



## UNIVERSIDAD ESTATAL DE CUENCA



### FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

#### “Maestría en Planificación y Gestión Energética”

---

## EVALUACIÓN Y MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA PRODUCCIÓN DE QUESO FRESCO EN LA PLANTA DE CUNGAPITE (CAÑAR)

---

AUTOR: Ing. William Néstor Bernal Neira

C.I. 0301583944

DIRECTOR: Ing. Manuel Raúl Peláez Samaniego, Ph.D.

C.I. 0301219309

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
**Magíster en Planificación y Gestión Energética**

Julio de 2017

CUENCA - ECUADOR



## Resumen

El Canarejo, ubicada en la parroquia Honorato Vásquez, Provincia del Cañar, es una pequeña planta dedicada al procesamiento de leche para la producción de queso, yogurt y manjar de leche. El emprendimiento cooperativo entre campesinos de la zona ha probado ser un método eficiente para mejorar su calidad de vida. Sin embargo, la falta de experiencia de los agricultores en el manejo de plantas industriales, incluso a escala pequeña, es un factor que repercute negativamente en la sostenibilidad de la planta, especialmente desde el punto de vista económico, debido a la imposibilidad por quienes la manejan de medir y controlar adecuadamente los insumos de producción, materias primas, agua y energía. El presente trabajo realiza un diagnóstico energético de la planta, enfatizando las pérdidas energéticas que se producen en los sistemas de enfriamiento, eléctrico y térmico, para luego proponer acciones que permitan mejorar los indicadores energéticos de la planta. Para esto se efectúa una caracterización de las magnitudes que definen el comportamiento de estos sistemas. El estudio mostró que la planta es ineficiente en sus procesos, tanto productivos como energéticos al trabajar por debajo de la capacidad instalada y con una proyección decreciente. Por esta razón, se propone la adopción de registros de la producción diaria, los consumos de diésel y consumos de energía eléctrica y, adicionalmente, se efectúa el dimensionamiento de un sistema de cogeneración que permitiría a futuro generar en la misma planta tanto la energía eléctrica como la energía térmica requeridas en el proceso.

## Palabras clave

Cungapite, industria láctea, economía popular y solidaria, eficiencia energética, cogeneración.



## Abstract

El Canarejo, located in the Honorato Vásquez parish, Cañar Province, is a small plant dedicated to the processing of milk for the production of cheese, yogurt and milk delicacy. The cooperative enterprise among peasants in the area has proven to be an efficient method to improve their quality of life. However, the lack of experience of farmers in the management of industrial plants, even on a small scale, is a factor that has a negative effect on the sustainability of the plant, especially from an economic point of view, due to the impossibility of Manage to measure and control properly the inputs of production, raw materials, water and energy. The present work makes an energy diagnosis of the plant, emphasizing the energy losses that occur in the cooling, electrical and thermal systems, and then propose actions that allow to improve the energetic indicators of the plant. For this, a characterization of the magnitudes that define the behavior of these systems is carried out. The study showed that the plant is inefficient in its processes, both productive and energetic when working below installed capacity and with a decreasing projection. For this reason, we propose the adoption of records of daily production, consumption of diesel and consumption of electricity and, additionally, the design of a cogeneration system that would allow to generate in the same plant both the electric energy As the thermal energy required in the process.

## Key words

Cungapite, dairy industry, popular and solidarity economy, energy efficiency, cogeneration.



## Contenido

Resumen .....	2
Palabras clave .....	2
Abstract.....	3
Key words.....	3
Contenido.....	4
Índice de figuras .....	7
Índice de Tabla .....	9
Abreviaturas y simbología.....	10
Agradecimientos.....	13
Dedicatoria.....	14
1. Capítulo I. Introducción .....	15
1.1 Antecedentes.....	15
1.2 La economía popular y solidaria .....	16
1.3 Estado de situación actual de la planta de Cungapite.....	16
1.3.1 Contexto General .....	16
1.3.2 Productos, Capacidad y Proceso Productivo .....	18
1.3.3 Equipos y Maquinarias .....	24
2. Capítulo II. Marco teórico.....	27
2.1. Eficiencia energética.....	27
2.1.1. Definición e importancia.....	27
2.1.2. La energía en la industria láctea.....	28
2.2. Sistema eléctrico.....	31
2.2.1. Factor de potencia .....	31
2.2.2. Armónicos.....	33
2.2.3. Flicker .....	34
2.3. Sistema de refrigeración .....	34
.....	4



2.4.	Sistema térmico .....	36
2.5.	Cogeneración.....	37
2.5.1.	Sistemas convencionales vs. cogeneración.....	38
2.5.2.	Beneficios de la cogeneración .....	38
2.5.3.	Trigeneración .....	39
2.5.3.1.	Tecnología de absorción.....	39
2.5.3.2.	Sistema superior (Toppin cycle) .....	40
2.5.3.3.	Sistema inferior (Botomming cycle).....	40
2.5.4.	Tecnologías para el proceso de cogeneración.....	41
2.5.5.	Elementos básicos de un sistema de cogeneración.....	41
2.5.6.	Sistema de cogeneración de turbina de vapor.....	42
2.5.7.	Sistema de cogeneración de turbina de gas.....	42
2.5.8.	Sistema de cogeneración con motores alternativos .....	42
2.5.9.	Criterios de selección para sistemas de cogeneración y trigeneración .....	42
3	Capítulo III. Evaluación Energética .....	44
3.1.	Metodología.....	44
3.2.	Balance energético de la planta .....	45
3.3.	Evaluación del sistema eléctrico.....	45
3.4.	Evaluación del sistema de refrigeración.....	53
3.5.	Evaluación del sistema térmico .....	54
4	Capítulo IV. Resultados y discusiones .....	60
4.1.	Resultados de la evaluación del sistema eléctrico .....	60
4.2.	Resultados del sistema de refrigeración .....	63
4.3.	Resultados del sistema térmico.....	63
5	Capítulo V. Medidas Correctivas .....	68
5.1.	Medidas correctivas en el sistema térmico .....	68



5.1.1.	Ficha, registro y análisis de combustible diésel.....	69
5.2.	Medidas Correctivas en el sistema eléctrico.....	73
5.3.	Procedimientos estándar .....	76
5.3.1.	Registro de consumo de Combustible.....	77
5.3.2.	Registro de consumo de Energía Eléctrica .....	82
5.3.3.	Registro de Producción.....	87
5.4.	Cogeneración como método de mejoramiento de eficiencia.....	91
6	Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones .....	94
6.1	Conclusiones .....	94
6.2	Recomendaciones .....	94
7	Bibliografía.....	96



## Índice de figuras

Ilustración 1. Organigrama .....	18
Ilustración 2. Comparación de los litros procesados durante los años 2015, 2016, 2017 y su tendencia .....	20
Ilustración 3. Diagrama del proceso productivo para obtención de queso fresco. ....	23
Ilustración 4. Distribución de la Planta “Queso el Cañarejo” .....	24
Ilustración 5. Triángulo de Potencias .....	32
Ilustración 6. Ciclo de Refrigeración.....	35
Ilustración 7. Producción separada de calor y electricidad vs. Cogeneración .....	39
Ilustración 8. Ciclo de cogeneración topping. ....	40
Ilustración 9. Ciclo de cogeneración botomming.....	41
Ilustración 10 Energía en el producción de queso El Cañarejo.....	45
Ilustración 11. Consumo de Energía Eléctrica .....	46
Ilustración 12. Leche procesada durante el año 2015 vs kWh consumidos en el mismo año. ....	48
Ilustración 13. Leche procesada durante el año 2016 vs kWh consumidos en el mismo año. ....	48
Ilustración 14. Litros vs kWh durante el año 2015.....	49
Ilustración 15. Litros vs kWh durante el año 2016.....	49
Ilustración 16. Consumo de diésel durante el año 2016.....	56
Ilustración 17. Litros de leche vs. galones de diésel .....	57
Ilustración 18 Fotografías mostrando el sistema de transmisión de vapor.....	58
Ilustración 19. Promedio de consumo de Activa y Reactiva.....	62
Ilustración 20. Ventana principal del Software ENERGIA CUNGAPITE 1.0.....	69
Ilustración 21. Ficha para la recolección del consumo de diésel.....	69
Ilustración 22. ENERGIA CUNGAPITE 1.0 Interfaz para el registro de consumo de diésel.....	70
Ilustración 23. Interfaz par el registro de litros procesados y producto terminado. ....	71
Ilustración 24. Interfaz de producción y evaluación de energía.....	72
Ilustración 25. Calculadora para la demanda de vapor y eficiencia en la caldera.....	72
Ilustración 26. Ficha para el registro de consumo eléctrico.....	74
Ilustración 27. Registro de consumo de energía eléctrica y gráfica de activa, reactiva y factor de potencia.....	75



Ilustración 28. Índice de uso de energía eléctrica y costo por litro de leche procesada. 75

Ilustración 29. Formato del procedimiento estándar. .... 77

Ilustración 30. Relación entre leche procesada y consumo de energía ..... 90





## Índice de Tabla

Tabla 1. Productos y su porcentaje estimado de producción.....	19
Tabla 2. Participación del mercado provincial. ....	21
Tabla 3. Descripción de equipos y maquinarias. ....	26
Tabla 4. Consumo de energía en la industria láctea. ....	29
Tabla 5. Consumo específico de energía para algunos productos lácteos.....	30
Tabla 6. Consumo de energía en función de las características de la planta.....	30
Tabla 7. Tipo de combustible de acuerdo a la tecnología de cogeneración empleada y rangos de demanda de energía eléctrica .....	43
Tabla 8. Comparación de los rangos de eficiencia eléctrica y de energía térmica generada por esquemas de cogeneración basados en diferentes tipos de motor primario .....	43
Tabla 9. Factor de potencia durante los años de operación.....	47
Tabla 10. Propiedades del refrigerante R-404 <sup>a</sup> .....	54
Tabla 11. Consumo de diésel año 2016.....	55
Tabla 12 características del combustible Diésel.....	55
Tabla 13. Resultados del análisis de los gases de combustión .....	59
Tabla 14. Fuentes de energía utilizadas durante los años de operación. ....	61
Tabla 15. Características técnicas de la caldera. ....	66
Tabla 16. Características motor CAT C1.7 .....	92
Tabla 17. Consumo de Combustible.....	93



## Abreviaturas y simbología

Descripción	Magnitud	Unidad
Calor	Q	kcal
Volumen	V	l
Densidad	$\delta$	kg/m <sup>3</sup>
Calor específico del fluido	Ce	kcal/kg°C
Salto de temperatura	$\Delta T$	°C
Consumo de vapor	m <sub>v</sub>	kg/lote
Rendimiento de la caldera	$\eta$	
Grados centígrados	°C	
Entalpía	H	kJ/kg
Consumo de combustible	m <sub>c</sub>	kg/h
Unidad de Uso de energía Eléctrica	UUEE	
Unidad de Uso de energía Térmica	UUET	
Factor de potencia	cos $\phi$	
Consumo de energía activa	Activa	kWh
Consumo de energía reactiva	Reactiva	kvarh
Factor de penalización	Bfp	
Factor de potencia registrada	Fpr	



Universidad de Cuenca  
Clausula de derechos de autor

---

*William Néstor Bernal Neira*, autor del Trabajo de Titulación "Evaluación y Mejora de la Eficiencia Energética en la Producción de Queso Fresco en la Planta de Cungapite (Cañar)", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Magister en Planificación y Gestión energética. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 14 de julio de 2017

William Néstor Bernal Neira

C.I: 0301583944



Universidad de Cuenca  
Clausula de propiedad intelectual

---

William Néstor Bernal Neira, autor del Trabajo de Titulación "Evaluación y Mejora de la Eficiencia Energética en la Producción de Queso Fresco en la Planta de Cungapite (Cañar)", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca , 14 de julio de 2017

William Néstor Bernal Neira

C.I: 0301583944



## Agradecimientos

Agradezco a Dios por la vida y la oportunidad de culminar esta importante etapa de mi vida, a mi hija, padres, hermanos y demás familia por estar junto a mí, al Dr. Raúl Peláez Samaniego por su apoyo incondicional que me permitió llevar a término este trabajo, a los señores Manuel Calle y Roberto Montero por abrirme las puertas de quesería de Cungapite “Queso el Cañarejo” para realizar mi tesis de Maestría.

William Bernal Neira



## Dedicatoria

A Caroll.



## 1. Capítulo I. Introducción

### 1.1 Antecedentes

La Economía Popular y Solidaria, basada en la cooperación y reciprocidad, se presenta como una estrategia para el progreso equilibrado de la sociedad, pues permite incluir a actores comunitarios en los procesos productivos, generando fuentes de ingreso sostenibles y convirtiéndolos en actores importantes de desarrollo. Como estrategia de cambio de la matriz productiva del Ecuador, el Estado Ecuatoriano ha delimitado políticas en el Plan Nacional de Buen Vivir, en la que se incluye el fortalecimiento de la Economía Popular y Solidaria en la estructura productiva. Mecanismos como el fideicomiso FONDEPYME (Fondo de Desarrollo de la Pequeña y Mediana Empresa) ha beneficiado a las MIPYMES (Micro, Pequeña y Mediana Empresa) con el objetivo de mejorar la productividad y la competitividad. Un ejemplo de este esquema es el sector lácteo de productores comunitarios como la Asociación de Trabajadores Agrícolas Cungapite – Cañar, que tiene como misión generar valor agregado al producto primario y mantener la subsistencia del proyecto en el tiempo. Otros proyectos asociativos como “El Salinerito”, del cantón Guaranda en la provincia de Bolívar, son un modelo económico exitoso basado en la cooperación que impulsa los procesos productivos y mejora los ingresos de las familias a través de empresas manufactureras y alimenticias.

En el contexto del emprendimiento asociativo, el conocimiento técnico en áreas administrativa y tecnológica constituye un eje básico para la permanencia en el tiempo de los proyectos comunitarios. Herramientas como la gestión de la energética con fines de eficiencia permiten reducir costos de producción, pero en la actualidad son poco o nada aplicados en estos emprendimientos. Sin embargo, a nivel nacional existen programas para impulsar eficiencia energética en plantas industriales. Uno de ellos es la “Aplicación de Programas de Eficiencia Energética Eléctrica en Empresas Alimenticias de la Ciudad de Cuenca 2011-2012”, elaborada por la Dirección de Investigación de la Universidad de Cuenca (DIUC), que propone una guía práctica para ayudar a mejorar los consumos energéticos, en especial a las PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas).



En la industria láctea, las acciones de Eficiencia Energética se enfocan principalmente en los consumos energéticos, debidos a la iluminación, circuitos de refrigeración y generación de vapor. El uso de la energía en esta industria es fundamental para mantener la calidad del producto en la cadena de frío, así como en los procesos de transformación; la gestión adecuada sobre estos consumos energéticos puede representar importantes ahorros para la empresa.

## **1.2 La economía popular y solidaria**

En el Art. 283 de la Constitución de la República del Ecuador se establece que “El sistema económico es social y solidario; reconoce al ser humano como sujeto y fin; propende a una relación dinámica y equilibrada entre sociedad, Estado y mercado, en armonía con la naturaleza; y tiene por objetivo garantizar la producción y reproducción de las condiciones materiales e inmateriales que posibiliten el buen vivir. El sistema económico se integrará por las formas de organización económica pública, privada, mixta, popular y solidaria, y las demás que la Constitución determine. La economía popular y solidaria se regulará de acuerdo a la ley e incluirá a los sectores cooperativistas, asociativos y comunitarios” (Constituyente, 2008)

La Economía Social y Solidaria es un subsistema que se integra a la economía privada y pública para formar un solo modelo económico social y solidario (Mideros, 2015). El objetivo es integrar a los estratos económicos menos favorecidos, productores rurales, desempleados entre otros y hacerlos partícipes como entes de desarrollo. En el contexto presentado, la Planta de queso “El Cañarejo” ha incursionado, desde 2010, en el procesamiento de la leche producida en la zona de Cungapite buscando de esta manera mejorar la calidad de vida de la zona y de los productores de leche.

## **1.3 Estado de situación actual de la planta de Cungapite**

### **1.3.1 Contexto General**

La comunidad de Cungapite pertenece a la parroquia Honorato Vásquez del cantón Cañar. Un 79,8% de la población de la parroquia se caracteriza por necesidades insatisfechas en vivienda, salud, educación y empleo. La principal actividad económica es la producción láctea, dedicándole el 70% de la tierra a la ganadería y el 30% a la





agricultura. La leche es comercializada a intermediarios; sin embargo, la iniciativa por generar valor agregado a este producto primario, ha permitido que organizaciones como la Asociación de Trabajadores Agrícolas Cungapite - Molobog se dedique a la producción de queso fresco (Vásquez, 2015).

Gracias a la asociación comunitaria y al fideicomiso FONDEPYME, en el marco del programa para el fomento de las MIPYMES ecuatorianas, la planta productora de queso de Cungapite fue una realidad a través del proyecto denominado “Fortalecimiento de la Cadena Agroindustrial Procesadora de Lácteos de la Asociación de Trabajadores Cungapite – Cañar, Fábrica de Lácteos El Campesino, queso Cañarejo” en la que se le benefició en un 70,97% (USD\$233.115.80) de la inversión total del proyecto, en tanto que el 29,03% fue responsabilidad de los beneficiados.

A lo largo del tiempo, la asociación ha recibido el apoyo de entidades como el Gobierno Provincial del Cañar y el Ministerio de Agricultura (MAGAP), en aspectos relacionados a asistencia técnica, distribución del producto final con aseguramiento en la cadena de frío e incremento de su capacidad de almacenamiento y enfriamiento de leche cruda. Este último ha tenido una inversión del MAGAP de USD\$70.000, a través del Proyecto de Competitividad Agropecuaria y Desarrollo Rural Sostenible (CADERS).

La Asociación de Trabajadores Agrícolas Cungapite – Molobog, que nació en el año 1978, es una organización social inscrita en el Registro Único de Organizaciones Sociales (RUOS) con 35 socios que forman parte de la fábrica de lácteos “El Campesino – Queso Cañarejo”. La planta tiene como objetivo dar valor agregado a la producción lechera de la zona y beneficiar a 35 familias de la comunidad disponiendo actualmente con capacidad para procesar manjar de leche, yogurt y queso fresco.

Su estructura organizacional (Ilustración 1) se instauró desde los inicios de la asociación como parte de los requisitos indispensables para acceder a las aportaciones que financiaron el proyecto, exigencia que pretendía asegurar una administración técnica y responsable. Los moradores han asumido estas funciones y afrontado los retos para mantener la subsistencia del proyecto a lo largo del tiempo.

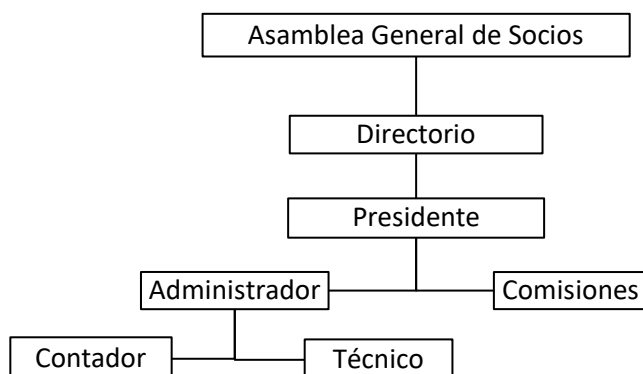


Ilustración 1. Organigrama

Fuente: Asociación de Trabajadores Agrícolas de Cungapite

La estrategia de asociación comunitaria logra la integración de los moradores en los procesos productivos. La equidad como política de trabajo, ha incluido a varios miembros de la comunidad para que participen del proyecto, quienes ofrecen su mano de obra a cambio de una remuneración económica que indirectamente beneficia a las familias de la zona. Equipos de trabajo se dividen en grupos que rotan cada 3 meses, está compuesto por un artesano quesero, un ayudante y dos trabajadores para acabado final, pudiendo incrementarse en base a la demanda. Sin embargo, durante el último año, la baja en la producción debida entre algunas razones a la reducción en el abastecimiento de leche como la disminución en la capacidad instalada en el proceso de pasteurización, ha obligado a reducir el personal a un solo grupo de trabajo.

### 1.3.2 Productos, Capacidad y Proceso Productivo

*Productos:* A pesar de contar con las capacidades para obtener yogurt y manjar de leche, estas no están incluidas normalmente en el programa de producción diaria, enfocándose casi exclusivamente en producir queso fresco en la presentación de 500g, esto debido a una caída abrupta durante el último año en el procesamiento de leche, bajo impulso y diversificación del producto y la imposibilidad de utilizar uno de los



pasteurizadores por fallas técnicas. La Tabla 1 muestra los porcentajes estimados que se le destina a cada producto del total de la leche procesada.

Producto	%
Queso fresco	99%
Presentación 250 g	1%
Presentación 500 g	90%
Presentación 600 g	4%
Presentación 1200 g	5%
Yogurt	1%
Presentación 1000 ml	60%
Presentación 500 ml	30%
Presentación 250 ml	10%
Manjar de leche	0%

**Tabla 1. Productos y su porcentaje estimado de producción.**

Fuente: Asociación de Trabajadores Agrícolas de Cungapite.

Capacidad: Actualmente la planta dispone de instalaciones, equipos y maquinaria para la recepción, trasvase, pasteurización, coagulación, moldeo, prensado, salado, empaquetado, etiquetado y almacenamiento de queso fresco, así también para la producción de manjar de leche y yogurt que se producen bajo pedido. Refiriéndose a la capacidad instalada, los directivos no cuentan con ningún estudio, por lo tanto, el primer paso en este estudio consistió en realizar, un análisis de la capacidad de producción de la planta, basado en el recurso cuello de botella que determina el ciclo productivo. Este cuello de botella son los equipos de pasteurización

Según la capacidad de los dos pasteurizadores con los que se cuentan, 600 y 700 litros, el número de ciclos que pueden tratar en jornada ordinaria son 3 respectivamente, para ello requieren de 6 horas con 30 minutos (390 minutos) (ver anexo 1) de 8 horas disponibles. Las pérdidas debidas al personal se estiman en un 15% y un factor de merma del 5% inherente a la planta. Es decir:

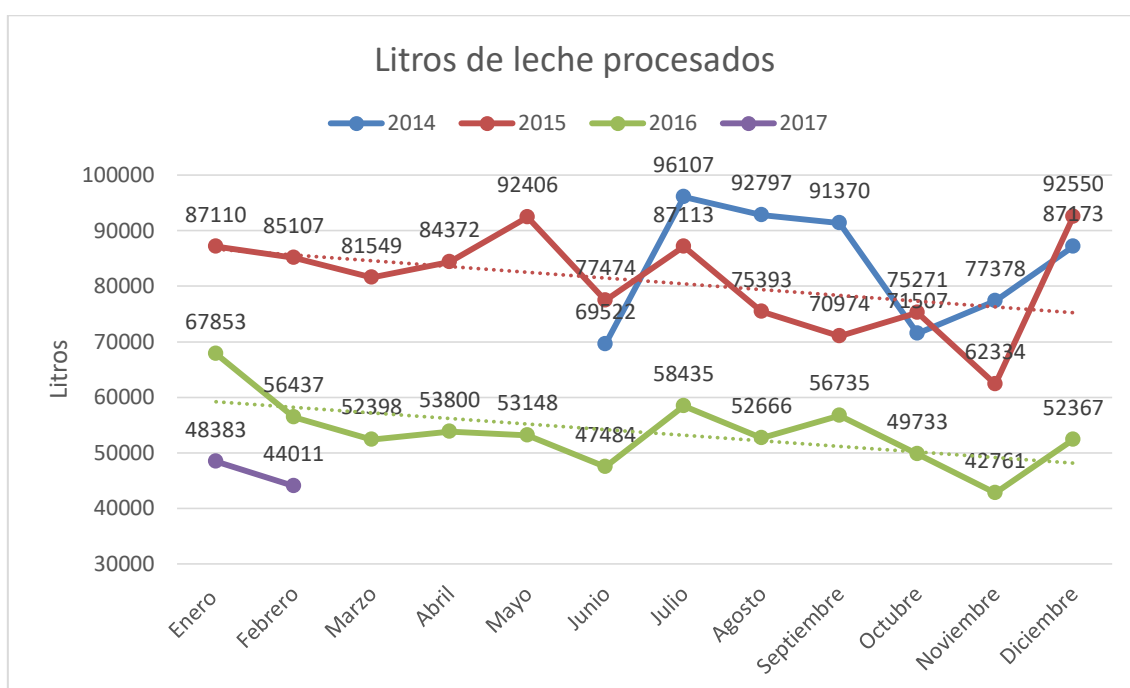
$$((480/390)/1,15)/1,05= 1,019$$

Siendo 1,019 mayor a la unidad implica que el cuello de botella puede gestionar tres ciclos de cada pasteurizador (3900 litros) dentro de la capacidad disponible de tiempo con las pérdidas estimadas diariamente; es decir, 117000 litros/mes. Según los registros



de la planta (Ilustración 2) en el año 2015 alcanzan el mayor procesamiento mensual, con 92550 litros. Sin embargo, la tendencia de la producción ha sido hacia la baja, que se ha acentuado durante todo el año 2016 y que aparentemente se mantendrá en el 2017. Una indagación a los directivos y trabajadores sugiere que las razones para esta baja de producción son las siguientes:

- Falta de abastecimiento de la materia prima.
- Altos costos incurridos por energía eléctrica.
- Pasteurizador eléctrico fuera de funcionamiento.
- Competencia.



**Ilustración 2. Comparación de los litros procesados durante los años 2015, 2016, 2017 y su tendencia**

Fuente: Asociación de Trabajadores Agrícolas de Cungapite.

Como parte de este trabajo se realizó una investigación detallada de estos posibles motivos y se llegó a las siguientes conclusiones:

- Un sondeo a algunos proveedores determinó que tienen una producción normal, pero están abasteciendo a otros empresarios.
- El Gobierno Provincial del Cañar dejó de facilitar un servicio gratuito: la distribución del producto terminado en un vehículo de la institución adecuado



con cámara de frío, incluyendo al chofer, que hacía de distribuidor. Este costo empezó a asumir la empresa.

- Los altos costos incurridos por el consumo de energía eléctrica llevó a los directivos a moderar el uso de los tanques de enfriamiento para la recepción y almacenamiento de leche, lo que disminuyó la capacidad de almacenamiento. Por otro lado en el 2016 se inhabilitó uno de los pasteurizadores que funciona con energía eléctrica, debido a fallas técnicas, reduciendo a más de la mitad las capacidades de la planta.
- Según un estudio realizado por el Gobierno Provincial del Cañar, en el año 2015 el queso Cañarejo tenía un 44% de participación del mercado provincial, la mayor entre sus competidores (García, 2015), como se muestra en la Tabla 2.

Producto	% Participación
El Cañarejo	44%
Nutri	38%
Jerusalén	10%
Andresini	2%
Sierra Andina	2%
El Salto	2%
Toni	2%
TOTAL	100%

Tabla 2. Participación del mercado provincial.  
Fuente: Gobierno Provincial del Cañar

**Proceso Productivo:** El diagrama de proceso se representa en la Ilustración 3. En la actualidad, la producción inicia con la recepción de la materia prima proveniente de productores de la zona, la que es regularmente almacenada en los tanques isoterma, en otras ocasiones es trasladada directamente por gravedad, desde el tanque del distribuidor, hacia la marmita de pasteurización. En este punto determinan la acidez para evitar pérdidas durante el proceso. El programa de producción se basa principalmente en porcentajes estimados de los productos (Tabla 1).

El método de pasteurización es del tipo Batch o LTLT (Low Temperatura Long Time / Baja Temperatura Largo Tiempo) en el que someten a la leche a una temperatura de 65°C durante 30 minutos. Esto se logra a través de un pasteurizador en acero inoxidable de doble camisa y capacidad 600 litros que transfiere calor a la leche gracias al vapor generado en un caldero vertical piro tubular de 10 BHP. Se cuenta además con un



pasteurizador eléctrico de triple camisa en acero inoxidable y capacidad de 700 litros, donde el calentamiento se realiza por medio de dos resistencias eléctricas. Al momento este equipo se encuentra fuera de uso por fallas técnicas. Para su funcionamiento, la planta dispone de un transformador y un equipo desalinizador, este último, indispensable para prevenir incrustaciones de escoria en las paredes del pasteurizador.

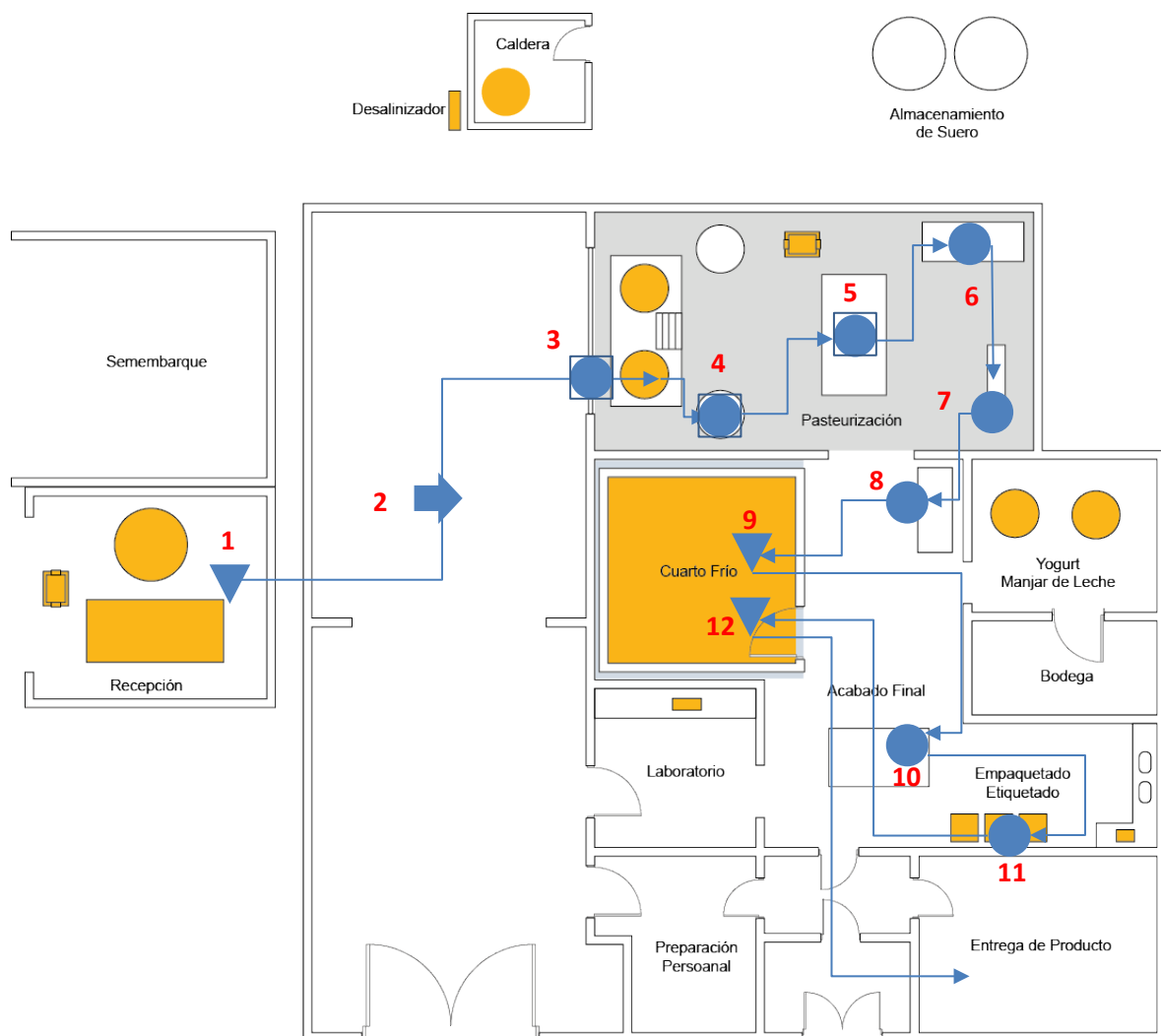
Una vez pasteurizado, la coagulación se realiza a través de la adición de cuajo. Obtenida la cuajada se realizan cortes con una lira que permite tener granos más pequeños, en esta etapa uno de los subproductos es el suero, que se recoge en tanques de almacenamiento. Le sigue el moldeado y prensado para luego hacer pasar los quesos en tinas de salmuera que le dan sabor adicional, pasa a ser almacenado en un cuarto frío para finalmente empaquetarse al vacío, etiquetarse y entregar al distribuidor.

El trasvase del suero se realiza con una bomba de acero inoxidable de 2HP, en tanto que el moldeado, prensado y salado, son netamente artesanales sin mayor consumo energético. Tanto el moldeado como el prensado requieren de una mesa de moldeado, una prensa mecánica y una cuba de salado donde el queso reposa durante un tiempo determinado antes de entrar al cuarto de refrigeración. El almacenamiento en el cuarto frío, que se efectúa a 5,5 °C es uno de los focos de mayor consumo de energía eléctrica, la capacidad es de 1000 unidades de queso donde se guarda el producto antes del despacho, pudiendo llegar hasta 24 h de almacenamiento. Para el empaclado al vacío se utilizan fundas etiquetadas previamente, el consumo de energía está en función de la cantidad de unidades producidas.



### 1.3.3 Equipos y Maquinarias

La planta dispone de áreas de recepción, laboratorio, producción, acabado final, almacenamiento y caldera, las que están adecuadas con equipos y maquinarias propias a las operaciones requeridas en cada una de ellas. En la Ilustración 4 se identifican los focos de consumos energético y se esquematiza el proceso productivo, en tanto que en la Tabla 3 se hace una descripción general de los equipos que se distribuyen en las diferentes áreas.



**Ilustración 4. Distribución de la Planta "Queso el Cañarejo"**

Fuente: Asociación de trabajadores de Cungapite.





Esquematación del proceso:

1. Almacenamiento de la leche cruda a 4°C, una bomba de trasvase facilita la descarga de la materia prima del proveedor.
2. Transporte por gravedad a través de tubería hacia las cubas de pasteurización.
3. Pasteurizado por el método LTLT, requiere inspección constante del maestro quesero para evitar que la leche se pegue a las paredes y por ende la quema de caseína.
4. Descarga por gravedad hacia las cubas de coagulación, donde antes de ser agregado el cuajo es indispensable bajar la temperatura a 32°C. En esta etapa puede o no agregarse calcio a la leche mediante una lira se corta el coágulo en partes más pequeñas permitiendo también que se libere el suero, subproducto del proceso que es llevado a tanques de almacenamiento gracias a una bomba de trasvase.
5. Por un proceso manual el coágulo es llevado a la mesa de moldeo. Moldes rectangulares dan su forma característica al queso Cañarejo, una malla plástica evita que el producto se deforme o rebase del molde.
6. Se verifica el peso y se registra un conteo.
7. Prensado mecánico para liberar suero que aún contiene el coágulo.
8. Una vez moldeado el queso es colocado en cubas con salmuera que darán mayor sabor al producto.
9. El queso es almacenado a 5°C hasta antes de ser empaquetado.
10. Paquetes previamente etiquetados son usados para enfundar el queso.
11. Empaquetado al vacío.
12. El producto final es almacenado mientras espera su entrega final.



ÁREA	EQUIPOS - MAQUINARIAS
Recepción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanque isoterma marca DeLaval de fabricación brasileña, capacidad 1950 litros, refrigerante R22.</li> <li>• Tanque isoterma marca Packo de fabricación China, capacidad 2300 litros, refrigerante R404A.</li> <li>• Bomba de trasvase en acero inoxidable de 2HP</li> </ul>
Laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo EKOMILK, que determina el pH, temperatura, contenido de agua añadida, contenido de grasa, contenido de proteína y acidez de la leche.</li> <li>• Equipo EKOMILKSCAN contador de células somáticas.</li> </ul>
Producción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pasteurizador Minidairy eléctrico, en acero inoxidable de triple camisa capacidad 700 litros.</li> <li>• Pasteurizador de doble camisa de capacidad 600 litros.</li> <li>• Bomba de trasvase en acero inoxidable de 2HP.</li> </ul>
Acabado final	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etiquetadora marca Ecuapak modelo HP-241B</li> <li>• Dos empacadora marca Ecuapak modelo DZQ-500/2E</li> <li>• Empacadora marca Henkovac</li> </ul>
Almacenamiento	Cuarto frío
Caldera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caldera vertical piro tubular de 10BHP.</li> <li>• Desalinizador</li> </ul>

**Tabla 3. Descripción de equipos y maquinarias.**

Fuente: Asociación de Trabajadores de Cungapite



## 2. Capítulo II. Marco teórico

### 2.1. Eficiencia energética

#### 2.1.1. Definición e importancia

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 (Gonzalo, 2010). 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 (Carpio & Coviello, 2013)

La reducción de consumo energético a través de la EE ha sido probada a nivel mundial. En el Ecuador, la aplicación de políticas y normativas ha permitido generar programas a nivel macro, como el cambio de lámparas incandescentes hacia las fluorescentes de menor consumo, y aún en ejecución, la sustitución de cocinas tradicionales hacia las cocinas de inducción. Mientras tanto, a nivel micro, el INEN ha elaborado normas técnicas voluntarias de EE tales como “Eficiencia Energética en Motores Eléctricos Estacionarios”, “Eficiencia Energética en Edificaciones”, o “Rendimiento térmico de colectores solares en sistemas de calentamiento de agua para uso sanitario. Requisitos”.

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 (Sanchez, 2003). Así también, la gestión energética, como



herramienta de la EE, implica intervenir sobre los elementos técnicos, culturales y organizacionales que influyen económicamente sobre el uso y consumo de energía al interior de la empresa (Peña Jaramillo & Carrillo, 2013).

### 2.1.2. La energía en la industria láctea

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% (RAC/CP, 2002).

La Tabla 4 muestra los procesos donde se consume energía, detallándose las operaciones y las oportunidades de eficiencia en cada área.

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 (National Dairy Council of Canada, 1997).

$$\text{Unidad de Uso de Energía Eléctrica} = \frac{\text{Total kWh de Energía Eléctrica Usada en un período de 12 meses}}{\text{Total de Litros de Leche Procesada Recibida en el mismo período de 12 meses}} \quad (1)$$

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:

$$\text{Unidad de Uso de Energía Térmica} = \frac{\left( \frac{\text{Total de litros de combustible Usada en un período de 12 meses}}{\text{Total de Litros de Leche Procesada Recibida en el mismo período de 12 meses}} \right) * 38,7 \text{ MJ/L}}{\text{Total de Litros de Leche Procesada Recibida en el mismo período de 12 meses}} \quad (2)$$



Proceso Productivo	Nivel de consumo	Operaciones con alto consumo de energía	Observaciones	Oportunidades
<b>Leche</b>	Alto	Filtración Clarificación Desnatado Estandarización Tratamiento térmico Homogenización Empacado	Principalmente consumo de calor para tratamiento de la leche	Control en la recepción de la leche cruda. Uso de sistema continuo en la pasteurización Recuperación de energía desde el tratamiento térmico de la leche. Buenas prácticas para reducir el consumo de energía.
<b>Cremas y Mantequillas</b>	Medio	Pasteurización Envejecimiento Batido Empacado	Principalmente consumo de electricidad para funcionamiento de maquinarias	Control en la recepción de la leche cruda. Uso de sistema continuo en la pasteurización Recuperación de energía desde el tratamiento térmico de la leche. Buenas prácticas para reducir el consumo de energía.
<b>Yogurt</b>	Bajo	Incubación Empacado	Electricidad para el funcionamiento de maquinarias y calor para incubación	Control en la recepción de la leche cruda. Uso de sistema continuo en la pasteurización Recuperación de energía desde el tratamiento térmico de la leche. Buenas prácticas para reducir el consumo de energía.
<b>Queso</b>	Medio	Coagulación Corte – desuerado Moldeado – Prensado Desuerado Batido		Control en la recepción de la leche cruda. Uso de sistema continuo en la pasteurización Recuperación de energía desde el tratamiento térmico de la leche. Buenas prácticas para reducir el consumo de energía.
<b>Operaciones secundarias</b>	Alto	Limpieza y desinfección Refrigeración	El calor es consumido en las operaciones de limpieza mientras que la electricidad es mucho más consumida en la refrigeración	Uso de detergentes no recuperables. Evitar fuga de refrigerantes.

**Tabla 4. Consumo de energía en la industria láctea.**

Fuente: Centro de Actividad Regional para la Producción limpia, 2009



El rango de valor esperado para este índice es aproximadamente de 0,60 a 5,2 MJ/litro de leche procesada, dependiendo también del proceso involucrado.

En función del tipo de producto, el consumo de energía en kWh por litro de producto de algunas industrias se muestra en la Tabla 5, mismo que, dependiendo del nivel de automatización de las mismas, puede variar en rangos amplios (UNEP, 2000).

	Consumo de energía (kWh/litros de producto)		
	Electricidad	Combustible	Total
Leche fresca	0.05	0.12	0.17
Queso	0.21	1.20	1.41
Mantequilla	0.19	0.98	1.17

**Tabla 5. Consumo específico de energía para algunos productos lácteos**

Fuente: (UNEP, 2000)

Los consumos pueden variar dependiendo del tipo de producto, la edad y tamaño de la instalación, el grado de automatización, la tecnología usada, la administración de la limpieza, o el diseño de la instalación. La Tabla 6 muestra el consumo de energía en función de las características de la planta.

Planta lechera	Consumo total de energía (kWh/litro de leche procesada)
Planta moderna con alta eficiencia en la pasteurización y modernos calderos	0.09
Planta moderna usando agua caliente para los procesos	0.13
Planta vieja usando vapor	0.27
Rango de la mayoría de plantas	0.14 – 0.33

**Tabla 6. Consumo de energía en función de las características de la planta**

Fuente: (UNEP, 2000)

La posibilidad de aplicar EE a las MYPIMES está sujeta a su conocimiento y a la toma de decisiones internas de la empresa, quedando rezagadas en algunos casos donde no se cuenta con el juicio técnico, lo que es evidente en el caso de las organizaciones de economía popular y solidaria como es la de este caso de este estudio. Una guía general



que puede ayudar a lograr EE está en determinar los consumos energéticos, identificar los focos de ineficiencia e implantar alternativas que permitan la reducción de costos.

## 2.2. Sistema eléctrico

La industria láctea consume considerables cantidades de energía, principalmente en la generación de vapor. En tanto que un 20% del total se consume en energía eléctrica que se destina a la maquinaria de procesamiento, refrigeración, ventilación y alumbrado.

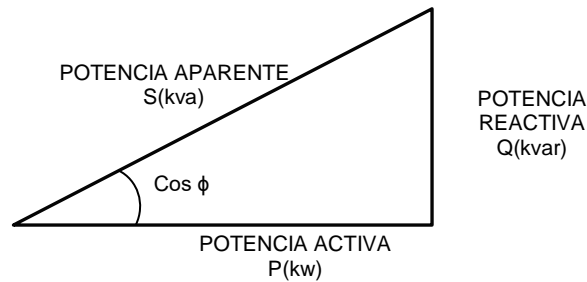
La producción de derivados lácteos depende en gran medida de la energía eléctrica. El procesamiento de leche a baja escala se logra a través de la producción tipo batch, permitiendo, como alternativa, la pasteurización en equipos eléctricos con capacidades no mayores a 1000 litros por lote. Sin embargo, por su alto consumo energético, constituye un método que requiere de amplio conocimiento técnico para controlar el sistema y asegurar resultados eficientes. Los siguientes indicadores pueden permitir una gestión adecuada: Factor de potencia, armónicos, flicker; que se discuten en las siguientes subsecciones.

### 2.2.1. 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 tensión y la corriente (Donate, 2003).

$$\text{Factor de potencia} = \frac{\text{Potencia activa}}{\text{Potencia aparente}} = \cos(\phi) \quad (3)$$

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



**Ilustración 5. Triángulo de Potencias**

Fuente: Principios de Electricidad y Electrónica

Un bajo factor de potencia genera algunos problemas, como:

- Multas por la compañía suministradora de energía eléctrica.
- Reducción de la capacidad útil del sistema, incluyendo la capacidad del transformador de la subestación eléctrica.
- Pérdidas por el efecto Joule debido a la resistencia eléctrica de los conductores de la instalación, incrementándose el consumo de energía eléctrica.
- Reducción del nivel del voltaje lo que afecta la eficiencia de los motores.
- 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).





$$\cos(\phi) = \frac{E. Activa}{\sqrt{(E.Activa)^2 + (E.Reactiva)^2}} \quad (4)$$

La legislación ecuatoriana en el Art. 27 de la Codificación del Reglamento de Tarifas: “Cargos por bajo factor de potencia” establece la penalización a los consumidores con medición de energía reactiva, que registren un factor de potencia medio mensual inferior a 0,92 y que su valor corresponde al consumo de energía, demanda, pérdidas en transformadores y comercialización multiplicado por el siguiente factor:

$$Bfp = (0,92/fpr)-1 \quad (5)$$

Bfp - Factor de penalización por bajo factor de potencia

Fpr - Factor de potencia registrado

El distribuidor de energía eléctrica, previa notificación, puede suspender el servicio eléctrico cuando el valor medio del factor de potencia es inferior a 0,60, hasta tanto el consumidor adecue las instalaciones a fin de superar dicho valor límite (ARCONEL, 2015).

### 2.2.2. Armónicos

Son tensiones cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia a la que el sistema de alimentación está diseñada 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 (Cofre, 2011).

Acarrea ciertos problemas, como:

- El sobrecalentamiento en los conductores especialmente en el neutro de las instalaciones.
- Disparos intempestivos de interruptores automáticos y diferenciales.
- Disminución del factor de potencia de una instalación.
- Vibraciones en cuadros eléctricos y acoplamientos en redes de telefonía y de datos.



- Deterioro de la forma de onda de la tensión y subsecuente mal funcionamiento de los aparatos eléctricos.
- Calentamiento y degradaciones en los aislamientos.
- Degradaciones del aislamiento de los transformadores, pérdida de capacidad de suministro de potencia en los mismos.

### **2.2.3.Flicker**

El flicker es un fenómeno de variación de la intensidad del flujo luminoso que afecta a la visión humana generado por fluctuaciones en la tensión de la red. Es un problema de percepción visual, puesto que el fenómeno depende principalmente de las personas que lo observan. La molestia causada en la visión provoca cansancio prematuro en la vista e irritabilidad en las pupilas por estar en continua dilatación y contracción ajustándose al nivel de iluminación (Energía, 2007).

Las principales causas son las conexiones de grandes motores de inducción, compresores, trenes laminadores, bancos de capacitores, soldadoras y hornos de arco entre otras, en redes eléctricas deficientes, de baja potencia de corto circuito, o en aquellas sin sistemas de control de inhibición transitorios.

## **2.3. 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, Sistemas de Refrigeración, 2010).

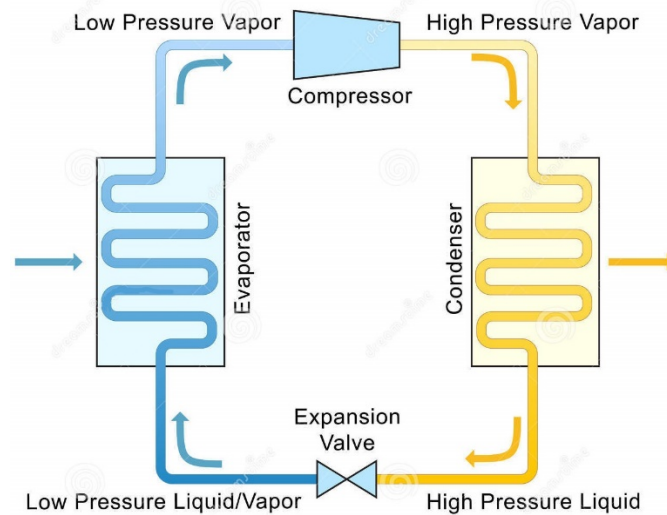


Ilustración 6. Ciclo de Refrigeración

Fuente: dreamstime.com

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 (Sánchez, 2009).

El COP que se define como:

$$COP = \frac{\text{Salida deseada}}{\text{Entrada requerida}} = \frac{\text{Efecto de calentamiento}}{\text{Entrada de Trabajo}} = \frac{Q_{sum}}{W_{neto,entra}} \quad (6)$$

$Q_{sum}$  - 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. Una máquina



frigorífica es apreciada por su rendimiento ( $c$ ) que se define a la razón del calor extraído y el trabajo entregado (Sears & Salinger, 2002).

$$c = \frac{Q_1}{W} = \frac{Q_1}{Q_2 - Q_1} \quad (7)$$

Esta definición se aplica a cualquier refrigerador, opere o no como ciclo de Carnot. Para un refrigerador de Carnot  $Q_2/Q_1 = T_2/T_1$  con lo que se obtiene:

$$c = \frac{T_1}{T_2 - T_1} \quad (8)$$

## 2.4. 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.

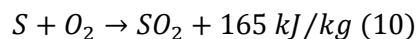
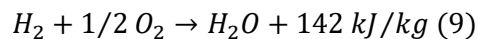
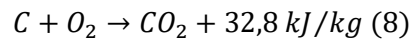
En las calderas, el combustible y el comburente se inyectan a través del quemador y se inflaman con ayuda de la llama que alimentan. La reacción es exotérmica generando residuos sólidos y gases a elevadas temperaturas de 200 a 1000 °C. El contenido energético de los gases se aprovecha en la caldera para calentar un fluido mediante una superficie de contacto (Aranda Usón, Barrio Moreno, Zabalza Bribián, & Diaz de Garaio, 2010).

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:

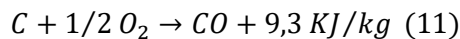


- Proporcionar el combustible a la cámara de combustión en condiciones de ser quemado.
- Aportar el aire necesario a la cámara de combustión.
- Mezclar íntimamente el aire y el combustible.
- Encender, mantener la llama y quemar la mezcla
- Adaptar la llama a la geometría de la cámara de combustión.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

Diferentes combustibles son utilizados, siendo el diésel el más común. Conocido también como gasóleo C, el diésel está formado por hidrocarburos de 16 a 25 átomos de carbono. El combustible posee en su composición molecular proporciones elevadas de azufre, que se oxida en la combustión a óxidos de azufre, que en presencia de vapor de agua de la combustión termina por reaccionar hacia ácido sulfúrico. Las principales reacciones que tienen lugar en la combustión son (IDAE, 2007):



Si la reacción del carbono es incompleta se forma monóxido de carbono:



Cuando esto sucede parte de la energía calorífica de la combustión del carbono no se desprende, escapando como CO, lo que representa un riesgo tóxico y desperdicio energético. En una combustión incompleta, alguno de los componentes del combustible no ha llegado al grado de oxidación máximo y no se obtiene la totalidad del poder calorífico disponible en el combustible.

## 2.5. Cogeneración

Se define a la cogeneración como la generación simultánea de energía eléctrica o mecánica y de energía térmica utilizable a partir de la misma fuente de energía primaria. Otro nombre comúnmente usado para referirse al mismo concepto es Producción Combinada de Calor y Electricidad (Hyman & Meckel, 2010). Sin embargo, la energía térmica de la producción de electricidad también puede utilizarse para el enfriamiento y



otros fines a bajas temperaturas, por lo que el término “cogeneración” es más inclusivo (Hyman & Meckel, 2010).

En los sistemas de cogeneración se ven involucrados tecnologías disponibles en el mercado que reducen el consumo de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero, generando calor y electricidad con el mismo combustible. Entre los beneficios resultantes de la adopción de cogeneración se pueden mencionar los siguientes:

- Reducción de contaminantes del aire como  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ .
- La generación eléctrica se produce en el sitio, reduciendo o anulando la dependencia del sistema eléctrico.
- Evita la inversión de infraestructura en transmisión y distribución de electricidad.
- La generación se realiza en los sitios industriales y no consume nueva capacidad de las centrales eléctricas.

A pesar de que la tecnología tiene mayor aplicación en el sector industrial, cada vez está más disponible para aplicaciones de menor escala. Las empresas que requieren un suministro continuo apelan a la cogeneración, tales como centros de datos, hospitales, universidades, etc. (C2ES, s.f.).

### **2.5.1. Sistemas convencionales vs. cogeneración**

Los sistemas convencionales se refieren a la práctica generalizada de producir electricidad y calor a través de sistemas separados e individualizados, normalmente a escala grande, donde cada sistema tiene eficiencias típicamente bajas, en el orden de 45%. Por otro lado, en los sistemas de cogeneración que combinan los procesos de generación de energía y calor pueden tener alcanzar eficiencias de hasta un 80% (ver Ilustración 7) (ORLN, 2008).

### **2.5.2. Beneficios de la cogeneración**

Si la optimización por cogeneración se dimensiona de acuerdo a la demanda de calor, se pueden señalar los siguientes beneficios:

- Eficiencia en la conversión y uso de energía.



- Reducción de emisiones.
- Ahorro en costos.
- Oportunidad para descentralizar la generación eléctrica, donde la planta está diseñada para satisfacer las necesidades de los consumidores locales, de alta eficiencia y evitando pérdidas por transmisión y flexibilizando al sistema.
- Sirve como vehículo para promover la liberación en los mercados energéticos.

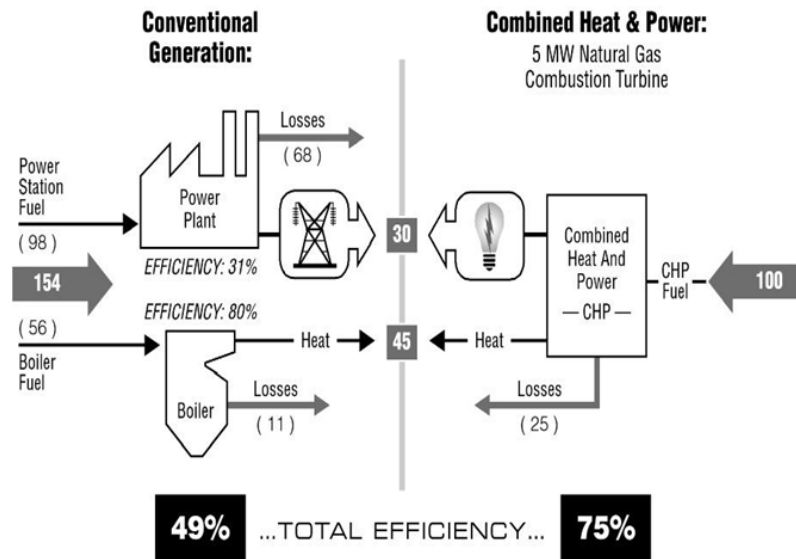


Ilustración 7. Producción separada de calor y electricidad vs. Cogeneración

Fuente: (C2ES, s.f.)

### 2.5.3. Trigeneración

La trigeneración proporciona una tercera forma de energía pues, en los mismos sistemas y en dependencia de las necesidades, a más de la energía y calor es posible proveer energía de enfriamiento a partir de una misma fuente primaria de energía (por ejemplo, combustible). Los sistemas de trigeneración son típicamente una combinación de plantas de cogeneración y enfriadores para producir electricidad, calor y energía de enfriamiento. El calor residual se convierte en energía de enfriamiento, ya sea por absorción o adsorción (GIZ, 2016).

#### 2.5.3.1. Tecnología de absorción

Esta es una tecnología de enfriadores térmicos probada y extendida, sobretudo en el mercado de trigeneración. Empleada durante muchos años para utilizar la baja calidad

de calor residual de los generadores de energía, incluido los sistemas de cogeneración para la demanda de refrigeración. Las capacidades del enfriador de absorción comienzan típicamente a partir de varios cientos de kW, extendiéndose hasta los enfriadores del multi-MW (GIZ, 2016).

### 2.5.3.2. Sistema superior (Toppin cycle)

Es el método más conocido de cogeneración. En este sistema el combustible es utilizado para producir electricidad, de donde una parte del calor liberado se aprovecha para la producción en la planta o calefacción. La Ilustración 8 muestra esquemáticamente la secuencia de funcionamiento de un ciclo de cogeneración topping.

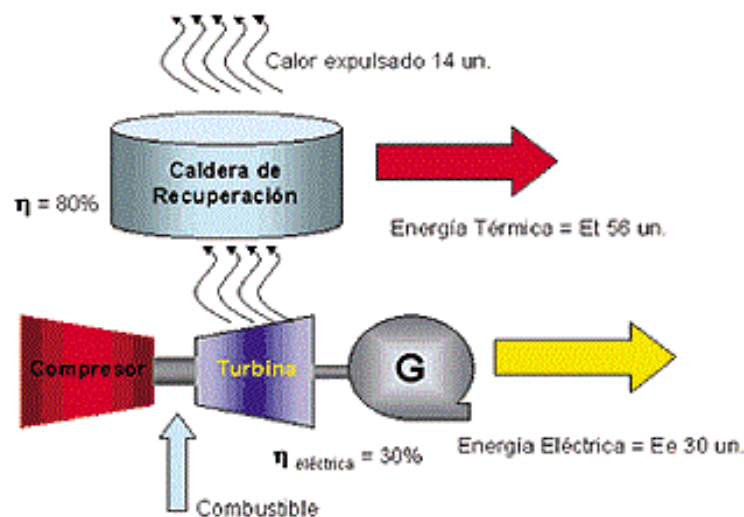


Ilustración 8. Ciclo de cogeneración topping.

Fuente: Mechanical Engineering(Industria, 2005)

### 2.5.3.3. Sistema inferior (Botomming cycle)

El calor es la primera fuente de energía que se genera, y con el calor residual, se puede producir alguna forma de energía aprovechable, principalmente eléctrica. La ventaja del ciclo botomming es la disponibilidad de calor a más alta temperatura. Sin embargo, la eficiencia es generalmente más baja que la de un ciclo Topping (Otis, 2015). Un caso típico de la adopción de este esquema podría ser una cementera, donde, aprovechando la alta temperatura de los gases de combustión a la salida de los hornos, es posible generar energía eléctrica por medio de calderas de recuperación de calor acopladas a generadores eléctricos.



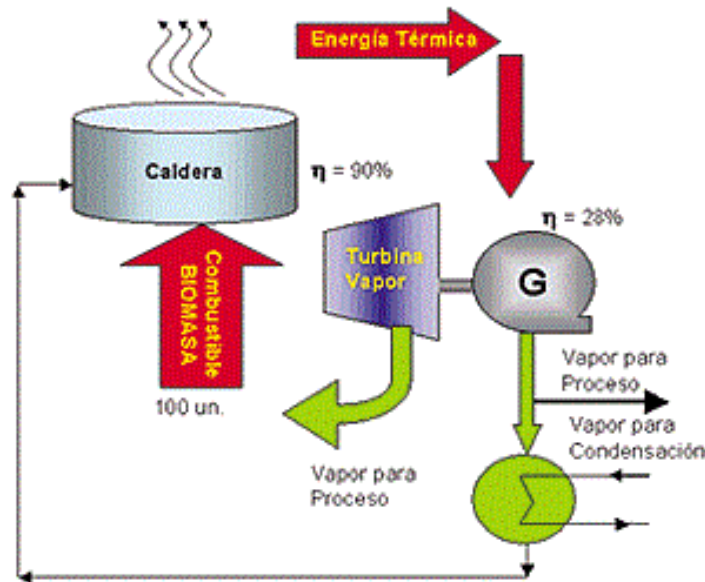


Ilustración 9. Ciclo de cogeneración botomming.

Fuente: Mechanical Engineering (Industria, 2005)

#### 2.5.4. Tecnologías para el proceso de cogeneración

Existen cuatro grandes tecnologías de cogeneración:

1. Sistemas de cogeneración a pequeña escala, basados en motores alternativos de encendido por bujía o de diésel.
2. Sistemas de cogeneración a gran escala, basados en motores alternativos de encendido por compresión, turbinas de vapor o turbinas de gas.
3. Sistemas de cogeneración a gran escala para la calefacción urbana basada en una central eléctrica o un incinerador de residuos con recuperación de calor que suministra una red de calefacción local.
4. Los sistemas de cogeneración alimentados por fuentes de energía renovables, que pueden ser de cualquier escala.

#### 2.5.5. Elementos básicos de un sistema de cogeneración

Una planta de cogeneración consta de cuatro elementos básicos:

1. Motor principal
2. Generador de electricidad
3. Sistema de recuperación de calor
4. Sistema de control



En función de los requisitos del sitio, el motor puede ser una turbina de vapor, un motor alternativo, una turbina de gas o con ciclo combinado (gas, vapor). El motor impulsa el generador de electricidad y se recupera el calor residual.

### **2.5.6.Sistema de cogeneración de turbina de vapor**

Los tipos más usados son las turbinas de contrapresión y los de extracción – condensación. La elección entre ellos depende de las cantidades de potencia y calor y factores económicos. Los puntos de extracción de vapor de la turbina podrían ser más de uno, dependiendo de los niveles de temperatura requeridos por los procesos.

### **2.5.7.Sistema de cogeneración de turbina de gas**

Estos sistemas pueden producir todo o una parte de los requerimientos de energía del sitio, la energía a alta temperatura que se libera en la chimenea de escape puede ser recuperada para aplicaciones de calefacción y refrigeración. La gama de turbinas de gas varía de una fracción de 1MW alrededor de 100 MW. Este sistema ha experimentado el desarrollo más rápido debido a la mayor disponibilidad de gas natural, rápido progreso en la tecnología, reducción de los costos de instalación y mejor desempeño ambiental.

### **2.5.8.Sistema de cogeneración con motores alternativos**

Conocidos como motores de combustión interna, generan dos fuentes de recuperación de calor: gas de escape a alta temperatura y sistemas de agua de refrigeración de la camisa de motor a abaja temperatura. Estos sistemas son más populares con instalaciones de consumo de energía más pequeña, principalmente aquellas que tienen una mayor necesidad de electricidad que la energía térmica y donde la calidad de calor requerida no es alta. Son ideales para el funcionamiento intermitente y en escalas pequeñas o en lugares aislados. Aunque su inversión inicial es baja, sus costos de operación y mantenimiento son altos debidos al alto desgaste de las partes móviles de los motores.

### **2.5.9.Criterios de selección para sistemas de cogeneración y trigeneración**

Los rangos de potencia de los sistemas de cogeneración/trigeneración, definidos principalmente por la capacidad del tipo de motor primario empleado, pueden variar



significativamente de un esquema a otro y adaptarse a necesidades particulares. Las plantas industriales presentan un espectro muy grande de potencias requeridas y, por consiguiente, existe la posibilidad de emplear diferentes tecnologías de cogeneración y trigeneración. La Tabla 7 muestra las demandas energéticas típicas del sector doméstico, comercial e industrial, con las opciones de uso de combustible y esquemas de cogeneración sugeridos. La Tabla 8, a su vez, muestra detalles adicionales sobre motores primarios, relacionados con la eficiencia eléctrica y cantidad de energía térmica que pueden producir por unidad de energía eléctrica generada.

Sector	Demanda de energía eléctrica	Tipo de combustible				
		Carbón mineral	Gas natural	Fuel oil (pesado)	Diésel, aceite térmico, biodiesel, etanol	Biomasa (uso térmico)
Doméstico	<15 kW	-	MG	-	MG	-
Comercial	15 – 100 kW	-	MG	-	MG	TV/ORC
	0.1 – 1 MW	-	MG	-	MG	TV/ORC
	1 – 5 MW	TV	MG/TG	TV	MG/TG	TV/ORC
Industrial	1 – 5 MW	TV	MG/TG	TV	MG/TG	TV
	5 – 50 MW	TV	TG	TV	TG	TV
	>50 MW	TV	CC	TV	CC	TV

Tabla 7. Tipo de combustible de acuerdo a la tecnología de cogeneración empleada y rangos de demanda de energía eléctrica

Fuente: (GIZ, 2016)

Nomenclatura: TV-Turbina de vapor; MG-Motor de gas (reciprocante); TG-Turbina de Gas; CC-Ciclo Combinado; ORC-Ciclo Rankine Orgánico.

Tipo de motor	Rango de potencias (MW)	Eficiencia eléctrica (%)	Calor producido (BTU/kWh)
Turbina de gas	1-200	25-40 (simple), 40-60 (combinado)	8500-13500
Motor de gas (reciprocante)	0.05-7	25-40	9700-13600
Motor Diésel	0.05-10.0+	30-50	7000-11300
Microturbina	0.025-0.25	20-30	11300-17000
Turbina de vapor	Cualquiera	30-42	8100-11300

Tabla 8. Comparación de los rangos de eficiencia eléctrica y de energía térmica generada por esquemas de cogeneración basados en diferentes tipos de motor primario

Fuente: (Hyman & Meckel, 2010)



## 3 Capítulo III. Evaluación Energética

### 3.1. Metodología

El método utilizado para el análisis del sistema eléctrico fue la recolección y análisis de datos de consumo, cotejados frente a los litros de leche procesados. Debido a que no se dispuso de equipos de medición para determinar el factor de potencia, se recurrió a la información disponible por la empresa CENTROSUR en su sistema de base de datos para identificar el valor de este factor durante los años que la planta de queso el Cañarejo ha venido operando. Además se hizo una caracterización de los equipos consumidores de electricidad para identificar las principales fuentes de consumo energético y los posibles causantes de una mayor demanda de energía reactiva.

Para el *análisis del sistema térmico*, se utilizó como método la evaluación de los gases de combustión al final de la chimenea de la caldera así como la medición de posibles pérdidas de calor en la carcasa y tuberías de transferencia de vapor, para encontrar posibles causas de un sistema térmico ineficiente. Para lograr esto se utilizó un equipo analizador de gases de combustión (E Instruments 4500, Langhorne, PA, USA, con certificado de calibración de fábrica actualizado), que tenía como objetivo identificar la presencia o no de CO en los gases, y un termómetro de infrarrojos de doble láser (Extech Instruments, 42570 Dual Laser InfraRed Thermometer, Rango de medición: -50 hasta 2200 °C, con certificado de calibración de fábrica actualizado). Adicionalmente se efectuaron mediciones de la temperatura de los conductos de vapor desde la caldera hasta los equipos de esterilización en varios puntos y se efectuaron inspecciones visuales para detectar la presencia y calidad de aislamientos térmicos. Las inspecciones y mediciones se realizaron durante un día normal de producción.

La *evaluación del sistema de refrigeración* consistió en determinar si las temperaturas de la cámara de refrigeración en diferentes puntos era el que marcaba el lector disponible en la planta. Para el efecto se comparó la temperatura que registran las pantallas en los equipos de refrigeración con la temperatura registrada por el termómetro a distancia. Similar procedimiento se efectuó con los tanques de enfriamiento en la zona de recepción de materia prima.



### 3.2. Balance energético de la planta

En el balance de energía que se presenta en la Ilustración 10, donde se puede observar los diferentes flujos energéticos en las distintas etapas de la elaboración de queso El Cañarejo de la planta de Cungapite. Los registros de consumos de energía eléctrica y de combustibles de la planta muestran que el 80% de la energía utilizada en la planta proviene de recursos fósiles (diésel), en tanto que el 20% restante de energía eléctrica abastecida de la red. A pesar que la planta dispone de equipos para la producción de manjar de leche y yogurt, no se han incluido dentro del diagrama por que estos procesos no están activos actualmente.

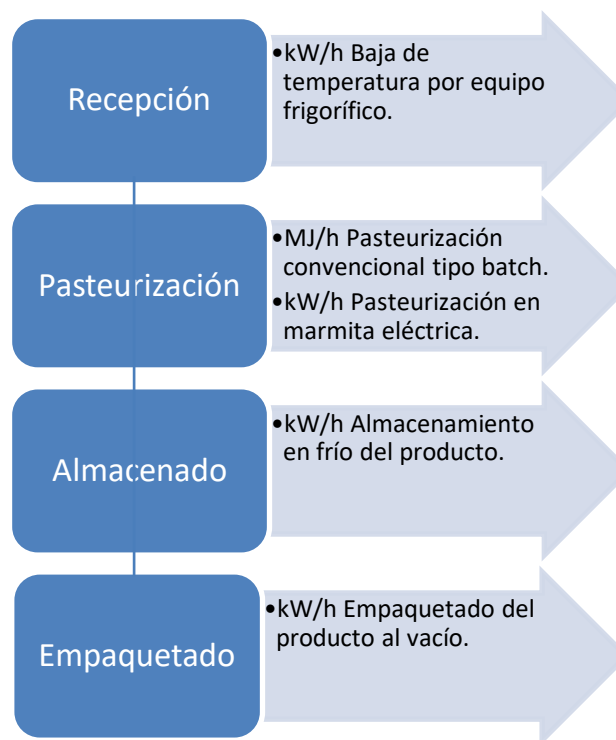


Ilustración 10 Energía en el producción de queso El Cañarejo  
Elaborado por el autor

### 3.3. Evaluación del sistema eléctrico

La asociación de Trabajadores Agrícolas de Cungapite recibe el servicio de energía eléctrica de la empresa CENTROSUR, en cuya base de datos se registra como cliente desde el año 2013 y ha sido clasificada en la categoría Industrial con medición horaria con incentivos Media Tensión, en estado de servicio activo.



A través de la base de datos de la CENTROSUR, se tienen los registros de consumo desde el inicio de las operaciones de la planta (Ilustración 11). Se identifica niveles crecientes en los dos primeros años durante una etapa de introducción y aprendizaje, recalcando que la pasteurización se lograba a través de un solo equipo eléctrico. El tercer año se aprecia una demanda regular a razón de que entra en funcionamiento un equipo pasteurizador a base de vapor, que trabajó de forma conjunta con el equipo eléctrico. El cuarto año después de dejar de usar el pasteurizador eléctrico por problemas técnicos, la planta ha venido dependiendo del equipo a base de vapor, por lo que el consumo eléctrico cayó al igual que a producción.

El indicador de Uso de Energía Eléctrica para el año 2015 fue 0,032 kWh/litro, mientras que para el año 2016 fue de 0,025 kWh/litro (ver Anexo 4). Estos valores muestran un reducido consumo de energía eléctrica considerando que el promedio en la industria es de 0,21. Para los años anteriores no se cuentan con registros de leche procesada.

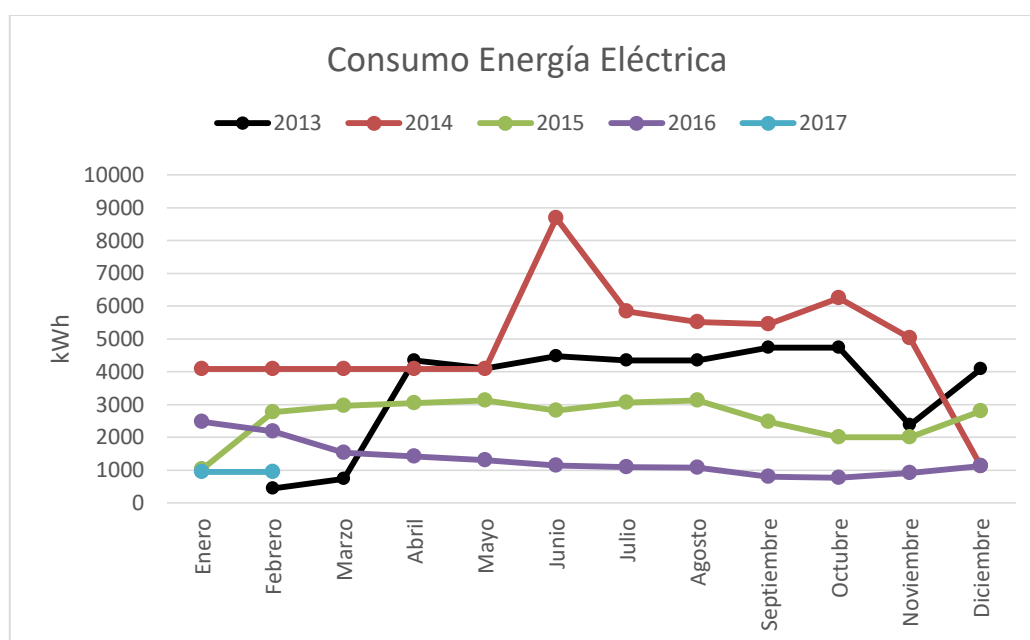


Ilustración 11. Consumo de Energía Eléctrica

Fuente: Base de datos CENTROSUR

El factor de potencia registrado durante los años de operación se muestra en la Tabla 9. En el año 2015 se incide en penalizaciones en el mes de enero, mientras que durante el año 2016 en general se aprecia un bajo FP, especialmente durante los meses de agosto,



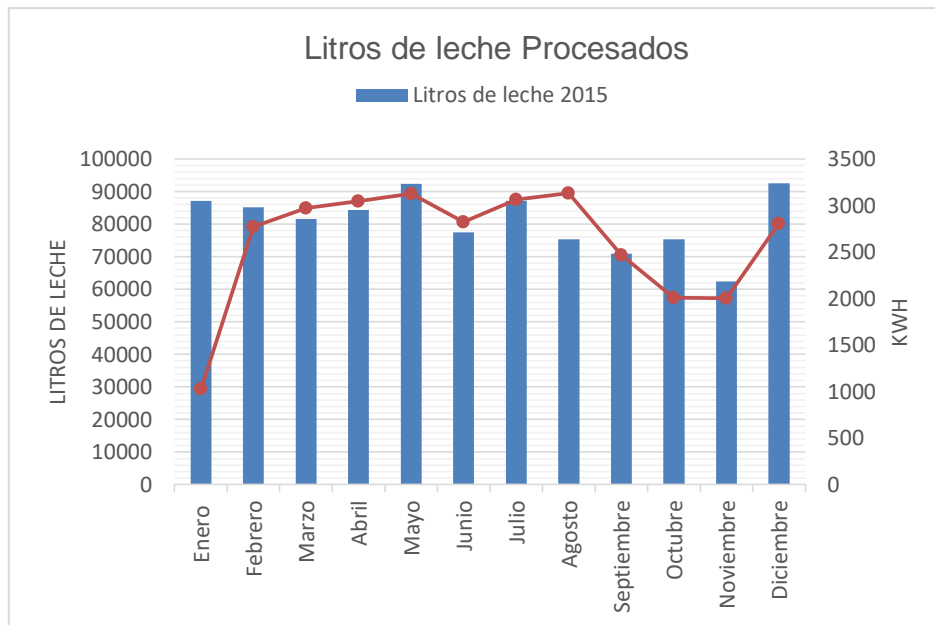
septiembre y octubre, donde también se pagaron multas. Los valores más bajos reportados por la Centrosur se han resaltado para indentificación rápida.

	2013	2014	2015	2016	2017
	FP	FP	FP	FP	FP
<b>Enero</b>		0,9941	0,9006	0,9648	0,9450
<b>Febrero</b>	0,9868	0,9941	0,9841	0,9728	0,9339
<b>Marzo</b>	0,9820	0,9941	0,9836	0,9602	
<b>Abril</b>	0,9921	0,9941	0,9834	0,9460	
<b>Mayo</b>	0,9912	0,9941	0,9841	0,9362	
<b>Junio</b>	0,9925	0,9934	0,9863	0,9481	
<b>Julio</b>	0,9918	0,9952	0,9859	0,9249	
<b>Agosto</b>	0,9918	0,9946	0,9820	0,9186	
<b>Septiembre</b>	0,9978	0,9955	0,9802	0,9125	
<b>Octubre</b>	0,9978	0,9968	0,9763	0,9187	
<b>Noviembre</b>	0,9742	0,9968	0,9827	0,9330	
<b>Diciembre</b>	0,9941	0,9544	0,9857	0,9400	

**Tabla 9. Factor de potencia durante los años de operación**

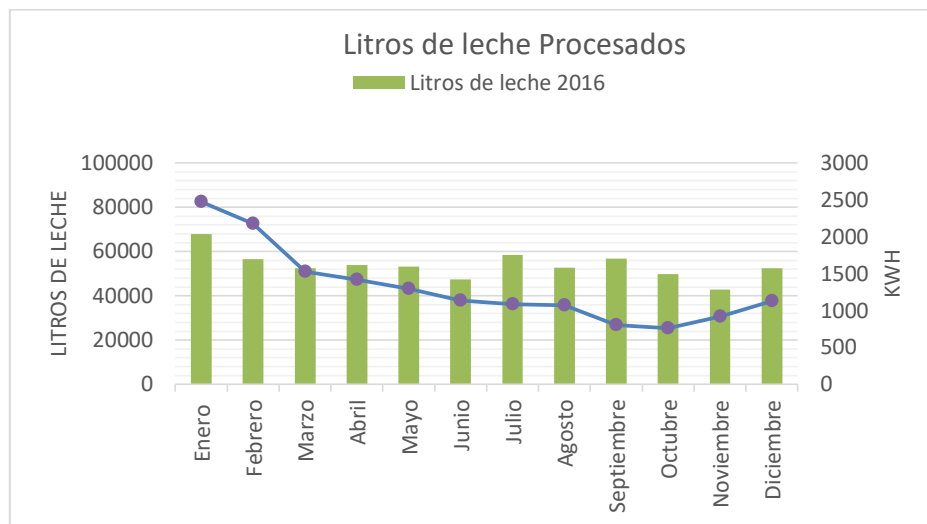
Fuente: Base de datos CENTROSUR, elaborado por el autor.

Los litros de leche procesados se relacionaron con el consumo eléctrico de los meses correspondientes (ver Ilustraciones 12 y 13) para los años 2015 y 2016. Se buscó la relación entre las dos variables, para saber si el consumo eléctrico puede explicarse con la cantidad de leche procesada, se encontró la relación entre estas dos variables. Para el año 2015 el coeficiente  $r^2$  corresponde a 0,065 y para el año 2016 es de 0,4513 (ver Ilustraciones 14 y 15). Estos valores indican, en el primer caso, que el consumo de energía eléctrica en el 2015 no tubo una alta relación con el incremento en la cantidad de leche procesada; mientras que en el segundo caso, año 2016, se muestra una relación más marcada pero que no determinante. Estos indicadores permitirían evaluar indirectamente si se incurre en consumos eléctricos que no aportan en procesamiento de leche, por lo tanto consumos ineficientes.



**Ilustración 12. Leche procesada durante el año 2015 vs kWh consumidos en el mismo año.**

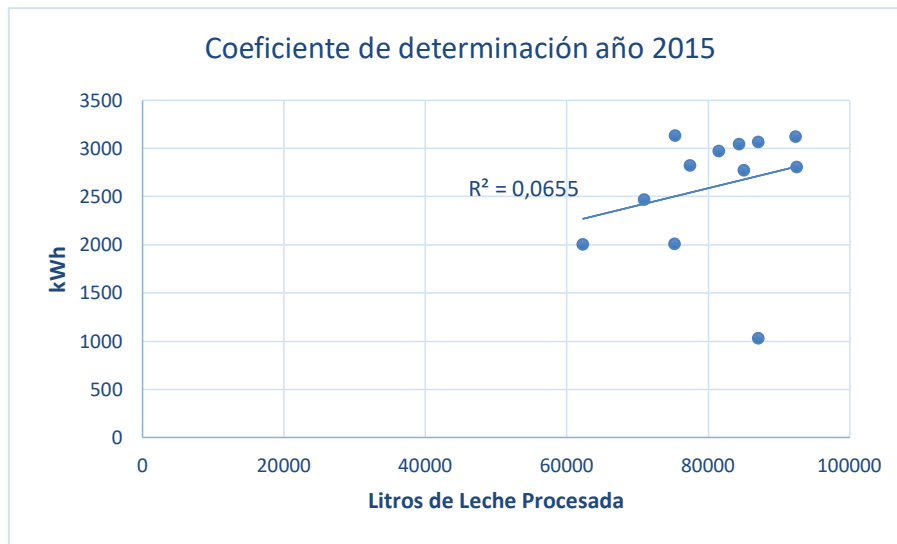
Fuente: Base de datos CENTROSUR y Aso. de trabajadores de Cunapite, elaborado por el autor.



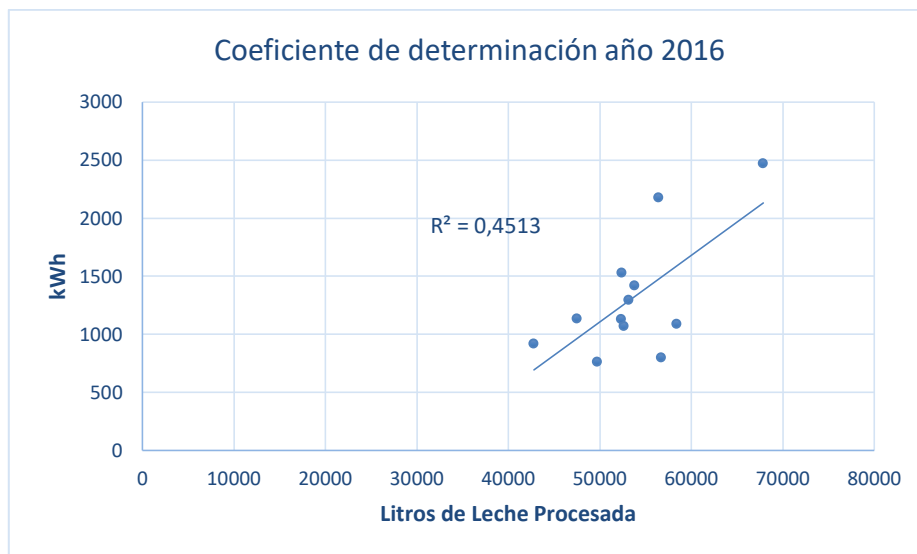
**Ilustración 13. Leche procesada durante el año 2016 vs kWh consumidos en el mismo año.**

Fuente: Base de datos CENTROSUR y Aso. de trabajadores de Cunapite, elaborado por el autor.





**Ilustración 14. Litros vs kWh durante el año 2015**  
Elaborado por el autor.



**Ilustración 15. Litros vs kWh durante el año 2016.**  
Elaborado por el autor.

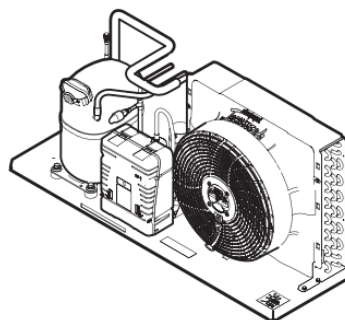
Los focos de consumo de la planta de Queso el Cañarejo se encuentran en los procesos de enfriamiento, agitadores, pasteurizador eléctrico e iluminación; una descripción más detallada se puede ver en el anexo 2. A continuación se realiza una caracterización de los equipos que consumen energía eléctrica.



Detalle del equipo	Unidad frigorífica para tanque de frío Packo	
Marca	Tecumseh	
Modelo	TAG4553Z	
°T ambiente	32°C	
°T de evaporación	-5°C	
Refrigerante	R-404A	
Capacidad	8522 kcal/h	
Potencia	4.8 kW	
Cantidad de equipos	1	
Horas de uso diarias	~4 horas	



Detalle del equipo	Unidad frigorífica para tanque de frío Delaval DXOC	
Marca	Tecumseh	
Modelo	PRBS/1/H8/B21/4	
°T ambiente	32°C	
°T de evaporación	0°C	
Refrigerante	R-404A	
Capacidad	5657,78 kcal/h	
Potencia	2 kW	
Cantidad de equipos	1	
Horas de uso diarias	~4 horas	



Detalle del equipo	Motor para agitación	
Marca	Sirem	
Modelo	R 245 D 2 B	
Cos $\varphi$	0.66	
Potencia	44 W	
Cantidad de equipos	2	
Horas de uso diarias	~0,50 horas	
Observaciones: Motores ubicados en los tanques de enfriamiento. Su función es la homogenización de la leche.		





Detalle del equipo	Bomba de trasvase sanitaria inoxidable	
Marca	S/M	
Modelo	S/N	
Potencia	2 HP	
Cantidad de equipos	3	
Horas de uso diarias	~0,30 horas cada una	
Observaciones: Usada en diferentes etapas del proceso para trasladar la leche o suero hacia otros contenedores.		






Detalle del equipo	Pasteurizador eléctrico Mini Dairy	
Marca	Inventagri	
Modelo	MD-800	
°T máxima	90°C	
°T mínima	25°C	
Potencia	45 kW	
Cantidad de equipos	1	
Horas de uso diarias	~4 horas	
Observaciones: De triple pared en acero inoxidable. El espacio exterior es el aislamiento térmico. El espacio intermedio tipo panel se rellena con agua utilizada para los procesos de calefacción y refrigeración. La calefacción se realiza por medio de resistencia eléctrica. El enfriamiento se realiza indirectamente con agua corriente.		


Detalle del equipo	Evaporador de aire forzado	
Marca	Mipal	
Modelo	Mi-051	
°T de evaporación	5°C	
Refrigerante	R407A	
Potencia	5 HP	
Cantidad de equipos	1	
Horas de uso diarias	24 horas	
Observaciones: Utilizado en una cámara de frío donde se almacena el producto terminado.		


Detalle del equipo	Motor para agitación	
Marca	Motive	
Modelo	71B-4	
Cos $\varphi$	0.72	
Potencia	0,37 kW	
Cantidad de equipos	2	
Horas de uso diarias	foráneo	
Observaciones: Motores ubicados en tanques de agitación para la producción de yogurt y manjar de leche.		




Detalle del equipo		Empacadora al vacío
Marca	Henkovac	
Modelo	200i	
Potencia	3,3 kW	
Cantidad de equipos	1	
Horas de uso diarias	~3 horas	
Observaciones: Empacadoras al vacío con capacidad de 4 unidades de 500g por ciclo, permite el termo sellado del producto.		

Detalle del equipo		Empacadora al vacío
Marca	Ecuapack	
Modelo	D2Q-500/2E	
Potencia	1000 W	
Cantidad de equipos	2	
Horas de uso diarias	~3 horas	
Observaciones: Empacadoras al vacío con capacidad de 4 unidades de 500 g por ciclo permite el termo sellado del producto.		

Detalle del equipo		Analizador de calidad de leche
Marca	Eon Trading	
Modelo	Ekomilk total	
Potencia	50 W	
Cantidad de equipos	1	
Horas de uso diarias	~20 min	
Observaciones: Analiza volúmenes de grasa, sólidos no grasos, proteínas, densidad de leche y agua añadida.		

Detalle del equipo		Presencia de inhibidores en la leche
Marca	Eon Trading	
Modelo	Ekotest	
Potencia	60 W	
Cantidad de equipos	1	
Horas de uso diarias	~15 min	
Observaciones: Determina la presencia de antibióticos e inhibidores en la leche.		



Detalle del equipo	Contador de células somáticas	
Marca	Eon Trading	
Modelo	Ekomilk Scan	
Potencia	30 W	
Cantidad de equipos	1	
Horas de uso diarias	~10 min	
Observaciones:	Este equipo permite el conteo de las células somáticas, lo que permite tener un indicativo de la salud de las glándulas mamarias de la vaca, de tal manera que se puede evitar el ingreso de leche contaminada.	

### 3.4. Evaluación del sistema de refrigeración

El proceso de enfriamiento se realiza en la recepción de la leche cruda, para mantenerla a 4°C y evitar la proliferación de agentes patógenos. Los equipos dispuestos para estos procesos son dos tanques de enfriamiento que cuentan con equipos frigoríficos propios. Debido a la baja en la producción durante el último año y a la falta de estandarización en los procesos, se encuentra en operación discontinua solo uno de los tanques, el Packo OMDX de capacidad 2300 litros con una unidad de enfriamiento que utiliza refrigerante R-404A.

El tanque cuenta con un equipo frigorífico de compresión de vapor que dispone de cuatro elementos: compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador. El compresor eleva la presión del refrigerante, en tanto que el condensador es el intercambiador de calor donde el refrigerante evacúa calor al ambiente, desprendiéndose de la entropía que absorbió de la carga fría más toda la generada en el circuito; la válvula de expansión es simplemente un estrangulamiento en el circuito del refrigerante que permite tener la diferencia de presión entre el condensador y el evaporador que es un intercambiador de calor donde el fluido refrigerante entra con una fracción másica de vapor muy pequeña, recibe el calor de la carga y para salir completamente seco.

Las propiedades físicas del refrigerante R-404A se muestran en la Tabla 10.

Propiedades físicas	R-404A
Peso molecular	97.61 g/mol
Temperatura crítica	72.07 °C
Presión crítica	37.31 bar



Densidad del líquido a 25°C	1048 kg/m <sup>3</sup>
Densidad del líquido a -25°C	1236 kg/m <sup>3</sup>
Presión del vapor a 25°C	12.42 bar
Presión del vapor a -25°C	2.49 bar
Calor específico del líquido a 25°C y 1.013 bar	1.64 kJ/kg.K
Calor específico del vapor a 25°C y 1.013 bar	0.88 kJ/kg.K
Conductividad térmica del líquido a 25°C	0.064 W/mk
Conductividad térmica del vapor a 1.013 bar	0.0143 W/mk
Límite de inflamabilidad a 25°C	ninguno
Toxicidad (AEL)	1000 ppm

Tabla 10. Propiedades del refrigerante R-404<sup>a</sup>

Fuente: Ficha técnica R-404A Gas Servel

La capacidad de enfriamiento del sistema de refrigeración se designa por Btu/h y es la relación del calor extraído del espacio refrigerado.

En la actualidad no existe un horario establecido para el uso del tanque Packo. Una actividad que se ha vuelto regular, es descargar la leche cruda directo del tanque transportador hacia la marmita de pasteurización evitando pasar por el almacenamiento en frío, salvo días en los que la producción para y la leche debe ser almacenada. Mediante el termómetro sin contacto, se evaluó la temperatura de la leche frente a la temperatura registrada por el equipo buscando posibles problemas de calibración, no se encontró variación significativa.

Por otra parte, para el cuarto frío se realizó una inspección de la cámara para buscar posibles problemas de aislamiento. Se buscó la existencia de fuentes externas calientes, se comparó la temperatura medida con el termómetro a distancia con la temperatura que registra el equipo de la cámara para encontrar posibles problemas de calibración. No se encontraron elementos significativos. En cuanto a la capacidad de almacenamiento, se pudo observar una subutilización por el poco producto que al momento se fabrica, en varias ocasiones se encontraron elementos diferentes al producto terminado.

### 3.5. Evaluación del sistema térmico

La producción de vapor se logra a través de un caldero pirotubular de 10 BHP. Las necesidades del mismo varían a lo largo de la jornada, en función de los ciclos de producción; en promedio se consumen 150,6 litros de agua por hora para generar el vapor requerido en la pasteurización y procesos de limpieza en el sitio, el combustible



utilizado es el diésel (Tabla 12). La falta de registro no ha permitido recuperar la información de la demanda de combustible del año 2015; sin embargo si existen los respaldos contables del año 2016, los que muestran cómo variaron las compras del combustible a lo largo de los 12 meses (Tabla 11).

Mes	Galones de Diésel
Enero	148
Febrero	108
Marzo	94
Abril	111
Mayo	108
Junio	102
Julio	115
Agosto	101
Septiembre	108
Octubre	94
Noviembre	89
Diciembre	93

Tabla 11. Consumo de diésel año 2016

Fuente: Asociación de Trabajadores Agrícolas de Cungapite

Generalidades del Combustible	
Nombre comercial	Petróleo Diésel No. 2
Nombre Químico	Diésel
Composición general	Mezcla compleja de hidrocarburos del petróleo crudo. Compuesto de hidrocarburos con un número de carbonos en su mayor parte dentro del intervalo de C <sub>9</sub> a C <sub>20</sub> y con un intervalo de ebullición aproximado de 149°C a 385°C.
Productos de combustión	CO, CO <sup>''</sup> , H <sub>2</sub> O, hidrocarburos inquemados, holl
Densidad	0.87 g/cm <sup>3</sup> a 15°C
Viscosidad	1,7 – 4,1 cSt. A 40°C
Grados API	15
Poder Calorífico Superior	45,89 kWh/gal = 165221,48 kJ/gal = 156598,08 Btu/gal = 43821,84 kJ/kg
Poder Calorífico Inferior	43 MJ/kg = 43000 kJ/kg = 10277,25 kcal/kg
Gravedad específica	Desde 0,92 hasta 0,966

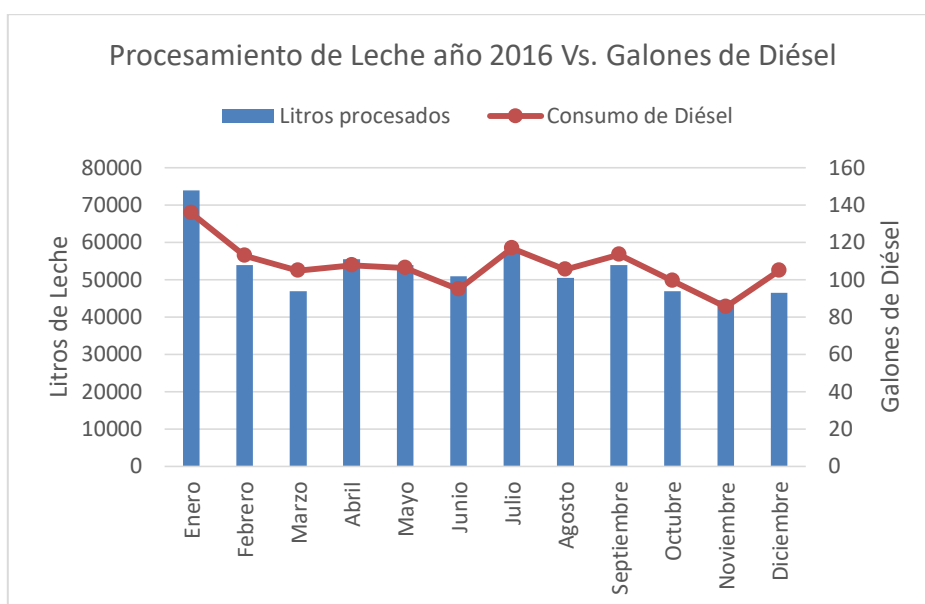
Tabla 12 características del combustible Diésel.

Fuente: (Petrobras, 2010)

Durante el año 2016, el proceso de pasteurización ha dependido exclusivamente de la generación de vapor en la caldera. Las capacidades de procesamiento de la planta se han



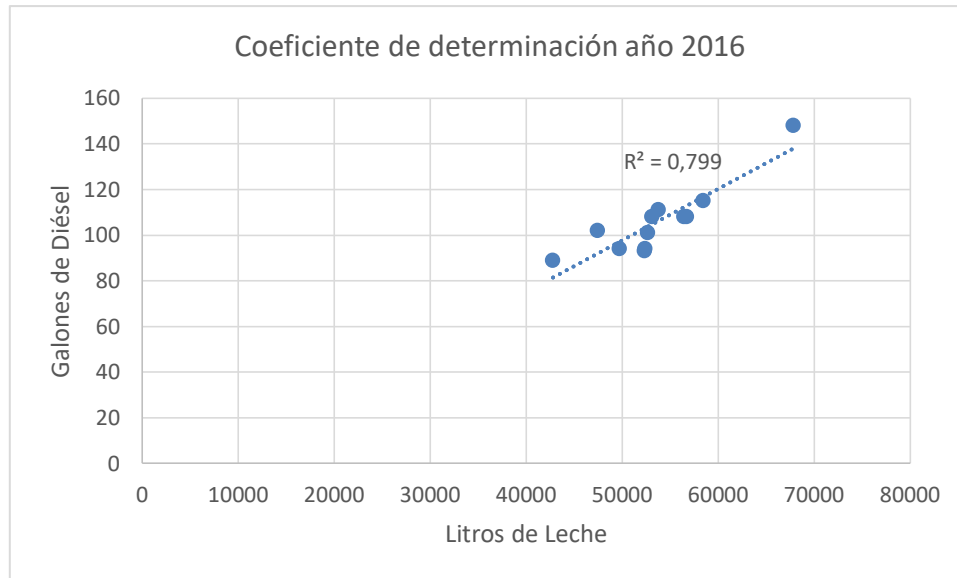
reducido en un 30% respecto al 2015. Bajo estas consideraciones se ha evaluado el sistema de generación de vapor para determinar si existen posibilidades de mejora; en primera instancia se cotejaron y graficaron los registros disponibles de leche procesada y consumo de diésel del último año (ver Ilustración 16), a la vez que en la Ilustración 17 se muestra el coeficiente de determinación entre las variables, resultando  $r^2$  0,799, lo que puede verse con este coeficiente, es que el consumo de combustible está directamente relacionada con la cantidad de leche procesada, indicando que la empresa actualmente depende casi en su totalidad de energía térmica.



**Ilustración 16. Consumo de diésel durante el año 2016**

Fuente: Asociación de Trabajadores de Cungapite, elaborado por el autor.





**Ilustración 17. Litros de leche vs. galones de diésel**  
Elaboración del autor

En base a los totales procesados de leche y consumidos de combustible, la relación entre energía térmica consumida y volumen de leche procesado para el año 2016 es de 0,29 MJ/litro (ver Anexo 5), valor que está dentro de los promedios para este tipo de industria (UNEP, 2000).

Otro elemento a analizar es las posibles pérdidas de calor en la carcasa de la caldera, así como también en los tubos de transferencia de vapor y en la chimenea. Para el efecto se ha realizado la toma de temperaturas a través del termómetro infrarrojo descrito anteriormente. Durante la evaluación se pudieron realizar las siguientes observaciones (ver Ilustración 18):

- Temperatura de la carcasa de la caldera 21 °C.
- Temperatura en la superficie de la tubería a la salida de vapor 99 °C.
- Temperatura en la tubería a 30 cm de la salida de vapor 86 °C.
- Temperatura a 2 m de la salida de vapor 70 °C.
- Temperatura a la salida de la chimenea 198 °C.
- La tubería que transfiere vapor hacia la marmita de pasteurización no cuenta con aislamiento térmico.



- El agua que alimenta la caldera es tomada directamente del sistema, sin recibir tratamiento.
- Una vez utilizado el vapor, este es desechado sin ningún método de recuperación.



a.



b.



c.



d.



e.

**Ilustración 18 Fotografías mostrando el sistema de transmisión de vapor.**

a) Salida de chimenea y tubería de la caldera donde se midieron las temperaturas. b) Tubería de transferencia de vapor sin aislamiento térmico. c) Desfogue de vapor después de ser usado en el proceso de pasteurización. d) Agua de alimentación para la caldera sin tratamiento previo. e) Toma de temperatura a la salida de la tubería de transferencia de vapor.



Por otra parte es importante determinar la eficiencia del caldero, para el efecto se buscó la presencia de monóxido de carbono en la chimenea, ayudado de un equipo Analizador Industrial de Gases de combustión mencionado en la sección 3.1. La toma de datos se realizó colocando el sensor al extremo de la chimenea durante las operaciones de la caldera, se hicieron 4 mediciones en instantes de tiempo diferentes, asegurando la posición del sensor mientras los gases de combustión salían, se pretendía consistencia en los datos por posibles agentes externos que pudieran distorsionar los resultados, las tres primeras tomas se descartaron por problemas en la ubicación correcta del sensor en la chimenea, tomándose los valores obtenidos durante la cuarta medición al tener conformidad en la posición del sensor. El registro se muestra en la Tabla 13.

Parámetros	Valores	Reporte
Altitud	3000 m	
H.R. aire	50 %	
O <sub>2</sub>	20,6 %	
CO	0 ppm	
NO	2 ppm	
NOx	2 ppm	
CO <sub>2</sub>	0.2 %	
Efic. tot	-	
Perd. tot	-	
T humos	192.6 °C	
T aire	24,5 °C	
ΔT	168.1 °C	
Exc. aire	-	
Eic. cond	-	
Ref. O <sub>2</sub>	0,0 %	
Nox ref	-	
Tiro	0,169 inH <sub>2</sub> O	
P gas	42 Pa	

Tabla 13. Resultados del análisis de los gases de combustión



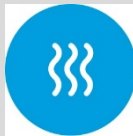


## 4 Capítulo IV. Resultados y discusiones

### 4.1. Resultados de la evaluación del sistema eléctrico

La empresa, desde sus inicios hasta la actualidad, ha tenido tres cambios significativos en los métodos de pasteurización. La Tabla 14 resume cómo han mantenido sus operaciones, haciendo énfasis en consumo de energía activa y reactiva, así como los promedios de factor de potencia.

En la evaluación del sistema eléctrico se buscó la correlación entre los litros de leche procesados y demanda de energía, sin embargo el coeficiente de determinación del año 2015,  $r^2 = 0,0655$ , no muestra que el consumo de energía eléctrica se explique con la cantidad de litros procesados, por lo que hacer una extrapolación o comparación de la demanda de años anteriores no es factible; sin embargo esto puede explicarse por la siguiente razón: Tomando la Tabla 14, se verifica que durante el año de análisis la planta utilizaba para sus operaciones de pasteurizado dos fuentes de energía, sin distinguir en los registros cuantos litros se procesaron con cada una de ellas.

Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016
		 	
<p>Disponen de variedad de productos: Queso fresco, yogurt y manjar de leche en diversas presentaciones.</p> <p>Los equipos de procesamiento son netamente eléctricos.</p> <p>En el año 2013 no se registran los litros de leche que procesa la planta, inician a mediados del 2014 con un registro básico.</p>		<p>Disponen de variedad de productos: Queso fresco, yogurt y manjar de leche en diversas presentaciones; la demanda yogurt y manjar baja.</p> <p>Se incluye un nuevo método de pasteurización basado en la demanda de vapor de agua obtenido a través de un caldero. Realizando la pasteurización con dos fuentes diferentes de energía, particular para cada lote.</p> <p>Registran los litros procesados, pero no distinguen que cantidad se procesa con energía térmica y que con eléctrica.</p>	<p>Producen casi en su totalidad queso fresco de 500gr, pierden el registro sanitario del manjar de leche y producen foráneamente yogurt. No se lleva un registro adecuado de producción</p> <p>Se deja de ocupar la marmita eléctrica, pasteurizando la leche únicamente con energía térmica.</p>



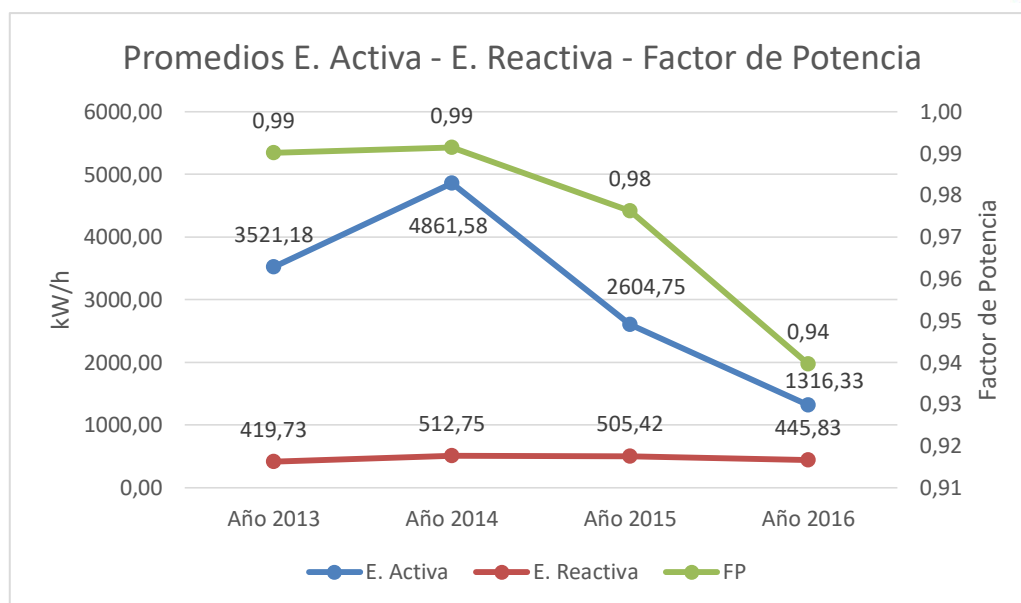
Alta demanda de energía activa.	Baja la demanda de energía activa. La demanda de energía reactiva no tiene variación significativa respecto a los dos años anteriores.	Considerable baja en la demanda de energía activa. La demanda de energía reactiva tiene una baja poco importante.
Mantienen un alto factor de potencia que en promedio es de 0,99.	El factor de potencia baja; en el año incurren en una única penalización pero mantienen un factor promedio de 0,98.	El factor de potencia baja respecto al año anterior y se incurren en penalizaciones durante tres meses consecutivos. En promedio el factor es de 0,94

Tabla 14. Fuentes de energía utilizadas durante los años de operación.

Para el año 2016 la correlación entre las variables es más fuerte 0,45 a razón de que para la pasteurización se depende de una sola fuente de energía y los consumos eléctricos representan las demandas de los equipos restantes, que se enfocan principalmente en mantener el producto a 5 °C en la cámara de frío. Otros procesos, como la recepción y almacenamiento de la leche cruda no se cumplen de manera estándar. Con una disminución en la producción los recursos son utilizados ineficientemente.

El comportamiento de factor de potencia puede explicarse también con el cambio de las fuentes de energía utilizadas para la pasteurización. La demanda de energía reactiva (ver anexo 6) tiene variaciones poco significativas durante todos los años, lo que muestra ser independiente de la cantidad de litros pasteurizados; más bien sus valores se deben a que las fuentes de consumo de energía reactiva se encuentran en los equipos que utilizan motores, tales como los mezcladores, ventiladores de los equipos productores de frío, y bombas de succión para el empaquetado y trasvase de leche, equipos que en mayor medida siguen operando con poca dependencia de los litros procesados.

La Ilustración 19 muestra el promedio de activa, reactiva y factor de potencia para los años del 2013 al 2016:



**Ilustración 19. Promedio de consumo de Activa y Reactiva**

Elaborado por el autor.

Una alta demanda de energía activa (ver anexo 6) durante el 2013 y 2014, principalmente por el uso del pasteurizador eléctrico, ha compensado la demanda de energía reactiva, manteniendo un buen factor de potencia.

En el 2015, aun en operaciones el pasteurizador eléctrico y trabajando conjuntamente con una marmita que depende de energía térmica, se ha mantenido un consumo considerable de energía activa (ver anexo 6), compensando la demanda de energía reactiva y logrando un buen factor de potencia, pero que en promedio es más bajo que los años anteriores.

Para el 2016 entran en juego algunos componentes, tales como: la baja en la producción, dependencia exclusiva de energía térmica para la pasteurización, reducción de la demanda de activa y alta demanda de reactiva respecto a la producción; llevando a un bajo factor de potencia e incurriendo en penalizaciones. Una tendencia similar se muestra en los primeros meses el 2017, pudiendo presentarse mayores penalizaciones que las que se produjeron el año anterior.



## 4.2. Resultados del sistema de refrigeración

A pesar de no encontrar problemas en los equipos, si se identificó procesos mal establecidos en la etapa de recepción y almacenamiento de producto terminado. Considerando que la cámara de frío funciona 24 horas al día durante todo el año, y que la cantidad de producto terminado que en la actualidad se almacena, en promedio 330 unidades, está por debajo de la capacidad disponible de 600 unidades diarias, da como resultado una subutilización de espacio que a la final resulta en energía desperdiciada, también la utilización para el almacenamiento de elementos diferentes al propósito que tiene la cámara. La mejora en la productividad hará más eficiente al sistema.

Se consideran ciertas actividades que permitan un control del cuarto frío:

- Revisión semestral de los serpentines del evaporador y limpieza del condensador
- Inspección mensual de los componentes del sistema, como compresor, motor, etc.
- Inspección regular del aislamiento de la línea fría del refrigerante.
- El administrador estimulará la pro actividad entre los colaboradores por mantener las puertas de la cámara cerradas, las que se abrirán en los momentos estrictamente necesarios.
- Inspección del cierre hermético de la puerta, la revisión periódica de las juntas permitirá comprobar su estado.

El proceso de abastecimiento de la leche cruda debe ser revisado, para cumplir con obligatoriedad el aseguramiento de la cadena de frío de la leche, como requisito para obtener un producto terminado de calidad. Una vez definido, será necesaria una evaluación del sistema de refrigeración que busque la eficiencia del sistema.

## 4.3. Resultados del sistema térmico

La planta no dispone de cálculos técnicos relacionados a las necesidades de vapor, por lo que en este apartado se hace un cálculo teórico, basado en los datos recogidos y bajo el supuesto de que no hay pérdida del producto por evaporación. Este pretende ser una modelo para futuros análisis, que deben ajustarse con datos reales y tomados durante las operaciones.

Los cálculos se realizarán considerando un vapor de con las siguientes características:



- Vapor saturado seco
- Presión de trabajo: 1 bar (Dato registrado del manómetro de la caldera en la planta)
- Calor latente de vaporización: 539,43 kcal/kg ( Tomado de Tablas, a 1 bar y 110°C de saturación)

Para encontrar las necesidades de vapor, se calculará en primera instancia el calor necesario para aplicar por parte del vapor, a través de la siguiente expresión

$$Q = V \cdot \delta \cdot C_e \cdot \Delta T \quad (12)$$

Donde

Q - Calor necesario a aplicar, expresado en kcal/h

V - Volumen de fluido a calentar, expresado en l

$\delta$  - Densidad del fluido, expresado en kg/l

C<sub>e</sub> - Calor específico del fluido

$\Delta T$  - Salto de temperatura, expresado en °C

El gasto de vapor se calcula con la siguiente expresión:

$$m_v = \frac{Q}{q_v} \quad (13)$$

Donde

m<sub>v</sub> - consumo en vapor expresado en kg/lote

Q - Calor necesario a aplicar, expresado en kcal/h

q<sub>v</sub> - Calor suministrado por 1kg de vapor, expresado en kcal/kg

Datos:

- Volumen de leche a calentar 600 l/lote
- Densidad de la leche 1,032 kg/l
- Calor específico de la leche 0,93 kcal/kg °C





- Temperatura de entrada de la leche: 5 °C
- Temperatura de mantenimiento: 65 °C durante 30 minutos (1800 s)
- Temperatura de salida de la leche: 32 °C
- Eficacia de transmisión: 95%
- Salto térmico: 65 °C – 5 °C = 60 °C

La leche se calienta de 5 °C (temperatura de entrada a la marmita de pasteurización) hasta 65 °C (temperatura de pasteurización).

El salto térmico es:

$$\Delta T = 65 - 5 = 60^{\circ}C$$

El calor necesario para pasar de 5°C a 65°C:

$$Q = V \cdot \delta \cdot C_e \cdot \Delta T$$

$$Q = (600l/lote) \left( 1,032 \frac{kg}{l} \right) \left( 0,93 \frac{kcal}{kg^{\circ}C} \right) (60^{\circ}C)$$

$$Q = 34551,36 \text{ kcal/lote}$$

Considerando la eficiencia del 95%:

$$\frac{34551,36 \text{ kcal/lote}}{0,95} = 36369,85 \text{ kcal/lote}$$

El requerimiento de vapor por lote es:

$$m_v = \frac{Q}{q_v}$$

$$m_v = \frac{36369,85 \text{ kcal/lote}}{539,43 \text{ kcal/kg}}$$

$$m_v = 67,42 \text{ kg/lote}$$

Cada lote requiere de 30 minutos por lo que el consumo de vapor será:

$$m_v = 134,84 \text{ kg/h}$$

Una vez encontrada la cantidad de vapor necesario para la pasteurización de cada lote, se definirá el rendimiento de la caldera. Considerando que durante el último año han



dependido exclusivamente de energía térmica, resulta útil una perspectiva de la eficiencia con la que la planta está operando. Para ello se usó un promedio de la demanda de combustible: 11,62 kg/h de diésel, correspondiente al consumo necesario para el procesamiento actual de la planta. Se utilizará el método directo definido por la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{\text{Energía o Potencia Calorífica Util}}{\text{Energía o Potencia Calorífica Suministrada}} \times 100 \quad (14)$$

$$\eta = \frac{m_v(Hv-Ha)}{m_c.Pci} \times 100 \quad (15)$$

Donde

$\eta$  - Rendimiento, expresado en %

$m_v$  - Caudal de vapor generado, expresado en kg/h

$Hv$  - Entalpía del a la salida, expresado en kcal/kg

$Ha$  - Entalpía del agua de alimentación, expresado en kcal/kg

$m_c$  - Consumo de combustible, expresado en kg/h

$Pci$  - Poder calorífico inferior del combustible, expresado en kcal/kg

Datos técnicos de la caldera (basados en un modelo similar)

Capacidad	10	BHP
Vapor Generado	345	lb/h de 100°C
Producción de agua	336	gal/h a 82°C
Combustible Diésel	3	Galones/h
Consumo nominal de Diésel	2,39	gal/h
Eficiencia	81 – 82	%
Peso Neto de la caldera	1490	libras
Diámetro	0,88	metros
Alto	1,68	metros

**Tabla 15. Características técnicas de la caldera.**

Fuente: Ficha técnica de caldera vertical marca Tecnik. (TECNİK, 2017)

Datos:



$m_v$  - 134,84 kg/h

$H_v$  - 638,8 kcal/kg tomado de Tablas para vapor de agua saturado

$H_a$  - 99,19 kcal/kg tomado de Tablas para vapor de agua saturado

$m_c$  - 11,62 kg/h

$P_{ci}$  - Poder calorífico inferior del combustible, 10277,25 kcal/kg

$$\eta = \frac{m_v(H_v - H_a)}{m_c \cdot P_{ci}} \times 100$$

$$\eta = \frac{\left(134,84 \frac{kg}{h}\right) \left(638,8 \frac{kcal}{kg} - 99,19 \frac{kcal}{kg}\right)}{\left(11,62 \frac{kg}{h}\right) \left(10277,25 \frac{kcal}{kg}\right)} \times 100$$

$$\eta = 60,9 \%$$

Un rendimiento del 60,9% indica que la potencia calorífica disponible supera notablemente la demanda actual, resultando en un proceso ineficiente que no solo puede deberse a los procedimientos, falta de control o inexperiencia del operador durante la pasteurización; sino principalmente en el dimensionamiento de capacidades. La potencia calorífica disponible podría procesar un mayor número de litros que la capacidad máxima de la actual marmita (600 litros). Como ejercicio de análisis y basándose en las ecuaciones anteriores, se puede simular el procesamiento de 800 litros, con lo que se obtiene un mejor rendimiento que alcanza un 81%.



## 5 Capítulo V. Medidas Correctivas

### 5.1. Medidas correctivas en el sistema térmico

Los análisis realizados en este sistema utilizaron escasos datos históricos debido a que: no se pudo contar con amplios consumo de combustible, se desconocen las necesidades de vapor por lote pasteurizado, no se disponen de datos técnicos de la caldera y marmita entre otras. Esto no ha permitido evaluar con exactitud la eficiencia en el consumo de energía térmica. La falta de información y el desconocimiento de qué y cómo registrar los diferentes tipos de consumo energético limitan la evaluación y, por ende, la aplicación de mejoras sustanciales. Esta necesidad fundamental plantea como primera medida correctiva la generación de una base de datos.

A pesar de existir herramientas informáticas para registro, se optó por desarrollar un software que sea de fácil uso para los operarios y directivos de la empresa y tenga como principio los siguientes puntos: 1) Respalda y concentra la información, 2) permita evaluaciones rápidas de la producción y el correspondiente consumo energético. Para este fin, la información es tomada en fichas físicas, llenadas por un responsable que se determina en un proceso estándar. Esta información será luego cargada en el software propuesto.

El software desarrollado se llama ENERGÍA CUNGAPITE 1.0, la interfaz se diseñó en Visual Studio 2015, en lenguaje visualbasic.net, con una base de datos local en SQL Server (ver Ilustración 20). El software funciona en plataforma Windows, 7, 8 y 10. El programa se puede cargar desde un ícono de acceso directo que puede estar ubicado en el escritorio de la computadora. La ventana principal muestra tres opciones de acceso.



Ilustración 20. Ventana principal del Software ENERGIA CUNGAPITE 1.0. Elaborado por el autor.

### 5.1.1. Ficha, registro y análisis de combustible diésel

La ficha “Consumo de Diésel” registra la información relevante del abastecimiento de combustible: fecha, responsable, galones comprados, proveedor y hacia dónde van destinados. La forma, responsabilidad y registro en el software se detallan en el procedimiento estándar para Registro de Combustible (ver Ilustración 21).

N.-		Cantidad	Unidad	Día	Proveedor	Destino	Observación
1			gal				
2			gal				
3			gal				
4			gal				
5			gal				
6			gal				
7			gal				
8			gal				
9			gal				
10			gal				
Total							

Página 1

Reg. 01

Ilustración 21. Ficha para la recolección del consumo de diésel.



Elaborador por el autor.

El software ENERGÍA CUMGAPITE 1.0 almacena y muestra gráficamente cómo varía el consumo de diésel a lo largo de los meses, calcula su costo en base al precio actual y permite conocer la cantidad de energía que aporta cada galón, esto a sabiendas de que cada litro provee 38,7 MJ de energía (ver Ilustración 22). El software se encarga de realizar la transformación de unidades y de obtener la equivalencia de energía en kWh, permite realizar una evaluación histórica valiéndose de un filtro que tamiza la información según un período de tiempo, un gráfico de barras permite una visualización más ágil y de fácil entendimiento. De ocurrir una equivocación al ingresar un dato, el mismo filtro permite ubicar el mes correspondiente y a través de un botón de borrado se elimina la información errónea que deberá volver a ser ingresada con los valores correctos, el código fuente se puede ver en el anexo 7.

La información almacenada resulta más útil al compararse con la cantidad de leche procesada. Para ello, el software permite el registro de litros diarios, haciendo una distinción entre aquellos procesados en el pasteurizador eléctrico y los que son tratados en la marmita a base de vapor, así como también la cantidad de queso producido. A pesar de que la planta en la actualidad no se encuentra produciendo manjar, yogurt y algunas presentaciones de queso, se ha previsto incluir en el software el registro de estos productos, ya que es decisión de la Asociación reactivar el potencial de la empresa (ver Ilustración 23).

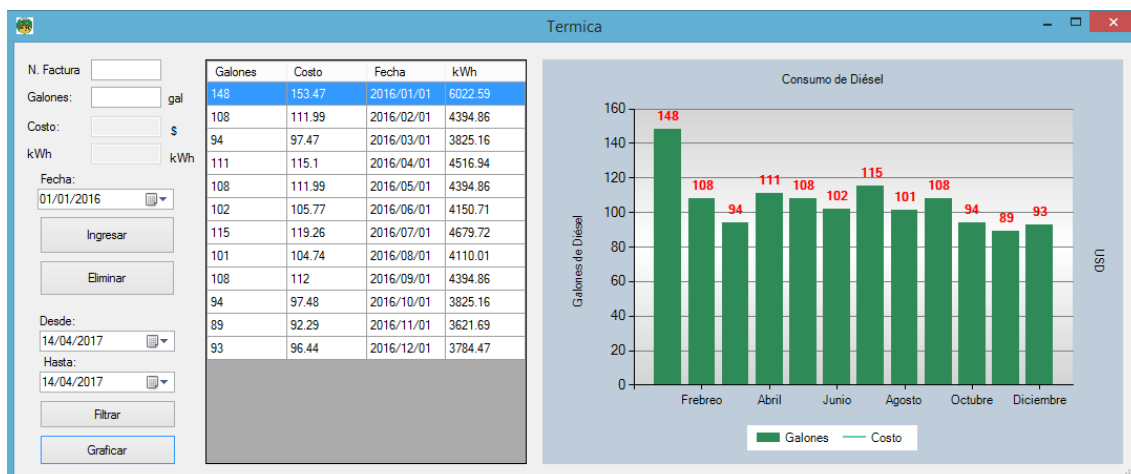


Ilustración 22. ENERGIA CUNGAPITE 1.0 Interfaz para el registro de consumo de diésel.

Elaborado por el autor.



Una vez obtenidos los datos de producción y consumo de diésel, el programa puede calcular el índice de Unidad de Uso de Energía Térmica en base al periodo de tiempo que se filtre la información; a pesar de ello será preferible hacerlo para un lapso de 12 meses. El programa permite también ver gráficamente como se han comportado estas dos variables y ayuda a identificar etapas donde pudieron presentarse consumos de diésel ineficientes para que el personal responsable pueda tomar decisiones de manejo de procesos y compras. Asimismo, considerando que la entrada de información de litros procesados se clasifica según el tipo de energía con la que se procesan, una gráfica de pastel muestra de manera global la proporción del tipo de energía con la que los litros de leche fueron procesados. Permite también calcular el costo por litro procesado en base a los costos por consumo de diésel, así como el porcentaje que este representa del costo total (ver Ilustración 22).

En la planta es importante conocer las necesidades de vapor para el proceso de pasteurización. Por ello, se ha diseñado una calculadora como herramienta de apoyo que también se encuentra en ENERGÍA CUNGAPITE 1.0. Por otra parte, la eficiencia de la caldera también puede ser estimada con el mismo software, para este fin se ha utilizado un método directo, puesto que no depende de equipos especializados ni cálculos complejos para obtenerlo, resultando de fácil manejo y asequible para los directivos de la empresa (ver Ilustración 25).

The screenshot shows a software window titled 'Produccion' with four distinct panels for data entry:

- Leche Procesada (Light Blue Panel):** Includes fields for 'Id:', 'Litros EE:', 'Litros ET:', 'Litros para Yogurt:', 'Litros para Manjar:', and 'Total LProcesados:'. A blue circular icon with a milk can is on the right. Buttons for 'Ver Tabla' and 'Insertar' are at the bottom.
- Yogurt (Light Yellow Panel):** Includes fields for 'Id:', 'Y2000:', 'Y1000:', 'Y200:', and 'Total Unidades:'. A yogurt cup icon is on the right. Buttons for 'Ver Tabla' and 'Insertar' are at the bottom.
- Queso (Light Orange Panel):** Includes fields for 'Id:', 'Q250:', 'Q500:', 'Q600:', 'Q1200:', and 'Total Unidades:'. A cheese icon is on the right. Buttons for 'Ver Tabla' and 'Insertar' are at the bottom.
- Manjar de Leche (Light Orange Panel):** Includes fields for 'Id:', 'M250:', 'M100:', 'M50:', and 'Total Unidades:'. A manjar icon is on the right. Buttons for 'Ver Tabla' and 'Insertar' are at the bottom.

**Ilustración 23. Interfaz par el registro de litros procesados y producto terminado.**  
Elaborado por el autor.

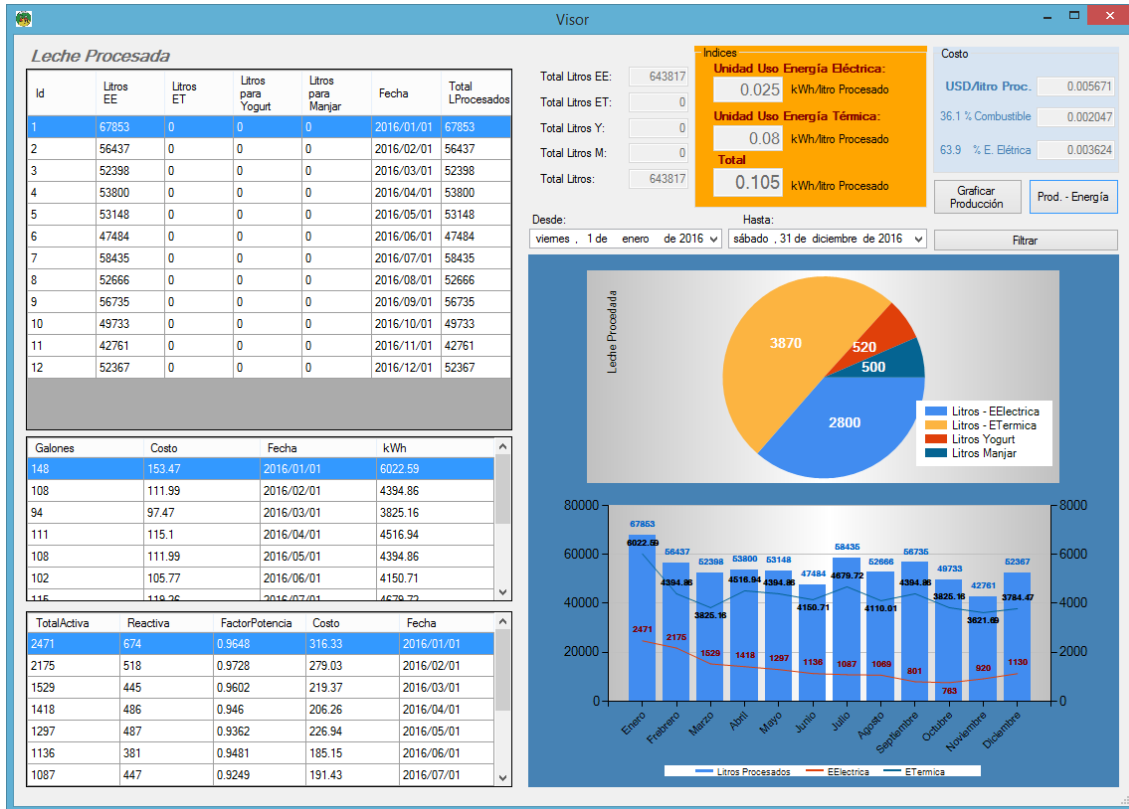


Ilustración 24. Interfaz de producción y evaluación de energía.

Elaborado por el autor.

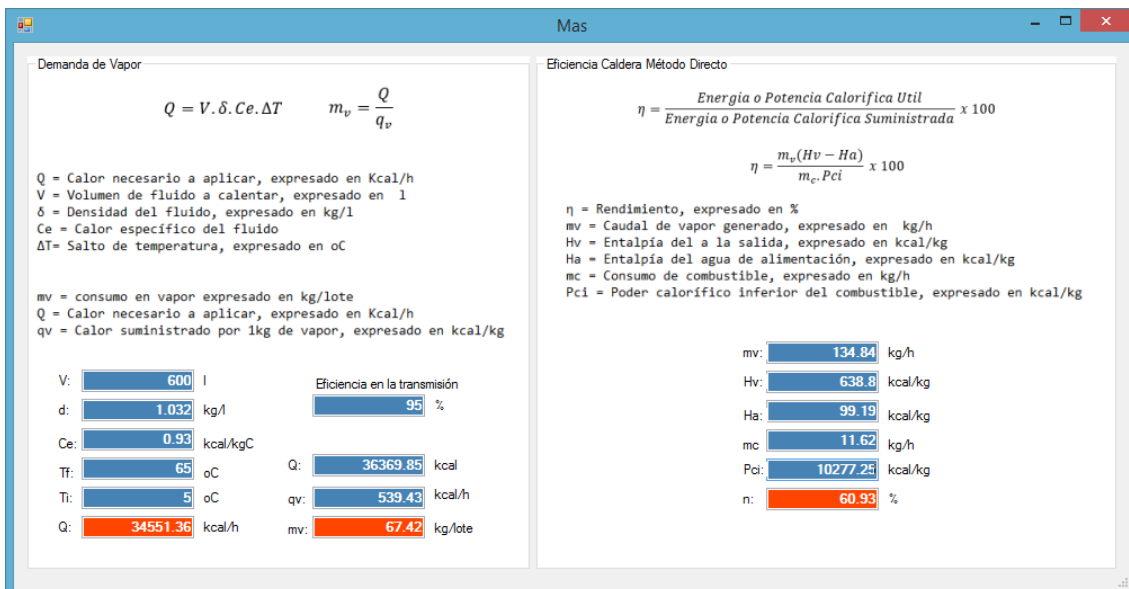


Ilustración 25. Calculadora para la demanda de vapor y eficiencia en la caldera.

Elaborado por el autor.





Contando con los datos adecuados, la calculadora permite una estimación de los valores de demanda de vapor y eficiencia en la caldera. A los directivos de la empresa se les ha orientado sobre su uso y la manera de obtener valores como: densidad de la leche, calor específico de la leche, capacidad calorífica del vapor, entalpías y poder calorífico del combustible. En este sentido, hacer uso de esta herramienta y valerse de ella les permite tener una percepción más técnica de la planta.


## **5.2. Medidas Correctivas en el sistema eléctrico**

A inicios de las operaciones de la empresa, el proceso más importante (pasteurización) dependía exclusivamente de la energía eléctrica, el consumo promedio era 4860 kWh. Sin embargo al dejar de usar el equipo eléctrico, procesar menos leche y dejar de producir otros productos como manjar y yogurt este promedio bajó a 1310 kWh, consumo que particularmente se da por en la producción de frío durante la recepción y el mantenimiento de del producto terminado. Como pudo observarse en la información durante la evaluación de este sistema, los valores de consumo de energía reactiva tienen mínima variación, lo que dio como resultado factores de potencia cada vez más bajos.

El desconocimiento de este factor, ha imposibilitado al administrador explicar las razones por las que la empresa ha incurrido en penalizaciones y amonestación por parte de la empresa CENTROSUR; la necesidad de un registro y un método simple de análisis se presenta como una oportunidad de mejora. Las medidas correctivas a ejecutarse implican llevar una ficha de registro y el almacenamiento de esta información en una base de datos.

La ficha de registro denominada Consumo de Energía Eléctrica recoge la información relevante de la factura de consumo, en la que es indispensable anotar el responsable del correcto llenado (ver Ilustración 26).



		<b>REGISTRO DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b> Asociación de Trabajadores Agrícolas de Cungapite Queso Cañarejo el Campesino		
Mes:	Año:	Responsable:		
N.-	Cantidad	Unidad	Costo	Observación
Activa A		kWh		
Activa B		kWh		
Activa C		kWh		
Activa D		kWh		
Reactiva		kvar		

Reg. 01

**Ilustración 26. Ficha para el registro de consumo eléctrico.**

Elaborado por el autor.

El software ENERGÍA CUNGAPITE 1.0 utiliza una ventana de diálogo donde la información es recogida y enviada a la base de datos, el programa se encarga de calcular el factor de potencia en base a los valores de energía activa y reactiva, con el fin de llevar un control de su ocurrencia y compararlo con los valores calculados por la empresa distribuidora. Una gráfica de barras y líneas permite ver fácilmente la relación entre activa, reactiva y factor de potencia; una línea roja indica el valor mínimo permitido de factor de potencia (0,92). A través del software se podrán hacer comparaciones de consumo e incidencia del factor en diferentes periodos de tiempo, así también realizar una impresión que ayude al administrador a fundamentar los motivos por los que se generan mayores o menores etapas de demanda de energía eléctrica, la ventana de diálogo puede verse en la Ilustración 27.

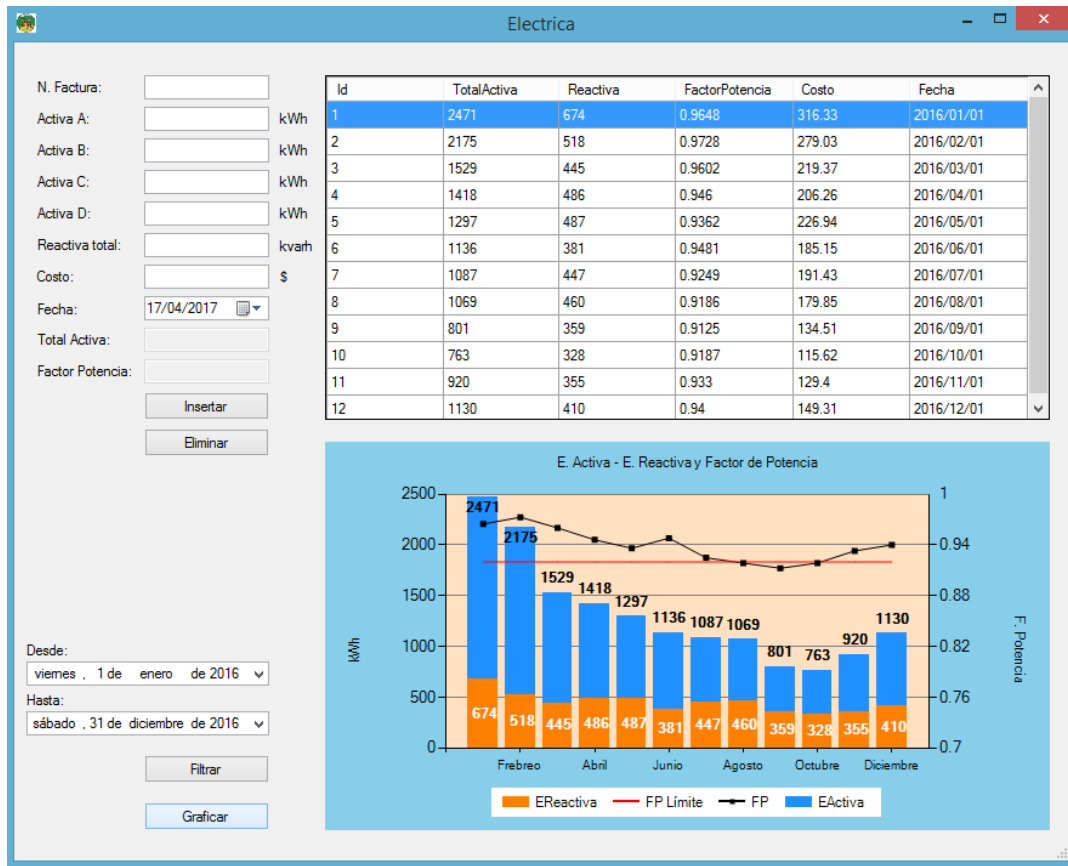


Ilustración 27. Registro de consumo de energía eléctrica y gráfica de activa, reactiva y factor de potencia.

Elaborado por el autor.

Configurándose la base de datos, es viable realizar un análisis del consumo y compararlo con la cantidad de litros procesados, al igual que en la energía térmica, se calcula el índice de unidad de uso de energía eléctrica y el costo por litro procesado, se puede ver también cuanto y que porcentaje del costo total representa la energía eléctrica, para ello será necesario filtrar el periodo de tiempo que se desea analizar; sin embargo, siempre será preferible hacerlo en periodos de 6 o 12 meses (ver Ilustración 28).

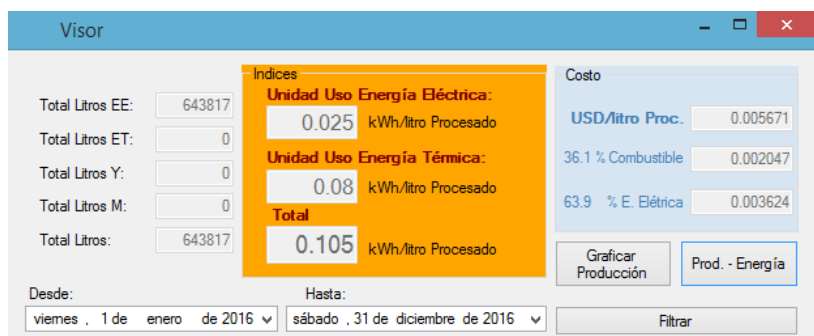


Ilustración 28. Índice de uso de energía eléctrica y costo por litro de leche procesada.

Elaborador por el autor.




### 5.3. Procedimientos estándar

El formato que se estableció para los procedimientos estándar contienen en el encabezado la información relevante: el nombre del procedimiento y hacia quien va dirigido, el nombre de la empresa, identificación a través de un código, fecha en la que se realizó la propuesta, el departamento donde se aplica y el registro de responsabilidad de realización, revisión y aprobación. Los responsables pueden ser: En el caso de la realización, el personal técnico especializado en el área; en el caso de la revisión, el administrador o gerente de departamento; y la aprobación, el Jefe de Planta o presidente de la Asociación.

El formato de este procedimiento posee un indicativo al pie de página en línea roja que limita la copia del mismo, salvo previa autorización. Es un procedimiento propuesto y las variaciones que se dieren deben ser registradas en el punto 5 de revisión y cambios. El cuerpo del procedimiento contiene el procedimiento en sí, donde se indican el propósito, alcance, materiales, método y registro de actualizaciones, un ejemplo puede apreciarse en la Ilustración.



PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR: REGISTRO CONSUMO DE COMBUSTIBLE <b>ADMINISTRADOR</b>		Asociación de trabajadores Agrícolas Queso Cañareño	Código: Fecha:
Departamento: Producción	PROCEDIMIENTO: Propuesto		Hoja: 1 de 4
Realizado por: William Bernal	Revisado por:	Aprobado por:	

**1. PROPOSITO**  
Asegurar el registro de la información de consumo de combustible diésel.

**2. ALCANCE**  
Dirigido al Administrador.

**3. MATERIALES**

3.1. Herramientas y equipos

- Ficha de registro "Consumo de Combustible" impreso
- Bolígrafo azul
- Computador
- Impresora

3.2. Software

- ENERGIA CUNGAPITE 1.0

**4. MÉTODO**

4.1. Operaciones:

4.1.1. Toma de datos

- Los datos se llenarán en la ficha de registro de Consumo de Combustible Diésel y se lo hará con bolígrafo azul.
- Cada ficha llevará la información del consumo correspondiente al periodo de un mes.
- El administrador se asegurará que los colaboradores tengan conocimiento de la importancia de llevar un adecuado registro, estimulando la pro actividad entre el grupo de trabajo.
- En primera instancia verificará la secuencia en la ficha de registro.
- Se anotarán: el nombre de la persona responsable, mes y año correspondiente.
- Las facturas de las compras de combustible autorizadas se entregarán directamente al administrador, responsable de las

---


*Con línea roja copia controlada*

Ilustración 29. Formato del procedimiento estándar.  
Elaborado por el autor.

### 5.3.1.Registro de consumo de Combustible

A continuación se presenta una propuesta de procedimiento en la operación de la planta a ser seguido.



PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR. REGISTRO CONSUMO DE COMBUSTIBLE <b>ADMINISTRADOR</b>		Asociación de trabajadores Agrícolas Queso Cañarejo	Código:
			Fecha:
Departamento: Producción	PROCEDIMIENTO: Propuesto		Hoja: 1 de 4
Realizado por: William Bernal	Revisado por:	Aprobado por:	

## 1. PROPÓSITO

Asegurar el registro de la información de consumo de combustible diésel.

## 2. ALCANCE

Dirigido al Administrador.

## 3. MATERIALES

### 3.1. Herramientas y equipos

- Ficha de registro “Consumo de Combustible” impreso
- Bolígrafo azul
- Computador
- Impresora

### 3.2. Software

- ENERGÍA CUNGAPITE 1.0

## 4. MÉTODO

### 4.1. Operaciones:

#### 4.1.1. Toma de datos

- Los datos se llenarán en la ficha de registro de Consumo de Combustible Diésel y se lo hará con bolígrafo azul.
- Cada ficha llevará la información del consumo correspondiente al período de un mes.
- El administrador se asegurará que los colaboradores tengan conocimiento de la importancia de llevar un adecuado registro, estimulando la pro actividad entre el grupo de trabajo.
- En primera instancia verificará la secuencia en la ficha de registro.
- Se anotarán: el nombre de la persona responsable, mes y año correspondiente.



- Las facturas de las compras de combustible autorizadas se entregarán directamente al administrador, responsable de las anotaciones; se evitará que transcurra tiempo entre la fecha de compra y la fecha de registro.
- El administrador copiará en la ficha: la cantidad de galones adquiridos, el día del mes en números y hacia dónde se destinará el combustible. Se evitará registrar compras de combustible cuyo fin no sea el procesamiento directo e indirecto de los productos.
- En el apartado de observaciones, el administrador incluirá información excepcional que pueda resultar útil al momento de realizar procesos de trazabilidad, por ejemplo “derrames de combustible”, etc.
- Al finalizar el período de registro, se contabilizará el total de galones adquiridos y se anotará en la ficha.

Ejemplo:

Mes:		Año:		Responsable: ROBERTO MONTEC		
N.-	Cantidad	Unidad	Día	Proveedor	Destino	Observación
1	20	gal	2	GAS ABAD	CALDERA	El 10 de enero se perdió 2 galones por derrame por transportar a la caba de dióxido de carbono.
2	50	gal	12	GAS ABAD	CALDERA	
3	4	gal	14	GAS REPSOL	CAMION	
4	60	gal	27	GAS REPSOL	CALDERA	
5	4	gal	28	GAS ABAD	CAMION	
6		gal				
7		gal				
8		gal				
9		gal				
10		gal				
Total	138					

#### 4.1.2. Registro

- Acceder al programa ENERGÍA CUNGAPITE 1.0 a través de la computadora donde se encuentra instalado.
- Activar la ventana de diálogo “Térmica” pulsando el botón “Consumo Diésel” de la ventana principal.
- Se ingresará un id en la caja correspondiente con la siguiente codificación:



01 04 17 1

Día Mes Año Secuencia que  
inicia cada nuevo  
periodo

- Se ingresa en el programa el número total de galones registrado en la ficha.
- La fecha de ingreso corresponderá al primer día del periodo evaluado.

- Para analizar los consumos mediante la gráfica de barras, será necesario indicar un rango de tiempo, filtrar y presionar el botón “Graficar”.

- Para efectos de análisis detallados se procederá a imprimir la Tabla de registro y gráfica correspondiente.






## 5. REGISTRO DE ACTUALIZACIÓN Y REVISIONES

<b>Revisión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Razón de Cambio</b>
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____



### 5.3.2.Registro de consumo de Energía Eléctrica

A continuación se presenta una propuesta de procedimiento en la operación de la planta a ser seguido.

PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR. REGISTRO DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA <b>ADMINISTRADOR</b>		Asociación de trabajadores Agrícolas Queso Cañarejo	Código:
			Fecha:
Departamento: Producción	PROCEDIMIENTO: Propuesto		Hoja: 1 de 4
Realizado por: William Bernal	Revisado por:	Aprobado por:	

#### 1. PROPÓSITO

Asegurar el registro de la información de consumo de energía eléctrica con fines analíticos.

#### 2. ALCANCE

Dirigido al Administrador.

#### 3. MATERIALES

##### 3.3. Herramientas y equipos

- Ficha de registro “Consumo de Energía Eléctrica”
- Bolígrafo azul
- Computador
- Impresora

##### 3.4. Software

- ENERGÍA CUNGAPITE 1.0

#### 4. MÉTODO

##### 4.1. Operaciones:

##### 4.1.1. Toma de datos


- Los datos se llenarán en la ficha de registro de Consumo de Energía Eléctrica y se lo hará con bolígrafo azul.
- Cada ficha llevará la información del consumo correspondiente al período de un mes.
- El administrador se asegurará que los colaboradores tengan conocimiento de la importancia de llevar un adecuado registro, estimulando la pro actividad entre el grupo de trabajo.



- En primera instancia verificará la secuencia en la ficha de registro.
- Se anotarán: el nombre de la persona responsable, mes y año correspondiente.
- Las facturas emitidas por el proveedor de energía eléctrica, deberán estar en posesión del administrador, sin embargo, de no estar disponibles, este podrá acceder al sistema de servicios en línea de la empresa CENTROSUR para ubicarlas y recoger la información necesaria. El url donde deberá acceder es: [https://dpower.eeq.com.ec:8200/sap/bc/ui5\\_ui5/sap/Z1UMCUI5\\_MOBILE/index.html#/Logon](https://dpower.eeq.com.ec:8200/sap/bc/ui5_ui5/sap/Z1UMCUI5_MOBILE/index.html#/Logon), el nombre de usuario: AsoCungapite y la clave: xxxxxxx.
- El administrador copiará en la ficha: los valores de consumo de energía activa de horario diferenciado A, B, C y D; así también, el consumo de energía reactiva y el costo total por el servicio.
- En el apartado de observaciones, el administrador incluirá información excepcional que pueda resultar útil al momento de realizar procesos de trazabilidad, por ejemplo “Parada del equipo bomba de vacío durante 3 días por mantenimiento preventivo”, etc.
- La ficha de registro deberá ser llevada secuencialmente para asegurar que la información este ordenada y sea accesible.

Ejemplo:



		<b>REGISTRO DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b> Asociación de Trabajadores Agrícolas de Cungapite Queso Cañarejo el Campesino			
Mes:	12	Año:	2016	Responsable:	ROBERTO MONTERO
N.-	Cantidad	Unidad	Costo	Observación	
Activa A	503	kWh	171,27	parada del equipo bomba de vacío por 3 días por mantenimiento preventivo.	
Activa B	90	kWh			
Activa C	502	kWh			
Activa D	35	kWh			
Reactiva	410	kvark			

Reg. 01

#### 4.1.2. Registro

- Acceder al programa ENERGÍA CUNGAPITE 1.0 a través de la computadora donde se encuentra instalado.
- Activar la ventana de diálogo “Eléctrica” pulsando el botón “Consumo E. Eléctrica” de la ventana principal.
- Se ingresará el número de factura correspondiente, los datos de consumo de energía activa, reactiva, costo total y fecha; este último corresponde al dato de la factura “fecha desde”.



- Para analizar los consumos mediante la gráfica de barras, será necesario indicar un rango de tiempo, filtrar y presionar el botón “Graficar”.

- Una vez realizada la gráfica, el administrador prestará principal atención al valor límite del factor de potencia y a los valores que tiene la empresa.
- Para efectos de análisis detallados se procederá a imprimir la Tabla de registro y gráfica correspondiente.




## 5. REGISTRO DE ACTUALIZACIÓN Y REVISIONES

<b>Revisión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Razón de Cambio</b>
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____



### 5.3.3.Registro de Producción

A continuación se presenta una propuesta de procedimiento en la operación de la planta a ser seguido.

PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR. REGISTRO DE PRODUCCIÓN <b>ADMINISTRADOR</b>		Asociación de trabajadores Agrícolas Queso Cañarejo	Código:
			Fecha:
Departamento: Producción	PROCEDIMIENTO: Propuesto		Hoja: 1 de 4
Realizado por: William Bernal	Revisado por:	Aprobado por:	

#### 1. PROPÓSITO

Asegurar el registro de producción.

#### 2. ALCANCE

Dirigido al Administrador.

#### 3. MATERIALES

##### 3.5. Herramientas y equipos

- Ficha de registro “Producción”
- Bolígrafo azul
- Computador
- Impresora

##### 3.6. Software

- ENERGÍA CUNGAPITE 1.0

#### 4. MÉTODO

##### 4.1. Operaciones:

##### 4.1.1. Toma de datos

- Los datos se llenarán en la ficha de registro de Producción y se lo hará con bolígrafo azul.
- Cada ficha llevará la información de producción diaria.
- El administrador se asegurará que los colaboradores tengan conocimiento de la importancia de llevar un adecuado registro, estimulando la pro actividad entre el grupo de trabajo.
- En primera instancia verificará la secuencia en la ficha de registro.



- Se anotarán: el nombre de la persona responsable, mes y año correspondiente.
- La ficha de registro se llenará a lo largo del día, mientras van saliendo los diferentes tipos de producto terminado. El responsable directo de llevar esta información es el administrador, sin embargo podrá delegar funciones de ser necesario.
- En el apartado de observaciones, el administrador incluirá información excepcional que pueda resultar útil al momento de realizar procesos de trazabilidad, por ejemplo “Nombre de la persona a quien se delega la función de registro”, “Pérdidas de producto por diversos motivos”, etc.
- La ficha deberá ser llevada secuencialmente para asegurar que la información este ordenada y sea accesible.

Ejemplo:

N.-		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	TOTAL	Observación		
<b>REGISTRO DE PRODUCCION</b> Asociación de Trabajadores Agrícolas de Cungapite Quever Callegón el Campesino															
Dia		15		Mes:		03		Año:		2017		Responsable:		ROBERTO HORTALEGA	
<b>LITROS PROCESADOS</b>															
N.-		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	TOTAL	Observación		
Litros EE		600	550	500	600							2250	Se delega el registro al maestro quevero		
Litros ET												100			
Litros para Yogurt		50	50									100			
Litros para Manjar		100										100			
<b>QUESOS PROCESADOS</b>															
N.-		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	TOTAL	Observación		
Q250															
Q500		250	300	280	320							1150	Pérdida de 5 kilos de queso por mal almacenamiento		
Q600															
Q1200		10										10			
<b>YOGURT PROCESADOS</b>															
N.-		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	TOTAL	Observación		
Y2000															
Y1000		60	75									135			
Y200															
<b>MANJAR PROCESADOS</b>															
N.-		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	TOTAL	Observación		
M250															
M100		80										80			
M50															

#### 4.1.2. Registro

- Acceder al programa ENERGÍA CUNGAPITE 1.0 a través de la computadora donde se encuentra instalado.
- Activar la ventana de diálogo “Producción” pulsando el botón “Registro de Producción” de la ventana principal.





- Los registros se llevarán a cabo al terminar la jornada de trabajo para asegurar que los datos correspondan al día de producción.
- En la ventana de diálogo “Producción” se diferencia el tipo de entrada de dato, allí se pasarán los totales de cada producto. Realizado esto, con el bolígrafo se tachará en la ficha la información ya almacenada para evitar datos repetidos.

- El administrador tiene la responsabilidad de acceder a las Tablas de cada producto donde inspeccionará los resultados diarios, para acceder presionará en el botón “ver Tabla”, esta abrirá la ventana de diálogo “Visor” desde donde podrá imprimir la información que crea necesaria.
- La ventana de diálogo “Visor” provee información adicional donde se relaciona litros de leche procesados con la energía que se requirió, muestra índices de unidad térmica y unidad eléctrica, así como el costo de energía por litro procesado. El administrador está obligado a revisar e imprimir esta información cada 6 meses, a pesar de ello tienen la libertad de hacerlo en otros períodos de tiempo en los que el que creyera conveniente.
- Para obtener los índices e información de costo: Filtrar los datos según un periodo de tiempo determinado y presionar los botones “Graficar Producción” y “Prod. - Energía”



- Una vez realizado esto, el administrador prestará principal atención a los índices de unidad térmica y unidad eléctrica, mantendrá un registro personal del costo y la proporción que representa el tipo de energía por cada litro procesado.

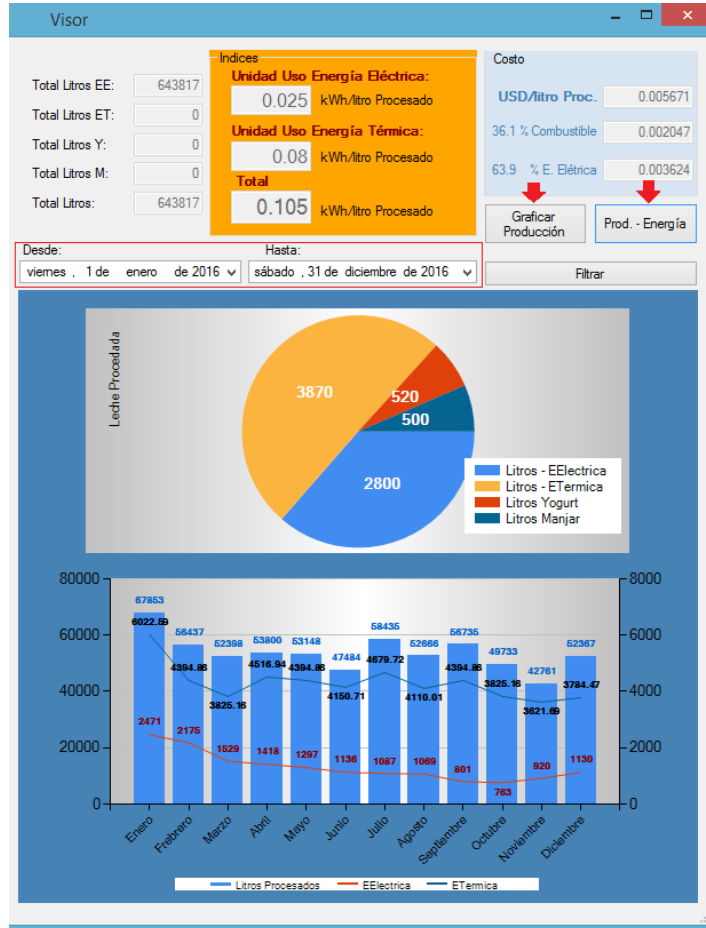


Ilustración 30. Relación entre leche procesada y consumo de energía

## 5. REGISTRO DE ACTUALIZACIÓN Y REVISIONES

Revisión	Fecha	Razón de Cambio
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Con línea roja copia controlada



#### **5.4. Cogeneración como método de mejoramiento de eficiencia**

Bajo la consideración de que la planta de Cungapite, cuenta con equipos de pasteurización que dependen de energía tanto eléctrica como térmica, se plantea la posibilidad de implementar un sistema de cogeneración que abastezca las necesidades energéticas futuras de estos procesos y que además provea de la energía necesaria para las demás actividades operativas de la planta, usando el mismo tipo de combustible actual, o sea diésel. La selección de este combustible parte de que en la zona no se cuenta con otros combustibles, como gas natural, que podría ser una alternativa en lugares donde se dispone del mismo.

Conociendo la demanda máxima de vapor y el consumo eléctrico en condiciones de máxima operación, es posible calcular la energía que cubra todas las necesidades de la empresa. Encontrado este valor, se puede determinar las características de los equipos de cogeneración con las capacidades que se ajusten a los requerimientos de la planta.

La planta de Cungapite tiene un consumo relativamente pequeño de energía, frente a empresas del mismo sector (debido al tamaño), al trabajar en un método de pasteurización por lotes la demanda energética es intermitente, la calidad del calor necesario en una de las marmitas no es alta y las necesidades de energía eléctrica son altas debidas al equipo pasteurizador eléctrico, por estas razones, un sistema de cogeneración con motor alternativo se presenta como la mejor una opción considerable.

En este apartado no se realiza consideraciones medioambientales ni legales, más bien el estudio pretende dejar sentado una base para su posible aplicación, debiendo solucionarse los problemas que enmarquen la implantación de un sistema de cogeneración basado en la utilización de un motor de combustión interna e intercambiador de calor para producir el vapor aprovechando el calor de los gases de combustión. El análisis se ha realizado basado en un histórico de las demandas máximas de energía de la planta. En caso que la Asociación pretenda incrementar la capacidad instalada de producción, se deberá prever y ajustar los estudios.

El total requerido por la planta para abastecer sus necesidades máximas de energía térmica es de 18,2 kJ/s (cálculos en el anexo 8). Para obtener esta cantidad de energía térmica en el vapor se aprovecha la energía térmica de los gases de escape, por lo que



van a existir pérdidas de calor en el proceso. Por otro lado, la cantidad de calor (energía térmica) en los gases es un porcentaje de la cantidad de energía eléctrica que podría producir el motor diesel acoplado a un generador eléctrico. Tomando en cuenta estos elementos se sugiere el motor Cat C1.7 Industrial Diesel, cuyas características se presentan en la Tabla 16.

Potencial Nominal	
Potencia Mínima	40,2 BHP
Poder máximo	40,2 BHP
Velocidad nominal	2800 rpm
General	
Índice de compresión	18:1
Sistema de combustión	Inyección directa
Capacidad del sistema de refrigeración	2,8 L (2,96 qt)
Desplazamiento	1,7 L (103,7 <sup>3</sup> )
Aspiración	Turbocharged (T)
Norma de emisión	
Emisiones	U.S. EPA Tier 4 Final, Japan 2014 (Tier 4 Final)
Dimensiones del motor	
Longitud	640 mm (25,2 pulgadas)
Anchura	545 mm (21,4 pulgadas)
Altura	736 mm (28,9 pulgadas)
Peso Neto	190 kg (419 lbs)

Tabla 16. Características motor CAT C1.7

Fuente: cat.com

En base a una Tabla referencial, se puede estimar el consumo del generador, conociendo su potencia (29,9 kW), a plena carga el consumo de diésel es de 2,9 gal/h (Tabla 17) lo que implica un consumo mensual de 696 galones que representa 721,75 USD/ mes. Comparado con el costo de usar energía eléctrica y térmica por separado en el actual sistema de la planta 942,8 USD/mes, el ahorro representa 221,1 USD/mes (ver anexo 8).



Tamaño del Generador (kW)	1/4 de Carga (lt/hr)	1/2 de Carga (lt/hr)	3/4 de Carga (lt/hr)	Plena Carga (lt/hr)
20	2.3	3.4	4.9	6.1
30	4.9	6.8	9.1	11.0
40	6.1	8.7	12.1	15.1
60	6.8	11.0	14.4	18.2

**Tabla 17. Consumo de Combustible**

Fuente: (Generation, 2016)

Futuros cálculos económicos a nivel de prefactibilidad y/o factibilidad deben considerar costos reales del motor diesel, el generador eléctrico y el intercambiador de calor para producir vapor. El objetivo de esta sección ha sido únicamente proponer una opción para mejorar los indicadores energéticos de la planta a futuro y, sobre todo, mostrar que, dentro de estas opciones, la cogeneración se perfila como un elemento importante, no solo a nivel de industrias de leche, sino de otras involucradas en la producción de otros tipos de alimentos y bienes.



## 6 Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones

### 6.1 Conclusiones

1. Uno de los elementos críticos identificados en la planta de Cungapite es la falta de información (registros) relacionada con los consumos energéticos, lo que ha llevado a sugerir, como primer elemento, la adopción de hojas de control y de registro de producto terminado, consumo de combustible y consumo de energía eléctrica.
2. Se ha identificado que la planta de Cungapite, presenta varios elementos que deben ser revisados y corregidos para mejorar la eficiencia energética. El primero es la falta de aislamiento térmico en el sistema de transporte de vapor, así también la falta de tratamiento de agua para caldera pudiendo hacer que se genere escoria al interior y reduciendo la eficiencia de la caldera y la falta de un programa de mantenimiento en los equipos productores de frío, un mal funcionamiento puede traducirse en ineficiencia energética.
3. El desconocimiento de elementos técnicos ha sido un factor predominante para que la administración descuide importantes oportunidades de mejora y reducción de costos relacionados a los consumos energéticos. La percepción actual de la administración, sin fundamento técnico, es que el consumo eléctrico es alto, llegando al punto de paralizar equipos importantes dentro del proceso, como las cubas de recepción encargadas de mantener la cadena de frío de la leche.

### 6.2 Recomendaciones

1. Realizar una protección con fibra de vidrio en las tuberías que permiten transportar el vapor hacia el pasteurizador para reducir la pérdida de calor.
2. Un crecimiento significativo en los litros procesados de la planta requerirá de nuevos equipos de pasteurización. Será necesario la evaluación de un sistema continuo que permita gestionar los requerimientos de proceso y a la vez reducir la pérdida de calor que normalmente se generan en los sistemas por lotes.
3. Estudiar la manera de recuperar el calor residual como la recuperación de calor procedente de la caldera.



4. Si el pago de penalizaciones por bajo factor de potencia es considerable, se recomienda realizar un estudio de compensación de energía reactiva a través de un banco de capacitores, inversión que debe justificarse con el ahorro en penalizaciones.
5. Realizar un estudio detallado de cogeneración, tomado como base el análisis propuesto en este trabajo, enmarcándolo en las regulaciones medioambientales.



## 7 Bibliografía

- Aranda Usón, F., Barrio Moreno, F., Zabalza Bribián, I., & Diaz de Garaio, S. (2010). *Eficiencia Energética Técnicas para la Elaboración de Auditorías Energéticas en el Sector Industrial*. Zaragoza: Servicio de Publicaciones. Universidad de Zaragoza.
- ARCONEL. (2015). *Tarifario para Empresas Eléctricas*.
- C2ES. (s.f.). *COGENERATION / COMBINED HEAT AND POWER (CHP)*. Obtenido de <https://www.c2es.org/technology/factsheet/CogenerationCHP>
- Caminos. (2012). *Mejora de la Eficiencia Energética en una Industria Láctea*.
- Carpio, C., & Coviello, M. (2013). *Eficiencia Energética en América Latina y el Caribe: Avances y Desafíos del Último Quinquenio*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Centro de la Industria Láctea del Ecuador. (2015). *La Leche del Ecuador Historia de la Lechería Ecuatoriana*. Quito: Efecto Studio.
- Cobo, J. P. (2011). La industria lechera en Ecuador: un modelo de desarrollo. *Retos*, 65-70.
- Cofre, A. M. (2011). *U-Cursos*. Obtenido de [https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2011/2/EL5203/1/material\\_docente/](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2011/2/EL5203/1/material_docente/)
- Constituyente, A. (2008). *Constitución 2008 Dejemos el pasado atrás*.
- Donate, A. H. (2003). *Principios de electricidad y electrónica*. España: Publicaciones Digitales, S.A.
- El Mercurio. (2014). En Biblián regalaron 8.000 litros de leche como protesta. *El Mercurio*.
- El Telégrafo. (2 de 4 de 2016). *eltelegrafo.com.ec*. Recuperado el 8 de 7 de 2016, de <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/5-4-millones-de-litros-de-leche-se-producen-al-dia>
- Energía, M. d. (2007). *Programa de ahorro de Energía del Ministerio de energía*.





- García, M. (2015). *Estudio de fortalecimiento de la cadena de leche Cañar - Biblián. Azogues: GAD PC. Azogues.*
- Generation, D. D. (2016). *Renta-deplantasdeluz*. Obtenido de <http://www.renta-deplantasdeluz.com/Tabla-de-Consumo-de-Combustible.html>
- GIZ. (2016). *Cogeneration & Trigeneration - How to produce Energy Efficiently*.
- Gonzalo, J. L. (2010). Conceptos de ahorro y eficiencia energética: evolución y oportunidades. *Anales de Mecánica y Electricidad*, 8.
- Guanipa, G. (2010). *Sistemas de Refrigeración*.
- Guanipa, G. (2010). *Sistemas de Refrigeración*.
- Hyman, & Meckel. (2010).
- Hyman, L. B., & Meckel, M. (2010). *Sustainable On-Site Systems*. New York: McGraw Hill.; Meckler, M., y Hyan, L.B., Ed.
- IDAE. (2007). *Guía técnica sobre procedimiento de inspección periódica de eficiencia energética para calderas*. Madrid.
- Industria, E. (2005). *emb.cl*. Obtenido de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=265&tip=7>
- INEN. (2012). *Norma Técnica Ecuatoriana. Leche Pasteurizada, requisitos*. Quito: INEN.
- Mideros, A. (2015). Economía Solidaria. Crecer (re)distribuyendo para erradicar la pobreza. *Chakana*, 16.
- Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competitividad. (2011). *Agenda para la transformación productiva territorial*. Quito.
- National Dairy Council of Canada. (1997). *Guide to energy Efficiency Opportunities in the Dairy Processing Industry*. Ontario.
- ORLN. (2008). *Combined Heat & Power: Effective Energy Solutions for a Sustainable Future*.



- Peña Jaramillo, J., & Carrillo, R. G. (2013). *Eficiencia Energética Eléctrica para la Industria de Alimentos*. Cuenca.
- Petrobras. (2010). *Petrobras*. Obtenido de [www.petrobras.com/lumis/portal/file/fileDownload.jsp](http://www.petrobras.com/lumis/portal/file/fileDownload.jsp)
- PulsoEcuador. (2005). *Quesos en el Ecuador*. Scribd.
- QUESOSES. (2014). *quesos.ec*. Recuperado el 10 de 07 de 2016, de <http://quesos.es/historia-del-queso/produccion-y-consumo-en-el-mundo>
- RAC/CP. (2002). *Prevención de la Polución in la industria lechera*. Paris.
- Revista Líderes. (16 de 2 de 2015). *revistalideres.ec*. Recuperado el 8 de 7 de 2016
- Revista Líderes. (s.f.). *revistalideres.ec*. Obtenido de <http://www.revistalideres.ec/lideres/salinerito-ejemplo-economia-solidaria.html>
- Reyes, J. A. (2014). La Economía Popular y Solidaria. Una Respuesta a las Políticas Neoliberales. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*.
- Sanchez, E. B. (2003). Modelo de Auditoria Energética en el sector Industrial.
- Sánchez, J. (febrero de 2009). *termoaplicadaunefm.wordpress.com*. Obtenido de <https://termoaplicadaunefm.files.wordpress.com/2009/02/tema-2-ciclos-de-refrigeracion1.pdf>
- Sears, F. W., & Salinger, G. L. (2002). *Termodinámica, teoría cinética y termodinámica estadística*. Reverté S.A.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (Senplades). (2015). Economía solidaria: crecer (re) distribuyendo para erradicar la pobreza. *Chakana*, 16.
- SEMPLADES. (2012). *Transformación de la Matriz Productiva*. Quito: ediecuadorial.
- Sernández, C. (2014). *SKV Solo Kilovatios Verdes*. Recuperado el 2 de febrero de 2016, de <http://blog.gesternova.com/energia-reactiva-en-la-factura-de-la-luz-de-tu-empresa-algunos-consejos-y-como-calcularla/>



- TECNİK. (2017). *Tecnik Calentamiento Industrial y Comercial*. Obtenido de <http://tecnik.com.co/Espanol/Downloads/Hoja%20Caldera.pdf>
- Telégrafo, E. (2014). La producción lechera en Ecuador genera \$ 1.600 millones en ventas anuales. *El Telégrafo*.
- U. Atlántico; U. Autónoma de Occidente. (2006). [www.si3ea.gov.co](http://www.si3ea.gov.co). Obtenido de [www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/factor.pdf](http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/factor.pdf)
- UNEP. (2000). *Cleaner production assessment in dairy processing*. United Nations Publications.
- Vásquez, G. P. (Agosto de 2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Honorato Vásquez. *Diagnóstico Parroquial*. Honorato Vásquez, Cañar, Ecuador.



**Anexo 1 Ciclo de producción de la pasteurización con vapor**

Ciclo	Tiempo min.	Horas							
		8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
<b>N.- Lote 1 600 lt</b>									
1 Transporte	5								
2 Pasteurizado(a 65°C 30min, a 30°C)	60								
3 Trabase por gravedad	5								
4 Cuajado (adición cuajo)	30								
5 Corte (Liberación suero)	15								
6 Transporte	5								
7 Moldeado (Cuágulo a moldes)	55								
8 Transporte	5								
9 Salado (A cubas de salado)	30								
10 Almacenado en frío	1200								
11 Empacado	30								
12 Etiquetado	20								
13 Almacenado	10								
<b>N.- Lote 2 600 lt</b>									
1 Transporte	5								
2 Pasteurizado(a 65°C 30min, a 30°C)	60								
3 Transporte	5								
4 Cuajado (adiciones cloruro, cuajo)	30								
5 Corte (Liberación suero)	15								
6 Transporte	5								
7 Moldeado (Cuágulo a moldes)	55								
8 Transporte	5								
9 Salado (A cubas de salado)	30								
10 Almacenado en frío	1200								
11 Empacado	30								
12 Etiquetado	20								
13 Almacenado	10								
<b>N.- Lote 3 600 lt</b>									
1 Transporte	5								
2 Pasteurizado(a 65°C 30min, a 30°C)	60								
3 Transporte	5								
4 Cuajado (adiciones cloruro, cuajo)	30								
5 Corte (Liberación suero)	15								
6 Transporte	5								
7 Moldeado (Cuágulo a moldes)	55								
8 Transporte	5								
9 Salado (A cubas de salado)	30								
10 Almacenado en frío	1200								
11 Empacado	30								
12 Etiquetado	20								
13 Almacenado	10								
<b>N.- Lote 4 600 lt</b>									
1 Transporte	5								
2 Pasteurizado(a 65°C 30min, a 30°C)	60								
3 Transporte	5								
4 Cuajado (adiciones cloruro, cuajo)	30								
5 Corte (Liberación suero)	15								
6 Transporte	5								
7 Moldeado (Cuágulo a moldes)	55								
8 Transporte	5								
9 Salado (A cubas de salado)	30								
10 Almacenado en frío	1200								
11 Empacado	30								
12 Etiquetado	20								
13 Almacenado	10								



**Anexo 2 Ciclo de producción de la pasteurización con equipo eléctrico.**

Ciclo	Tiempo min.	Horas								
		8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	
<b>N.- Lote 1 700 lt</b>										
1	Transporte	5								
2	Pasteurizado(a 65°C 30min, a 30°C)	75								
3	Trasbase por gravedad	5								
4	Cuajado (adición cuajo)	30								
5	Corte ( Liberación suero)	15								
6	Transporte	5								
7	Moldeado (Cuágulo a moldes)	55								
8	Transporte	5								
9	Salado (Acubas de salado)	30								
10	Almacenado en frío	1200								
11	Empacado	30								
12	Etiquetado	20								
13	Almacenado	10								
<b>N.- Lote 2 700 lt</b>										
1	Transporte	5								
2	Pasteurizado(a 65°C 30min, a 30°C)	75								
3	Transporte	5								
4	Cuajado (adiciones cloruro, cuajo)	30								
5	Corte ( Liberación suero)	15								
6	Transporte	5								
7	Moldeado (Cuágulo a moldes)	55								
8	Transporte	5								
9	Salado (Acubas de salado)	30								
10	Almacenado en frío	1200								
11	Empacado	30								
12	Etiquetado	20								
13	Almacenado	10								
<b>N.- Lote 3 700 lt</b>										
1	Transporte	5								
2	Pasteurizado(a 65°C 30min, a 30°C)	75								
3	Transporte	5								
4	Cuajado (adiciones cloruro, cuajo)	30								
5	Corte ( Liberación suero)	15								
6	Transporte	5								
7	Moldeado (Cuágulo a moldes)	55								
8	Transporte	5								
9	Salado (Acubas de salado)	30								
10	Almacenado en frío	1200								
11	Empacado	30								
12	Etiquetado	20								
13	Almacenado	10								



### Anexo 3 Potencia instalada

<b>Maquinaria – Equipos</b>	<b>Cant.</b>	<b>Pot.</b>	<b>Total</b>	<b>Unid.</b>
<b>Recepción</b>				
Unidad Condensadora con fluido refrigerante R-404A – tanque isoterma DeLaval	1	9,64	9,64	kW
Unidad Condensadora con fluido refrigerante R-404A – para tanque isoterma Packo	1	7,52	7,52	kW
Bomba de trasvase	1	1,5	1,5	kW
<b>Laboratorio</b>				
Analizador de calidad de leche Ekomilk Bond Plus	1	0,05	0,05	kW
Contador de células somáticas Ekomilkscan	1	0,03	0,03	kW
<b>Producción</b>				
Minidairy ME – 1000	1	24	24	kW
Bomba de trasvase	1	1,5	1,5	kW
Motor Monofásico	2	0,37	0,74	kW
<b>Acabado final</b>				
Empacadora al vacío industrial	1	1,07	1,07	kW
Sistema de filtración y limpieza de agua	1	1,95	1,95	kW
<b>Almacenamiento</b>				
Cuarto frío	1	3,6	3,6	kW
Desalinizador	1	2,98	2,98	kW
<b>Potencia Instalada</b>			<b>35,92</b>	<b>kW</b>



## Anexo 4 Unidad de Uso de energía eléctrica

Año 2015							
Fábrica de Lácteos el Campesino Queso Cañarejo							
Litros de leche Procesados							
Mes	1era. Quincena	2da. Quincena	Total	Proc. diario	Kwh	Costo	
Enero	42124	44986	87110	2810,00	1030	221,08	
Febrero	46808	38299	85107	3039,54	2772	434,69	
Marzo	43169	38380	81549	2630,61	2971	375,77	
Abril	41309	43063	84372	2812,40	3045	378,28	
Mayo	47135	45271	92406	2980,84	3124	540,25	
Junio	38376	39098	77474	2582,47	2825	363,03	
Julio	43195	43918	87113	2810,10	3066	382,05	
Agosto	37516	37877	75393	2432,03	3133	382,58	
Septiembre	37032	33942	70974	2365,80	2468	313,42	
Octubre	36393	38878	75271	2428,10	2010	250,9	
Noviembre	33365	28969	62334	2077,80	2005	234,59	
Diciembre	39090	53460	92550	2985,48	2808	312,58	
			<b>TOTAL</b>	<b>971653</b>	<b>2662,93</b>	<b>31257</b>	<b>4189,22</b>
			10% Rendimiento kg	97165,3			
			5% Desperdicio	4858,27			
			Producción neta kg	92307,04			
			Unidades de 500g	<b>184614</b>			<b>0,0227</b>
			Unidad de Uso de Energía eléctrica	0,032	kWh/litro		
			Correlación Person (r)	0,256			
			Correlación (r <sup>2</sup> )	0,066			
			Costo de energía kg	0,0454			
Año 2016							
Fábrica de Lácteos el Campesino Queso Cañarejo							
Litros de leche Procesados							
Mes	1era. Quincena	2da. Quincena	Total	Proc. diario	Kwh	Costo	
Enero	36172	31681	67853	2188,81	2471	316,33	
Febrero	30793	25644	56437	1946,10	2175	279,03	
Marzo	27148	25250	52398	1690,26	1529	219,37	
Abril	27065	26735	53800	1793,33	1418	206,26	
Mayo	26525	26623	53148	1714,45	1297	226,94	
Junio	24156	23328	47484	1582,80	1136	185,15	
Julio	26798	31637	58435	1885,00	1087	191,43	
Agosto	29033	23633	52666	1698,90	1069	179,85	
Septiembre	29797	26938	56735	1891,17	801	134,51	
Octubre	24003	25730	49733	1604,29	763	115,62	
Noviembre	21778	20983	42761	1425,37	920	129,4	
Diciembre	24583	27784	52367	1689,26	1130	149,31	
			<b>TOTAL</b>	<b>643817</b>	<b>1759,14</b>	<b>15796</b>	<b>2333,2</b>
			10% Rendimiento kg	64381,7			
			5% Desperdicio	3219,09			
			Producción neta kg	61162,62			
			Unidades de 500g	<b>122325</b>			<b>0,0191</b>
			Unidad de Uso de Energía eléctrica	0,025			
			Correlación Person (r)	0,672			
			Correlación (r <sup>2</sup> )	0,451			
			Costo de energía kg	0,0381			



### Anexo 5 Unidad de Uso de Energía Térmica

Mes	Litros Procesados	Galones de diésel	Litros de diésel
Enero	67853	148	560,24
Febrero	56437	108	408,82
Marzo	52398	94	355,83
Abril	53800	111	420,18
Mayo	53148	108	408,82
Junio	47484	102	386,11
Julio	58435	115	435,32
Agosto	52666	101	382,33
Septiembre	56735	108	408,82
Octubre	49733	94	355,83
Noviembre	42761	89	336,90
Diciembre	52367	93	352,04
<b>TOTAL</b>	<b>643817</b>		<b>4811,26</b>

Unidades de Uso de Energía	
Térmica	0,29
Correlación Pearson (r)	0,89
Correlación (r <sup>2</sup> )	0,799







	2013				2014				2015				2016			
	USD	Activa	Reactiva	FP	USD	Activa	Reactiva	FP	USD	Activa	Reactiva	FP	USD	Activa	Reactiva	FP
<b>Enero</b>	26,22				345,93	4088	445	0,9941	221,08	1030	497	0,9006	316,33	2471	674	0,9648
<b>Febrero</b>	54,92	445	73	0,9868	345,71	4088	445	0,9941	434,69	2772	501	0,9841	279,03	2175	518	0,9728
<b>Marzo</b>	130,74	739	142	0,982	340,65	4088	445	0,9941	375,77	2971	545	0,9836	219,37	1529	445	0,9602
<b>Abril</b>	413,97	4351	549	0,9921	340,72	4088	445	0,9941	378,28	3045	561	0,9834	206,26	1418	486	0,946
<b>Mayo</b>	453,68	4094	546	0,9912	422,4	4088	445	0,9941	540,25	3124	563	0,9841	226,94	1297	487	0,9362
<b>Junio</b>	467,25	4480	553	0,9925	816,84	8690	1002	0,9934	363,06	2825	473	0,9863	185,15	1136	381	0,9481
<b>Julio</b>	355,1	4345	561	0,9918	619,09	5837	572	0,9952	382,05	3066	520	0,9859	191,43	1087	447	0,9249
<b>Agosto</b>	354,84	4341	561	0,9918	585,87	5516	576	0,9946	382,58	3133	603	0,982	179,85	1069	460	0,9186
<b>Septiembre</b>	376,96	4735	318	0,9978	923,15	5455	518	0,9955	313,42	2468	498	0,9802	134,51	801	359	0,9125
<b>Octubre</b>	376,71	4731	317	0,9978	673,39	6247	504	0,9968	250,9	2010	446	0,9763	115,62	763	328	0,9187
<b>Noviembre</b>	245,16	2380	551	0,9742	597,91	5035	406	0,9968	234,59	2005	378	0,9827	129,4	920	355	0,933
<b>Diciembre</b>	398,67	4092	446	0,9941	229,5	1119	350	0,9544	312,58	2808	480	0,9857	149,31	1130	410	0,94
	3654,22	3521,182	419,7		6241,16	4861,6	512,75		4189,25	2604,75	505,42		2333,2	1316,333	445,8	



## Anexo 7 CÓDIGO FUNTE, SOFTWARE ENERGIA CUNGAPITE

### VENTANA PRINCIPAL

```

Public Class Principal
    Private Sub VentanaPrincipal_Load(sender As Object, e As EventArgs)
Handles MyBase.Load
        System.Threading.Thread.CurrentThread.CurrentCulture = New
System.Globalization.CultureInfo("es-CO")

System.Threading.Thread.CurrentThread.CurrentCulture.DateTimeFormat.ShortDateP
attern = "yyyy/MM/dd"

System.Threading.Thread.CurrentThread.CurrentCulture.NumberFormat.CurrencyDeci
malSeparator = "."

System.Threading.Thread.CurrentThread.CurrentCulture.NumberFormat.CurrencyGrou
pSeparator = ","

System.Threading.Thread.CurrentThread.CurrentCulture.NumberFormat.NumberDecima
lSeparator = "."

System.Threading.Thread.CurrentThread.CurrentCulture.NumberFormat.NumberGroupS
eparator = ","
    End Sub
    Private Sub Termica_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Termica.Click
        STermica.ShowDialog()
    End Sub

    Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button1.Click
        SElectrica.ShowDialog()
    End Sub

    Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button2.Click
        Produccion.ShowDialog()
    End Sub

    Private Sub Label4_MouseClick(sender As Object, e As MouseEventArgs)
Handles Label4.MouseClick
        Mas.ShowDialog()
    End Sub
End Class

```

### VENTANA TÉRMICA

```

Public Class STermica
    Private Sub Calcular()

        Dim vall As Double = 0 '

        Decimal.TryParse(GalonesTextBox.Text, vall)

        CostoTextBox.Text = CDec(Convert.ToString(vall * 1.037).ToString)

    End Sub
    Private Sub Calcular2()

        Dim vall As Double = 0 '

```



```

        Decimal.TryParse(GalonesTextBox.Text, val1)

        TextBox1.Text = Math.Round(CDec(Convert.ToString(((val1 * 3.78541) *
38.7) * 0.277778).ToString), 2) ' Cantidad de energía que provee cada galón de
diesel

    End Sub

    Private Sub STermica_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles
MyBase.Load

        Try
            Me.TermicaTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Termica)
            Me.Chart1.ResetAutoValues()

        Catch ex As Exception
            MsgBox(ex.ToString)
        End Try

    End Sub

    Private Sub TIngresar_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
TIngresar.Click
        Try
            Me.TermicaBindingSource.RemoveFilter()
            TermicaTableAdapter.InsertarTermica(IdTextBox.Text,
FechaDateTimePicker.Value.Date, GalonesTextBox.Text, CostoTextBox.Text,
TextBox1.Text)
            Me.TermicaTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Termica)
            IdTextBox.Clear()
            GalonesTextBox.Clear()
            CostoTextBox.Clear()
            IdTextBox.Focus()
        Catch ex As Exception

            If ex.ToString.Contains("duplicate key") Then
                MsgBox("ALTO!!! La factura N." & " " & IdTextBox.Text & " que
intenta ingresar ya existe en la base de datos.", MsgBoxStyle.Exclamation,
Title:="Cungapite")
                IdTextBox.Clear()
                GalonesTextBox.Clear()
                CostoTextBox.Clear()
                IdTextBox.Focus()
            Else
                MsgBox(ex.ToString)
            End If
        End Try

    End Sub

    Private Sub IdTextBox_KeyPress(sender As Object, e As KeyEventArgs)
Handles IdTextBox.KeyPress

        If Char.IsNumber(e.KeyChar) Then
            e.Handled = False
        ElseIf Char.IsControl(e.KeyChar) Then
            e.Handled = False
        Else
            e.Handled = True
            MsgBox("ALTO!!! Este campo esta reservado exclusivamente para
valores numéricos, no se permiten letras, símbolos o espacios en blanco.",
MsgBoxStyle.Exclamation, Title:="Cungapite")
        End If

        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            GalonesTextBox.Focus()
        End If
    End Sub

```



```

        End If
    End Sub

    Private Sub GalonesTextBox_KeyPress(sender As Object, e As
KeyPressEventArgs) Handles GalonesTextBox.KeyPress
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            CostoTextBox.Focus()
        End If
    End Sub

    Private Sub CostoTextBox_KeyPress(sender As Object, e As
KeyPressEventArgs) Handles CostoTextBox.KeyPress
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            TIngresar.Focus()
        End If
    End Sub

    Private Sub TermicaDataGridView_CellClick(sender As Object, e As
DataGridViewCellEventArgs) Handles TermicaDataGridView.CellClick
        IdTextBox.Text = TermicaDataGridView.CurrentRow.Cells(0).Value
    End Sub

    Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button1.Click
        Try
            TermicaTableAdapter.BorrarTermica(IdTextBox.Text)
            Me.TermicaTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Termica)
            IdTextBox.Clear()
            IdTextBox.Focus()
        Catch ex As Exception
            MsgBox(ex.ToString)
        End Try
    End Sub

    Private Sub Filtro_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Filtro.Click
        Try
            Dim fecha1 As DateTime = DateTimePicker1.Text
            Dim fecha2 As DateTime = DateTimePicker2.Text

            Me.TermicaBindingSource.Filter = "Fecha >= '" & fecha1 & "' and
Fecha <= '" & fecha2 & "'" ' filtra según fechas
            Me.TermicaTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Termica)
        Catch ex As Exception
            MsgBox(ex.ToString)
        End Try
    End Sub

    Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button2.Click
        Try
            Me.Chart1.Series("Galones").Points.Clear()

            Dim i As Integer = 0
            For Each row As DataGridViewRow In Me.TermicaDataGridView.Rows
                If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 1
Then
                    Me.Chart1.Series("Galones").Points.AddXY("Enero",
row.Cells(1).Value)

                End If
                If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 2
Then
                    Me.Chart1.Series("Galones").Points.AddXY("Febreero",
row.Cells(1).Value)
                End If
            End For
        End Try
    End Sub

```



```

        If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 3
Then
            Me.Chart1.Series("Galones").Points.AddXY("Marzo",
row.Cells(1).Value)
        End If
        If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 4
Then
            Me.Chart1.Series("Galones").Points.AddXY("Abril",
row.Cells(1).Value)
        End If
        If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 5
Then
            Me.Chart1.Series("Galones").Points.AddXY("Mayo",
row.Cells(1).Value)
        End If
        If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 6
Then
            Me.Chart1.Series("Galones").Points.AddXY("Junio",
row.Cells(1).Value)
        End If
        If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 7
Then
            Me.Chart1.Series("Galones").Points.AddXY("Julio",
row.Cells(1).Value)
        End If
        If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 8
Then
            Me.Chart1.Series("Galones").Points.AddXY("Agosto",
row.Cells(1).Value)
        End If
        If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 9
Then
            Me.Chart1.Series("Galones").Points.AddXY("Septiembre",
row.Cells(1).Value)
        End If
        If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 10
Then
            Me.Chart1.Series("Galones").Points.AddXY("Octubre",
row.Cells(1).Value)
        End If
        If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 11
Then
            Me.Chart1.Series("Galones").Points.AddXY("Noviembre",
row.Cells(1).Value)
        End If
        If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 12
Then
            Me.Chart1.Series("Galones").Points.AddXY("Diciembre",
row.Cells(1).Value)
        End If
        i = i + 1
    Next
Catch ex As Exception
    MsgBox(ex.ToString)
End Try

End Sub

Private Sub GalonesTextBox_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles GalonesTextBox.TextChanged
    Calcular()
    Calcular2()
End Sub
End Class

```



## VENTANA “ELÉCTRICA”

```

Public Class SElectrica
    Private Sub SElectrica_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles
MyBase.Load
        Me.ElectricaTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Electrica)
        Me.Chart1.ResetAutoValues()
    End Sub
    Private Sub Calcular()

        Dim val1 As Double = 0 '
        Dim val2 As Double = 0 '
        Dim val3 As Double = 0 '
        Dim val4 As Double = 0 '

        Decimal.TryParse(ActivaATextBox.Text, val1)
        Decimal.TryParse(ActivaBTextBox.Text, val2)
        Decimal.TryParse(ActivaCTextBox.Text, val3)
        Decimal.TryParse(ActivaDTextBox.Text, val4)

        TotalActivaTextBox.Text = CDec(Convert.ToString(val1 + val2 + val3 +
val4).ToString)

    End Sub
    Private Sub Calcular2()

        Dim val5 As Double = 0 '
        Dim val6 As Double = 0 '

        Decimal.TryParse(TotalActivaTextBox.Text, val5)
        Decimal.TryParse(ReactivaTextBox.Text, val6)

        FactorPotenciaTextBox.Text = Convert.ToString(FormatNumber(val5 /
Math.Sqrt((val5 * val5) + (val6 * val6)), 4).ToString)

    End Sub
    Private Sub ActivaATextBox_KeyPress(sender As Object, e As
KeyPressEventArgs) Handles ActivaATextBox.KeyPress
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            ActivaBTextBox.Focus()
        End If
    End Sub
    Private Sub ActivaBTextBox_KeyPress(sender As Object, e As
KeyPressEventArgs) Handles ActivaBTextBox.KeyPress
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            ActivaCTextBox.Focus()
        End If
    End Sub
    Private Sub ActivaCTextBox_KeyPress(sender As Object, e As
KeyPressEventArgs) Handles ActivaCTextBox.KeyPress
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            ActivaDTextBox.Focus()
        End If
    End Sub
    Private Sub ActivaDTextBox_KeyPress(sender As Object, e As
KeyPressEventArgs) Handles ActivaDTextBox.KeyPress
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            ReactivaTextBox.Focus()
        End If
    End Sub
    Private Sub ReactivaTextBox_KeyPress(sender As Object, e As
KeyPressEventArgs) Handles ReactivaTextBox.KeyPress
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then

```



```

        CostoTextBox.Focus()
    End If
End Sub
Private Sub IdTextBox_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles IdTextBox.KeyPress
    'Control para validar solo números en el textbox
    If Char.IsNumber(e.KeyChar) Then
        e.Handled = False
    ElseIf Char.IsControl(e.KeyChar) Then 'habilita las teclas de control
        e.Handled = False
    Else
        e.Handled = True ' Evita que se ingresen letras
        MsgBox("ALTO!!! Este campo esta reservado exclusivamente para
valores numéricos, no se permiten letras, símbolos o espacios en blanco.",
MsgBoxStyle.Exclamation, Title:="Cungapite")
    End If

    If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
        ActivaATextBox.Focus()
    End If
End Sub
Private Sub ActivaATextBox_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles ActivaATextBox.TextChanged
    Calcular()
End Sub
Private Sub ActivaBTextBox_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles ActivaBTextBox.TextChanged
    Calcular()
End Sub
Private Sub ActivaCTextBox_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles ActivaCTextBox.TextChanged
    Calcular()
End Sub
Private Sub ActivaDTextBox_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles ActivaDTextBox.TextChanged
    Calcular()
End Sub
Private Sub ReactivaTextBox_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles ReactivaTextBox.TextChanged
    Calcular2()
End Sub
Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button1.Click
    Try
        ElectricaTableAdapter.InsertarElectrica(IdTextBox.Text,
ActivaATextBox.Text, ActivaBTextBox.Text, ActivaCTextBox.Text,
ActivaDTextBox.Text, ReactivaTextBox.Text, FactorPotenciaTextBox.Text,
CostoTextBox.Text, FechaDateTimePicker.Value.Date, TotalActivaTextBox.Text)
        Me.ElectricaTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Electrica)
        IdTextBox.Clear()
        ActivaATextBox.Clear()
        ActivaBTextBox.Clear()
        ActivaCTextBox.Clear()
        ActivaDTextBox.Clear()
        ReactivaTextBox.Clear()
        TotalActivaTextBox.Clear()
        CostoTextBox.Clear()
        FactorPotenciaTextBox.Clear()

        IdTextBox.Focus()

    Catch ex As Exception
        If ex.ToString.Contains("duplicate key") Then
            MsgBox("ALTO!!! La factura N." & " " & IdTextBox.Text & " que
intenta ingresar ya existe en la base de datos.", MsgBoxStyle.Exclamation,
Title:="Cungapite")
        End If
    End Try
End Sub

```





```

        IdTextBox.Clear()
        ActivaATextBox.Clear()
        ActivaBTextBox.Clear()
        ActivaCTextBox.Clear()
        ActivaDTextBox.Clear()
        ReactivaTextBox.Clear()
        TotalActivaTextBox.Clear()
        CostoTextBox.Clear()
        FactorPotenciaTextBox.Clear()

        IdTextBox.Focus()
    Else
        MsgBox(ex.ToString)
    End If
End Try

End Sub
Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button2.Click
    Try
        Dim fecha1 As DateTime = DateTimePicker1.Text
        Dim fecha2 As DateTime = DateTimePicker2.Text

        Me.ElectricaBindingSource.Filter = "Fecha >= '" & fecha1 & "' and
Fecha <= '" & fecha2 & "'" ' filtra según fechas
        Me.ElectricaTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Electrica)
    Catch ex As Exception
        MsgBox(ex.ToString)
    End Try
End Sub
Private Sub Button3_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button3.Click

'-----GRAFICA EL FACTOR DE POTENCIA-----
Me.Chart1.Series("EActiva").Points.Clear()
Me.Chart1.Series("FP").Points.Clear()
Me.Chart1.Series("FP Límite").Points.Clear()
Me.Chart1.Series("ERreactiva").Points.Clear()

Dim i As Integer = 0
For Each row As DataGridViewRow In Me.ElectricaDataGridView1.Rows
    If Month(Me.ElectricaDataGridView1.Rows(i).Cells(9).Value) = 1
Then
        Me.Chart1.Series("FP").Points.AddXY("Enero",
row.Cells(7).Value)
        Me.Chart1.Series("EActiva").Points.AddXY("Enero",
row.Cells(5).Value)
        Me.Chart1.Series("ERreactiva").Points.AddXY("Enero",
row.Cells(6).Value)
        Me.Chart1.Series("FP Límite").Points.AddXY("Enero", 0.92)
    End If
    If Month(Me.ElectricaDataGridView1.Rows(i).Cells(9).Value) = 2
Then
        Me.Chart1.Series("FP").Points.AddXY("Febreo",
row.Cells(7).Value)
        Me.Chart1.Series("EActiva").Points.AddXY("Febreo",
row.Cells(5).Value)
        Me.Chart1.Series("ERreactiva").Points.AddXY("Febreo",
row.Cells(6).Value)
        Me.Chart1.Series("FP Límite").Points.AddXY("Febreo", 0.92)
    End If
    If Month(Me.ElectricaDataGridView1.Rows(i).Cells(9).Value) = 3
Then
        Me.Chart1.Series("FP").Points.AddXY("Marzo",
row.Cells(7).Value)

```



```

        Me.Chart1.Series("EActiva").Points.AddXY("Marzo",
row.Cells(5).Value)
        Me.Chart1.Series("ERactiva").Points.AddXY("Marzo",
row.Cells(6).Value)
        Me.Chart1.Series("FP Límite").Points.AddXY("Marzo", 0.92)
    End If
    If Month(Me.ElectricaDataGridView1.Rows(i).Cells(9).Value) = 4
Then
        Me.Chart1.Series("FP").Points.AddXY("Abril",
row.Cells(7).Value)
        Me.Chart1.Series("EActiva").Points.AddXY("Abril",
row.Cells(5).Value)
        Me.Chart1.Series("ERactiva").Points.AddXY("Abril",
row.Cells(6).Value)
        Me.Chart1.Series("FP Límite").Points.AddXY("Abril", 0.92)
    End If
    If Month(Me.ElectricaDataGridView1.Rows(i).Cells(9).Value) = 5
Then
        Me.Chart1.Series("FP").Points.AddXY("Mayo",
row.Cells(7).Value)
        Me.Chart1.Series("EActiva").Points.AddXY("Mayo",
row.Cells(5).Value)
        Me.Chart1.Series("ERactiva").Points.AddXY("Mayo",
row.Cells(6).Value)
        Me.Chart1.Series("FP Límite").Points.AddXY("Mayo", 0.92)
    End If
    If Month(Me.ElectricaDataGridView1.Rows(i).Cells(9).Value) = 6
Then
        Me.Chart1.Series("FP").Points.AddXY("Junio",
row.Cells(7).Value)
        Me.Chart1.Series("EActiva").Points.AddXY("Junio",
row.Cells(5).Value)
        Me.Chart1.Series("ERactiva").Points.AddXY("Junio",
row.Cells(6).Value)
        Me.Chart1.Series("FP Límite").Points.AddXY("Junio", 0.92)
    End If
    If Month(Me.ElectricaDataGridView1.Rows(i).Cells(9).Value) = 7
Then
        Me.Chart1.Series("FP").Points.AddXY("Julio",
row.Cells(7).Value)
        Me.Chart1.Series("EActiva").Points.AddXY("Julio",
row.Cells(5).Value)
        Me.Chart1.Series("ERactiva").Points.AddXY("Julio",
row.Cells(6).Value)
        Me.Chart1.Series("FP Límite").Points.AddXY("Julio", 0.92)
    End If
    If Month(Me.ElectricaDataGridView1.Rows(i).Cells(9).Value) = 8
Then
        Me.Chart1.Series("FP").Points.AddXY("Agosto",
row.Cells(7).Value)
        Me.Chart1.Series("EActiva").Points.AddXY("Agosto",
row.Cells(5).Value)
        Me.Chart1.Series("ERactiva").Points.AddXY("Agosto",
row.Cells(6).Value)
        Me.Chart1.Series("FP Límite").Points.AddXY("Agosto", 0.92)
    End If
    If Month(Me.ElectricaDataGridView1.Rows(i).Cells(9).Value) = 9
Then
        Me.Chart1.Series("FP").Points.AddXY("Septiembre",
row.Cells(7).Value)
        Me.Chart1.Series("EActiva").Points.AddXY("Septiembre",
row.Cells(5).Value)
        Me.Chart1.Series("ERactiva").Points.AddXY("Septiembre",
row.Cells(6).Value)
        Me.Chart1.Series("FP Límite").Points.AddXY("Septiembre", 0.92)
    End If

```



```

        If Month(Me.ElectricaDataGridView1.Rows(i).Cells(9).Value) = 10
Then
            Me.Chart1.Series("FP").Points.AddXY("Octubre",
row.Cells(7).Value)
            Me.Chart1.Series("EActiva").Points.AddXY("Octubre",
row.Cells(5).Value)
            Me.Chart1.Series("ERactiva").Points.AddXY("Octubre",
row.Cells(6).Value)
            Me.Chart1.Series("FP Límite").Points.AddXY("Octubre", 0.92)
        End If
        If Month(Me.ElectricaDataGridView1.Rows(i).Cells(9).Value) = 11
Then
            Me.Chart1.Series("FP").Points.AddXY("Noviembre",
row.Cells(7).Value)
            Me.Chart1.Series("EActiva").Points.AddXY("Noviembre",
row.Cells(5).Value)
            Me.Chart1.Series("ERactiva").Points.AddXY("Noviembre",
row.Cells(6).Value)
            Me.Chart1.Series("FP Límite").Points.AddXY("Noviembre", 0.92)
        End If
        If Month(Me.ElectricaDataGridView1.Rows(i).Cells(9).Value) = 12
Then
            Me.Chart1.Series("FP").Points.AddXY("Diciembre",
row.Cells(7).Value)
            Me.Chart1.Series("EActiva").Points.AddXY("Diciembre",
row.Cells(5).Value)
            Me.Chart1.Series("ERactiva").Points.AddXY("Diciembre",
row.Cells(6).Value)
            Me.Chart1.Series("FP Límite").Points.AddXY("Diciembre", 0.92)
        End If
        i = i + 1
    Next

'-----
---

    End Sub
    Private Sub CostoTextBox_KeyPress(sender As Object, e As
KeyPressEventArgs) Handles CostoTextBox.KeyPress
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            Button1.Focus()
        End If
    End Sub
    Private Sub ElectricaDataGridView1_CellClick(sender As Object, e As
DataGridViewCellEventArgs) Handles ElectricaDataGridView1.CellClick
        IdTextBox.Text = ElectricaDataGridView1.CurrentRow.Cells(0).Value
    End Sub
    Private Sub Button4_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button4.Click
        Try
            ElectricaTableAdapter.BorrarElectrica(IdTextBox.Text)
            Me.ElectricaTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Electrica)
            IdTextBox.Clear()
            IdTextBox.Focus()
        Catch ex As Exception
            MsgBox(ex.ToString)
        End Try
    End Sub
End Sub

```

## VENTANA "PRODUCCIÓN"

```

Public Class Produccion
    Private Sub Calcular()

```



```

Dim val1 As Double = 0 '
Dim val2 As Double = 0 '
Dim val3 As Double = 0 '
Dim val4 As Double = 0 '

Decimal.TryParse(Litros_EETextBox.Text, val1)
Decimal.TryParse(Litros_ETTextBox.Text, val2)
Decimal.TryParse(Litros_para_YogurtTextBox.Text, val3)
Decimal.TryParse(Litros_para_ManjarTextBox.Text, val4)

TextBox1.Text = CDec(Convert.ToString(val1 + val2 + val3 +
val4).ToString)

End Sub
Private Sub Calcular2()

Dim val1 As Double = 0 '
Dim val2 As Double = 0 '
Dim val3 As Double = 0 '
Dim val4 As Double = 0 '

Decimal.TryParse(Q250TextBox.Text, val1)
Decimal.TryParse(Q500TextBox.Text, val2)
Decimal.TryParse(Q600TextBox.Text, val3)
Decimal.TryParse(Q1200TextBox.Text, val4)

TextBox2.Text = CDec(Convert.ToString(val1 + val2 + val3 +
val4).ToString)

End Sub
Private Sub Calcular3()

Dim val1 As Double = 0 '
Dim val2 As Double = 0 '
Dim val3 As Double = 0 '
Dim val4 As Double = 0 '

Decimal.TryParse(Y200TextBox.Text, val1)
Decimal.TryParse(Y1000TextBox.Text, val2)
Decimal.TryParse(Y2000TextBox.Text, val3)

TextBox3.Text = CDec(Convert.ToString(val1 + val2 + val3).ToString)

End Sub
Private Sub Calcular4()

Dim val1 As Double = 0 '
Dim val2 As Double = 0 '
Dim val3 As Double = 0 '
Dim val4 As Double = 0 '

Decimal.TryParse(M50TextBox.Text, val1)
Decimal.TryParse(M250TextBox.Text, val2)
Decimal.TryParse(M100TextBox.Text, val3)

TextBox4.Text = CDec(Convert.ToString(val1 + val2 + val3).ToString)

End Sub
Private Sub Produccion_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles
MyBase.Load
Me.ProduccionTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Produccion)
Me.QuesoTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Queso)
Me.YogurtTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Yogurt)
Me.ManjarTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Manjar)

```



```

Litros_EETextBox.Text = 0
Litros_ETTextBox.Text = 0
Litros_para_YogurtTextBox.Text = 0
Litros_para_ManjarTextBox.Text = 0

Q250TextBox.Text = 0
Q500TextBox.Text = 0
Q600TextBox.Text = 0
Q1200TextBox.Text = 0

Y2000TextBox.Text = 0
Y1000TextBox.Text = 0
Y200TextBox.Text = 0

M250TextBox.Text = 0
M100TextBox.Text = 0
M50TextBox.Text = 0
End Sub

Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button1.Click
    Try
        Me.ProduccionTableAdapter.InsertarProduccion(IdTextBox3.Text,
Litros_EETextBox.Text, Litros_ETTextBox.Text, Litros_para_YogurtTextBox.Text,
Litros_para_ManjarTextBox.Text, Now, TextBox1.Text)

        IdTextBox3.Clear()
        Litros_EETextBox.Clear()
        Litros_ETTextBox.Clear()
        Litros_para_YogurtTextBox.Clear()
        Litros_para_ManjarTextBox.Clear()
        TextBox1.Clear()

        Litros_EETextBox.Text = 0
        Litros_ETTextBox.Text = 0
        Litros_para_YogurtTextBox.Text = 0
        Litros_para_ManjarTextBox.Text = 0
        TextBox1.Text = 0

        IdTextBox3.Focus()

    Catch ex As Exception
        MsgBox(ex.ToString)
    End Try
End Sub

Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button2.Click
    Try
        Me.QuesoTableAdapter.InsertarQueso(IdTextBox2.Text,
Q250TextBox.Text, Q500TextBox.Text, Q600TextBox.Text, Q1200TextBox.Text, Now)

        IdTextBox2.Clear()
        Q250TextBox.Clear()
        Q500TextBox.Clear()
        Q600TextBox.Clear()
        Q1200TextBox.Clear()
        TextBox2.Clear()

        Q250TextBox.Text = 0
        Q500TextBox.Text = 0
        Q600TextBox.Text = 0
        Q1200TextBox.Text = 0
        TextBox2.Text = 0

        IdTextBox2.Focus()
    
```



```

        Catch ex As Exception
            MsgBox(ex.ToString)
        End Try
    End Sub

    Private Sub Button3_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button3.Click
        Try
            Me.YogurtTableAdapter.InsertarYogurt(IdTextBox1.Text,
Y2000TextBox.Text, Y1000TextBox.Text, Y200TextBox.Text, Now)

            IdTextBox1.Clear()
            Y2000TextBox.Clear()
            Y1000TextBox.Clear()
            Y200TextBox.Clear()
            TextBox3.Clear()

            Y2000TextBox.Text = 0
            Y1000TextBox.Text = 0
            Y200TextBox.Text = 0
            TextBox3.Text = 0

            IdTextBox1.Focus()

        Catch ex As Exception
            MsgBox(ex.ToString)
        End Try
    End Sub

    Private Sub Button4_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button4.Click
        Try
            Me.ManjarTableAdapter.InsertarManjar(IdTextBox.Text,
M250TextBox.Text, M100TextBox.Text, M50TextBox.Text, Now)

            IdTextBox.Clear()
            M250TextBox.Clear()
            M100TextBox.Clear()
            M50TextBox.Clear()
            TextBox4.Clear()

            M250TextBox.Text = 0
            M100TextBox.Text = 0
            M50TextBox.Text = 0
            TextBox4.Text = 0

            IdTextBox.Focus()

        Catch ex As Exception
            MsgBox(ex.ToString)
        End Try
    End Sub

    Private Sub IdTextBox3_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles IdTextBox3.KeyPress
        'Control para validar solo números en el textbox
        If Char.IsNumber(e.KeyChar) Then
            e.Handled = False
        ElseIf Char.IsControl(e.KeyChar) Then 'habilita las teclas de control
            e.Handled = False
        Else
            e.Handled = True ' Evita que se ingresen letras
            MsgBox("ALTO!!! Este campo esta reservado exclusivamente para
valores numéricos, no se permiten letras, símbolos o espacios en blanco.",
MsgBoxStyle.Exclamation, Title:="Cungapite")
        End If
    End Sub

```



```

    End If

    If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
        Litros_EETextBox.Focus()
    End If
End Sub

Private Sub IdTextBox2_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles IdTextBox2.KeyPress
    'Control para validar solo números en el textbox
    If Char.IsNumber(e.KeyChar) Then
        e.Handled = False
    ElseIf Char.IsControl(e.KeyChar) Then 'habilita las teclas de control
        e.Handled = False
    Else
        e.Handled = True ' Evita que se ingresen letras
        MsgBox("ALTO!!! Este campo esta reservado exclusivamente para
valores numéricos, no se permiten letras, símbolos o espacios en blanco.",
MsgBoxStyle.Exclamation, Title:="Cungapite")
    End If

    If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
        Q250TextBox.Focus()
    End If
End Sub

Private Sub IdTextBox1_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles IdTextBox1.KeyPress
    'Control para validar solo números en el textbox
    If Char.IsNumber(e.KeyChar) Then
        e.Handled = False
    ElseIf Char.IsControl(e.KeyChar) Then 'habilita las teclas de control
        e.Handled = False
    Else
        e.Handled = True ' Evita que se ingresen letras
        MsgBox("ALTO!!! Este campo esta reservado exclusivamente para
valores numéricos, no se permiten letras, símbolos o espacios en blanco.",
MsgBoxStyle.Exclamation, Title:="Cungapite")
    End If

    If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
        Y2000TextBox.Focus()
    End If
End Sub

Private Sub IdTextBox_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles IdTextBox.KeyPress
    'Control para validar solo números en el textbox
    If Char.IsNumber(e.KeyChar) Then
        e.Handled = False
    ElseIf Char.IsControl(e.KeyChar) Then 'habilita las teclas de control
        e.Handled = False
    Else
        e.Handled = True ' Evita que se ingresen letras
        MsgBox("ALTO!!! Este campo esta reservado exclusivamente para
valores numéricos, no se permiten letras, símbolos o espacios en blanco.",
MsgBoxStyle.Exclamation, Title:="Cungapite")
    End If

    If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
        M250TextBox.Focus()
    End If
End Sub

Private Sub Litros_EETextBox_KeyPress(sender As Object, e As
KeyPressEventArgs) Handles Litros_EETextBox.KeyPress

```



```

        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            Litros_ETTextBox.Focus()
        End If
    End Sub

    Private Sub Litros_ETTextBox_KeyPress(sender As Object, e As
KeyPressEventArgs) Handles Litros_ETTextBox.KeyPress
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            Litros_para_YogurtTextBox.Focus()
        End If
    End Sub

    Private Sub Litros_para_YogurtTextBox_KeyPress(sender As Object, e As
KeyPressEventArgs) Handles Litros_para_YogurtTextBox.KeyPress
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            Litros_para_ManjarTextBox.Focus()
        End If
    End Sub

    Private Sub Litros_para_ManjarTextBox_KeyPress(sender As Object, e As
KeyPressEventArgs) Handles Litros_para_ManjarTextBox.KeyPress
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            Button1.Focus()
        End If
    End Sub

    Private Sub Q250TextBox_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles Q250TextBox.KeyPress
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            Q500TextBox.Focus()
        End If
    End Sub

    Private Sub Q500TextBox_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles Q500TextBox.KeyPress
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            Q600TextBox.Focus()
        End If
    End Sub

    Private Sub Q600TextBox_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles Q600TextBox.KeyPress
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            Q1200TextBox.Focus()
        End If
    End Sub

    Private Sub Q1200TextBox_KeyPress(sender As Object, e As
KeyPressEventArgs) Handles Q1200TextBox.KeyPress
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            Button2.Focus()
        End If
    End Sub

    Private Sub Y2000TextBox_KeyPress(sender As Object, e As
KeyPressEventArgs) Handles Y2000TextBox.KeyPress
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            Y1000TextBox.Focus()
        End If
    End Sub

    Private Sub Y1000TextBox_KeyPress(sender As Object, e As
KeyPressEventArgs) Handles Y1000TextBox.KeyPress
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            Y200TextBox.Focus()
        End If

```





```

End Sub

Private Sub Y200TextBox_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles Y200TextBox.KeyPress
    If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
        Button3.Focus()
    End If
End Sub

Private Sub M250TextBox_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles M250TextBox.KeyPress
    If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
        M100TextBox.Focus()
    End If
End Sub

Private Sub M100TextBox_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles M100TextBox.KeyPress
    If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
        M50TextBox.Focus()
    End If
End Sub

Private Sub M50TextBox_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles M50TextBox.KeyPress
    If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
        Button4.Focus()
    End If
End Sub

Private Sub Button5_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button5.Click
    Tabla = 1
    Visor.ShowDialog()
End Sub

Private Sub Button6_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button6.Click
    Tabla = 2
    Visor.ShowDialog()
End Sub

Private Sub Button7_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button7.Click
    Tabla = 3
    Visor.ShowDialog()
End Sub

Private Sub Button8_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button8.Click
    Tabla = 4
    Visor.ShowDialog()
End Sub

Private Sub Litros_EETextBox_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles Litros_EETextBox.TextChanged
    Calcular()
End Sub

Private Sub Litros_ETTextBox_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles Litros_ETTextBox.TextChanged
    Calcular()
End Sub

Private Sub Litros_para_YogurtTextBox_TextChanged(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Litros_para_YogurtTextBox.TextChanged

```



```

        Calcular()
    End Sub

    Private Sub Litros_para_ManjarTextBox_TextChanged(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Litros_para_ManjarTextBox.TextChanged
        Calcular()
    End Sub

    Private Sub Q250TextBox_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles Q250TextBox.TextChanged
        Calcular2()
    End Sub

    Private Sub Q500TextBox_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles Q500TextBox.TextChanged
        Calcular2()
    End Sub

    Private Sub Q600TextBox_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles Q600TextBox.TextChanged
        Calcular2()
    End Sub

    Private Sub Q1200TextBox_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles Q1200TextBox.TextChanged
        Calcular2()
    End Sub

    Private Sub Y2000TextBox_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles Y2000TextBox.TextChanged
        Calcular3()
    End Sub

    Private Sub Y1000TextBox_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles Y1000TextBox.TextChanged
        Calcular3()
    End Sub

    Private Sub Y200TextBox_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles Y200TextBox.TextChanged
        Calcular3()
    End Sub

    Private Sub M250TextBox_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles M250TextBox.TextChanged
        Calcular4()
    End Sub

    Private Sub M100TextBox_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles M100TextBox.TextChanged
        Calcular4()
    End Sub

    Private Sub M50TextBox_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles M50TextBox.TextChanged
        Calcular4()
    End Sub
End Class

```

## VENTANA "VISOR"

```

Public Class Visor
    Private Sub Calcular()

```



```

Dim val1 As Double = 0 '
Dim val2 As Double = 0 '
Dim val3 As Double = 0 '
Dim val4 As Double = 0 '

Decimal.TryParse(TextBox1.Text, val1)
Decimal.TryParse(TextBox2.Text, val2)
Decimal.TryParse(TextBox3.Text, val3)
Decimal.TryParse(TextBox4.Text, val4)

TextBox5.Text = CDec(Convert.ToString(val1 + val2 + val3 +
val4).ToString)

End Sub
Private Sub Visor_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles
 MyBase.Load
 Try
 Me.ProduccionBindingSource.RemoveFilter()
 Me.QuesoBindingSource.RemoveFilter()
 Me.YogurtBindingSource.RemoveFilter()
 Me.ManjarBindingSource.RemoveFilter()
 Me.ElectricaBindingSource.RemoveFilter()
 Me.TermicaBindingSource.RemoveFilter()

 Me.Chart1.ResetAutoValues()

 If Tabla = 1 Then
 Me.DataGridView1.DataSource = ProduccionBindingSource

 Me.ProduccionTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Produccion)
 Label1.Text = "Leche Procesada"

 'Sumar una Columna-----
 Dim TotalLitrosEE As Single
 Dim TotalLitrosET As Single
 Dim TotalLitrosY As Single
 Dim TotalLitrosM As Single

 For Each row As DataGridViewRow In Me.DataGridView1.Rows
 TotalLitrosEE += Val(row.Cells(1).Value)
 TotalLitrosET += Val(row.Cells(2).Value)
 TotalLitrosY += Val(row.Cells(3).Value)
 TotalLitrosM += Val(row.Cells(4).Value)
 Next
 Label4.Text = "Total Litros EE:"
 TextBox1.Text = TotalLitrosEE

 Label5.Text = "Total Litros ET:"
 TextBox2.Text = TotalLitrosET

 Label6.Text = "Total Litros Y:"
 TextBox3.Text = TotalLitrosY

 Label7.Text = "Total Litros M:"
 TextBox4.Text = TotalLitrosM

 Label8.Text = "Total Litros:"
 Calcular()
 '-----
 End If
 If Tabla = 2 Then
 Me.DataGridView1.DataSource = QuesoBindingSource
 Me.QuesoTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Queso)
 Label1.Text = "Quesos Producidos"
 End If

```



```

    If Tabla = 3 Then
        Me.DataGridView1.DataSource = YogurtBindingSource
        Me.YogurtTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Yogurt)
        Labell.Text = "Yogurt Producido"
    End If
    If Tabla = 4 Then
        Me.DataGridView1.DataSource = ManjarBindingSource
        Me.ManjarTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Manjar)
        Labell.Text = "Manjar Producido"
    End If

    Catch ex As Exception
        MsgBox(ex.ToString)
    End Try

End Sub

Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button1.Click
    Try
        Me.ProduccionBindingSource.RemoveFilter()
        Me.QuesoBindingSource.RemoveFilter()
        Me.YogurtBindingSource.RemoveFilter()
        Me.ManjarBindingSource.RemoveFilter()
        Me.ElectricaBindingSource.RemoveFilter()
        Me.TermicaBindingSource.RemoveFilter()

        Dim fecha1 As DateTime = DateTimePicker1.Text
        Dim fecha2 As DateTime = DateTimePicker2.Text

        If Labell.Text = "Leche Procesada" Then
            Me.ProduccionBindingSource.Filter = "Fecha >= ' " & fecha1 & "'
and Fecha <= ' " & fecha2 & "' ' filtra según fechas

Me.ProduccionTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Produccion)

            Me.ElectricaBindingSource.Filter = "Fecha >= ' " & fecha1 & "'
and Fecha <= ' " & fecha2 & "' ' filtra según fechas
            Me.ElectricaTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Electrica)

            Me.TermicaBindingSource.Filter = "Fecha >= ' " & fecha1 & "'
and Fecha <= ' " & fecha2 & "' ' filtra según fechas
            Me.TermicaTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Termica)

            Me.DataGridView1.DataSource = ProduccionBindingSource

Me.ProduccionTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Produccion)
            Labell.Text = "Leche Procesada"

            'Sumar una Columna-----
            Dim TotalLitrosEE As Single
            Dim TotalLitrosET As Single
            Dim TotalLitrosY As Single
            Dim TotalLitrosM As Single

            For Each row As DataGridViewRow In Me.DataGridView1.Rows
                TotalLitrosEE += Val(row.Cells(1).Value)
                TotalLitrosET += Val(row.Cells(2).Value)
                TotalLitrosY += Val(row.Cells(3).Value)
                TotalLitrosM += Val(row.Cells(4).Value)
            Next
            Label4.Text = "Total Litros EE:"
            TextBox1.Text = TotalLitrosEE

            Label5.Text = "Total Litros ET:"
            TextBox2.Text = TotalLitrosET
        
```



```

        Label6.Text = "Total Litros Y:"
        TextBox3.Text = TotalLitrosY

        Label7.Text = "Total Litros M:"
        TextBox4.Text = TotalLitrosM

        Label8.Text = "Total Litros:"
        Calcular()
        '-----
    End If

    If Label11.Text = "Quesos Producidos" Then
        Me.QuesoBindingSource.Filter = "Fecha >= '" & fecha1 & "' and
Fecha <= '" & fecha2 & "'" ' filtra según fechas
        Me.QuesoTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Queso)

        Me.ElectricaBindingSource.Filter = "Fecha >= '" & fecha1 & "'
and Fecha <= '" & fecha2 & "'" ' filtra según fechas
        Me.ElectricaTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Electrica)

        Me.TermicaBindingSource.Filter = "Fecha >= '" & fecha1 & "'
and Fecha <= '" & fecha2 & "'" ' filtra según fechas
        Me.TermicaTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Termica)
    End If
    If Label11.Text = "Yogurt Producido" Then
        Me.YogurtBindingSource.Filter = "Fecha >= '" & fecha1 & "' and
Fecha <= '" & fecha2 & "'" ' filtra según fechas
        Me.YogurtTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Yogurt)

        Me.ElectricaBindingSource.Filter = "Fecha >= '" & fecha1 & "'
and Fecha <= '" & fecha2 & "'" ' filtra según fechas
        Me.ElectricaTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Electrica)

        Me.TermicaBindingSource.Filter = "Fecha >= '" & fecha1 & "'
and Fecha <= '" & fecha2 & "'" ' filtra según fechas
        Me.TermicaTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Termica)
    End If
    If Label11.Text = "Manjar Producido" Then
        Me.ManjarBindingSource.Filter = "Fecha >= '" & fecha1 & "' and
Fecha <= '" & fecha2 & "'" ' filtra según fechas
        Me.ManjarTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Manjar)

        Me.ElectricaBindingSource.Filter = "Fecha >= '" & fecha1 & "'
and Fecha <= '" & fecha2 & "'" ' filtra según fechas
        Me.ElectricaTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Electrica)

        Me.TermicaBindingSource.Filter = "Fecha >= '" & fecha1 & "'
and Fecha <= '" & fecha2 & "'" ' filtra según fechas
        Me.TermicaTableAdapter.Fill(Me.BdcungapiteDataSet.Termica)
    End If
    Catch ex As Exception
        MsgBox(ex.ToString)
    End Try
End Sub

Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button2.Click
    Try
        Me.Chart1.Series("Pastel").Points.Clear()

        Me.Chart1.Series("Pastel").Points.AddXY("Litros - EElectrica",
TextBox1.Text)
        Me.Chart1.Series("Pastel").Points.AddXY("Litros - ETermica",
TextBox2.Text)
    
```



```

        Me.Chart1.Series("Pastel").Points.AddXY("Litros Yogurt",
        TextBox3.Text)
        Me.Chart1.Series("Pastel").Points.AddXY("Litros Manjar",
        TextBox4.Text)
        Chart1.Series("Pastel").ChartType =
        DataVisualization.Charting.SeriesChartType.Pie

        Catch ex As Exception
            MsgBox(ex.ToString)
        End Try
    End Sub

    Private Sub Button3_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
    Button3.Click
        Try
            '-----GRAFICA LA PRODUCCION-----

            Me.Chart1.Series("Litros Procesados").Points.Clear()
            Me.Chart1.Series("EElectrica").Points.Clear()
            Me.Chart1.Series("ETermica").Points.Clear()

            Dim enero As Single
            Dim febrero As Single
            Dim marzo As Single
            Dim abril As Single
            Dim mayo As Single
            Dim junio As Single
            Dim julio As Single
            Dim agosto As Single
            Dim septiembre As Single
            Dim octubre As Single
            Dim noviembre As Single
            Dim diciembre As Single

            Dim i As Integer = 0
            For Each row As DataGridViewRow In Me.DataGridView1.Rows
                If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 1 Then
                    enero += Val(row.Cells(6).Value)
                End If
                If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 2 Then
                    febrero += Val(row.Cells(6).Value)
                End If
                If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 3 Then
                    marzo += Val(row.Cells(6).Value)
                End If
                If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 4 Then
                    abril += Val(row.Cells(6).Value)
                End If
                If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 5 Then
                    mayo += Val(row.Cells(6).Value)
                End If
                If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 6 Then
                    junio += Val(row.Cells(6).Value)
                End If
                If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 7 Then
                    julio += Val(row.Cells(6).Value)
                End If
                If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 8 Then
                    agosto += Val(row.Cells(6).Value)
                End If
                If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 9 Then
                    septiembre += Val(row.Cells(6).Value)
                End If
                If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 10 Then
                    octubre += Val(row.Cells(6).Value)
                End If
            End For
        End Try
    End Sub

```



```

        If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 11 Then
            noviembre += Val(row.Cells(6).Value)
        End If
        If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 12 Then
            diciembre += Val(row.Cells(6).Value)
        End If
        i = i + 1
    Next

    Me.Chart1.Series("Litros Procesados").Points.AddXY("Enero", enero)
    Me.Chart1.Series("Litros Procesados").Points.AddXY("Febrero",
febrero)
    Me.Chart1.Series("Litros Procesados").Points.AddXY("Marzo", marzo)
    Me.Chart1.Series("Litros Procesados").Points.AddXY("Abril", abril)
    Me.Chart1.Series("Litros Procesados").Points.AddXY("Mayo", mayo)
    Me.Chart1.Series("Litros Procesados").Points.AddXY("Junio", junio)
    Me.Chart1.Series("Litros Procesados").Points.AddXY("Julio", julio)
    Me.Chart1.Series("Litros Procesados").Points.AddXY("Agosto",
agosto)
    Me.Chart1.Series("Litros Procesados").Points.AddXY("Septiembre",
septiembre)
    Me.Chart1.Series("Litros Procesados").Points.AddXY("Octubre",
octubre)
    Me.Chart1.Series("Litros Procesados").Points.AddXY("Noviembre",
noviembre)
    Me.Chart1.Series("Litros Procesados").Points.AddXY("Diciembre",
diciembre)

```

```

-----
'-----GRAFICA LA ENERGIA ELECTRICA-----
-----

```

```

i = 0
For Each row As DataGridViewRow In Me.ElectricaDataGridView.Rows
    If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 1 Then
        Me.Chart1.Series("EElectrica").Points.AddXY("Enero",
row.Cells(5).Value)
    End If
    If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 2 Then
        Me.Chart1.Series("EElectrica").Points.AddXY("Febrero",
row.Cells(5).Value)
    End If
    If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 3 Then
        Me.Chart1.Series("EElectrica").Points.AddXY("Marzo",
row.Cells(5).Value)
    End If
    If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 4 Then
        Me.Chart1.Series("EElectrica").Points.AddXY("Abril",
row.Cells(5).Value)
    End If
    If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 5 Then
        Me.Chart1.Series("EElectrica").Points.AddXY("Mayo",
row.Cells(5).Value)
    End If
    If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 6 Then
        Me.Chart1.Series("EElectrica").Points.AddXY("Junio",
row.Cells(5).Value)
    End If
    If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 7 Then
        Me.Chart1.Series("EElectrica").Points.AddXY("Julio",
row.Cells(5).Value)
    End If
    If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 8 Then

```



```

        Me.Chart1.Series("EElectrica").Points.AddXY("Agosto",
row.Cells(5).Value)
    End If
    If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 9 Then
        Me.Chart1.Series("EElectrica").Points.AddXY("Septiembre",
row.Cells(5).Value)
    End If
    If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 10 Then
        Me.Chart1.Series("EElectrica").Points.AddXY("Octubre",
row.Cells(5).Value)
    End If
    If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 11 Then
        Me.Chart1.Series("EElectrica").Points.AddXY("Noviembre",
row.Cells(5).Value)
    End If
    If Month(Me.DataGridView1.Rows(i).Cells(5).Value) = 12 Then
        Me.Chart1.Series("EElectrica").Points.AddXY("Diciembre",
row.Cells(5).Value)
    End If
    i = i + 1
Next

'-----
'-----GRAFICA LA ENERGIA TERMICA-----

i = 0
For Each row As DataGridViewRow In Me.TermicaDataGridView.Rows
    If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 1
Then
        Me.Chart1.Series("ETermica").Points.AddXY("Enero",
row.Cells(4).Value)

        End If
    If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 2
Then
        Me.Chart1.Series("ETermica").Points.AddXY("Febreo",
row.Cells(4).Value)
        End If
    If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 3
Then
        Me.Chart1.Series("ETermica").Points.AddXY("Marzo",
row.Cells(4).Value)
        End If
    If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 4
Then
        Me.Chart1.Series("ETermica").Points.AddXY("Abril",
row.Cells(4).Value)
        End If
    If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 5
Then
        Me.Chart1.Series("ETermica").Points.AddXY("Mayo",
row.Cells(4).Value)
        End If
    If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 6
Then
        Me.Chart1.Series("ETermica").Points.AddXY("Junio",
row.Cells(4).Value)
        End If
    If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 7
Then
        Me.Chart1.Series("ETermica").Points.AddXY("Julio",
row.Cells(4).Value)
        End If
    If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 8
Then

```





```

        Me.Chart1.Series("ETermica").Points.AddXY("Agosto",
row.Cells(4).Value)
        End If
        If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 9
Then
        Me.Chart1.Series("ETermica").Points.AddXY("Septiembre",
row.Cells(4).Value)
        End If
        If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 10
Then
        Me.Chart1.Series("ETermica").Points.AddXY("Octubre",
row.Cells(4).Value)
        End If
        If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 11
Then
        Me.Chart1.Series("ETermica").Points.AddXY("Noviembre",
row.Cells(4).Value)
        End If
        If Month(Me.TermicaDataGridView.Rows(i).Cells(3).Value) = 12
Then
        Me.Chart1.Series("ETermica").Points.AddXY("Diciembre",
row.Cells(4).Value)
        End If
        i = i + 1
Next

'-----INDICES-----
Dim TActiva As Single
For Each row As DataGridViewRow In Me.ElectricaDataGridView.Rows
    TActiva += Val(row.Cells(5).Value)
Next
UUEE.Text = Math.Round(Val(TActiva / TextBox5.Text), 3)

Dim TTermica As Single
For Each row As DataGridViewRow In Me.TermicaDataGridView.Rows
    TTermica += Val(row.Cells(4).Value)
Next
UUET.Text = Math.Round(Val(TTermica / TextBox5.Text), 3)

TextBox6.Text = Math.Round((Val(TActiva / TextBox5.Text) +
Val(TTermica / TextBox5.Text)), 3)

'-----COSTO POR LITRO PROCESADO-----

Dim CostoTermica As Single
Dim CostoElectrica As Single
Dim TotalCosto As Single

For Each row As DataGridViewRow In Me.TermicaDataGridView.Rows
    CostoTermica += Val(row.Cells(2).Value)
Next
For Each row As DataGridViewRow In Me.ElectricaDataGridView.Rows
    CostoElectrica += Val(row.Cells(8).Value)
Next

TotalCosto = CostoTermica + CostoElectrica
TextBox7.Text = Math.Round(Val(TotalCosto / TextBox5.Text), 6)

```



```

        Label18.Text = Math.Round(Val((CostoTermica * 100) / TotalCosto),
2)
        Label19.Text = Math.Round(Val((CostoElectrica * 100) /
TotalCosto), 2)

        TextBox8.Text = Math.Round(Val((CostoTermica / TextBox5.Text)), 6)
        TextBox9.Text = Math.Round(Val((CostoElectrica / TextBox5.Text)),
6)

'-----
Catch ex As Exception
    MsgBox(ex.ToString)
    End Try
End Sub

End Class

```

## VENTANA "MAS"

```

Public Class Mas
    Private Sub Calcular()
        Try
            Dim val1 As Double = 0 '
            Dim val2 As Double = 0 '
            Dim val3 As Double = 0 '
            Dim val4 As Double = 0 '
            Dim val5 As Double = 0
            Dim val6 As Double = 0
            Dim val7 As Double = 0
            Dim val8 As Double = 0

            Decimal.TryParse(TextBox1.Text, val1)
            Decimal.TryParse(TextBox2.Text, val2)
            Decimal.TryParse(TextBox3.Text, val3)
            Decimal.TryParse(TextBox4.Text, val4)
            Decimal.TryParse(TextBox5.Text, val5)
            Decimal.TryParse(TextBox7.Text, val7)
            Decimal.TryParse(TextBox8.Text, val8)

            TextBox6.Text = Math.Round(CDec(Convert.ToString((val1 * val2 *
val3) * (val4 - val5))).ToString(), 2)

            Catch ex As Exception
                MsgBox(ex.ToString)
            End Try

        End Sub
        Private Sub Calcular2()
            Try
                Dim val1 As Double = 0 '
                Dim val2 As Double = 0 '

                Decimal.TryParse(TextBox7.Text, val1)
                Decimal.TryParse(TextBox8.Text, val2)

                TextBox9.Text = Math.Round(CDec(Convert.ToString(val1 /
val2)).ToString(), 2)
                Catch ex As Exception
                    MsgBox(ex.ToString)
                End Try

            End Sub
            Private Sub Calcular3()
                Try
                    Dim val1 As Double = 0 '
                    Dim val2 As Double = 0 '

```



```

        Decimal.TryParse(TextBox6.Text, val1)
        Decimal.TryParse(TextBox16.Text, val2)

        TextBox7.Text = Math.Round(CDec(Convert.ToString(val1 / (val2 /
100)).ToString), 2)
    Catch ex As Exception
        MsgBox(ex.ToString)
    End Try

End Sub
Private Sub Calcular4()
    Try
        Dim val1 As Double = 0 '
        Dim val2 As Double = 0 '
        Dim val3 As Double = 0 '
        Dim val4 As Double = 0 '
        Dim val5 As Double = 0 '

        Decimal.TryParse(TextBox15.Text, val1)
        Decimal.TryParse(TextBox14.Text, val2)
        Decimal.TryParse(TextBox13.Text, val3)
        Decimal.TryParse(TextBox12.Text, val4)
        Decimal.TryParse(TextBox11.Text, val5)

        TextBox10.Text = Math.Round(CDec(Convert.ToString(((val1 * (val2 -
val3)) / (val4 * val5)) * 100).ToString), 2)
    Catch ex As Exception
        MsgBox(ex.ToString)
    End Try

End Sub

Private Sub TextBox1_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
TextBox1.TextChanged
    Calcular()
End Sub

Private Sub TextBox2_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
TextBox2.TextChanged
    Calcular()
End Sub

Private Sub TextBox3_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
TextBox3.TextChanged
    Calcular()
End Sub

Private Sub TextBox4_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
TextBox4.TextChanged
    Calcular()
End Sub

Private Sub TextBox5_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
TextBox5.TextChanged
    Calcular()
End Sub

Private Sub TextBox1_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles TextBox1.KeyPress
    If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
        TextBox2.Focus()
    End If
End Sub

```



```

Private Sub TextBox2_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles TextBox2.KeyPress
    If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
        TextBox3.Focus()
    End If
End Sub

Private Sub TextBox3_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles TextBox3.KeyPress
    If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
        TextBox4.Focus()
    End If
End Sub

Private Sub TextBox4_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles TextBox4.KeyPress
    If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
        TextBox5.Focus()
    End If
End Sub

Private Sub TextBox5_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles TextBox5.KeyPress
    If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
        TextBox16.Focus()
    End If
End Sub

Private Sub TextBox8_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
TextBox8.TextChanged
    Calcular2()
End Sub
Private Sub TextBox16_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles TextBox16.KeyPress
    If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
        TextBox8.Focus()
    End If
End Sub
Private Sub TextBox16_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles TextBox16.TextChanged
    Calcular3()
End Sub
Private Sub Mas_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.Load
End Sub
Private Sub TextBox11_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs)
Handles TextBox11.TextChanged
    Calcular4()
End Sub

Private Sub TextBox15_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles TextBox15.KeyPress
    If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
        TextBox14.Focus()
    End If
End Sub

Private Sub TextBox14_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles TextBox14.KeyPress
    If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
        TextBox13.Focus()
    End If
End Sub

Private Sub TextBox13_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles TextBox13.KeyPress

```



```
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            TextBox12.Focus()
        End If
    End Sub

    Private Sub TextBox12_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles TextBox12.KeyPress
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            TextBox11.Focus()
        End If
    End Sub

    Private Sub TextBox11_KeyPress(sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
Handles TextBox11.KeyPress
        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            TextBox10.Focus()
        End If
    End Sub
End Class
```



## Anexo 8 Cálculo sistema de Cogeneración

### Sistema de Cogeneración para Cungapite (Cañar)

#### Datos de operación:

Combustible usado:	diésel	148 gal/mes	
Energía Eléctrica usada:		6900 kWh/mes	82,8 MWh/año

#### Datos de Combustible:

HHV Combustible:	43000 kJ/kg		
Densidad combustible:	870 kg/m <sup>3</sup>		
Energía en diésel:	22146720 kJ/mes		
Energía en vapor:	16610040 kJ/mes		(Se asume un 75% de eficiencia para la caldera)

#### Cálculo de la eficiencia:

Consumo de vapor:	20900,2 kg/mes	0,029028 t/h	
	0,008 kg/s		
Vapor:	110 C; saturado (=> ~0.1 MPa)		
Entalpía del vapor			
hvapor:	2672,74 kJ/kg		
Entalpía del líquido			
hliq	415,01 kJ/kg		Asumiendo que de los equipos que
Qvapor:	18,2 kJ/s		usan vapor, este sale como líquido a 55 C.
			Este % de la energía
	11534602,1 kJ/mes	valor es	52,1 consumida en el
	0,5		diésel

Lo que viene a continuación se basa en el valor de Qvapor.

Calor del vapor,

$$Q_{\text{vapor}} = 18,2 \text{ kW}$$



## SE SUGIERE UN MOTOR DIESEL

### C1.7

Basados en  $Q_{vap}$ , se selecciona el motor CAT  
diésel: C1.7

Con capacidad: 29,9 kWel

La energía térmica que se podría recuperar de este motor  
(de los gases de escape) se asume un 50% de la energía eléctrica. Entonces:

Energía térmica es: 20,93 kWth

Aprovechable para

vapor: 18,837 kJ/s

Capacidad instalada planta 29,9 kW

Cantidad de energía eléctrica generada

Factor planta: 0,9  
7176 kWh/mes  
86112 kWh/año

### CÁLCULO

#### ECONÓMICO

Costo sistema de cogeneración:

	29900,00 USD	Costo del motor
	8970,0 USD	Costo del intercambiador
	11960,0 USD	Costo del generador eléctrico
Inversión en equipos:	<u>50830,0 USD</u>	

Ahorro en diésel:	153,5 USD/mes
Ahorro en energía eléctrica:	789,36 USD/mes
Total	<u>942,8 USD/mes</u>

Consumo del generador 2,9 gal/h  
721,752 USD/mes



Ahorro 221,1 USD/mes