito equivalente
5. Método de segregación de pérdidas
6. Métodos estadísticos
7. Método del momento en el entrehierro
8. Método del momento en el eje o método directo

En todos los métodos la eficiencia se calcula según la ecuación:

$$\eta = \frac{P_{SALIDA}}{P_{ELECTRICA\ ENTRADA}}$$

**Ecuación 20**

La potencia de salida es la potencia de entrada menos las pérdidas. De la forma como se determinan las pérdidas depende la exactitud del método aplicado.

### Método de los datos de placa

Este método se basa en considerar la eficiencia de placa constante para todo estado de carga de la máquina.

Sin embargo, una parte de los motores industriales trabajan por debajo del 75% de carga. En este rango, la dependencia de la eficiencia con la carga no debe considerarse constante.

En forma general, las máquinas de mayor potencia y menor número de polos tienden a mantener la eficiencia dentro de un rango de poca variación hasta aproximadamente un 50 % de carga. Las de menor potencia y menor velocidad manifiestan una mayor variación y un notable decrecimiento de la eficiencia para factores de carga inferiores al 50%.

Con este método existen otras dificultades:

1. El tipo de norma que sustenta el valor de placa
2. Los datos de placa son el resultado de la evaluación estadística de un gran número de máquinas similares y de ensayos efectuados bajo una de estas normas.

3. La calidad de la energía en campo, con relación a las condiciones en las cuales se determinaron los datos de placa. Si el motor es rebobinado o no (incertidumbre) Un criterio aproximado es que, en los motores de potencia inferior a 30 kW, en el rebobinado la eficiencia se reduce en un 2% y en un 1% para mayores potencias.” (Hernandez, Aristizabal, & Gordillo, 2013)

### **El calor**

“El calor es una manifestación de la energía provocada por el movimiento molecular. Al calentarse un cuerpo, aumenta la energía cinética de las moléculas, produciéndose choques más o menos violentos, según la cantidad de calor entregada.

El calor es susceptible de medir; lo que se efectúa teniendo en cuenta dos magnitudes fundamentales: intensidad de calor y cantidad de calor.

1. La intensidad de calor está relacionada con la velocidad del movimiento molecular estableciéndose para medirla una práctica que da una idea del grado o nivel del calor que tiene un cuerpo determinado.
2. La cantidad de calor de un cuerpo representa la suma de las energías térmicas de todas las moléculas que lo componen. Es decir que mientras la intensidad de calor o temperatura indica el grado de movimiento molecular o el nivel de calor de un cuerpo, esta magnitud señala su contenido total de calor.

Se demuestra que la cantidad de calor de un cuerpo es función de la masa del cuerpo y de su temperatura, o lo que es lo mismo, del número de moléculas que lo componen y de su nivel de intensidad térmica o velocidad molecular.

### **Calor sensible y calor latente**

Cuando definimos la unidad de calor, mencionamos que el agregado de dicha energía provocaba un aumento de la temperatura, a ese estado calórico cuya variación de nivel puede determinarse mediante un termómetro, que es sensible a ella, se denomina calor sensible.

Se representa por la fórmula:

$$Q = m \times Cc \times (t_f - t_i)$$

**Ecuación 21**

**Q:** es la cantidad de calor entregada o recibida por un cuerpo (kcal)

**m:** es la masa del cuerpo (kg)

**Ce:** es el calor específico de la sustancia (kcal/kg. °C)

**T °<sub>i</sub>:** es la temperatura inicial del cuerpo (°C)

$T^{\circ}_f$ : es la temperatura final del cuerpo ( $^{\circ}\text{C}$ )

Al calor que agregado a una sustancia no origina cambio de nivel térmico o temperatura, se lo denomina calor latente, o sea, como su nombre lo indica, ese calor se encuentra latente, y se consume en la acción de transformación física.

$$Q = m \times C_{vl}$$

**Ecuación 22**

**Dónde:**

**$C_{vl}$** : es el calor latente de vaporización (kcal/kg)

El calor latente de vaporización del agua ( $100^{\circ}\text{C}$ ) es 539 kcal/kg

El calor latente de fusión del agua ( $0^{\circ}\text{C}$ ) es 80 kcal/kg

### **Radiación**

La forma de transmisión del calor por radiación se produce en el vacío igual que la radiación de la luz en forma de ondas electromagnéticas. De esa manera el proceso de transferencia de calor por radiación no está vinculado a soporte o vehículo material alguno.

Se define entonces la radiación térmica como la transmisión de calor de un cuerpo a otro sin contacto directo, en forma de energía radiante.

Entonces un cuerpo caliente transforma una parte de su contenido de calor en energía radiante sobre su superficie, la cual se emite en forma de ondas, que, al ser absorbidas por otro cuerpo, se manifiesta en forma de calor. Se desprende de ello que para que la energía radiante pueda ser convertida en calor es necesario que sea absorbida por una sustancia.

Todos los cuerpos absorben y además emiten energía radiante, dependiendo de la temperatura a que se encuentren y de sus características físicas.

El cuerpo negro es un cuerpo ideal que emite y absorbe el máximo el calor por radiación. Por ello cuando un cuerpo está constituido por superficies oscuras, emite y absorbe el calor por radiación en gran proporción, ocurriendo todo lo contrario cuando se trata de cuerpos de superficies blancas o brillantes.

Los cuerpos calientes emiten mayor cantidad de calor que los fríos, habiendo un continuo intercambio de energía radiante entre las sustancias que se encuentran a distintas temperaturas.

La fórmula para su cálculo es:

$$R = r \times A \times \left(\frac{T^{\circ}}{100}\right)^4 \times 4 \times T^{\circ}$$

**Ecuación 23**

r: constante de radiación

$T^{\circ}$ : temperatura en grados kelvin

### **Perdida de calor en Tuberías.**

Las tuberías sufren pérdidas o ganancias de calor dependiendo la diferencia de temperatura interior o exterior de los tubos. Las pérdidas de en tuberías se tratan de manera diferente a las que ocurren en superficies planas, debido a la geometría de los tubos.

### **Factor de pérdida de calor**

Con la temperatura del fluido, el diámetro de la tubería, se determina el valor del factor de pérdida, de calor en watt-hora por metro lineal (w/m) de tubería ver Anexo.” (Delgado, 2013, págs. 30-33)

La ecuación para el flujo de calor (pérdidas)

$$Q = F \times L \quad \text{Ecuación 24}$$

El calor total transferido se determina por la ecuación

$$\text{calor} = Q \times t/1000 \text{ En kilowatts-hora (kWh)} \quad \text{Ecuación 25}$$

### **Diagnósticos energéticos.**

“Un diagnóstico energético es la aplicación de un conjunto de técnicas que permite determinar el grado de eficiencia con que se produce, transporta y usa la energía.

Existe una metodología general para realizar un diagnóstico energético, así como varios tipos de diagnóstico en función de su grado de profundidad, que denominamos: diagnóstico de primer grado, de segundo grado, de tercer grado, y cuarto grado. La metodología general para desarrollar un diagnóstico energético se presenta a continuación seguida de las características de cada tipo de diagnóstico.

#### **Tipos de diagnósticos energéticos:**

**Diagnóstico de primer grado:** Consiste en la inspección visual del estado de conservación de las instalaciones, en el análisis de los registros de operación y mantenimiento que rutinariamente se llevan en cada instalación, así como, el análisis de información estadística de consumos y pagos por concepto de energía eléctrica y combustible. Su objetivo fundamental es detectar medidas de ahorro o de incremento de eficiencia energética cuya aplicación es inmediata y con inversiones marginales. Se desarrolla un sistema de capacitación básica al personal de operación que les permita mantener y aplicar las medidas detectadas.

**Diagnóstico de segundo grado:** Consiste en el desarrollo del balance másico y térmico en condiciones reales de operación de áreas, equipos y sistemas con el objetivo de determinar su eficiencia energética e índices de consumos. Estos valores se comparan con el análisis detallado de los registros históricos y con los valores de diseño. A partir de la comparación se establecen las

desviaciones y se buscan sus causas (condiciones de operación de equipos, estado técnico, variación de regímenes de trabajo, etc.). Finalmente se deben evaluar desde el punto de vista económico, las medidas que se recomiendan llevar a cabo; se deben establecer los indicadores de consumo y de eficiencia de control en cada área y equipo, así como presentar recomendaciones de un programa de mejoramiento continuo de estos indicadores. Se desarrolla un sistema de capacitación básica al personal de operación y dirigente que les permita mantener y aplicar las medidas detectadas.

**Diagnóstico de tercer grado:** Comienza con un diagnóstico de segundo grado. Consiste en determinar no solo el uso eficiente de la cantidad de la energía sino también de su disponibilidad total o calidad. Se desarrolla el balance másico, térmico, energético, entrópico y termoeconómico de cada equipo y del sistema en las condiciones reales de operación; se determinan las pérdidas de calidad y cantidad de la energía, sus causas y los sobreconsumos de energía primaria (combustible o energía eléctrica) que provocan las mismas.

También el peso relativo de las pérdidas en cada elemento, lo que permite priorizar estrategias. Se obtiene el valor económico de cada corriente energética y el valor económico de las pérdidas por baja eficiencia energética o desperdicios.

**Diagnóstico de cuarto grado:** En este diagnóstico se utilizan técnicas de simulación de procesos con la finalidad de estudiar no sólo las condiciones de operación nominales sino diferentes esquemas de interrelación de equipos y procesos. También el sistema de simulación en computadora permite el control periódico de todos los indicadores y su registro histórico con facilidad sin necesidad de contratar especialistas. Permite la evaluación de efectos al cambio de condiciones de operación, producciones, condiciones ambientales o de materia prima que modifican los consumos específicos de energía. Este tipo de diagnóstico permite implantar un sistema de mejoramiento continuo de la eficiencia con su estructura organizativa específica en la empresa que genera y establece proyectos de mejora continua en diferentes áreas utilizando todas las herramientas básicas, medias y especiales para el incremento de eficiencia y el ahorro de energía.

Las recomendaciones derivadas de este diagnóstico se dividen en: de corto, mediano y largo plazo, algunas implican modificaciones de tipo tecnológico e inversiones importantes, como puede ser lograr el autoabastecimiento energético.

Es imprescindible la capacitación del personal a todos los niveles y la especialización de algunos en uso de los sistemas de simulación y su interpretación.” (Ordoñez, 2012, págs. 40-45)

## CAPITULO II

### METODOLOGÍA

La investigación es documental, aplicada, y en servicio puesto que se analiza la información bibliográfica escrita sobre el problema, con el propósito de conocer las contribuciones científicas del pasado y establecer relaciones, diferencias o estado actual del conocimiento respecto al problema de estudio, luego se trabaja con las variables independientes, con el máximo control, para determinar el efecto en la variable dependiente y precisar la relación causa-efecto. Finalmente, la investigación se realiza en la empresa LEITO, aplicándola en su proceso, debido a que el mayor consumo de energía se muestra en el proceso de Yogurt y Refresco se evalúa usando Pareto para el 80% de consumo de energía.

#### Métodos de investigación

Se aplicó en el desarrollo de este tema investigativo los siguientes métodos: el inductivo, deductivo, analítico y sintético.

#### Método inductivo – deductivo

El método inductivo – deductivo permitirá un análisis individual de la carga conectado al transformador de la industria, en este caso la carga es el horno de inducción. Con este análisis se verificará si el transformador está en la capacidad para asumir la carga, además de analizar si los la cargabilidad de los conductores

Este método analiza en forma detallada cada uno de los elementos, instrumentos, temas y subtemas que se utilizaron en la elaboración del trabajo investigativo, a su vez este método permitió establecer las conclusiones y recomendaciones al problema investigado.

#### Método analítico y sintético

Se utilizó el análisis y la síntesis de toda la información referente al tema, en base a documentos, Internet, fuentes bibliográficas, libros y revistas que se emplearon en el desarrollo del marco teórico. Paralelamente, se realizó la investigación bibliográfica, con el fin de analizar los diferentes enfoques de la teoría relacionada con el problema.

A través de los reportes que arrojan la simulación se realizan el análisis de los problemas encontrados en la industria contribuyendo así en la elaboración de la propuesta.

### **Tipos de Investigación**

#### **Investigación Bibliográfica**

La investigación que se realizó se basó en una búsqueda bibliográfica como: libros, folletos, artículos, páginas web donde se logró obtener conocimientos más amplios sobre lo referente del tema, para poder realizar un análisis más amplio.

#### **Investigación Exploratoria**

A través de esta investigación se pudo conocer como estaba conformado el sistema eléctrico de la industria además de ver la necesidad de realizar un levantamiento de carga, el diseño del diagrama unifilar.

#### **Investigación descriptiva**

Se utiliza principalmente el método de análisis, es decir, se descompone el objeto a estudiar en sus distintos aspectos o elementos, para llegar a un conocimiento más especializado. Se realiza una exposición de hechos e ideas, explicando las diversas partes, cualidades o circunstancias. Esta investigación se utiliza para detallar cada uno de los problemas que producía cada elemento de la industria al sistema eléctrico

Este tipo de investigación permitió plantear alternativas para mejorar la calidad del suministro de energía como lo exige la regulación CONELEC – 004/01.

#### **Investigación Propositiva. -**

Es propositiva, ya que brindó una alternativa de solución al problema planteado. Además, los procedimientos que se utilizaron son la investigación bibliográfica, el análisis de resultados de las mediciones tomadas con el analizador de carga, la interpretación de resultados, con el propósito de hallar la solución más adecuada desde el punto de vista técnico – económico.

### **Técnicas de Investigación:**

#### **Observación Directa y Participativa**

Se utilizó esta técnica para tener un contacto directo con la industria y así entender el funcionamiento y los procesos de la industria, además con esta técnica se identificó los elementos que ocasionaban problemas al sistema eléctrico, y se pudo observar las planillas eléctricas las mismas que contaban con un valor alto sobre la penalización del factor de potencia.

### Instrumentos de Investigación:

Entre los instrumentos de investigación que se utilizó tenemos:

1. Grabaciones y fotografías: Se tomó grabaciones y fotografías sobre los procesos que realizaba la industria láctea, además de las condiciones en las que se encontraba los elementos eléctricos de la industria.
2. Fichas de registro en las que se anota las características eléctricas de los equipos eléctricos es decir sus datos de placa.

### Hipótesis

A través del diagnóstico y medición de la energía eléctrica y del consumo de diésel se permitirá detectar la ineficiencia en la producción de la industria

### Operacionalización de variables

#### Variable Independiente:

Eficiencia Energética

Tabla 6: Variables Independientes

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítem	Técnicas e Instrumentos
La eficiencia energética o ahorro de energía es una práctica empleada durante el consumo de energía que tiene como objeto procurar disminuir el uso de energía, pero con el mismo resultado final	Portadores energéticos (Diésel, energía eléctrica)	Porcentaje de eficiencia energética eléctrica	de %	Visita de Campo y Medición
		Porcentaje de eficiencia energética combustible	de %	Observación y registro de información (factura de combustible)

Fuente: El autor

### Variable Dependiente:

Consumo Energético

Tabla 7: Variables Dependientes

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas e Instrumentos
Es la cantidad de energía utilizada por un equipo para realizar un trabajo incluida la perdida por ineficiencia	Portadores energéticos (Diésel, energía eléctrica)	Consumo de energía eléctrica por litro de producto procesado	kWh/l	Recolección y simulación
		Consumo de combustible por litro de producto procesado	l combustible/l producto	Recolección y simulación

Fuente: El autor

### Mediciones de energía eléctrica y consumo de motores.

Para realizar estas mediciones se utiliza un Analizador de energía Analizador de Energía AR5 L Marca Circutor con Pinzas Amperimétricas 2000/200/5 + Pinza Neutro de 500A instalado en el tablero principal según muestra la gráfica siguiente por una semana tomando en cuenta la memoria del equipo las mediciones. En el anexo se muestra los certificados de calibración.

Ilustración 5 Medidas tomada con equipos



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

### Medición de carga en motores.

Para la medición de carga en los motores se utilizó un multímetro y una pinza Amperimétrica marca Fluke 289 la medida se las realiza en días normales de trabajo a plena carga tomando 5 lecturas y promediándolas para realizar los cálculos con los que determinaremos la carga de los motores.

### **Medición de temperatura en tuberías.**

Las mediciones se las realizó con una termocupla tipo J acoplada al multímetro Fluke 289, utilizando teflón adhesivo para fijar el sensor a la tubería.

Se comprobó las medidas con la utilización de un termómetro laser de las siguientes características.

Las medidas se las realiza en diferentes puntos de la línea de ingreso de vapor.

**Ilustración 6:** Medidas tomadas del vapor



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

### **Medición de temperatura en el condensado.**

Se utilizó una termocupla tipo J acoplada a un termómetro Fluke 289, se realizaron varias medidas con intervalos de tiempo de 3 minutos a la salida de condensado en las marmitas estos valores se los promedio para realizar los cálculos correspondientes.

**Ilustración 7:** Medidas tomadas de la temperatura



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

### **Medición de caudales de condensado**

Para realizar las mediciones del condensado se utilizó una probeta graduada, se tomaron los tiempos y volúmenes, a intervalos de 3 minutos, los valores obtenidos se los promediaron para realizar los cálculos correspondientes.

**Ilustración 8:** Medidas tomadas del condensado



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

#### **Medición de caudal desperdiciado en el banco de hielo.**

La medición de volumen se la realizó en función del volumen de tanque con las medidas del mismo y calculando la pérdida de agua luego de 24 horas de la recarga.

Eso se hizo necesario en función de que se evidencio que el tanque tenía una fuga de agua.

#### **Medición de nivele de iluminación**

La medición de los niveles de iluminación se la realizó con un luxómetro en horas de la mañana y la tarde que es la situación donde se utiliza la iluminación principalmente, y se puede hacer uso de los traslucidos.

#### **Procedimientos de la investigación**

La investigación inicia con un levantamiento de información técnica y de los procesos, continua con la realización de una auditoria energética de la planta industrial, la evaluación de los procesos productivos desde el punto de vista de consumo de energía, la evaluación de la información técnica recogida, el análisis costo-beneficio y la elaboración de una propuesta de las posibles estrategias a seguir para optimizar el uso de la energía, a través de un programa de ahorro dirigido a las instalaciones que garanticen el funcionamiento óptimo de los equipos.

#### **Métodos y técnicas**

##### **Modelación y simulación**

Para el análisis de los parámetros eléctricos se ha utilizado como instrumento el software técnico EASY POWER el mismo que permite visualizar el estado actual del sistema eléctrico mediante la modelación del diagrama unifilar de la industria láctea.

Una vez modelado el diagrama unifilar en el software se realiza la corrida de flujos inicial, la misma que nos indica los problemas existentes, como son el bajo factor de potencia que se encuentra en un 0.84, el conductor de calibre de 14 AWG, que alimenta al área de máquinas se encuentran sobrecargado, una vez ya obtenido las fallas se procede a realizar las respectivas correcciones, se añade al diagrama simulado un banco de capacitores de 7.5 kVAR y se cambia de conductor a un calibre de 4 AWG se procede a realizar una segunda corrida de flujos obteniendo ya el correcto funcionamiento del sistema eléctrico.

### CAPITULO III - ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### Descripción de la Industria láctea LEITO:

Para realizar el estudio del uso eficiente de la energía es vital primero conocer acerca de los procesos de la empresa. La industria láctea LEITO produce principalmente leche homogenizada y pasteurizada de la cual se elaboran derivados como el yogurt, queso, crema, y además refrescos.

El principal problema que presenta la industria y por lo que decidieron realizar un estudio técnico sobre la misma es la penalización por bajo factor de potencia que mensualmente factura la empresa Eléctrica de Cotopaxi, dicho valor genera un gasto excesivo por lo que causa malestar a los propietarios de la empresa.

**Ilustración 9:** Productos elaborados por la Industria



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

#### Análisis de la Producción de la Industria Láctea Leito

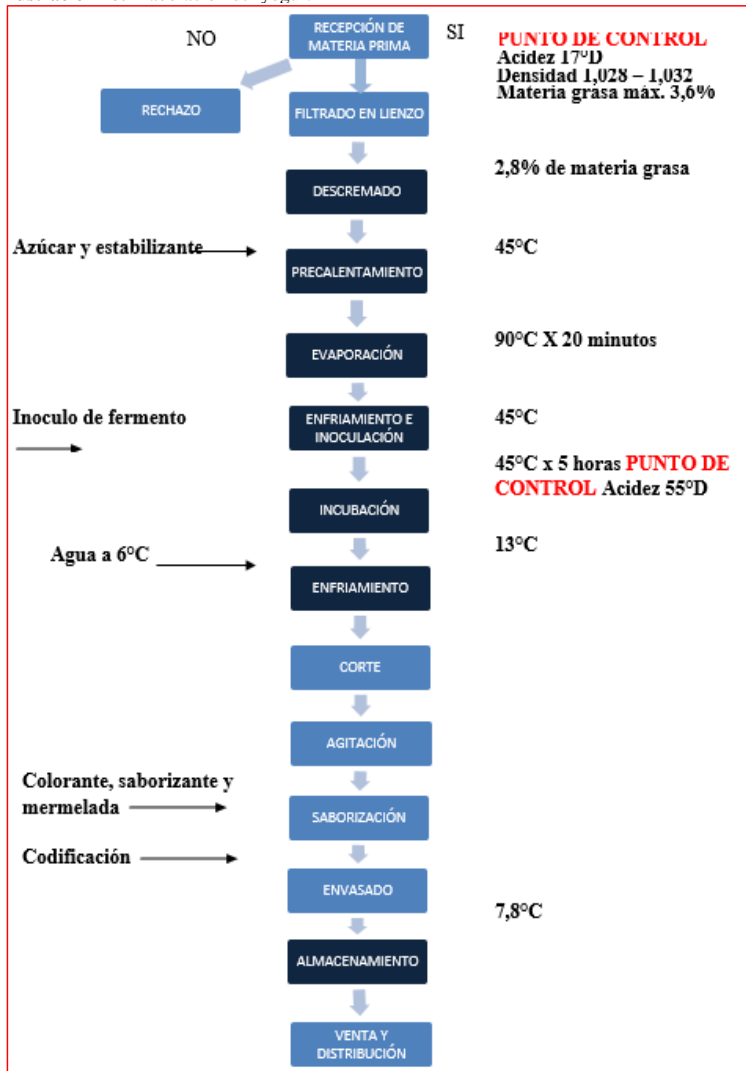
##### Diagramas de flujo principales procesos

A continuación, se muestran los diagramas de flujo de los procesos con las principales variables: temperaturas y tiempos.

De estos diagramas podemos identificar los puntos donde durante el proceso se utiliza energía en diferentes sus diferentes formas.

### Diagrama de flujo de elaboración del yogurt

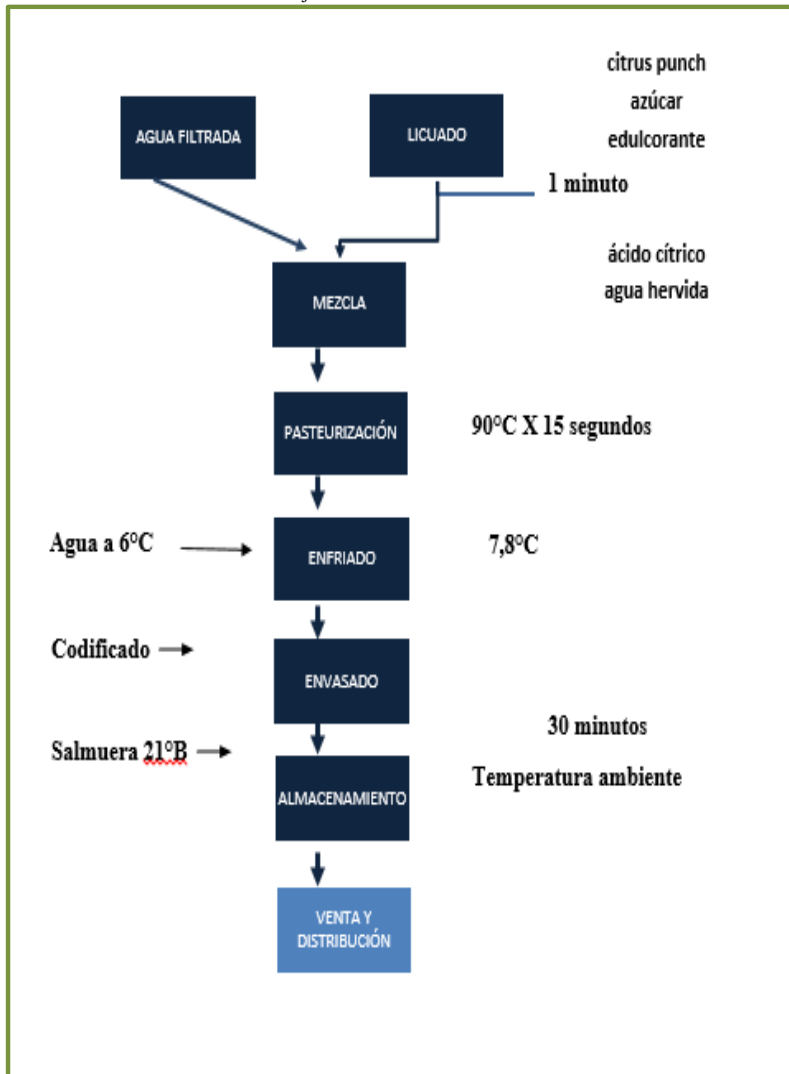
Ilustración 10: Elaboración del yogurt



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

### Diagrama de flujo de las naranjadas

Ilustración 11: Elaboración de naranjadas



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

### Pareto de la producción

Evaluando la producción se determina que el 96.9% de esta se distribuye entre yogurt y refresco, por este motivo se tomará como despreciable la energía utilizada para la elaboración de los otros productos.

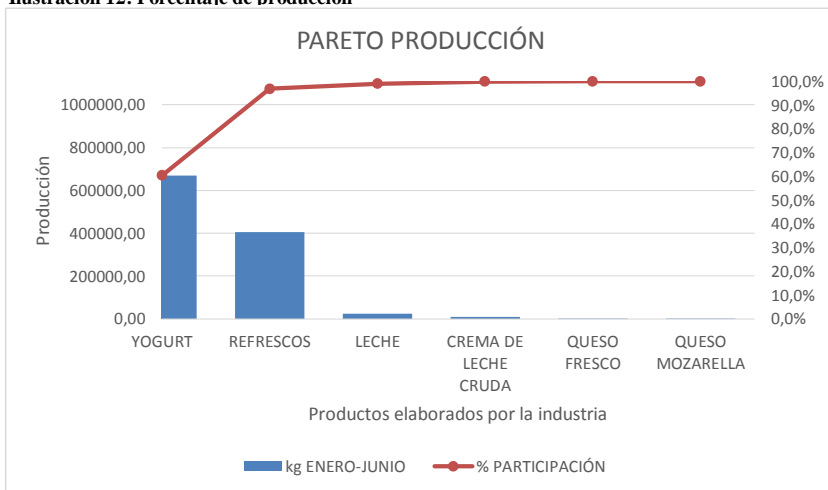
**Comentado [XP4]:** El Pareto debe ser de cada uno de los portadores mencionados anteriormente para verificar el de mayor impacto

**Tabla 8:** Cantidad de productos elaborados por la industria

PRODUCTOS ELABORADOS - VOLUMEN EN LITROS							
Mes	CREMA DE LECHE CRUDA	LECHE	QUESO FRESCO	QUESO MOZARELLA	REFRESCOS	YOGURT	Total general
Enero	1631,00	4751,50			59970,96	106810,56	173164,01
Febrero	1236,00	2914,50			35252,10	80196,22	119598,82
Marzo	1402,00	4763,75			56536,15	105973,94	168675,84
Abril	1792,00	3717,00			56494,70	114909,30	176913,00
Mayo	1600,00	3225,00			69355,25	124667,56	198847,81
Junio	1799,00	3442,50			59664,70	117156,50	182062,70
Total general	9460,00	22814,25			337273,86	649714,08	1019262,18
Total %	0,88%	2,12%	0,07%	1,98761E-05	36,48%	60,4%	100,00%

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

**Ilustración 12:** Porcentaje de producción



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

En la tabla se indica la comparación entre el consumo de diésel y electricidad en un periodo de 10 meses, el consumo de energía y diésel se representa en unidades de Tonelada Equivalente de petróleo, donde podemos notar que el de mayor impacto es el del consumo de diésel.

**Tabla 9:** Consumo de energía y diésel en TEP

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

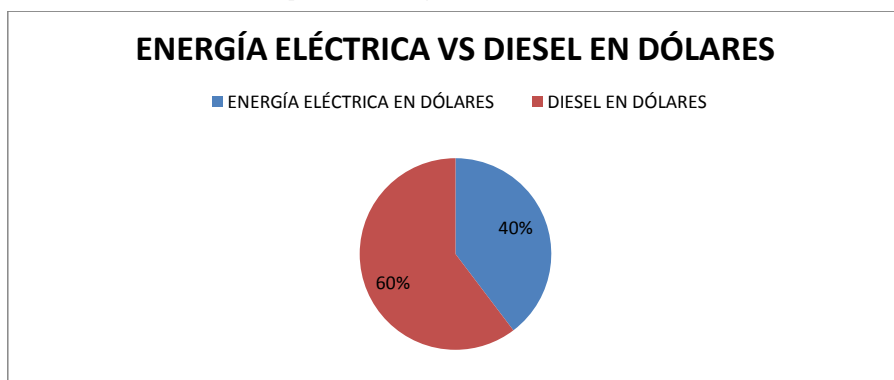
Se obtiene como consumo total de 78.69 TEP, Donde se obtiene un consumo de 40,29 de Electricidad y consumo de 38,39 de Diésel.

**Tabla 10:** Consumo de energía y diésel en TEP

TEP ENERGÍA ELÉCTRICA	TEP DIESEL	TOTAL
40.29	38.39	78.69

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

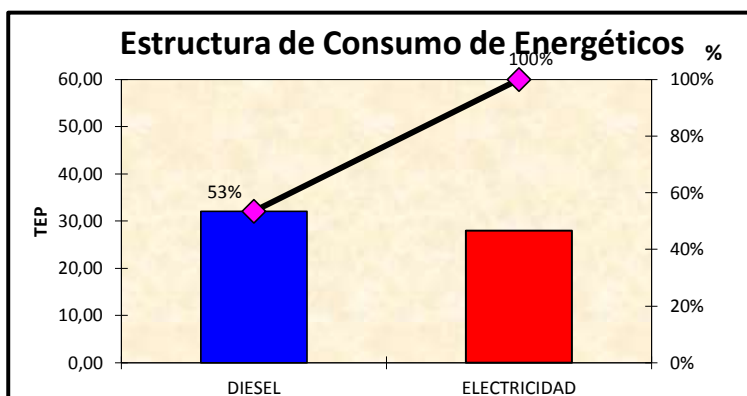
**Ilustración 13:** Porcentaje de los portadores energéticos



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

A los valores anteriores se les puede representar en porcentajes, que se le muestra en la siguiente figura

**Ilustración 14:** Estructura de consumo de energía



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

Evaluando los consumos de energías se determinó la participación de los portadores energéticos en los procesos, obteniendo que el diésel aporta con el 53% de la energía en el proceso y la energía eléctrica con el 47%.

### Energía – Producción

#### Análisis consumo de diésel

Con los datos analizamos el consumo de energía frente a la producción, calculando los índices correspondientes.

Para calcular la desviación estándar, formamos la siguiente tabla donde consta la información el kWh, en el periodo de seis meses, los consumos por litros del diésel, la relación entre ambos y el promedio de la energía consumida.

**Tabla 11: Representación del consumo de energía y diésel**

MES	KWh	LITRO PRODUCTO	Kwh/Litro producto	Promedio
ene-13	7.865	173.164	173.164	8689,66667
feb-13	7.829	119.599	119.599	8689,66667
mar-13	8.991	168.676	168.676	8689,66667
abr-13	8.977	176.913	176.913	8689,66667
may-13	9.680	198.848	198.848	8689,66667
jun-13	8.796	182.063	182.063	8689,66667
<b>Total</b>	<b>52.138</b>	<b>1.019.262</b>	<b>0,312</b>	

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

Para calcular la desviación estándar se aplica la siguiente formula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N-1}}$$

**Ecuación**

26

A continuación, se indica los valores de la desviación estándar de la energía consumida y del consumo de diésel que se representa en la siguiente tabla:

**Tabla 12: Representación del consumo de energía y diésel**

MES	KWh	LITRO PRODUCTO	Kwh/Litro producto
ene-13	7.865	173.164	0,045
feb-13	7.829	119.599	0,065
mar-13	8.991	168.676	0,053
abr-13	8.977	176.913	0,051
may-13	9.680	198.848	0,049
jun-13	8.796	182.063	0,048
<b>Total</b>	<b>52.138</b>	<b>1.019.262</b>	<b>0,312</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>719,201131</b>	<b>26748,63367</b>	<b>0,007104682</b>
<b>Valor máximo</b>	<b>9.680</b>	<b>198.848</b>	<b>0,065</b>
<b>Valor mínimo</b>	<b>7.829</b>	<b>119.599</b>	<b>0,045</b>
<b>Promedio</b>	<b>8.690</b>	<b>169.877</b>	<b>0,052</b>

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

Con estos valores se calculan los promedios de desviación estándar del consumo de energía y diésel, se representa en la siguiente tabla:

**Tabla 13: Representación del consumo de energía y diésel**

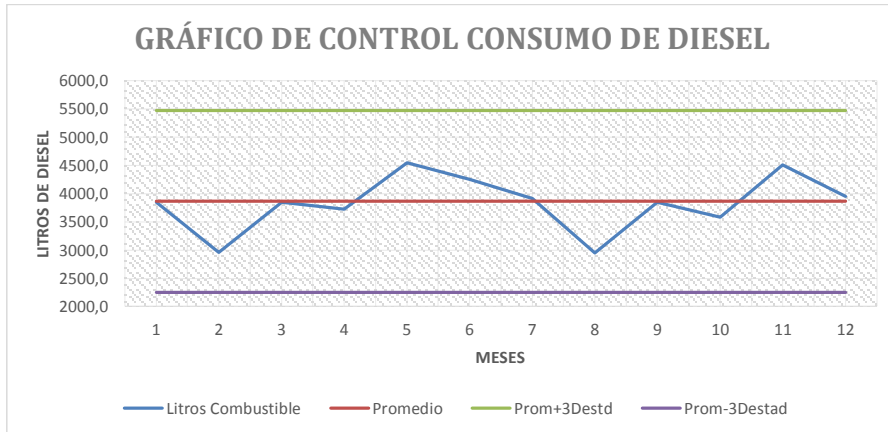
MES	Promedio de Desviación estándar de consumo de Energía	Promedio de Desviación estándar de consumo de Diésel
ene-13	10847,27006	10847,27006
feb-13	10847,27006	10847,27006
mar-13	10847,27006	10847,27006
abr-13	10847,27006	10847,27006
may-13	10847,27006	10847,27006
jun-13	10847,27006	10847,27006

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

En los siguientes gráficos se muestran las curvas de comparación para el diésel.

**Comentado [XP5]:** Procedimiento utilizado para el cálculo de la desviación estándar e indicar el valor de desviación obtenido al igual que los valores promedios en una tabla resumen

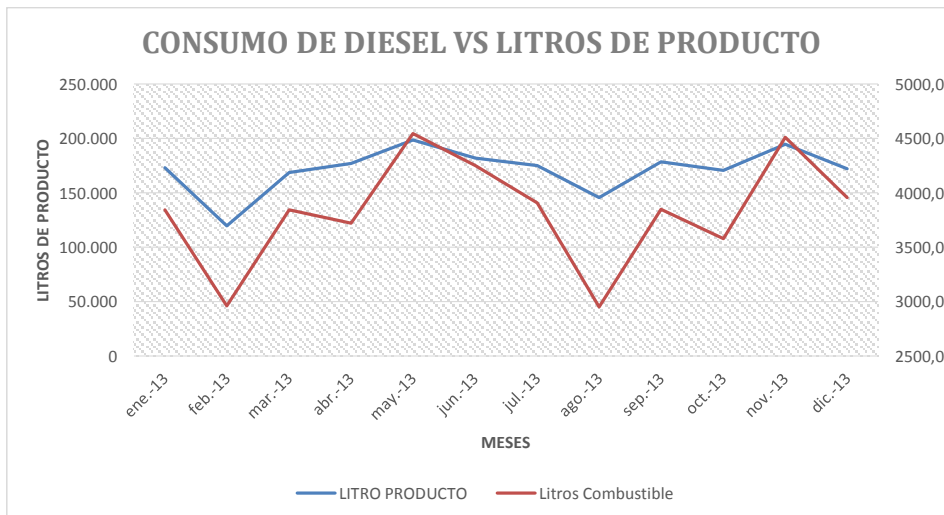
**Ilustración 15:** Control de Energía en consumo de diésel



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

En la gráfica anterior podemos observar el comportamiento del consumo de diésel en el que se puede notar que en el segundo mes existe un bajo consumo debido principalmente a que este mes tiene 28 días.

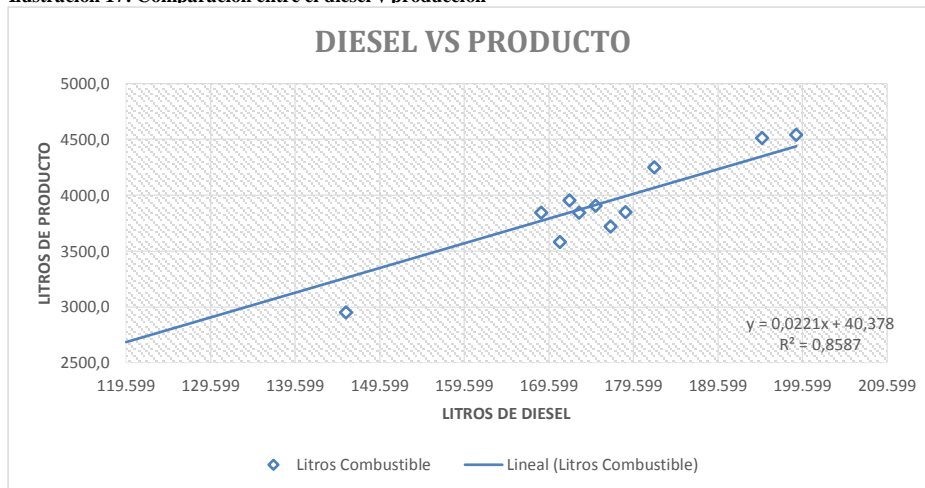
**Ilustración 16:** Control del índice en consumo de diésel



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

Se puede ver que las líneas de producto con las líneas de combustible tienen relación.

**Ilustración 17: Comparación entre el diésel y producción**



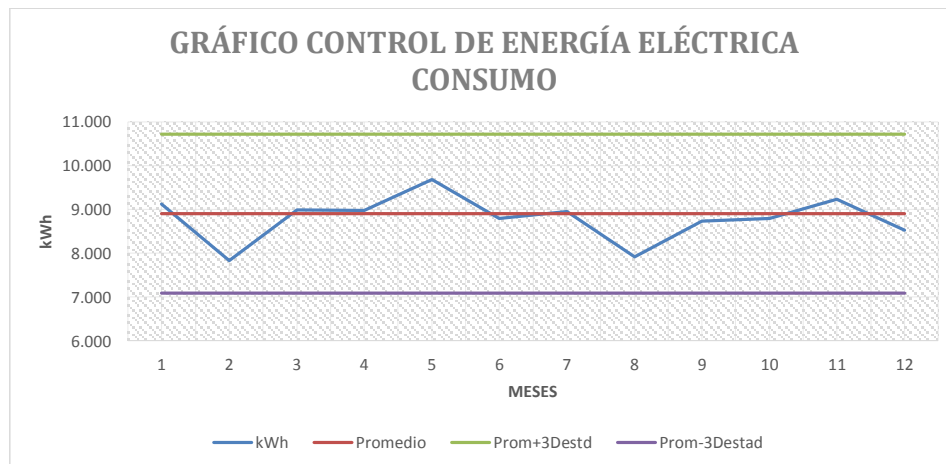
Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

El índice de correlación muestra una tendencia aceptable de la energía contra la producción

### Análisis del consumo de energía eléctrica de los equipos de la industria

En los siguientes gráficos se muestran las curvas de comparación para la energía eléctrica.

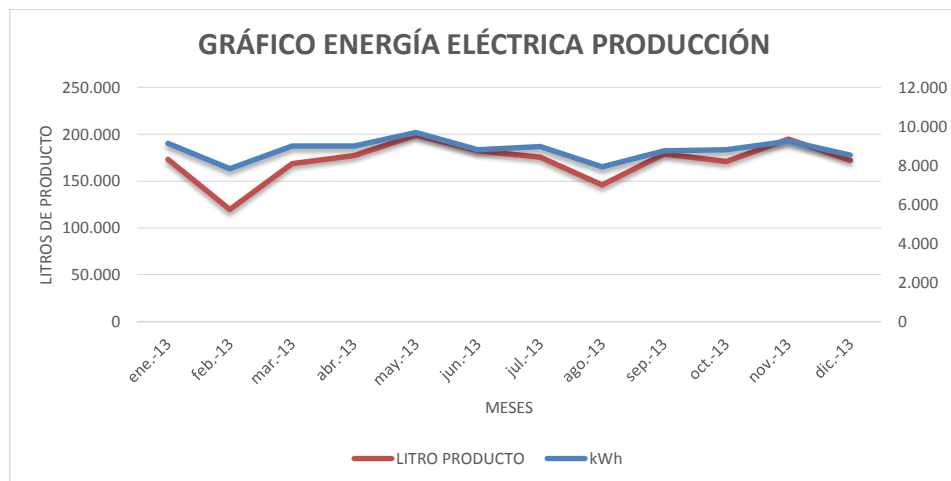
**Ilustración 18: Índice del consumo de energía eléctrica**



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

En la gráfica anterior se refleja el comportamiento del consumo de energía eléctrica mes a mes.

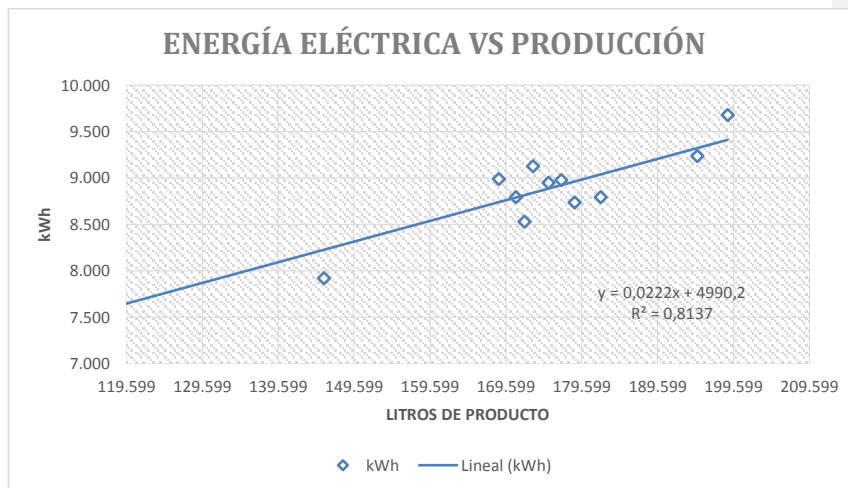
**Ilustración 19:** Índice del consumo de energía eléctrica



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

La grafica anterior muestra el comportamiento de la energía eléctrica frente a la producción igual se observa que el mes de febrero existe una diferencia marcada de la producción con respecto a la energía consumida, esto debido al bajo ingreso de materia prima.

**Ilustración 20:** Comparación entre energía eléctrica y la producción de la industria



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

La correlación energía producción se debe a que en el mes de febrero existió una baja producción, sin embargo, el consumo de energía se mantuvo constante.

El índice de relación entre energía eléctrica y producción es de 0.8 siendo aceptable.

### Sistema de vapor

Inventario del sistema de vapor, en este sistema los principales consumidores de energía son las marmitas 1, 2,3 y pasteurizador que son los usados con mayor frecuencia.

**Tabla 14:** Cantidad de productos elaborados por la industria

INVENTARIO DE CARGAS VAPOR PLANTA INDUSTRIAL DE LÁCTEOS LEITO				
ÍTEM	ÁREA	MÁQUINA	USO	CAPACIDAD Litros
1	PROCESO	MARMITA 1	YOGURT	1280
2	PROCESO	MARMITA 2	YOGURT	1150
3	PROCESO	MARMITA 3	YOGURT	1290
4	PROCESO	MARMITA AGUA 1	AGUA	340
5	PROCESO	MARMITA AGUA 2	AGUA	340
6	PROCESO	MARMITA QUESO	QUESO	340
7	PROCESO	PASTEURIZADOR	AGUA	1000

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

### Pérdidas de energía

#### Pérdidas de energía en tuberías por aislamiento

Las siguientes fotografías muestran la tubería de vapor sin aislamiento con una temperatura de 129.8 °C.

**Ilustración 21:** Medición de las pérdidas de energía en las tuberías



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

**Tabla 15:** Equipos distribuidos en la tubería de vapor

DISTRIBUCION DE VAPOR TUBERIA										
ÍTEM	MÁQUINA	DESCRIPCIÓN	TIEMPO DE USO HORAS/DÍA	DÍAMETRO PULGADAS	LONGITUD m	ÁREA	ESPEJOR	PESO kg/m <sup>2</sup>	PESO TUBERÍA Kg	PERDIDA TOTAL DE ENERGÍA EN TUBERÍAS BTU
1	CALDERO 1	SALIDA	4,0	2	6,5	1,0	5,54	7,5	48,6	11731,7073
2	CALDERO 2	SALIDA	4,0	2,5	1,5	0,3	7,01	11,4	17,1	2560,97561
3	DISTRIBUIDOR		8,0	6	0,9	0,4	10,97	42,5	38,3	14926,8293
4	TUBERÍA	EXTERIOR	8,0	1	12	1,0	4,55	3,2	38,7	44487,8049
5	TUBERÍA	INTERIOR	8,0	1	10	0,2	4,55	3,2	8,1	37073,1707
6	TUBERÍA	MARMITA AGUA 1	1,0	1	5,5	0,4	4,55	3,2	17,8	318,597561
7	TUBERÍA	MARMITA 1	1,8	1	7,8	0,6	4,55	3,2	25,2	1518,64837
8	TUBERÍA	MARMITA 2	1,8	1	7	0,6	4,55	3,2	22,6	1362,88957
9	TUBERÍA	MARMITA 3	1,8	1	6	0,5	4,55	3,2	19,4	1168,19106
10	TUBERÍA	PASTEURIZADOR	1,8	1	2,2	0,2	4,55	3,2	7,1	412,902439
11	TUBERÍA	MARMITA AGUA 2	1,0	1	5,5	0,4	4,55	3,2	17,8	318,597561
12	TUBERÍA	MARMITA QUESO	0,5	1	2,4	0,2	4,55	3,2	7,7	34,7560976
ENERGÍA TOTAL PERDIDA										115915,07

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

Con los datos anteriores se calcula la pérdida de energía en las tuberías, aplicado La ecuación para el flujo de calor (pérdidas)

$$Q = F \times L \text{ En watts}$$

**Ecuación 27**

El calor total transferido se determina por la ecuación

$$\text{calor} = Q \times t / 1000 \text{ En kilowatts-hora (kWh)}$$

**Ecuación 28**

El cuadro anterior muestra que la pérdida de energía de 115915.07 BTU en un día de producción, que representan 29210.2 kcal/día. Que en un mes representaría 876306 kcal. Se evaluará en el siguiente capítulo la posibilidad de aislar estas tuberías.

#### **Pérdidas de energía por desperdicio de condensado.**

La recuperación de condensado es una buena oportunidad de ahorro de energía, el caldero arranca a las 07:00 y llega a una presión de 50 PSI, durante el proceso la presión de trabajo es de 30 PSI, con esta presión no se obtiene un vapor seco, el ingreso de vapor no cuenta con una válvula reguladora de presión, válvula de seguridad o un sistema de control automático.

**Ilustración 22:** Medición de las pérdidas de energía en las tuberías



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

En la salida el condensado es desperdiciado, este se lo usa únicamente para realizar limpieza del piso. El condensado aproximado es de 250 litros en un proceso de 1280 lt de leche, con una temperatura de salida es de 83,7 °C.

Calculando la energía necesaria para alcanzar esta temperatura por la fórmula:

$$Q = m \times Cc \times (t_f - t_i)$$

**Ecuación 29**

**Q:** es la cantidad de calor entregada o recibida por un cuerpo (kcal)

**m:** es la masa del cuerpo (kg)

**Ce:** es el calor específico de la sustancia (kcal/kg. °C)

**T ° i:** es la temperatura inicial del cuerpo (°C)

**T ° f:** es la temperatura final del cuerpo (°C)

Esto significa que se pierde 50838 kcal/día. Que al mes representaría 1525140 kcal. Que podrían ser recuperados si alimentamos este condensado al caldero.

### Pérdidas de combustible

Las fugas de combustible que no se recuperan tienen un desperdicio de 19,45 ml/h que al año representa 168 litros o 44,398 gal de diésel, el calor específico del diésel es 33600 kcal/gal que representa 1491772.8 kcal.

**Ilustración 23:** Medición de pérdidas de combustible



**Fuente:** Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

### Pérdida por fuga en el visor de nivel

Fuga de vapor por el nivel de agua, según Spira x Sarco para determinar las fugas de vapor se utiliza la fórmula

$$W = D^2 \times P \times 0,1$$

**Ecuación 30**

**Donde:**

**W** = Fuga de vapor en Kg/h

**D** = Diámetro orificio en mm

**P** = Presión absoluta en bar

De las mediciones realizadas el orificio tiene un diámetro de 3 mm con una presión de 3 bar el caldero trabaja 8 horas

En el año se pierden 7776 Kg/h de vapor.

1kcal = 3.968325 BTU

1BTU = 34.5 lb-vapor

Transformando esto representa 148.6 kcal.

**Ilustración 24:** Medición de pérdidas de fugas de vapor



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

### Tanque con fuga de agua

En el sistema eléctrico los principales consumidores de energía son los compresores del sistema de enfriamiento que trabajan toda la noche para aprovechar el bajo costo de la energía, ya que en horario nocturno fuera de las horas pico el costo de energía eléctrica es menor, se tiene instalado 2 sistemas para enfriamiento de agua que sirve para bajar la temperatura de la leche de 90 °C a 54 °C para incubar el yogurt y luego para refrigerarlo toda la noche hasta los 7.8 °C, en este sistema existe una buena oportunidad de ahorro ya que se observó que el tanque tiene una fuga donde se pierde 2.1 m<sup>3</sup> de agua diariamente, siendo necesario reponer esta con una temperatura de 15 °C, el tanque está programado para enfriar el agua hasta 2°C.

Siendo el Cp. del agua 1 kcal/K.kg, la densidad 1000 kg/m<sup>3</sup>

Calculando la masa del agua con la fórmula:

$$m = V \times \delta$$

$$m = 2100 \text{ kg}$$

El calor necesario para enfriar el agua hasta 2 °C

**Ecuación 31**

$$Q = m \times Cc \times (t_i - t_f)$$

$$Q = 2100 \times 1 \times (15 - 2)$$

$$Q = 27300 \text{ kcal}$$

**Ecuación 32**

Requiriendo una energía adicional aproximada de 31.5 kW-h diariamente que al mes representaría 945 kW-h mes.

#### **Descripción del sistema eléctrico de la Industria:**

La industria cuenta con un transformador trifásico de capacidad de 50 kVA con un voltaje de 13.8 kV a 220 V. El transformador es utilizado exclusivamente para la alimentación de la maquinaria considerada como carga utilizada para los procesos de la industria. La alimentación consta con tres conductores por fase, de calibre 1/0

#### **Características:**

**Tabla 16:** Características del Transformador

<b>Voltaje de alta:</b>	13800 V
<b>Voltaje de baja:</b>	220 V
<b>Capacidad:</b>	50 kVA
<b>Tipo de conexión:</b>	DYn5
<b>Frecuencia:</b>	60 Hz

Elaborado: Javier Perez



Los motores que han sido bien seleccionados o que están integrados monolíticamente a la carga, lo hacen usualmente entre el 75 y el 90% de la potencia de placa. (Hernández, G. 2011)

Del levantamiento de motores se determina el un factor de carga que puede ser una oportunidad de ahorro de energía, se deberá hacer un análisis costo-beneficio a estos motores.

El Factor de carga se calculó según el método de los datos de placa.

La eficiencia nominal de placa se utiliza para determinar la eficiencia operacional y el estado de carga de la manera siguiente:

Se toma la medición de la potencia de entrada o en su defecto la tensión, la corriente y el factor de potencia promedio de las fases

Se calcula la potencia de entrada según:

$$kW_{ENTRADA} = \frac{\sqrt{3}V_{PROM}I_{PROM} \cos\phi}{1000} \quad \text{Ecuación 33}$$

Se calcula la potencia de entrada nominal por:

$$kW_{ENTRADA_{NOM}} = \frac{kW_{SALIDA_{NOM}}}{\eta_{NOM}} \quad \text{Ecuación 34}$$

Se calcula el factor de carga como:

$$\%FC = \frac{kW_{ENTRADA}}{kW_{ENTRADA_{NOM}}} \times 100 \quad \text{Ecuación 35}$$

En la tabla 9 se puede observar que el factor de carga para la mayoría de motores se encuentra superior al 75% de la carga suponiendo un buen dimensionamiento, en el caso del Quemador caldera 2, motor marmita 1, motor elevación de refresco existe una sobrecarga, y en los motores bomba de agua, evaporador cuarto frio, bomba de elevación de yogurt, codificadora, quemador caldero 1 tienen un factor de carga bajo, deberemos evaluar la posibilidad de reemplazar estos motores.

### **Levantamiento de carga:**

#### **Carga Instalada al Transformador de 50 kVA**

El levantamiento de la carga es un factor muy importante en el desarrollo del proyecto ya que de esta forma se tendrá como resultado la magnitud de la potencia instalada y el tipo de carga. La potencia instalada se la puede obtener de diferentes formas, puede ser con los archivos de inventario

de cada equipo, también con los datos de placa o realizando mediciones para determinar su potencia. A continuación, se presenta cada una de las cargas instaladas al transformador de 50 kVA, el siguiente grafico está en función del tiempo que se funciona las máquinas.

**Tabla 17:** Levantamiento de cargas conectadas al transformador de 50 kVA

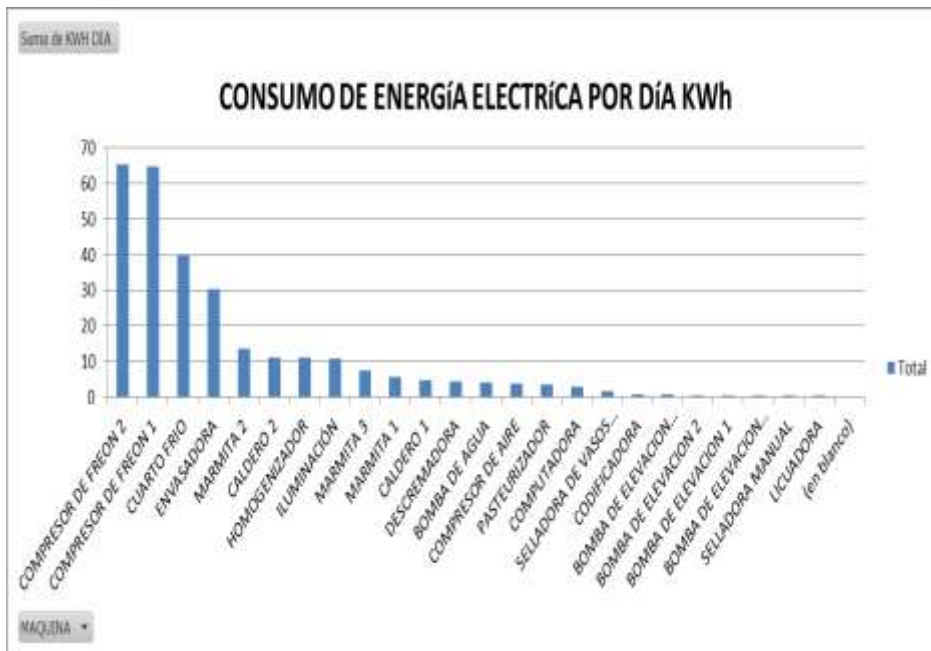
INVENTARIO DE CARGAS PLANTA INDUSTRIAL DE LACTEOS LEITO													
ÍTEM	ÁREA	MÁQUINA	EQUIPO	CANTIDAD	VOLTAJE V	CORRIENTE A	CORRIENTE REAL	POTENCIA KW	POTENCIA TOTAL KW	PASO DEL PROCESO	PRODUCTO	TIEMPO DE USO EN HORAS POR DÍA	KWh DÍA
1	SALA DE MÁQUINAS	BOMBA DE AGUA	MOTOR	1	120	11	9	1,1	1,1	INGRESO DE AGUA	REFRESCO	4	4,2
2	SALA DE MÁQUINAS	COMPRESOR DE AIRE	MOTOR	1	206	11,7	9	1,9	1,9	VARIOS		2	3,9
3	SALA DE MÁQUINAS	CALDERO 1	QUEMADOR	1	206	1,3	2	0,4	0,4	VARIOS		2	0,7
4	SALA DE MÁQUINAS	CALDERO 1	BOMBA DE AGUA	1	206	6,9	10	2,0	2,0	VARIOS		2	3,9
5	SALA DE MÁQUINAS	CALDERO 2	QUEMADOR	1	206	3,5	5	1,0	1,0	VARIOS		2	2,0
6	SALA DE MÁQUINAS	CALDERO 2	BOMBA DE AGUA	1	206	16	22	4,6	4,6	VARIOS		2	9,1
7	SALA DE MÁQUINAS	COMPRESOR DE FREÓN 1	COMPRESOR	1	206	11	9	1,8	1,8	ENFRÍAMIENTO		18	32,6
8	SALA DE MÁQUINAS	COMPRESOR DE FREÓN 1	VENTILADOR	2	206	2	2	0,3	0,7	ENFRÍAMIENTO		18	11,9
9	SALA DE MÁQUINAS	COMPRESOR DE FREÓN 1	BOMBA DE AGUA	1	206	9	7	1,5	1,5	ENFRÍAMIENTO	YOGURT	13,58	20,1
10	SALA DE MÁQUINAS	COMPRESOR DE FREÓN 2	COMPRESOR	1	206	11,2	9	1,8	1,8			18	33,2
11	SALA DE MÁQUINAS	COMPRESOR DE FREÓN 2	VENTILADOR	2	206	2	2	0,3	0,7			18	11,9
12	SALA DE MÁQUINAS	COMPRESOR DE FREÓN 2	BOMBA DE AGUA	1	206	9	7	1,5	1,5	ENFRÍAMIENTO	YOGURT	13,58	20,1
13	SALA DE MÁQUINAS	ILUMINACIÓN	LAMPARA	4	110	0,4	0	0,0	0,1			2	0,3
14	PROCESO	MARMITA 1	MOTOR	1	110	6,4	5	0,6	0,6	PASTEURIZADO	YOGURT	10,0	5,6
15	PROCESO	MARMITA 2	MOTOR	1	220	4,5	6	1,4	1,4	PASTEURIZADO	YOGURT	10,0	13,7
16	PROCESO	MARMITA 3	MOTOR	1	110	8,6	7	0,8	0,8	PASTEURIZADO	YOGURT	10,0	7,6
17	PROCESO	DESCREMADORA	MOTOR	1	220	4,7	3	1,4	1,4	DESCREMADO	YOGURT	3	4,3
18	PROCESO	LICUADORA	MOTOR	1	110	6,4	5	0,6	0,6			0,5	0,3
19	PROCESO	BOMBA DE ELEVACIÓN 1	MOTOR	1	110	6,4	8	0,6	0,6	RECEPCIÓN	YOGURT	1	0,6
20	PROCESO	BOMBA DE ELEVACIÓN 2	MOTOR	1	110	6,4	5	0,6	0,6			1	0,6
21	PROCESO	HOMOGENIZADOR	MOTOR	1	220	73	101	22,2	22,2			0,5	11,1
22	PROCESO	PASTEURIZADOR	BOMBA 1	1	220	7	6	1,2	1,2	PASTEURIZADO	REFRESCO	2	2,5
23	PROCESO	PASTEURIZADOR	BOMBA2	1	220	3	2	0,5	0,5	PASTEURIZADO	REFRESCO	2	1,1
24	PROCESO	ILUMINACIÓN	LÁMPARA	5	220	7,4	6	1,3	6,5			1	6,5
25	PROCESO	CODIFICADORA	VIDEO JET	1	110	0,2	0	0,0	0,0	CODIFICADO	YOGURT	3	0,1
26	PROCESO	CODIFICADORA	MOTOR	1	212	1,5	1	0,3	0,3	CODIFICADO	YOGURT	3	0,8
27	PROCESO	CUARTO FRÍO	FOCO AHORRADOR	2	110	0,7	1	0,1	0,1			8	0,9
28	PROCESO	CUARTO FRÍO	EVAPORADOR	4	220	2,8	2	0,5	2,0			10	19,7
29	PROCESO	CUARTO FRÍO	COMPRESOR	1	220	12,1	10	2,1	2,1			9	19,2
30	PROCESO	ENVASADORA	SISTEMA DE SELLADO	3	220	3,7	5	1,1	3,4			9	30,4
31	PROCESO	BOMBA DE ELEVACIÓN REFRESCOS	MOTOR	1	110	8,0	6	0,7	0,7			1	0,7
32	PROCESO	BOMBA DE ELEVACIÓN YOGURT	MOTOR	1	220	2,6	2	0,5	0,5	ENVASADO	YOGURT	1	0,5
33	PROCESO	SELLADORA DE VASOS MANUAL	SISTEMA DE SELLADO	1	110	5,3	4	0,5	0,5	ENVASADO	YOGURT	3,5	1,6
34	PROCESO	SELLADORA MANUAL	SISTEMA DE SELLADO	1	110	4,0	3	0,4	0,4			1	0,4
35	BODEGA	ILUMINACIÓN	LÁMPARA	4	110	0,8	1	0,1	0,3			4	1,1
36	OFICINAS	COMPUTADORA	COMPUTADORA	2	110	2	2	0,2	0,4			8	2,8
37	OFICINAS	ILUMINACIÓN	LÁMPARA	4	110	0,8	1	0,1	0,3			10	2,8
TOTAL												226,7	288,7
												KWh MES	8661,7

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

### Energía kWh/mes:

La mayor energía consumida por cada uno de los equipos utilizados en la industria cada mes es por el Compresor de Freón 2 y el Compresor de Freón 1 es 65 kWh / mes

**Ilustración 26:** Consumo de energía eléctrica de cada equipo eléctrico



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

### Análisis de datos obtenidos en las mediciones:

Se toma las mediciones a través de la instalación del analizador de carga FLUKE 345, que se le conecta en la entrada principal del alimentador. Las mediciones se toman durante siete días, en periodos de 15 minutos, donde se analiza cada parámetro eléctrico. Se considera los días que laboraron que son el 21,22 y 27 en horario de 8H00 hasta las 17H00.

### Análisis de la Potencia Activa en kW

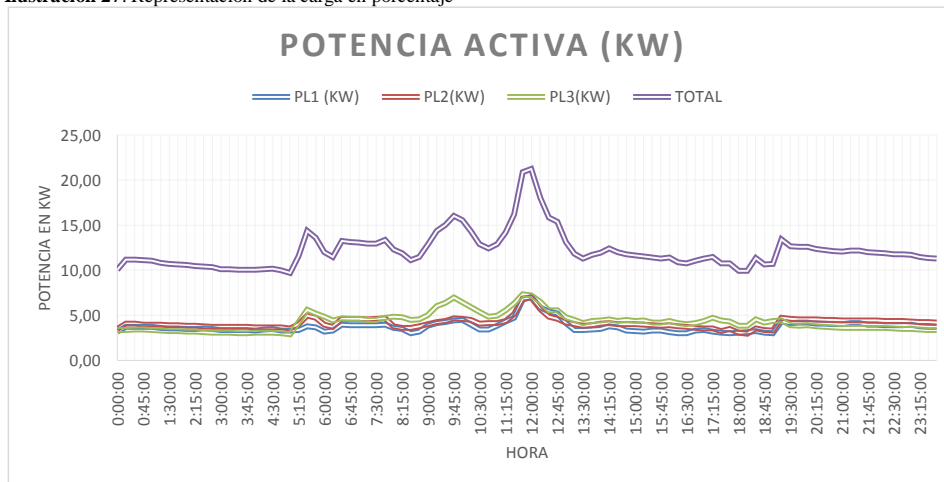
Para realizar el análisis de la potencia Activa se considera las mediciones del día más representativo que es el 24 de marzo del 2013, para esto se toma la medición mínima, media y máxima. Lo siguiente esta detallado en la presente tabla

**Tabla 18:** Carga total instalada y con factor de utilización en porcentaje

HORA	POTENCIA	kW TOTAL	kW L1	kW L2	kW L3	% desbalance
16H45	POTENCIA MÍNIMA	8,83	2,94	2,90	2,98	-2,93%
18H30	POTENCIA MEDIA	11,95	3,97	4,09	4,14	4,05%
12H00	POTENCIA MÁXIMA	21,33	7,04	6,98	7,31	4,76%

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

**Ilustración 27:** Representación de la carga en porcentaje



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO, 2013

### Análisis de la Potencia Aparente en KVA

**Tabla 19:** Potencia Aparente de las Tres Líneas

HORA	POTENCIA APARENTE	kVA TOTAL	kVA1	kVA2	kVA3	% desbalance
06H00	KVA MÍNIMO	3,73	1,22	1,26	1,25	2,52%
13H58	KVA MEDIO	13,73	4,69	4,50	4,60	2,17%
19H18	KVA MÁXIMO	43,16	15,10	13,85	14,55	4,80%

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

Según lo expuesto anteriormente el desbalance entre fases no debe superar el 5% por lo que se concluye que el desbalance está dentro de los límites

### Resumen de Potencias

Tabla 20: Resumen de Potencias

Potencias	L1	L2	L3	Total
Potencia Activa	7,04 kW	6,98 kW	7,31 kW	21,33 kW
Potencia Aparente	15,10 kVA	13,85 kVA	14,55 kVA	43,16 kVA

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

### Curva de Carga:

Para la elaboración de la curva de carga se trabajó con las potencias medidas durante siete días por el analizador de carga, para esto se analiza el día más representativo del proceso. La demanda pico de la curva realizada se presenta a las 12:00 pm.

En la gráfica realizada representa como varia la demanda en el intervalo de tiempo.

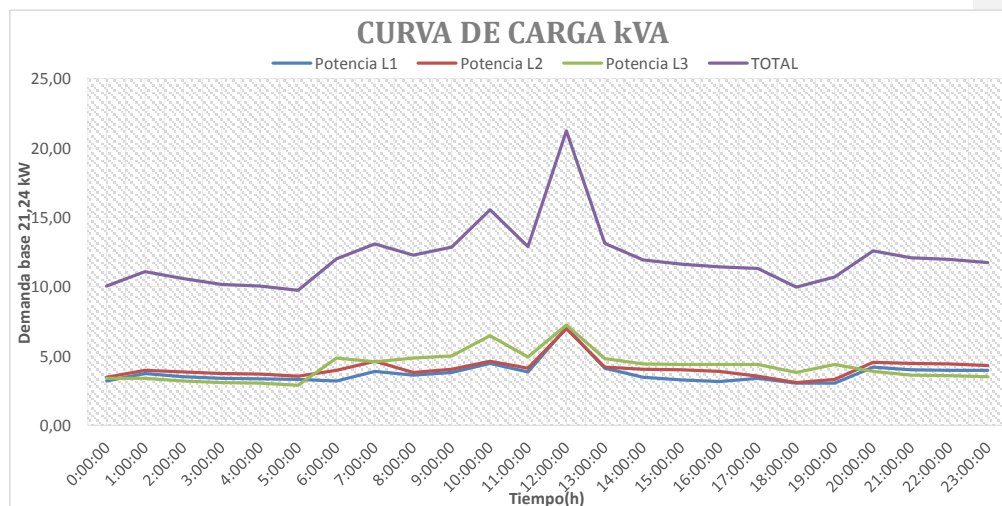


Ilustración 28: Curva de carga

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

Se presenta el porcentaje de la potencia consumida diaria donde la potencia base considerada es de 21,24 kW que es el resultado de la suma de las potencias máximas de las tres líneas así:

**Tabla 21:** Potencia activa máxima de las tres líneas

POTENCIA MÁXIMA L1	POTENCIA MÁXIMA L2	POTENCIA MÁXIMA L3	TOTAL
7,04	6,98	7,31	21,33

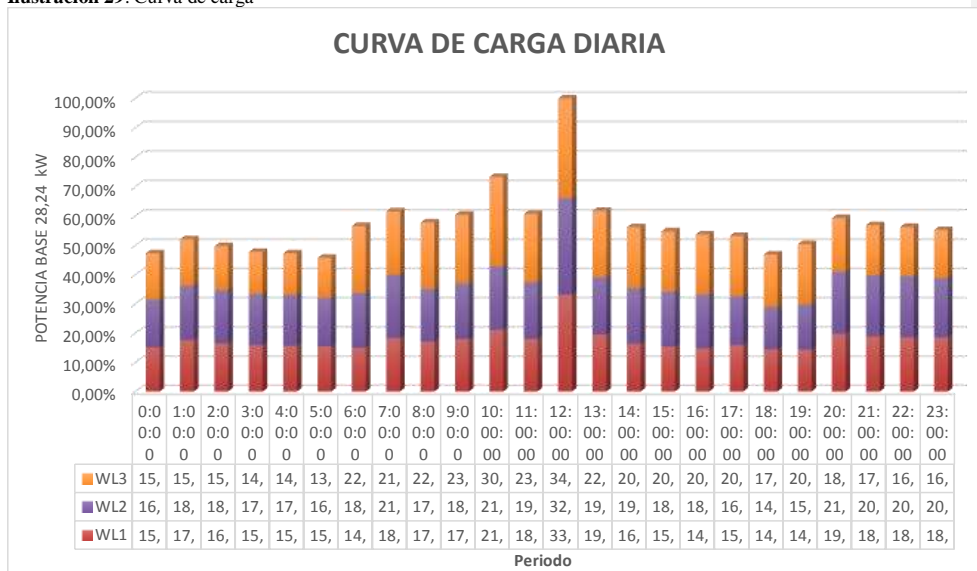
Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

Según la tabla Número 18, podemos analizar la cargabilidad del transformador de 50 kVA el mismo que abastece la potencia requerida debido a que se necesita según las mediciones una potencia de 21,33 kW

Cada valor de potencia activa de las tres líneas tomadas durante el día por el analizador de carga se divide para el total de las potencias máximas que es de 21,238 kW, con esto se obtiene los porcentajes de los valores que forman la curva de consumo diario del instituto.

La curva de los porcentajes de las cargas nos ayuda a ver si existen desbalances de carga en alguna de las tres fases.

**Ilustración 29:** Curva de carga



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

### Desbalance de Cargas

Para analizar si existen desbalances de carga se aplica la siguiente ecuación

$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{\text{Carga Fase Mayor} - \text{Carga Fase menor}}{\text{Carga Fase Mayor}} * 100\% \quad \text{Ecuación 36}$$

**Tabla 22:** Potencia activa máxima de las tres líneas

POTENCIA	kW TOTAL	KW L1	KW L2	KW L3
<b>Potencia Máxima</b>	212,33	7,04	6,98	7,31

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

Para analizar si existen desbalances de carga se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{7,31 - 6,98}{7,31} * 100\%$$

$$\text{Desbalance entre fases} = 4,51\%$$

4,41% < 5% la norma indica que el desbalance entre cargas debe ser menor que el 5% realizando los cálculos no existe desbalance de cargas

### Análisis de Factor de Potencia:

Los registros obtenidos indican un factor de potencia total de 0,64; superando el 5% de los valores permitidos por la regulación del CONELEC 004-01, por lo tanto, se encuentra bajo el límite establecido, incumpliendo la regulación. El bajo factor de potencia se presenta debido a la presencia de armónicos de la industria.

**Tabla 23:** Valores de Factor de Potencia

Valores	MIN %	MED %	MAX %	OBSERVACIONES
<b>F.P L1</b>	0,75	0,84	0,94	No cumple con la regulación
<b>F.P L2</b>	0,66	0,84	0,95	No cumple con la regulación
<b>F.P L3</b>	0,66	0,84	0,93	No cumple con la regulación
<b>F.P PROMEDIO</b>	<b>0,66</b>	<b>0,84</b>	<b>0,95</b>	<b>No cumple con la regulación</b>

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

**Análisis de Armónicos:**

**Armónicos de Voltaje:**

El analizador de carga registra un THD máximo del 3.29%, comparando con la Regulación CONELEC 004/01 se debería tener un THD del 8% por lo que no sobrepasa de lo estipulado por la regulación.

**Tabla 24:** Valores de THD de voltaje por línea y fase

	<b>THD PROMEDIO</b>	<b>THD L1</b>	<b>THD L2</b>	<b>THD L3</b>
<b>MÍNIMO</b>	0,13	0,20	0,10	0,20
<b>MEDIO</b>	1,72	1,55	1,65	1,98
<b>MÁXIMO</b>	3,29	2,9	3,2	3,77
<b>OBSERVACIONES</b>	El límite máximo del THD de las tres líneas es un 3,29% donde no excede el 8% por lo que cumple la regulación			

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

A continuación, se analiza cual armónico afecta más al sistema eléctrico de la industria.

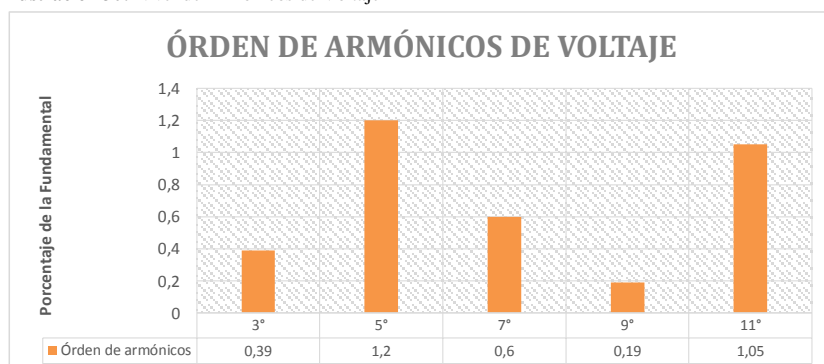
**Tabla 25:** Valores de THD de voltaje por línea y fase

<b>ARMÓNICO DE VOLTAJE POR FASE</b>					
	<b>3°</b>	<b>5°</b>	<b>7°</b>	<b>9°</b>	<b>11°</b>
<b>MÁXIMO</b>	0,39	1,2	0,6	0,19	1,05

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

Para el análisis se presenta un diagrama de barras que indica el porcentaje del nivel de armónicos presente en la industria.

**Ilustración 30:** Nivel de Armónicos de Voltaje



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

## Armónicos de Corriente:

### Cálculo de armónicos de Corriente

El transformador ubicado en la industria láctea LEITO es de 50 kVA, la impedancia es de 2.5% o 0.039

$$I_{CC} = \frac{1}{X_{p.u}}$$

**Ecuación 37**

$$I_{CC} = \frac{1}{0,025}$$

$$I_{CC} = 40$$

Para obtener el valor de la relación  $\alpha = \frac{I_{cc}}{I_{Lpu}}$  se calcula la corriente de carga  $I_L$  en amperios, para posteriormente obtener la corriente de carga en valores en por unidad  $I_{Lpu}$ . Para obtener la corriente de carga se emplea la siguiente ecuación:

$$S = V * I_L * \sqrt{3}$$

**Ecuación 38**

$$I_L = \frac{S}{V * \sqrt{3}}$$

La potencia que se considera es la del transformador 50 kVA, el voltaje es el del secundario del transformador 220 V.

$$I_L = \frac{50000}{220 * \sqrt{3}} = 131,22 \text{ A}$$

$$\frac{I_{cc}}{I_L} = \frac{40}{131,22}$$

$$\alpha = \frac{I_{cc}}{I_L} = 0,30$$

Para el cálculo de la corriente de carga en por unidad se debe obtener los valores de corriente medidos por el analizador de carga:

**Tabla 26:** Valores de Corriente de la línea

	L1	L2	L3
<b>A RMS MÍNIMA</b>	4,700	5,500	8,900
<b>A RMS MEDIA</b>	61,996	61,572	62,792
<b>A RMS MÁXIMA</b>	434,200	433,200	439,200

**Fuente:** Javier Pérez, Empresa LEITO

A continuación, se debe calcular el TDD

**TDD:** distorsión de demanda total, distorsión de corriente armónica en % de la máxima corriente de carga demandada.

**Fase 1:**

Obtenemos la corriente de carga en valores por unidad de la fase 1

$$I_{L,pu} = \frac{434,200}{131,200}$$

$$I_{L,pu} = 3.31$$

El factor  $\alpha$  es igual a:

$$\alpha = \frac{I_{cc}}{I_L}$$

$$\alpha = \frac{40}{3,31 \text{ A}} = \mathbf{12,08}$$

**Fase 2:**

Obtenemos la corriente de carga en valores por unidad de la fase 2

$$I_{L,pu} = \frac{433,200}{131,200}$$

$$I_{L,pu} = 3.30$$

El factor  $\alpha$  es igual a:

$$\alpha = \frac{I_{cc}}{I_L}$$

$$\alpha = \frac{40}{3.30} = \mathbf{12,12}$$

**Fase 3:**

Obtenemos la corriente de carga en valores por unidad de la fase 3

$$I_{L,pu} = \frac{439,200}{131,200}$$

$$I_{L,pu} = 3.348$$

El factor  $\alpha$  es igual a:

$$\alpha = \frac{I_{cc}}{I_L}$$

$$\alpha = \frac{40}{3.348} = \mathbf{11.95}$$

A continuación, se presenta una tabla de los valores obtenidos y necesarios para el análisis del nivel de contenido de corrientes armónicas en el sistema

**Tabla 27:** Cálculo de  $\alpha$  para verificar los armónicos de corriente

Fases	$X_{pu}$	$I_{CC}$	$I_{CC}/I_{Lpu}$
$I_1$	0,025	40	12.08
$I_2$	0,025	40	12,12
$I_3$	0,025	40	11.95

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

Luego de calcular el factor  $\alpha$  para cada una de las fases se procede a calcular el total de todo el sistema:

$$\alpha = \frac{I_{CC}}{I_L}$$

$$\alpha = \frac{40}{131,22} * 100\%$$

$$\alpha = 30.48\%$$

De acuerdo a lo establecido en la norma IEEE-519, el valor de  $(I_{cc}/I_{input})$  según la tabla 26 es aproximadamente de 12.12 el mismo que debe estar entre <20 la TDD permitida es 5%

**Tabla 28:** Límites de distorsión de corriente

<b>Límites de Distorsión de Corriente para Sistemas de Distribución en General (desde 120 V hasta 69.000 V)</b>						
Máxima Distorsión de Corriente Armónica en Porcentaje de $I_L$						
Orden Armónico Individual (Armónicos Impares)						
$\frac{I_{sc}}{I_L}$	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.5	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	0.7	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

**Donde:**

$I_{sc}$ =máxima corriente de cortocircuito en el PCC

$I_L$ =máxima corriente de carga demandada (componente de frecuencia fundamental) en el PC

Fuente: Norma IEEE 519 -1992

A continuación, se presenta el cálculo del TDD a partir de la siguiente fórmula:

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_{L1, \text{demanda máxima}}} * 100$$

**Ecuación 39**

Para calcular el valor de TDD se debe considerar el valor de la corriente de los armónicos que se presenta en la siguiente tabla, donde se considera los armónicos impares 3, 5, 7, 9, 11 que son los que afectan a la calidad de energía:

**Tabla 29:** Límites de distorsión de corriente en Amperios

	ARMÓNICO DE CORRIENTE POR FASE				
	3°	5°	7°	9°	11°
<b>MÁXIMO</b>	3,50	3,93	2,65	2,4	2,2

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

$$TDD = \frac{\sqrt{(7,5)^2 + (4,93)^2 + (2,65)^2 + (2,4)^2 + (2,2)^2}}{131,22 A} * 100$$

**TDD= 4,72 %**

El valor del TDD está dentro del nivel estipulado en la norma que es del 5% y el valor que tenemos a causa de las corrientes armónicas es de 4,72%

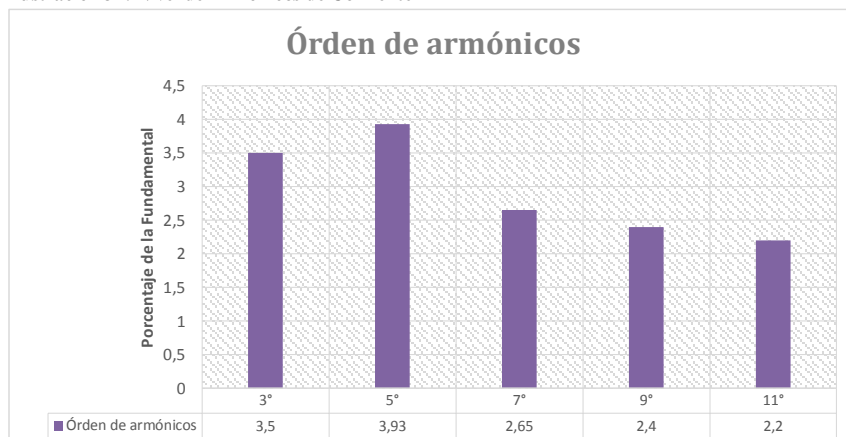
A continuación, se analiza el valor de los armónicos, de acuerdo a la norma los armónicos impares menores a 11 deben tener valores menores al 4%, según la tabla 30 está dentro del límite.

**Tabla 30:** Límites de distorsión de corriente en Amperios

ARMÓNICO DE CORRIENTE POR FASE CON RESPECTO A LA FUNDAMENTAL					
	3°	5°	7°	9°	11°
<b>MÁXIMO</b>	3,50	3,93	2,65	2,4	2,2

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

Ilustración 31: Nivel de Armónicos de Corriente



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

Después de exponer los armónicos de voltaje y corriente se puede analizar que los armónicos están dentro de los niveles.

#### Análisis de Desbalance de carga:

Para analizar si existen desbalances de carga se aplica la ecuación

$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{\text{Carga Fase Mayor} - \text{Carga Fase menor}}{\text{Carga Fase Mayor}} * 100\%$$

$$\text{Desbalance entre fases} = \frac{7,31 - 6,98}{7,31} * 100\%$$

$$\text{Desbalance entre fases} = 4,51\%$$

**4,51% < 5% lo que esta dentro de la norma; no existe desbalance entre fases**

#### Análisis de Niveles de Voltaje:

Después de aplicar la fórmula de índice de calidad para el nivel de voltaje, establecida en la regulación CONELEC 004/01 se obtiene los siguientes resultados:

Los niveles de voltaje dependen de la zona en donde se ha realizado la medición, corresponde a

la categoría Bajo Voltaje, zona rural y en la subetapa 2 cuya variación es del  $\pm 10\%$   
 El voltaje que se toma como base es de 127 Voltios este es el voltaje línea neutro.

Los datos obtenidos de las tres líneas son:

**Tabla 31: Valores de Voltaje min, med y max de las fases**

	V1L RMS	V2L RMS	V3L RMS
<b>VOLTAJE MÍNIMO</b>	125,00	124,00	124,00
<b>VOLTAJE MEDIO</b>	128,24	127,23	128,21
<b>VOLTAJE MÁXIMO</b>	132,00	131,00	132,00

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

**Tabla 32: Niveles de Voltaje min, med y max de las fases**

	V1L RMS	V2L RMS	V3L RMS
<b>VOLTAJE MÍNIMO</b>	1,59%	2,38%	2,38%
<b>VOLTAJE MEDIO</b>	0,96%	0,16%	0,94%
<b>VOLTAJE MÁXIMO</b>	3,92%	3,14%	3,92%

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

El 5% de los registros no debe exceder de  $\pm 10,0\%$  del voltaje nominal. Se aprecia que los valores de las líneas se encuentran dentro de los límites permitidos, por lo tanto, cumplen con la regulación.

Lo que se puede apreciar es que, entre la L1, L2 y L3 la variación de tensión no es significativa (no supera el 1%)

#### **Datos obtenidos con la Simulación. -**

##### **Simulación Inicial del Sistema en el software EASY POWER**

Una vez obtenido la información inicial del sistema eléctrico de la Industria láctea LEITO se procede a ingresar los datos al software obtenidos en el levantamiento de carga.

Los datos ingresados son los siguientes:

Transformador de 13.8 kV a 220 V de 50 kVA

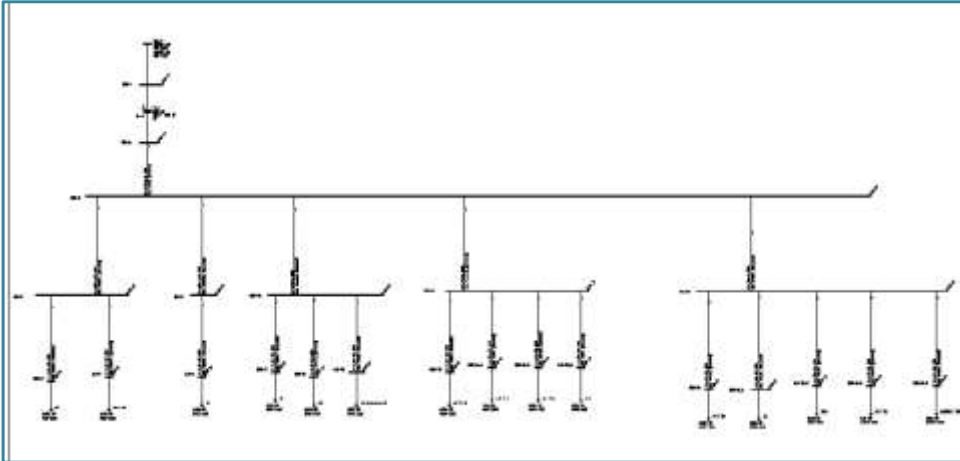
Tres conductores de calibre 1/0 AWG

Carga total de la industria es de 24,54 kW

Estos datos se ingresan al software de simulación para determinar cuáles son los problemas y así

plantear soluciones que mejoren la calidad del suministro de energía eléctrica en la industria.  
A continuación, se indica el ingreso del diagrama al programa de simulación (Ver ANEXO 1)

**Ilustración 32:** Simulación inicial del sistema eléctrico de la industria

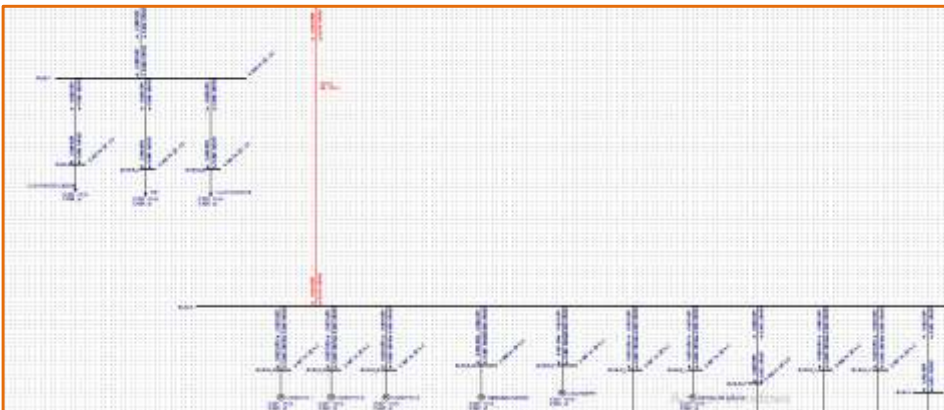


Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

A continuación, se realiza la primera corrida de flujo con los datos iniciales antes mencionados, donde se explica cada uno de los problemas encontrados y se indica el reporte dado por el analizador.

### Corrida de Flujo Inicial en el software EASY POWER

**Ilustración 33:** Corrida de flujos del sistema



Fuente: Simulación EASY POWER

### Problemas encontrados en el sistema a través del software EASY POWER

Los resultados obtenidos en la corrida de flujos inicial son los siguientes:

#### Bajo factor de potencia:

La carga tiene un factor de potencia de 0.84 lo cual ocasiona un incremento de costos de la planilla eléctrica

**Tabla 33:** Factor de Potencia de la carga

Área	Factor de Potencia
Bodegas	0,84
Proceso	0,84
Sala de máquinas	0,83
Calderos	0,83
Cuarto Frío	0,84

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

Se muestra a continuación el factor de potencia total del generador del sistema y el factor de potencia total de la carga.

**Tabla 34:** Factor de Potencia de la carga

Total	kW	kVAR	kVA	PF
Generation in System	31	19	36	0.843
Load in System	29	19	35	0.840

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

#### Sobrecarga de la línea

Se puede observar que existe una reserva del 6.4%, no existe sobrecarga, pero la regulación indica que el conductor debe poseer 25% de reserva por lo que no cumple esta ley. El que tiene un calibre de conductor de 14 AWG que va conectado desde la barra principal hasta la barra del área de proceso que contiene equipos tales como: marmita, licuadora, evaporador, descremador, homogenizador, bombas de elevación, etc. El mismo que más adelante se planteara las soluciones necesarias para disminuir la sobrecarga del conductor.

**Tabla 35:** Sobrecarga de la línea

Nombre del Área	% de Cargabilidad del Conductor	% de Reserva del Conductor
Barra principal	93.6%	- 6.4%

Fuente: Simulación EASY POWER

### Iluminación

La iluminación del área de proceso es de 62 Lux este valor se registró en todos los puntos del área productiva y es necesario mejor para cumplir con la legislación que pide mínimo 100 Lux.

**Tabla 36:** Costo de Energía Anual por iluminación

	COSTO DE ENERGIA ANUAL		
	Lamparas Fluorescentes 32w	Lamparas Fluorescentes 40w	Lamparas Led
Potencia 2*lampara (W)	70,0	86,0	40,0
Cantidad (U)	8,0	8,0	8,0
POTENCIA TOTAL W	560,0	688,0	320,0
Costo Energía (\$)	0,08	0,08	0,08
Tiempo de trabajo	8,0	8,0	8,0
Costo Total energía diario kWh	0,4	0,4	0,2
TOTAL ENERGÍA ANUAL kWh	1635,2	2009,0	934,4
Costo energía anual kWh (\$)	130,8	160,7	74,8

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

Actualmente la industria se encuentra instaladas las lámparas fluorescentes de 32 Watts y de 40 Watts, lo que provoca que el costo de energía en la planilla eléctrica sea elevado, se paga 130,80 anualmente con luminarias de 32 watts y 160,7 con luminarias de 40 Watts, lo que podemos notar que el cambio de lámparas led se puede reducir el costo de energía, a 74,80 dólares.

## CAPÍTULO IV – LA PROPUESTA

### PROPUESTA

#### Título de la propuesta

Evaluación técnica - económica de las oportunidades de ahorro de energía.

#### Justificación

Realizado el levantamiento de información de los procesos y sistemas de consumo de energía dentro de la planta se detectó varias oportunidades de mejora que se evaluaron técnica y económicamente para determinar la factibilidad de realizar las inversiones requeridas y así lograr un ahorro de energía, y recursos además de bajar la carga contaminante de la Empresa.

#### Objetivos

1. Evaluar las oportunidades de ahorro de energía.
2. Proponer un plan de ahorro de energía.

#### Estructura de la propuesta

La estructura de la propuesta es desarrollar una evaluación a las oportunidades de ahorro de energía desde el punto de vista técnica-económica.

Propone un sistema de gestión de energía.

#### Desarrollo de la propuesta

##### Propuesta para corregir los problemas del sistema eléctrico

##### Corrección del Factor de Potencia

Potencia consumida es = **24.53 kW**

Lo primero que se procede a realizar es el cálculo de los ángulos, utilizado como datos el valor medido del factor de potencia y como segundo dato el valor al cual deseo llevar el factor de potencia.

$$f_{p1}=0.84 \quad \theta_1 = \cos^{-1}(0.84) = 32.86$$

$$f_{p2}=0.95 \quad \theta_2 = \cos^{-1}(0.98) = 18.19$$

Con los datos de los ángulos saco los KVAR efectivos (Qeff)

$$Q_{\text{eff}} = P (\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$$

$$Q_{\text{eff}} = 24.53 (\tan (32.86) - \tan (18.19))$$

$$Q_{\text{eff}} = 24.53 \text{ kVAR}$$

Este valor en KVAR es el que se deberá instalar en total del sistema

#### Análisis del Conductor:

De acuerdo a la norma, se determina que los conductores se calculan a un 125% de la corriente consumida a plena carga.

El cálculo de la corriente inicial del sistema es el siguiente:

$$I_1 = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \text{fp}}$$

**Ecuación 40**

$$I_1 = \frac{24.53 * 10^3}{\sqrt{3} * 220 * 0.84}$$

$$I_1 = 76.63 \text{ A} * 1.25$$

$$I_1 = 95.79 \text{ A}$$

**Tabla 37:** Simulación inicial con el conductor

Nombre del Área	% de Cargabilidad del Conductor	% de Reserva del Conductor
Barra principal	93.6%	- 6.4%

Fuente: EASY POWER

La corriente inicial calculada por el simulador es de 56.2 A. El mismo que no se encuentra sobrecargado, pero la capacidad del conductor se acerca al límite. El conductor debe tener una reserva del 25% para una posible sobrecarga. La reserva que tiene el conductor inicialmente es de 6.4%

Tiene una caída de voltaje de:

$$e\% = \frac{2\sqrt{3}LI}{E_{\text{FS}}} (\%)$$

**Ecuación 41**

Para un calibre de 14 AWG tenemos una sección de 50 mm<sup>2</sup>, con esto calculamos la caída de voltaje:

$$e\% = \frac{2\sqrt{3} * 9 * 76.63 \text{ A}}{440 \text{ V} * 50 \text{ mm}^2} (\%)$$

$$e\% = 10.86 \%$$

La caída de voltaje supera el 5% que es permitido en instalaciones industriales, por lo que dicho conductor produce muchos problemas en el sistema eléctrico.

**Análisis con el mismo conductor y corregido el factor de potencia:**

Al colocar el banco de capacitores el factor de potencia se eleva a 0,95 con este valor se calculará el nuevo valor de corriente.

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \text{fp}}$$

$$I_2 = \frac{24,53 * 10^3}{\sqrt{3} * 220 * 0,95}$$

$$I_2 = 67,76 \text{ A} * 1,25$$

$$I_2 = 84,70 \text{ A}$$

Se utiliza el mismo conductor de 14 AWG y se simula el sistema con el banco de capacitores, donde se obtiene el siguiente reporte:

**Tabla 38: Resultado del conductor cuando ya se coloca el banco de capacitores**

Nombre del Área	% de Cargabilidad del Conductor	% de Reserva del Conductor
Barra principal	95.8%	- 4.2%

Fuente: EASY POWER

La corriente calculada por el simulador es de 57.6 A. El conductor sigue al límite. El conductor debe tener una reserva del 25% para una posible sobrecarga. La reserva que tiene el conductor luego de corregir el factor de potencia es de 3.9%.

Para un calibre de 14 AWG tenemos una sección de 50 mm<sup>2</sup>, con esto calculamos la caída de voltaje:

$$e\% = \frac{2\sqrt{3} * 9m * 67.76}{440 V * 50 \text{ mm}^2} (\%)$$

$$e\% = 9.60\%$$

La caída de voltaje supera el 5%, por lo que se procederá al cálculo del nuevo conductor.

#### **Análisis con el nuevo conductor y corregido el factor de potencia:**

La corriente sigue siendo la misma que la del anterior caso:

$$I_1 = 84.70 \text{ A}$$

El conductor 4 AWG tiene la capacidad de 95 A. El conductor que abastece la corriente de 84.70 A es de 4 AWG. El reporte de la simulación con el conductor de 4 AWG es el siguiente:

**Tabla 39: Simulación con el calibre de 4 AWG**

Nombre del Área	% de Cargabilidad del Conductor	% de Reserva del Conductor
Barra principal	22.0%	- 78.0%

Fuente: EASY POWER

Con el conductor de calibre de 4 AWG se tiene una reserva del 77.9% por lo que tiene una reserva suficiente lo que solicita la norma.

Para un calibre de 4 AWG tenemos una sección de 21.15 mm<sup>2</sup>, con esto calculamos la caída de voltaje:

$$e\% = \frac{2\sqrt{3} \cdot 9m \cdot 67.76}{440 V \cdot 125 \text{ mm}^2} (\%)$$

$$e\% = 3.84 \%$$

El conductor por fase de calibre 4 AWG, tiene una reserva del 77.9% y es económicamente recomendable que la anterior opción.

### **Análisis técnico – económico**

Para poder ver la factibilidad del proyecto, se debe calcular el VAN y el TIR que es el tiempo de retorno de la inversión del proyecto. Si el periodo de retorno de la inversión es menor a cinco años es rentable y si es mayor a cinco años no es recomendable la realización del proyecto.

Para el cálculo del VAN y el TIR se aplica las siguientes formulas:

#### **TIR**

$$\text{TIR} = \% \text{ menor} + \frac{(\text{VPN \% menor})}{\text{VPN \% menor} + \text{VPN \% mayor}}$$

**Ecuación 42**

#### **VAN:**

$$\text{VAN} = \sum_{t=1}^n \frac{Vt}{(1+K)^t} - I0$$

**Ecuación 43**

### **Propuesta para corregir el Sistema Térmico**

#### **Pérdidas en tuberías por falta de aislamiento.**

Las pérdidas por falta de aislamiento representan 876306 kcal mensuales.

Evaluando los posibles materiales aislantes estudiamos la posibilidad de utilizar cañuelas de fibra de vidrio o fibra cerámica. En la siguiente grafica vemos los materiales aislante más comunes.

**Tabla 40:** Tipos básicos de aislamiento

Tipos básicos de aislamiento				
Tipo	Forma	Intervalo de temperatura	Factor k*	Notas
Sólido de calcio	Cubierta para tuberías Bloques Segmentos	Hasta 982°C (1800°F)	0.06 [30°C 0.45 a 300°F]	Buena resistencia mecánica, no es combustible. Absorbe algo de agua.
Celdas de vidrio	Cubierta para tuberías Bloques Segmentos	-267°C a 482°C (-450 °F a 900°F)	0.035 a 24°C (0.24 a 75°F) 0.050 a 150°C (0.28 a 300 °F) Pueden variar de acuerdo a los datos del fabricante.	Buena resistencia mecánica. Resistencia al vapor y al agua. No combustible. Resistencia a la atracción por los gases.
Fibra de vidrio	Cubierta para tuberías Tablas	De 455°C (850°F) De 310°C (590°F)	0.035 a 24°C 0.24 a 75°F 0.061 a 150°C 0.42 a 300°F La conductividad varía con la densidad.	No combustible, absorbe agua.
Fibra cerámica	Segmentos e tablas	De 870°C (1600°F)	0.030 a 93°C (200°F)	El intervalo de temperatura varía con la manufactura, el peso y el tipo.

\*k tiene unidades de W/(m°C) o (BTU-in)/(R-h°F)

Fuente: Gestión Energética del proceso Industrial de producción de leche de consumo (Neita & Quitian, 2014, pág. 12)

### Evaluación económica de propuestas para corregir los problemas térmicos

Con esto se costea los trabajos de aislamiento incluyendo el material y se los presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 41:** Presupuesto para implementación del aislamiento de las tuberías

PROPUESTA AISLAMIENTO DE TUBERÍAS			
PÉRDIDA MENSUAL EN kcal			876306,0
PÉRDIDA ANUAL DE DIÉSEL EN GALONES			313,0
COSTO GALÓN DE DIÉSEL \$			1,1
PÉRDIDA EN DÓLARES ANUAL \$			344,3
COSTO DE AISLAMIENTO CON FIBRA DE VIDRIO \$	1423,0	AHORRO AÑO 1	-1078,7
COSTO AISLAMIENTO CON LANA MINERAL \$	1814,0	AHORRO AÑO 1	-1469,7
EVALUACIÓN ECONÓMICA AISLAMIENTO	VAN	TIR	TIR
FIBRA DE VIDRIO	-748,4	4%	4,13
LANA MINERAL	-1488,5	-1%	5,3

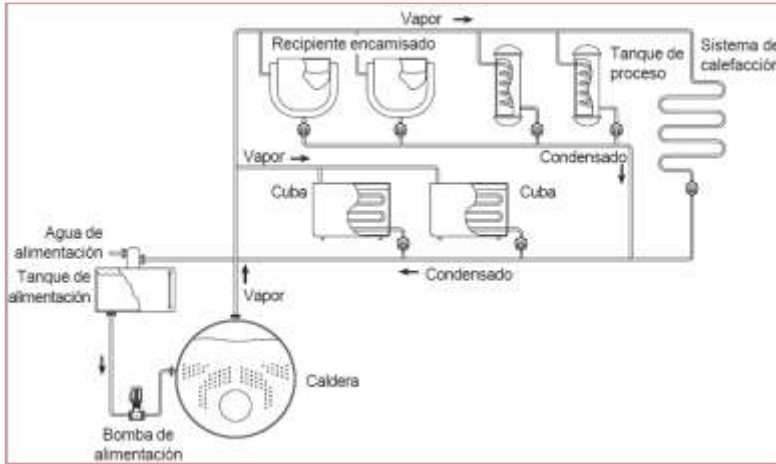
Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

De los resultados de la evaluación económica el aislar las tuberías no es rentable, sin embargo, desde el punto de vista ambiental si lo es porque se dejaría de consumir 313 galones de diésel.

### Pérdidas por no recuperar el condensado

Las pérdidas por no recuperar el condensado representan 1525140 kcal mensuales.

**Ilustración 34:** Esquema del sistema de condensación



Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

El sistema de recuperación consiste en la cuba, y las tuberías.

Evaluando un sistema de recuperación podemos ver los resultados en la siguiente tabla.

**Tabla 42:** Presupuesto para implementación del aislamiento de las tuberías

PROPUESTA CONDENSADO			
PÉRDIDA MENSUAL EN kcal			1525140,0
PÉRDIDA ANUAL DE DIÉSEL EN GALONES			544,7
COSTO GALÓN DE DIÉSEL \$			1,1
PÉRDIDA EN DÓLARES ANUAL \$			599,2
COSTO DE INSTALACIÓN DE TUBERÍAS PARA RECUPERAR	1200,0	AHORRO AÑO	
EVALUACIÓN ECONÓMICA	VAN	TIR	TR
RECUPERACIÓN DE CONDENSADO	1114,0	25%	2,00

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

El proyector resulta rentable con un VAN de 1114 y un TIR del 25%

### Pérdidas por fugas de combustible

Las pérdidas por fugas de combustible representan 1491772.8 kcal anuales, se recomienda cambiar la tubería, eliminando las fugas, a continuación, se observa los costos de reparación y cambio.

**Tabla 43:** Presupuesto para implementación del aislamiento de las tuberías

<b>PROPUESTA FUGAS DE COMBUSTIBLE</b>			
PÉRDIDA MENSUAL EN kcal			124314,4
PÉRDIDA ANUAL DE DIÉSEL EN GALONES			44,4
COSTO GALÓN DE DIÉSEL \$			1,1
PÉRDIDA EN DÓLARES ANUAL \$			48,8
COSTO DE INSTALACIÓN DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS	120,0	AHORRO AÑO 1	-71,2
EVALUACIÓN ECONÓMICA	VAN	TIR	TR
REPARACIÓN TUBERÍAS Y ACCESORIOS	48,8	18%	2,46

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

### Pérdidas por fuga de vapor en el visor

Las pérdidas por fuga de vapor en el visor representan 4193363.52 kcal mensuales, es necesario cambiar el visor que tiene un costo de \$21,06.

**Tabla 44:** Presupuesto para implementar el sistema contra fuga

<b>PROPUESTA FUGA VISOR</b>			
PÉRDIDA MENSUAL EN kcal			12,4
PÉRDIDA ANUAL DE DIÉSEL EN GALONES			0,0
COSTO GALÓN DE DIÉSEL \$			1,1
PÉRDIDA EN DÓLARES ANUAL \$			0,0
COSTO DE CAMBIO VISOR	21,0	AHORRO AÑO 1	-21,0
EVALUACIÓN ECONÓMICA	VAN	TIR	TR
CAMBIO VISOR	-39,7		4316,65

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

### Tanque de agua con fuga

El sistema de enfriamiento de agua tiene una fuga en donde se pierde aproximada de 31.5 kW-h diariamente que al mes representaría 945 kW-h mes.

Es necesario reparar el tanque de agua para esto se visualiza en las siguientes tablas el análisis económico de este proyecto.

**Tabla 45:** Presupuesto para reparación del tanque

<b>PROPUESTA TANQUE CON FUGA DE AGUA</b>			
PÉRDIDA MENSUAL EN kWh		945,0	
kWh ANUAL		11340,0	
COSTO DE LA ENERGÍA ANUAL		907,2	
COSTO DE NUEVO TANQUE	2300,0	AHORRO AÑO 1	-1392,8
EVALUACIÓN ECONÓMICA	VAN	TIR	TIR
CAMBIO VISOR	772,3	17%	2,54

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

De análisis económico se puede decir que el proyecto es aceptable.

### Evaluación económica de propuestas para corregir los problemas eléctricos

#### Oportunidades de ahorro por sustitución de motores subcargados.

Los motores subcargados tienen potencias de entre 0.5 a 2 hp por esta razón se evalúa la posibilidad de cambiar el motor de la cinta de codificación de está trabajando a una carga de 56,9% con una potencia de ¾ hp, el motor que podría soportar esa carga y trabajar más eficientemente sería uno de ½ hp, el costo de un motor de estas características es 545 dólares, y el ahorro de energía es de 15.5 dólares.

**Tabla 46:** Presupuesto para motores más eficientes

<b>PROPUESTA MOTORES EFICIENTES</b>			
PÉRDIDA ANUAL kWh		194,0	
PÉRDIDA EN DÓLARES ANUAL \$		15,5	
COSTO DE MOTOR CAMBIO	540,0	AHORRO AÑO 1	-524,5
EVALUACIÓN ECONÓMICA	VAN	TIR	TIR
MOTOR ALTA EFICIENCIA	-934,5		-34,79

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

De la evaluación económica se concluye que no es rentable invertir en cambiar este motor.

Para las nuevas compras de motores se debe hacer la inversión en motores de alta eficiencia y dimensionarlos correctamente.

### Iluminación

Es necesario cambiar o limpiar los traslucidos, además evaluamos el posible cambio de luminarias por lámparas tipo led.

**Comentado [XP6]:** No se hace un análisis del sistema de iluminación en el apartado anterior

**Tabla 47:** Presupuesto para cambiar la iluminación

LED			
PÉRDIDA MENSUAL EN kWh			58,4
kWh ANUAL			700,8
COSTO DE LA ENERGÍA ANUAL			56,1
COSTO DE REPLAZAR A LED	168,0	AHORRO AÑO 1	-111,9
EVALUACIÓN ECONÓMICA	VAN	TIR	TR
CAMBIO A LED	-1,2	12%	3,00

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

**Tabla 48:** Presupuesto para cambiar la iluminación

Toneladas de CO2 anual	
Energía ahorrada kWh	700,8
Factor Kg	0,2896
<b>TONELADAS NO EMITIDAS CO2</b>	<b>0,2</b>

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

De la evaluación se concluye que el proyecto llega a ser más que rentable energéticamente amigable ya que se reduce el consumo de energía eléctrica en un 42%.

### Ahorro energético al implementar las soluciones propuestas

#### Cálculo de Pérdidas:

Pérdidas Iniciales=1.2 kW

Pérdidas finales=0.6 kW

Pérdidas Iniciales en hora pico=1.2 kW

Pérdidas finales en hora pico= 0.6 kW

**Pérdidas totales=Pérdidas Iniciales-Pérdidas finales**

**Ecuación 44**

Pérdidas totales=1.2 kW- 0.6 kW

Pérdidas totales= 0.6 kW

**Calculo de las pérdidas de energía.**

Perdidas de Energía=Perdidas en valor en kW\*días\*horas

**Ecuación 45**

# de horas de carga equivalentes (EH)=  $\frac{\text{Energía total consumidas en un periodo (kWh)}}{\text{Carga máxima (kW)}}$

**Ecuación 46**

Carga máxima=21.34 kW

Energía total consumidas en un periodo (kWh)= 292.632 kWh

$$EH = \frac{292.632 \text{ kWh}}{21,34 \text{ kW}}$$

EH=13.71 h

Pérdidas de Energía=Pérdidas totales en kW\*semanas\*horas

Perdidas de Energía=0.6 kW\*4 semanas\*13.71 horas

$$\text{Perdidas de Energía} = 32.91 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$$

Se multiplica la Energía por el costo del kWh este valor es tomado del pliego tarifario

**Tabla 49:** Pliego Tarifario. Valor Industrial

	BAJA TENSION CON DEMANDA		
	COMERCIALES E INDUSTRIALES		
	4,790	0,990	1,414
	SERVICIO COMUNITARIO, AUTOCONSUMOS Y ABONADOS ESPECIALES		
	4,790	0,990	1,414
	BOMBEO AGUA		
	4,790	0,970	1,414
	BAJA TENSION CON DEMANDA HORARIA		
	COMERCIALES E INDUSTRIALES		
07h00 hasta 22h00 22h00 hasta 07h00	4,700	0,990 0,072	1,414
	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS		
07h00 hasta 22h00 22h00 hasta 07h00	4,790	0,990 0,066	1,414
	BOMBEO AGUA		
07h00 hasta 22h00 22h00 hasta 07h00	4,790	0,970 0,056	1,414
	BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE		
L-V 08h00 hasta 18h00 L-V 18h00 hasta 22h00 L-V 22h00 hasta 06h00 S.D 18h00 hasta 22h00	2,630	0,056 0,094 0,045 0,056	1,414
	VEHICULOS ELÉCTRICOS		
L-V: 08h00 hasta 18h00 L-D: 18:00 hasta 22:00 L-D: 22h00 hasta 06h00 S/D: 08h00 hasta 18h00	4,000	0,080 0,100 0,080	1,414

Fuente: Pliego Tarifario

$$\text{Costo por perdidas} = 32.91 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} * 0.090 \frac{\text{USD}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Costo por perdidas} = 2.962 \frac{\text{USD}}{\text{mes}} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}}$$

$$\text{Costo por perdidas} = 35.54 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

#### **Pago de penalización por bajo factor de potencia**

El siguiente recuadro muestra la cantidad que debe pagar cada mes la industria lechera Leito por concepto de penalización por bajo factor de potencia que presentan

**Tabla 50: Penalización anual por bajo factor de potencia**

<b>MULTA ANUAL</b>	\$ 6684,85
--------------------	------------

Fuente: Javier Perez

Ahorro económico = Costo por perdidas anual + Multas anual por bajo factor de potencia

$$\text{Ahorro económico} = 35.54 + 6684.85 = 6720,39 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

$$\text{Ahorro económico} = 6720,39 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

#### **Cálculo del TIR y el VAN:**

Para el cálculo de estos parámetros tomamos en consideración los siguientes datos:

Inversión del Proyecto: 141 USD

Ahorro económico por energía consumida anual y multas por penalización por bajo factor de potencia:  $6720,39 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$

Instalación de los equipos recomendados: 150,00 USD

Mantenimiento de los equipos: 200,00 USD

**Tabla 51:** Flujo Neto de Inversión

CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA			
PÉRDIDA MENSUAL EN kWh			32.9
kWh ANUAL			394.9
COSTO DE LA ENERGÍA ANUAL DÓLARES			35.5
COSTO DE IMPLEMENTACIÓN	350	AHORRO AÑO 1	6720.4
EVALUACIÓN ECONÓMICA	VAN	TIR	TR
CAMBIO A LED	1920	81%	0.1

Fuente: Javier Perez

**Cálculo del TIR:** 81 %

**Cálculo del VAN:** 1920

**Tiempo de recuperación:** 0.1 años

El proyecto es rentable puesto que el período de recuperación de la inversión de capital se da en un tiempo razonable de tres años ya que el tiempo de vida útil de los equipos es de diez años, además de esto se debe considerar los beneficios que generan como el ahorro de energía y la maquinaria funciona adecuadamente.

#### Plan de Ahorro de energía

Luego de evaluados los procesos y las oportunidades de mejora se propone el siguiente plan para ahorrar energía.

A continuación, se presenta un cuadro con los costos y los desperdicios en cada oportunidad de ahorro.

**Tabla 52:** Flujo Neto de Inversión

OPORTUNIDADES DE AHORRO DE ENERGÍA	kcal DESPERDICIAS	kWh DESPERDICIAS	DOLARES AHORRADOS	COSTO DEL PROYECTO	TIR
Perdidas en tuberías por falta de aislamiento	876306,0	1019,1	344,3	1423,0	4,0%
Perdidas por no recuperar condensado	1525140,0	1773,7	599,2	1200,0	24,6%
Perdidas por fuga de combustible	124314,4	144,6	48,8	120,0	17,7%
Oportunidades de ahorro por cambio de motores	166809,9	194,0	15,5	540,0	-17,1%
Tanque con fuga de agua fría	812553,5	945,0	907,2	2300,0	16,7%
Iluminación	602579,4	700,8	56,1	168,0	11,9%
Corrección del Factor de Potencia y cambio de conductor	339570,0	394,92	6720,39	141	81,0%
TOTAL	4447273,2	5172,2	8691,4	5892,0	

Fuente: Javier Pérez, Empresa LEITO

Como se evidencia en la tabla anterior la TIR para las oportunidades de ahorro son buenas a excepción del cambio de motores que por las potencias bajas y el costo elevado del remplazo no es atractiva. Entre el costo de los proyectos y los ahorros se tiene una diferencia de \$2799.4 que se recuperarías en una tasa de retorno de 0.7 años. El porcentaje de ahorro total es de 2.5%. Además,

controlando este consumo excesivo de energía se dejará de emitir a la atmosfera 2078.5 Toneladas de CO2.

**Tabla 53:** Flujo Neto de Inversión

TONELADAS DE CO2 ANUALES	
Posibilidad de ahorro de energía kWh	7177,3
Factor de conversión	0,2896
<b>Se dejaría de emitir en Toneladas</b>	<b>2078,5</b>

**Fuente:** Javier Pérez, Empresa LEITO

El MIX Energético de Ecuador genera 289,6443 grs. de CO2 por cada KWh producido, según datos de la International Energy Agency (IEA) del año 2009

De las evaluaciones hechas a las oportunidades de mejora se propone el siguiente plan para disminuir el consumo de energía. Mismo que de ser aceptado y ejecutado mejoraría el desempeño de las maquinas ahorrando dinero y energía.

**Tabla 54:** Flujo Neto de Inversión

PLAN DE PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE ENERGIA 2013					
N.	SOLUCIÓN	RESPONSABLE	SEMANA	FIRMA DE RESPONSABILIDAD	CUMPLIMIENTO
1	Tanque de agua con fuga	EMPRESA LEITO			
2	Pérdidas por no recuperar el condensado	EMPRESA LEITO			
3	Pérdidas en tuberías por falta de aislamiento.	EMPRESA LEITO			
4	Iluminación	EMPRESA LEITO			
5	Pérdidas por fugas de combustible	EMPRESA LEITO			
6	Oportunidades de ahorro por sustitución de motores subcargados	EMPRESA LEITO			
7	Pérdidas por fuga de vapor en el visor	EMPRESA LEITO			
8	Apagar las maquinas que no se estan utilizando	EMPLEADOS			
9	Control de iluminación	EMPLEADOS			
10	Control desperdicios y procesos	EMPLEADOS			

**Fuente:** Javier Pérez, Empresa LEITO

## CONCLUSIONES

Una vez realizada la investigación se logró obtener un diagnóstico energético de la empresa de lácteos Leito, determinando que los 2 portadores energéticos son el Diesel con el 53% y la energía eléctrica con el 47%.

El índice del consumo para los dos casos es lineal y proporcional a la producción.

Los principales consumidores de energía son las marmitas 1, 2, 3 y el pasteurizador, la Empresa no recupera el condensado de vapor que sale de las marmitas con 84 °C, el ingreso de vapor no está controlado, no tiene válvulas reguladoras de vapor al ingreso, tampoco válvulas de salida de condensado, y válvulas de seguridad, además las tuberías de vapor no están aisladas, perdiéndose energía.

En el sistema de enfriamiento existen fugas de agua fría incrementando el consumo de energía.

En el sistema eléctrico las oportunidades de mejora detectadas son, la corrección del Factor de Potencia que presenta un valor promedio aproximado de 0,84 durante las horas de trabajo normal, esto es inadecuado y sujeto a penalización. Existen motores con factor de carga bajo y es necesario evaluar el cambio por motores de alta eficiencia.

El sistema de iluminación no cumple con la legislación especialmente en horas de la mañana donde se tomó lecturas de 62 lux, que pueden mejorar con la limpieza o cambio de traslucidos.

Se evaluaron las posibilidades de mejora desde el punto de vista tecnológico y la factibilidad económica para la optimización del consumo de energía frente a la energía desperdiciada en los puntos anteriores; se calculó las pérdidas económicas y la tasa de retorno de cada propuesta.

Evaluación de las oportunidades de mejora y la factibilidad económica para la optimización del consumo de energía frente a la energía desperdiciada; se calculó las pérdidas económicas y la tasa de retorno de cada propuesta.

Entre el costo de los proyectos y los ahorros se tiene una diferencia de \$2799.4 con una tasa de retorno de 0.7 años. Además, controlando este consumo excesivo de energía se dejará de emitir a la atmósfera 2078.5 Toneladas de CO<sub>2</sub>.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar los proyectos en función de la factibilidad y la parte legal iniciando por los de mayor retorno de la inversión y que permitan continuar con los siguientes proyectos, varios de estos si bien no tienen un retorno económico tienen un trato amigable al ambiente.

Se recomienda la instalación de un sistema de control de ingreso de vapor.

Se debe recuperar el condensado con esto disminuirémos el uso de diésel.  
Se recomienda construir un banco de hielo nuevo para evitar fugas de agua.  
Se recomienda instalar un banco de condensadores para mejorar el factor de potencia.

### Referencias Bibliográficas

- Aguirre, L., & Germán, H. (2010). *“Análisis de carga del hospital San Vicente de Paúl de la Ciudad de Ibarra y propuesta para el cumplimiento de la calidad de energía según la regulación No. CONELEC 004/01”*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- ARCONEL. (2016). *Pliego Tarifario para las Empresas Eléctricas*. Coordinación Nacional de Regulación .
- Delgado, J. (2013). *Eficiencia Energética en la Industria de Lácteos San Antonio de la Ciudad de Cuenca*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Enríquez, G. (2005). *El ABC de las Instalaciones Eléctricas Residenciales*. México: Limusa.
- Enríquez, H. (2005). *El ABC de las Instalaciones eléctricas industriales*. México: LIMUSA.
- Enríquez, H. (2012). *Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales*. México: LIMUSA.
- Guanajuato, U. d. (15 de 11 de 2013). *Universidad de Guanajuato*. Obtenido de <http://www.ugto.mx/noticias/noticias/4719-motivan-alumnos-de-la-ug-uso-racional-y-eficiente-de-energia-electrica>
- Guanipa, G. (2014). *Sistemas de Refrigeración*. Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda".
- Hernandez, J., Aristizabal, J., & Gordillo, G. (2013). Calidad y Uso de la energía. *bdigital*, 8. IEEE\_519\_1992. (1992). *Recomendaciones Prácticas y Requerimientos de la IEEE para el control de armónicos en Sistemas Eléctricos de Potencia*. IEEE.
- López, R. R. (2013). *Linkedin*. Obtenido de <http://www.linkedin.com/pub/rub%C3%A9n-recio-1%C3%B3pez/69/a29/590>
- Mora, J., & Cevallos, Y. (2014). *Estudio y análisis de calidad de energía enfocado en nivel de armonicos en el sistema eléctrico de la subestacion enfriadora Holcim Ecuador Planta Guayaquil*. Guayaquil - Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.

- Neita, D., & Quitian, J. (2014). *Gestión Energética el proceso Industrial de producción de leche de consumo*. Bogota: Universidad de La Salle.
- OLADE. (2011). *Organización Latinoamericana de Energía*. Obtenido de <http://www.olade.org/es/search/node/2011>
- Ordoñez, C. C. (2012). *Auditoría Energética en la caldera y líneas de distribución en las lavanderías del hospital "Carlos Andrade Marín"*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Pelaéz, M. (2017). *Evaluación y Mejora de la Eficiencia Energética en la Producción de Queso Fresco en la Planta de Cungapite (Cañar)*. Cuenca: Universidad Estatal de Cuenca.
- Plaza, E. (2014). *Uso eficiente de la Energía en Instalaciones de PROLAC*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- PLAZA, V. C. (2012). *USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN LAS INSTALACIONES DE PROLAC*. Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Sanchez, E. (2003). *Modelo de Auditoría Energética en el Sector Industrial*.
- Schneider. (2012). *Manual de Compensación de energía reactiva*. Schneider.
- Sernández, C. (2 de febrero de 2014). *SKV Solo Kilovatios Verdes*. Obtenido de <http://blog.gesternova.com/energia-reactiva-en-la-factura-de-la-luz-de-tu-empresa-algunos-consejos-y-como-calcularla/>
- Sierra, J. (2009). Guía Técnica de eficiencia energética eléctrica. *Circuitos*, 23-25.

## ANEXOS

### Calor necesario para producir calor

**Calor necesario para producir vapor**

· **Tabla 1:**  
Calor en kilojulios (kJ) requerido para producir un kilogramo de vapor, en función de la presión y la temperatura del agua de alimentación.

Presión caldera bar r	Temperatura agua de alimentación °C										
	10	20	30	40	50	60	70	80	80	100	110
5	2716	2673	2631	2589	2548	2508	2464	2421	2381	2338	2296
6	2722	2680	2638	2598	2555	2513	2471	2428	2385	2345	2302
7	2727	2685	2643	2601	2560	2518	2476	2434	2393	2350	2307
8	2732	2690	2648	2607	2565	2523	2481	2439	2397	2355	2312
9	2738	2694	2653	2611	2569	2527	2485	2443	2401	2360	2318
10	2740	2698	2658	2614	2573	2531	2489	2447	2405	2363	2319
11	2743	2701	2659	2617	2575	2534	2492	2450	2408	2368	2323
12	2748	2704	2662	2620	2578	2538	2494	2452	2410	2368	2328
16	2752	2710	2668	2626	2584	2542	2500	2458	2416	2374	2332
17	2756	2713	2671	2629	2587	2546	2503	2461	2419	2377	2335
20	2758	2717	2675	2633	2591	2549	2507	2465	2423	2381	2339
26	2762	2720	2678	2636	2594	2552	2510	2468	2426	2384	2342

Fuente: Eficiencia energética en instalaciones de vapor SpiraxSarco EEV-1203

### Energía de combustibles

**Energía de combustibles**

· **Tabla 2:**

Tipo combustible	Viscosidad centistokes	Peso específico kg/dm <sup>3</sup>	Energía
Gas-oil	4	0,835	45.600 kJ/kg
Fuel ligero	50	0,935	43.500 kJ/kg
Fuel medio	230	0,95	43.000 kJ/kg
Fuel pesado	900	0,97	42.500 kJ/kg
Propano		0,51	49.800 kJ/kg
Gas natural			3.600 kJ/kWh

Fuente: Eficiencia energética en instalaciones de vapor SpiraxSarco EEV-1203

### Ahorro de energía calorífica tuberías

**Ahorro de energía calorificando tuberías**

Emisión en W/m, tuberías de vapor expuestas al aire a 20°C

Dir. Temp. °C	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"
50	22	31	41	52	64	76	88	100	112	124	136	148	160
60	29	39	50	62	74	86	98	110	122	134	146	158	170
70	36	47	58	70	82	94	106	118	130	142	154	166	178
80	43	54	65	77	89	101	113	125	137	149	161	173	185
90	50	61	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180	192
100	57	68	79	91	103	115	127	139	151	163	175	187	199
110	64	75	86	98	110	122	134	146	158	170	182	194	206
120	71	82	93	105	117	129	141	153	165	177	189	201	213
130	78	89	100	112	124	136	148	160	172	184	196	208	220
140	85	96	107	119	131	143	155	167	179	191	203	215	227
150	92	103	114	126	138	150	162	174	186	198	210	222	234
160	99	110	121	133	145	157	169	181	193	205	217	229	241
170	106	117	128	140	152	164	176	188	200	212	224	236	248
180	113	124	135	147	159	171	183	195	207	219	231	243	255
190	120	131	142	154	166	178	190	202	214	226	238	250	262

Fuente: Eficiencia energética en instalaciones de vapor SpiraxSarco EEV-1203

### Calor específico del bunker y diésel

BUNKER	DIESEL
•Fuel Oil ó Bunker de petróleo.	•Diesel ligero, Gas Oil, Gasóleo.
•Propiedad Química: número de átomos de carbono por molécula C25 a C35.	•Propiedades química: número de átomos de carbono por molécula C15 a C23.
•Densidad: 0,96-0,99 g/cm3.	•Densidad: 0,9 g/mL.
•Viscosidad a temperatura ambiente: 300-800 cstokes.	•Viscosidad a temperatura ambiente: 5.5 A 24 cstokes.
•Punto de Ebullición: 370 °C.	•Punto de Ebullición: 150 °C.
•Calor específico: 9600 Kcal/Kg	•Calor específico es de 10200 Kcal/Kg.
•Calor específico: 29970 Kcal/gal	•Calor específico: 33600 Kcal/gal

 Retena s.a.

Fuente: Retena 2013

## Conductividad térmica

IRAM 11601:2002

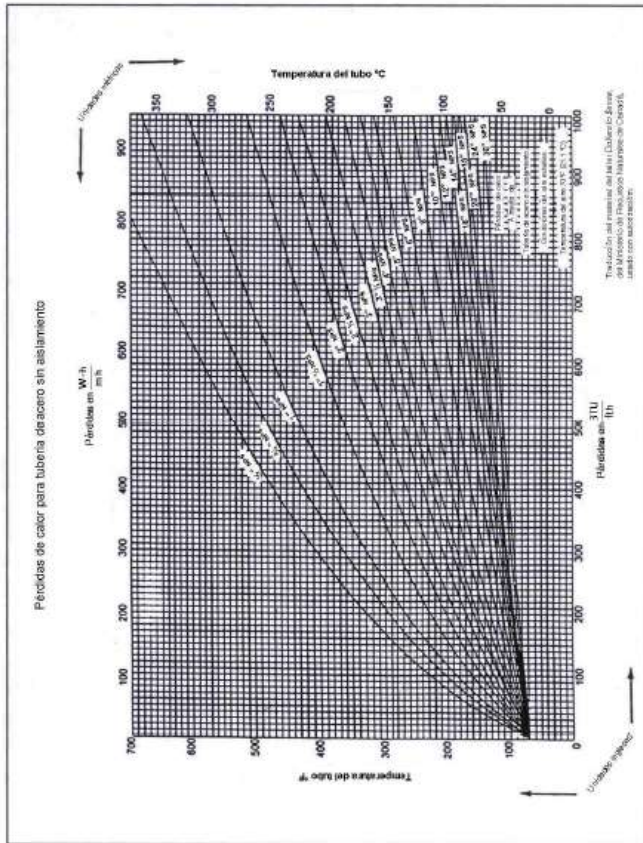
Tabla A.1 (continuación)

Material	Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica (W/m·K)
<b>PLÁSTICOS RÍGIDOS EN PLANCHAS</b>		
Resina acrílica	1140	0,20
Policarbonato	1150	0,23
Poliétileno		
De baja densidad	920	0,35
De alta densidad	960	0,50
Polipropileno	915	0,24
Polestireno	1050	0,17
Poli (cloruro de vinilo), rígido	1350	0,16
<b>METALES</b>		
Acero de construcción	7800	58
Fundición	7200	50
Aluminio	2700	204
Cobre	8900	384
Latón	8600	110
Bronce	8800	42
Acero inoxidable	8100 a 9000	14,5 a 20,9
<b>MADERAS</b>		
Fresno	Paralelo a las fibras Perpendicular a las fibras	740 740
Haya	Paralelo a las fibras Perpendicular a las fibras	700 a 900 0,35 a 0,37 0,21 a 0,27
Abedul	Perpendicular a las fibras	680
Alerce	Perpendicular a las fibras	600
Balsa	Perpendicular a las fibras	100 a 200 200 a 300
		0,047 a 0,066 0,081 a 0,110
Caoba	Paralelo a las fibras Perpendicular a las fibras	700 700
Arce	Paralelo a las fibras Perpendicular a las fibras	700 700
		0,42 0,16
Roble		650
		0,24
Pino spruce, abeto	Paralelo a las fibras Perpendicular a las fibras	400 a 600 400 a 600
		0,28 0,13 a 0,19
Teca	Paralelo a las fibras Perpendicular a las fibras	720 720
		0,16 0,14
Nogal		700
Madera dura		1200 a 1400
Madera terciada		600
Madera enchapada		600
		0,27 0,34 0,11 0,15

(continúa)

Fuente: Norma IRAM 11601 2002-10-10, modificación 2004

**Pérdidas de calor para tuberías de acero sin aislamiento**



Fuente: Estimación de pérdidas de Energía Térmica CONAE 2007

### Perdidas de calor para tuberías con diferentes espesores de aislamiento

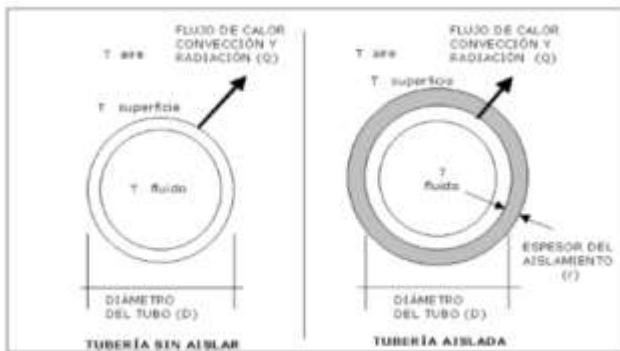
Tuberías		% Temperatura del Fluido (°C)									
Díametro exterior (mm)	D (mm)	Espesor de aislamiento (mm)									
		100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
2	25	40	75	90	90	100	120	130	130	130	130
2	38	30	45	60	60	60	60	60	60	60	60
2	50	25	40	50	50	50	50	50	50	50	50
2	75	20	30	40	40	40	40	40	40	40	40
4	80	15	25	35	35	35	35	35	35	35	35
4	114	10	20	30	30	30	30	30	30	30	30
6	128	10	20	30	30	30	30	30	30	30	30
8	152	10	20	30	30	30	30	30	30	30	30
10	178	10	20	30	30	30	30	30	30	30	30
15	219	10	20	30	30	30	30	30	30	30	30
20	273	10	20	30	30	30	30	30	30	30	30
25	325	10	20	30	30	30	30	30	30	30	30
30	377	10	20	30	30	30	30	30	30	30	30
38	477	10	20	30	30	30	30	30	30	30	30
48	577	10	20	30	30	30	30	30	30	30	30
60	719	10	20	30	30	30	30	30	30	30	30
75	891	10	20	30	30	30	30	30	30	30	30
90	1063	10	20	30	30	30	30	30	30	30	30

### Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios

Temperatura ambiente (°C)	Temperatura máxima del fluido (°C)			Temperatura mínima del fluido (°C)		
	40-60	60-110	110-200	40-60	60-110	110-200
15	25	25	30	25	25	30
15-20	30	30	40	30	30	40
20-25	30	30	40	30	30	40
25-30	30	40	50	30	40	50
30-35	35	40	50	35	40	50

[www.isover.es/sites/isover.es/files/assets/documents/aislamiento-tuberias.pdf](http://www.isover.es/sites/isover.es/files/assets/documents/aislamiento-tuberias.pdf)

### Flujo de calor convección y radiación



Fuente: Estimación de pérdidas de Energía Térmica CONAE 2007

## Tipos de aislamientos

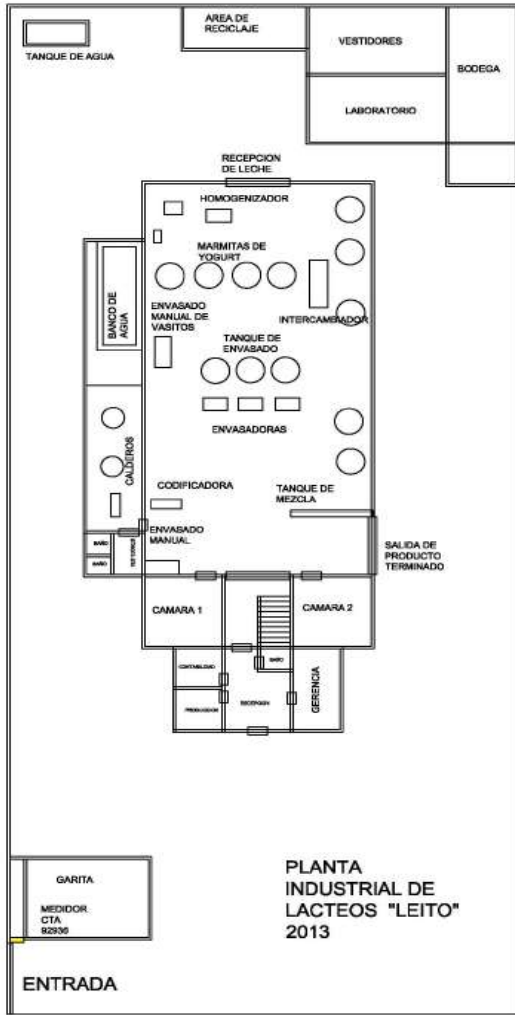
### Tipos básicos de aislamiento

Tipo	Forma	Intervalo de temperatura	Factor k*	Notas
Silicato de calcio	Cubierta para tuberías Bloques Segmentos	Hasta 982°C (1800°F)	0.66 a 150°C 0.45 a 300°F	Buena resistencia mecánica, no es comburente. Absorbe algo de agua
Celdas de vidrio	Cubierta para tuberías Bloques Segmentos	-267°C a 482°C (-450 °F a 900°F)	0.035 a 24°C (0.24 a 75°F) 0.050 a 150°C (0.35 a 300 °F) Pueden variar de acuerdo a los datos del fabricante	Buena resistencia mecánica, Resistencia al vapor y al agua. No comburente. Resistencia a la abrasión: pobre.
Fibra de vidrio	Cubierta para tuberías Tablas	De 455°C (850°F) De 510°C (950°F)	0.035 a 24°C 0.24 a 75°F 0.061 a 150°C 0.42 a 300°F La conductividad varía con la densidad	No comburente, absorbe agua
Fibra cerámica	Segmentos o tablas	De 870°C (1600°F)	0.030 a 93°C (200°F)	El intervalo de temperatura varía con la manufactura, el estilo y el tipo

\*k tiene unidades de W/(m°C) o (BTU-in)/(ft²h°F)

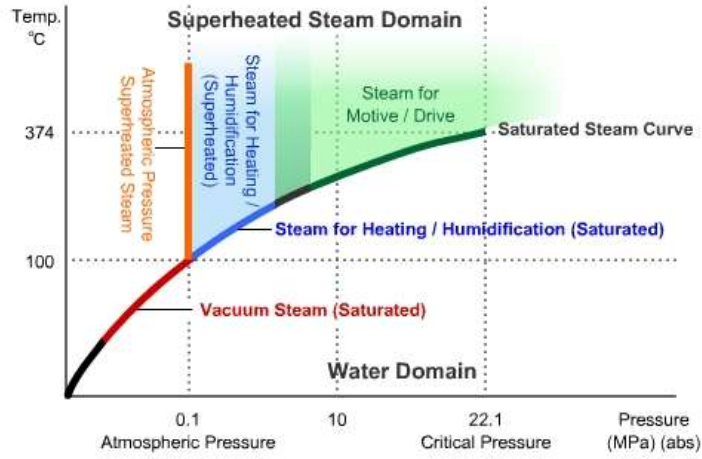
Fuente: Estimación de pérdidas de Energía Térmica CONAE 2007

Layout LEITO



Fuente: Javier Pérez, Leito

### Curva de vapor



Fuente: <http://www.slideshare.net/GRESIO/vapor-de-agua>

### Motor de alta eficiencia

The screenshot shows the Baldor website interface. The main content area displays the 'Product Overview: ECP3581T'. Key details include:
 

- Catalog Number: ECP3581T
- Description: 2HP, 1765RPM, 3PH, 60HZ, 142T, 0324H, TFC, FC
- Ship Weight: 64 lbs.
- List Price: \$1044 USD
- Multiplier Symbol: SD

 The page also features a 'FEATURES' section with a list of technical specifications such as '1.15 Service Factor', 'Corrosion resistant epoxy finish', and 'Class F insulation'. An 'APPLICATIONS' section lists industries like petrochemical plants and mines. The NEMA Premium logo is visible at the bottom right of the product page.

[acolumbie131957@yahoo.es](mailto:acolumbie131957@yahoo.es)  
[acolumbie@ismm.edu.cu](mailto:acolumbie@ismm.edu.cu)

**Factor K**

TAN Φ O COS Φ ANTES DE LA COMPENSACIÓN (VALOR EXISTENTE)		TAN Φ O COS Φ DESEADO (COMPENSADO)													
Tan Φ		0,75	0,59	0,48	0,46	0,43	0,40	0,36	0,33	0,29	0,25	0,20	0,14	0,0	
	Cos Φ	0,80	0,86	0,90	0,93	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1	
2,29	0,40	1,557	1,691	1,895	1,832	1,861	1,895	1,924	1,959	1,990	2,037	2,085	2,146	2,288	
2,22	0,41	1,474	1,625	1,742	1,769	1,798	1,831	1,840	1,866	1,935	1,973	2,021	2,032	2,225	
2,16	0,42	1,413	1,561	1,681	1,709	1,738	1,771	1,800	1,836	1,874	1,913	1,961	2,022	2,164	
2,10	0,43	1,356	1,499	1,624	1,651	1,680	1,713	1,742	1,778	1,816	1,855	1,903	1,964	2,107	
2,04	0,44	1,290	1,441	1,558	1,585	1,614	1,647	1,677	1,712	1,751	1,790	1,837	1,899	2,041	
1,98	0,45	1,230	1,384	1,501	1,532	1,561	1,592	1,626	1,659	1,695	1,737	1,784	1,846	1,988	
1,93	0,46	1,179	1,330	1,446	1,473	1,502	1,533	1,567	1,600	1,636	1,677	1,725	1,786	1,929	
1,88	0,47	1,130	1,278	1,397	1,425	1,454	1,485	1,519	1,532	1,568	1,629	1,677	1,758	1,881	
1,83	0,48	1,076	1,220	1,343	1,370	1,400	1,430	1,464	1,497	1,534	1,575	1,623	1,684	1,826	
1,78	0,49	1,030	1,178	1,297	1,326	1,355	1,386	1,420	1,453	1,489	1,530	1,578	1,639	1,782	
1,73	0,50	0,982	1,232	1,248	1,276	1,303	1,337	1,369	1,403	1,441	1,481	1,529	1,590	1,732	
1,69	0,51	0,936	1,037	1,262	1,230	1,257	1,291	1,323	1,367	1,395	1,435	1,483	1,544	1,686	
1,64	0,52	0,894	1,043	1,160	1,188	1,215	1,249	1,281	1,315	1,353	1,393	1,441	1,502	1,644	
1,60	0,53	0,850	1,000	1,116	1,144	1,171	1,205	1,237	1,271	1,309	1,349	1,397	1,458	1,600	
1,56	0,54	0,809	0,959	1,075	1,103	1,130	1,164	1,196	1,230	1,268	1,308	1,356	1,417	1,559	
1,52	0,55	0,769	0,918	1,035	1,063	1,090	1,124	1,156	1,190	1,228	1,268	1,316	1,377	1,519	
1,48	0,56	0,730	0,879	0,996	1,024	1,051	1,085	1,117	1,151	1,189	1,229	1,277	1,338	1,480	
1,44	0,57	0,692	0,841	0,958	0,986	1,013	1,047	1,079	1,113	1,151	1,191	1,239	1,300	1,442	
1,40	0,58	0,655	0,805	0,921	0,949	0,976	1,010	1,042	1,076	1,114	1,154	1,202	1,263	1,405	
1,37	0,59	0,618	0,768	0,884	0,912	0,939	0,973	1,005	1,039	1,077	1,117	1,165	1,226	1,368	
1,33	0,60	0,584	0,733	0,849	0,878	0,905	0,939	0,971	1,005	1,043	1,083	1,131	1,192	1,334	
1,30	0,61	0,549	0,699	0,815	0,843	0,870	0,904	0,936	0,970	1,008	1,048	1,096	1,157	1,299	

**Comparación entre límites THDv entre CONELEC y IEEE**

Nivel de voltaje	THDv (%)	
	Establecidos por el CONELEC	Recomendados por la norma IEEE 519 - 1992
40 kV y por debajo	8%	5%