

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**CÁLCULO DE SUMINISTRO DE SERVICIOS INDUSTRIALES PARA
MONTAJE DE UNA NUEVA LÍNEA DE PROCESAMIENTO UHT Y AUMENTAR
LA PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA DEL SECTOR LÁCTEO.**

Wilson Bernardo Sepúlveda Tangarife

Ingeniería Electromecánica

Director del trabajo de grado

Ing. Adrián Felipe Martínez

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

2018

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**CÁLCULO DE SUMINISTRO DE SERVICIOS INDUSTRIALES PARA
MONTAJE DE UNA NUEVA LÍNEA DE PROCESAMIENTO UHT Y AUMENTAR
LA PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA DEL SECTOR LÁCTEO.**

Wilson Bernardo Sepúlveda Tangarife

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al
título de: Profesional en Ingeniería Electromecánica

Director del trabajo de grado

Ing. Adrián Felipe Martínez

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

FACULTAD DE INGENIERÍAS

MEDELLÍN, COLOMBIA

2018

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

El presente trabajo de grado tiene por objetivo evaluar la capacidad de generación de los equipos de suministros industriales con respecto a la energía, vapor y aire comprimido, empleados actualmente en la planta de producción de una empresa del sector lácteo, con el propósito de definir si pueden suplir las demandas técnicas de los nuevos procesos necesarios para incrementar la producción de leche UHT, para proponer la compra de nuevos equipos que cumplan con el crecimiento del área de producción proyectado por la organización y los límites competitivos que tendrían con los nuevos equipos.

Debido a la buena aceptación de los productos lácteos ofrecidos en el mercado, la empresa ha venido incrementando el procesamiento de leche a 50000 litros diarios y de acuerdo a las proyecciones del área de mercadeo es necesario aumentar la producción en un 50 por ciento, esperando que en el término de un año la empresa tenga la capacidad de procesar 75000 litros diarios.

La metodología empleada para calcular la capacidad de los equipos actuales fue a través de la metodología descriptiva, empleando análisis de métodos y tiempos aplicados en los equipos para medir la cantidad de vapor, aire y energía eléctrica instalados en la empresa, que determinaron la necesidad de inversión en nuevos equipos que permitan satisfacer las nuevas demandas del mercado soportando la nueva línea de producción.

Palabras clave: capacidad, demandas técnicas, mercado, crecimiento, proyecciones.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Agradecer primero a Dios, que me ha permitido tener una maravillosa familia, por permitirme pertenecer a una institución tan prestigiosa como es el I.T.M y por poder llevar a feliz término esta etapa de mi vida.

Agradecimientos especiales a mi esposa Diana Jaramillo y mis hijos Juliana y Manuel Alejandro, por saber soportar tantas ausencias, por comprender lo importante que es esta etapa de mi vida, espero que entiendan que el poco tiempo que les dedique, no solo era por mi bien personal, sino por el bien de toda la familia.

Una dedicación especial para mi padre Bernardo Sepúlveda, mi madre Matilde Tangarife y mi hermano Oscar Sepúlveda que no pudieron ver la culminación de este ciclo, que Dios los tenga en su gloria.

Gracias eternas a mis compañeros y profesores con los cuales me fue posible integrarme a pesar de ser mayor que muchos de ellos.

Gracias especiales al Ing. Adrián Felipe Martínez por aportar con sus conocimientos a la realización de este proyecto.

Un reconocimiento muy especial al señor Antonio Ricaurte López Lemus, que sin su decidido e incondicional apoyo, no hubiese sido posible culminar mis estudios.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	12
1. GENERALIDADES	13
1.1. Planteamiento del Problema	13
1.2. Justificación.....	14
1.3. Objetivos	15
1.3.1. Objetivo General.....	15
1.3.2. Objetivos Específicos	15
1.4. Organización de la Tesis.....	16
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1. El Sector Lácteo en el mundo	17
2.2. El Sector lácteo en Colombia	18
2.3. Principios de economía de movimientos.....	21
2.3.1. Utilización del capital humano	21
2.3.2. Distribución del lugar de trabajo.....	22
2.3.3. Relación de las máquinas y herramientas en la industria.....	22
2.4. Marco Conceptual.....	23
2.4.1. Agua.....	23
2.4.2. La Leche:.....	24

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.4.3. Leche Pasteurizada.....	24
2.4.4. Calor específico:	25
2.4.5. Gravedad específica o densidad relativa.....	25
2.4.6. Leche larga vida ultra alta temperatura (UHT)	26
2.4.7. Punto de ebullición.....	26
2.4.8. Viscosidad.....	26
2.4.9. Equipos de ultrapasteurización en el mercado.....	27
2.4.10. Sistemas de aire comprimido.....	29
2.4.11. Sistemas de vapor.	34
2.4.12. Subestaciones de energía.....	37
2.4.13. Subestaciones eléctricas tipo industrial.....	37
2.4.13.1. Transformador.....	38
2.4.13.2. Interruptor de potencia.....	42
2.4.13.3. Fusibles.....	43
2.4.13.4 Transformadores de medición.....	43
2.5. Marco Espacial o Situacional.....	45
2.6. Marco Normativo.....	46
3. METODOLOGÍA.....	48
3.1. Tipo de Investigación	48
3.2. Método	48
3.3. Técnicas.....	49
3.4. Fuentes de Investigación.....	49

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.4.1 Fuentes secundarias	49
3.4.2 Fuentes primarias.....	49
3.5. Procesamiento de la Información	49
3.6. Desarrollo Metodológico	50
3.6.1. Observación.....	50
3.6.2. Análisis de los Resultados.....	50
3.7. Proceso para determinar la Productividad Actual	51
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	52
4.1. Valoración de la mano de obra calificada en la planta.....	53
4.2. Cálculo de los consumos de los equipos.....	54
4.2.1. Consumo de vapor.....	54
4.2.2. Consumo de aire comprimido	64
4.2.3. Consumo de energía eléctrica en kw	68
4.2.4. Resultados del consumo.....	72
4.2.5. Estudio para la selección de nuevos equipos industriales	72
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO.....	79
REFERENCIAS	80

ACRÓNIMOS

°C: grados centígrados.

BHP: caballos de caldera.

c: calor específico del líquido.

cal: calorías.

cfm: pies cúbicos por minuto.

CIP “Cleaning In Place”, que se puede traducir como “Limpieza In Situ”

D: diámetro mayor.

d: diámetro menor.

g: gramo.

h: hora.

Hp: caballos de potencia para motores eléctricos.

K: kelvin.

kg: kilogramo.

kJ: kilo joule.

kVA: kilovoltio amperios.

kW: kilovatios o kilowatts.

L: longitud, recorrido o carrera del cilindro.

lts: litros.

mc: carga de condensado.

Msnm: Metros sobre el nivel del mar.

Nc: número de ciclos.

psi: libras presión manométrica.

psia: libras de presión absoluta.

Pt: presión de trabajo en bar.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Q: caudal.

Qa: consumo de aire.

RETIE. Reglamento técnico de instalaciones eléctricas en Colombia

T1: temperatura de entrada del líquido.

T2: temperatura de salida del líquido.

th: periodo de calentamiento del líquido en horas

V: volumen.

Va: volumen anterior.

Vp: volumen posterior.

ΔH : calor latente del vapor a presión absoluta.

ρ : densidad del líquido.

Φ : factor de potencia.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Comparación técnica entre transformadores en aceite y secos.....	40
Tabla 2. Inventario de equipos	53
Tabla 3. Consumo total de vapor de los equipos instalados.....	62
Tabla 4. Consumo de vapor de los equipos de la nueva línea de producción.	63
Tabla 5. Consumo total de aire de los equipos instalados en la planta	68
Tabla 6. Consumo de aire de los equipos de la nueva línea de producción	68
Tabla 7. Potencia nominal en kW instalados en la planta.....	69
Tabla 8. Potencia nominal en kW de la nueva línea de producción	71
Tabla 9. Diferencia entre la capacidad instalada y capacidad futura.....	73

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Las 20 industrias lácteas más grandes del mundo	18
Ilustración 2. Ultrapasteurizador en “U” ELECSTER	28
Ilustración 3. Ultrapasteurizador de tubos concéntricos en espiral	28
Ilustración 4. Componentes de un sistema de aire comprimido	31
Ilustración 5. Clasificación de los compresores	31
Ilustración 6. Cilindro neumático de doble efecto	33
Ilustración 7. Cilindro de efecto simple	34
Ilustración 8. Cámaras anterior y posterior de un cilindro de doble efecto.....	35
Ilustración 9. Caldera pirotubular.....	38
Ilustración 10. Transformador trifásico sumergido en aceite	39
Ilustración 11. Transformador tipo seco	40
Ilustración 12. Interruptor de potencia	43
Ilustración 13. Fusible eléctrico	44
Ilustración 14. Transformador de corriente	45
Ilustración 15. Transformador de potencia	45
Ilustración 16. Veredas municipio de Bello	46
Ilustración 17. Caldera JCT 60 BHP	63
Ilustración 18. Caldera JCT 20 BHP.....	64
Ilustración 19. Factor de potencia	70
Ilustración 20. Caldera JCT 250 BHP.....	74
Ilustración 21. Ficha técnica caldera JCT 250 BHP.....	75
Ilustración 22. Ficha técnica compresores de tornillo Kaeser.....	78

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las organizaciones es uno de los principales objetivos de todo negocio y para lograrlo debe competir en entornos que cada vez son más exigentes, forzando a las industrias a mejorar su calidad, estandarizando los procesos productivos para competir en mejores condiciones con las demás empresas.

Este proyecto de grado surge a raíz de la necesidad de incrementar los volúmenes de producción, en una planta de procesamiento de leche ubicada en el municipio de Bello, vereda la Unión corregimiento de San Félix, que tiene más treinta años en el mercado y cuenta con equipos que deben ser valorados para determinar si pueden cumplir con las nuevas demandas de producción del área de mercadeo, o la organización debe tomar la decisión estratégica de adquirir equipos nuevos que permitan satisfacer las demandas actuales y proyectadas de la organización.

Para determinar la capacidad productiva de los equipos actuales se valoraron aspectos como: antigüedad de las máquinas, horas productivas mes, mantenimientos programados realizados, procesos estandarizados, mano de obra, y capacidad de los generados de servicios en horas pico del área de producción.

Finalmente, con este proyecto se busca aportar a la organización en la solución de la problemática del área de producción, valorando la capacidad máxima productiva actual, y brindando elementos para la toma de decisión de compra de nuevos equipos que cumplan con las nuevas demandas del área de mercadeo, razones por las cuales se presenta este proyecto.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. GENERALIDADES

1.1. Planteamiento del Problema

En la actualidad las empresas deben preocuparse por ser competitivas y mantener un desarrollo constante acorde con las exigencias que el mercado les presenta. El incremento de la población mundial y la globalización de los mercados, son oportunidades que muchas organizaciones tienen para crecer, pero su desarrollo depende de que tan eficientes son sus procesos productivos y la visión que tienen los administradores.

Las empresas deben estar en capacidad de cumplir con las demandas del mercado, y para esto es indispensable colocar los esfuerzos hacia la mejora continua de todos sus procesos, especialmente a nivel productivo en donde son más sensibles los costos invertidos debido a la no estandarización de procesos, mantenimientos periódicos de los equipos y mano de obra que debe ser cualificada para lograr un desempeño óptimo y calidad del producto final.

Este es el caso de la planta de procesamiento de leche, que lleva cerca de treinta años funcionando y cuenta con equipos con demasiado tiempo de uso que deben ser evaluados, con el propósito de apreciar si estos pueden cumplir con las nuevas demandas de procesamiento, o debe de invertirse en nuevos equipos generadores de servicios industriales que puedan soportar la demanda de la empresa en horas pico de producción.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1.2. Justificación

Este proyecto se realiza con el propósito de brindarle a la planta de procesamiento de leche ubicada en el municipio de Bello, corregimiento de San Félix, vereda La Unión herramientas a corto plazo para tomar la decisión o no de inversión en nuevos equipos, que satisfagan las demandas del área de mercadeo.

Es importante señalar que a pesar de los constantes cambios que realizan las empresas para obtener ganancias, su crecimiento depende no sólo de esfuerzos del área de mercadeo para incrementar sus ventas; paralelamente sus equipos productivos y personal de planta deben ser óptimos y cualificados para responder a las necesidades de la organización, aumentando su productividad y calidad, proyectando la empresa en un determinante competitivo del mercado.

Finalmente, desde el punto de vista productivo y operativo, se proponen soluciones que respondan a las necesidades de la empresa de lácteos, con el propósito de aumentar su productividad, calidad y posicionamiento en el mercado.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Calcular la capacidad de suministro de los equipos de servicios industriales y las líneas de transporte, para poner en funcionamiento una nueva línea de procesamiento de leche UHT (larga vida).

1.3.2. Objetivos Específicos

- ✓ Identificar los valores de consumo de los equipos de generación de servicios industriales existentes y así poder determinar la capacidad de producción de la empresa.
- ✓ Dimensionar la capacidad de los equipos de servicios de tal manera que soporten futuros aumentos de producción.
- ✓ Proponer los equipos más adecuados para el correcto funcionamiento de la planta de acuerdo a las nuevas demandas de producción

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1.4. Organización de la Tesis

En el primer capítulo de la investigación se presentan las generalidades del proyecto relacionados con el planteamiento del problema, justificación, objetivo general y objetivos específicos.

El segundo capítulo presenta el marco teórico del proyecto, que realiza un resumen acerca del sector lácteo en el mundo y en Colombia. Así mismo, presenta los principios de economía de movimientos y la utilización del capital humano en el proceso productivo, como también el marco normativo del sector alimenticio y el marco espacial o situacional.

El tercer capítulo se enfoca en la metodología aplicada para realizar la investigación, sus fuentes primarias y secundarias y cómo se analizarán los resultados.

El cuarto capítulo presenta los resultados y discusión del proyecto. Aquí se realizan todos los cálculos y análisis para llegar a las conclusiones de invertir o no en una nueva línea de procesamiento UHT para aumentar la productividad de la planta.

Finalmente, el quinto capítulo presenta las conclusiones del proyecto y las recomendaciones que propone el investigador a la empresa.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

2.1. El sector lácteo en el mundo

De acuerdo con el IFNC¹ (2016), la industria del sector lácteo en el mundo es una de las más importantes, debido a la generación de ingresos y empleos para el sector rural y agroindustrial. Los precios internacionales de sus productos oscilan y dependen mucho de las condiciones atmosféricas.

El informe del IFNC (2016), emite un ranking de las principales 20 industrias procesadoras de leche del mundo, donde estas juntas captaron 200 millones de toneladas de leche (ME), que representan el 25,4% de la procesada en todo el mundo.

La facturación promedio por kilo de leche procesada estuvo entre 0,5 a 2,4 dólares en 2015, valores que dependen en gran parte de las condiciones espaciales y meteorológicas de los países.

En la siguiente tabla se presenta la clasificación realizada por el IFNC de las principales 20 industrias a nivel mundial del sector lácteo.

¹ Red de Investigadores en Lácteos

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Ilustración 1. Las 20 industrias lácteas más grandes del mundo

Rank 2016	Company name	Origin & main operation countries	Milk intake in mill. t ME	Estimated turnover per kg milk, in USD	Market share in % of world milk production
1	Dairy Farmers of America	USA	28.1	0.5	3.6%
2	Fonterra	New Zealand/ others	22.1	0.6	2.8%
3	Groupe Lactalis	France/others	15.1	1.3	1.9%
4	Arla Foods	Denmark/Sweden/UK	14.2	0.8	1.8%
5	Nestlé	Switzerland/others	14.0*	1.9*	1.8%
6	FrieslandCampina	Netherlands/others	12.6*	1.0*	1.6%
7	Dean Foods	USA	10.3	0.8	1.3%
8	DMK (incl.DOC Kaas)	Germany/Netherlands	7.8	0.9	1.0%
9	Saputo	Canada/USA/others	7.7	1.1	1.0%
10	California Dairies	USA	7.7	0.5	1.0%
11	Danone	France/others	7.5	2.4	1.0%
12	Yili Group	China	6.8*	1.4*	0.9%
13	Amul (GCMMF)	India	6.5	0.8	0.8%
14	Müller	Germany/UK/others	6.3	1.2	0.8%
15	Glanbia Group	Ireland/USA/others	6.1	0.7	0.8%
16	Agropur	Canada/USA	5.8	1.0	0.7%
17	Land O' Lakes	USA	5.8*	0.7*	0.7%
18	Mengniu	China	5.8	1.4	0.7%
19	Groupe Sodiaal	France	5.2	1.1	0.7%
20	Schreiber foods	USA	4.5*	1.1*	0.6%
Sum of Top 20			200	1.0	25.4%

Fuente: Informe (IFNC, 2016)

2.2. El sector lácteo en Colombia

De acuerdo con el informe emitido por Uniandes (2017), el sector lechero en Colombia es sumamente importante para la economía nacional, detallando que sus ingresos representan el 2,3% de PIB nacional, y el 24,3% del PIB agropecuario, generando más de 700.000 empleos directos.

La producción lechera hace presencia en 22 departamentos del país, siendo Antioquia, Boyacá y Cundinamarca los departamentos más destacados. En Colombia se registran más de 395.215 unidades productoras de leche, es decir

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

casi 400.000 fincas o haciendas las cuales solo el 20% tienen más de 15 animales (Uniandes, 2017).

En el mismo informe, señalan que el sector lechero en Colombia se encuentra estancado desde hace algunos años y que están en una crisis, debido a que los precios pagados a los productores de leche no aumentan hace más de 10 años, mientras que los costos de insumos para la producción lo hacen cada año (Uniandes, 2017).

Por otro lado, el tema de la globalización y los tratados de libre comercio firmados en los últimos años han puesto al sector lechero en aprietos, debido a la falta de inversión y tecnificación de los procesos productivos.

De acuerdo con Pro Export Colombia, el sector industrial lechero es el cuarto más grande en América Latina, detrás de México, Brasil y Argentina. Además, la calidad de la leche colombiana es sumamente alta comparada con los grandes productores mundiales. Finalmente, el consumo de leche en Colombia es también una cifra relevante, teniendo el tercer mercado en ventas de lácteos de América Latina (Uniandes, 2017).

Comprendiendo las limitaciones del sector lácteo colombiano, en los últimos años ha desarrollado una fuerte estrategia de innovación e inversión en la maquinaria con la que procesa y transforma la leche, ofertando una mayor cantidad de productos con beneficio para la salud, bajos en grasa, deslactosados y ligeros en azúcar. Esta estrategia ha sido adoptada por muchas empresas del sector y se espera que próximamente el consumo de estos productos se extienda también a los estratos más bajos (Patiño & Ortega, 2013).

De acuerdo con el DANE (2012), la producción de leche se estima en 12,9 millones de litros al día, y su mayor parte en el país se emplea como insumo para la elaboración industrial de productos tales como: leche pasteurizada, leche concentrada, quesos artesanales, quesos industriales, mantequilla, helados, postres, leches ácidas y bebidas, entre otros. El sector lácteo en los últimos años ha tenido un incremento en las demandas de sus productos, obligando a la industria a mejorar sus procesos productivos e invertir en nuevos equipos para incrementar su productividad.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El aumento de la productividad en las organizaciones es uno de los temas más importantes, debido a que afecta a toda la empresa. Desde este punto de vista el concepto de productividad va ligado al de competitividad (Porter, 1982-2003 y 2004), en donde señala elementos como dotación, condiciones de demanda, emergencia de la estructura industrial requerida, condiciones para la creación de negocios, organización y administración, son temas imprescindibles para el crecimiento y permanencia de los negocios.

Por otro lado la cualificación del personal y estudio de los tiempos invertidos en la producción surge tras la necesidad de incrementar los rendimientos en todas aquellas actividades que involucran esfuerzos físicos y mentales orientados a la obtención de un producto o servicio determinado. Cuando se analizan las acciones de una actividad determinada, las mejoras que se consiguen se reflejan en la disminución de esfuerzos y movimientos innecesarios que no generan valor sobre la fabricación (Alzate & Sánchez, 2013).

El estudio de métodos y tiempos se convierte en un factor determinante para evaluar la eficiencia en una planta productiva, en donde es necesario identificar qué proceso está mal realizado, si es innecesario, debe repetirse, o está generando retrasos en el proceso productivo; disminuyendo no sólo calidad, volúmenes de producción, desperdicios, sino también incrementos de accidentes laborales, daños en los equipos por mal manejo o falta de mantenimientos preventivos, y aumento de costos de producción.

La industria de lácteos ubicada en el municipio de Bello, corregimiento de San Félix, vereda la Unión, actualmente se encuentra en una fase de crecimiento debido a la favorabilidad de la demanda de sus productos, sin embargo su infraestructura industrial debe actualizarse tanto en maquinaria como en cualificación del personal de planta.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.3. Principios de economía de movimientos

El estudio de movimientos es utilizado para analizar un método determinado de un proceso productivo y aportar al desarrollo de la labor de una manera más eficiente. Para realizar la evaluación del proceso, el observador/evaluador observa cuidadosamente la operación, considerando las leyes de la economía de movimientos, (Meyers, 2000).

Para determinar la eficiencia del personal en la planta de producción deben considerarse los principios del diseño y distribución del puesto de trabajo, los modelos de las máquinas, equipos y herramientas y la utilización de la mente y cuerpo en la actividad a realizar.

2.3.1. Utilización del capital humano

Al emplear personas en un proceso productivo que realizan diferentes actividades para lograr un producto final, es posible que en la mayoría de los casos, los movimientos los realicen de manera empírica, con técnicas repetitivas que no son adecuadas para la optimización de los tiempos y estandarización de los procesos (Pineda, 2005). Al mismo tiempo, sucede que los empleados se quejan de molestias musculares o en las articulaciones, probablemente debido a la manipulación inadecuada de materia prima, herramientas o maquinaria, causando lesiones que se ven reflejadas en el bajo rendimiento.

Con referencia al párrafo anterior, un mal diseño en las estaciones de trabajo puede ser el causante del bajo rendimiento de los trabajadores, así como el incorrecto acondicionamiento de los equipos y componentes de producción; como por ejemplo materias primas alejadas, uso inadecuado de herramientas, poco o nulo mantenimiento de los equipos, entre otros.

De acuerdo con Pineda (2005), un factor que también altera la productividad es el desorden y la suciedad en la planta, generando ambientes desagradables e incómodos,

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

provocando esfuerzos fatigosos que a su vez traen como consecuencia disminución en el rendimiento.

2.3.2. Distribución del lugar de trabajo

Para Meyers (2000), es importante disponer de un análisis completo de cada una de las operaciones que se realizan, partiendo de la utilización de todas las herramientas que proporciona la ingeniería de métodos y movimientos, como los diagramas hombre-máquina, que permiten analizar la relación entre los operadores y las máquinas, los tiempos productivos invertidos e improductivos, el diagrama de flujo del proceso y el diagrama de recorrido, con los cuales se puede analizar la forma con que se está realizando el proceso de producción

Después de lo expuesto, se infiere que la planta productiva debe estar localizada en un sitio fijo y definido para todos los equipos y las herramientas, con el propósito de no perder tiempo en buscarlos; los materiales o insumos deben estar con anticipación donde se requieren, y para ello se recomienda el uso de depósitos y medios de abastecimiento por gravedad para que el material llegue lo más pronto al punto de utilización, evitando al máximo desplazamientos del operario en busca de materiales, herramientas y despacho de producto terminado (Alzate & Sánchez, 2013).

2.3.3. Relación de las máquinas y herramientas en la industria

Una de las primeras decisiones al elegir el equipo en las organizaciones, se relaciona con el grado de adaptación y flexibilidad que tendrá esta en los procesos productivos. Las máquinas y herramientas pueden clasificarse como de propósito general y de propósito especial. En la actualidad las máquinas de propósito general son las que más se emplean, dado su flexibilidad apoyando los procesos en los negocios (UNAL, s.f.).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Las máquinas de propósito especial están diseñadas usualmente para realizar una sola operación y su ventaja radica por lo general en efectuar operaciones de manera más rápida y a mayor escala. Sin embargo, se caracterizan por su falta de flexibilidad.

Cuando se desea invertir en un equipo o maquinaria, paralelamente a este se debe tomar una decisión acerca de su acción y los medios para lograr su movimiento. Los métodos de impulsión más empleados son: eléctricos, hidráulicos, neumáticos (aire o vapor comprimido) y mecánicos (tren de engranes, levas o palancas). Cada uno de estos métodos de impulso tiene sus ventajas para lograr ciertos movimientos, no obstante, si este factor es igual entre dos medios semejantes, las limitaciones de espacio, el costo general y la facilidad de cambio y mantenimiento determinaran su elección (Nieto, 2005). En otras palabras, para la decisión de compra de los equipos deben estudiarse todas las variables que afecten el desempeño y la productividad de la organización, y su éxito dependerá de lo minucioso que sea su estudio.

2.4. Marco Conceptual

2.4.1. Agua

El contenido de agua en la leche puede variar desde 79 a 90.5%, pero normalmente representa el 87% de ésta. La mayor parte del agua de la leche se encuentra en forma libre y sirve como medio de solución, dispersión o suspensión para los otros ingredientes; sin embargo, existe una pequeña cantidad de agua, 4% aproximadamente, que está ligada o fuertemente retenida por algunos componentes insolubles de la leche, en este caso el agua no actúa como disolvente. Entre los elementos que más retienen agua se encuentran la caseína (50%), proteínas solubles (30%) y los fosfolípidos de la membrana del glóbulo graso (15%). En la fase hídrica se agrupan todos los elementos en solución que están formados principalmente por los azúcares, sales minerales y un poco de proteínas (Carpio, 2001).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La leche contiene un nivel relativamente alto de agua, lo que hace que algunas personas duden de su valor alimenticio; pero gracias a esta cantidad de agua, los otros componentes están bien distribuidos, y en pequeñas cantidades de leche se pueden encontrar casi todos los nutrimentos (Carpio, 2001, p.29).

2.4.2. La leche

La leche es un alimento nutritivo complejo, producto de la secreción de la glándula mamaria, el cual posee más de 100 sustancias las cuales se disponen en solución (la lactosa que es el azúcar de la leche, algunas proteínas séricas, sales minerales, entre otras), suspensión (la caseína que es la principal proteína de la leche) o emulsión (la grasa y las vitaminas solubles en esta)” (Patiño & Ortega, 2013).

De acuerdo con la FAO la “leche es el producto íntegro y fresco de la ordeña de una o varias vacas, sanas, bien alimentadas y en reposo, exenta de calostro y que cumpla con las características físicas y microbiológicas establecidas” (FAO, s.f.).

La leche es un alimento esencial muy completo para la alimentación humana debido a su balance nutricional único como lo son el agua (90%), hidratos de carbono como la lactosa (5%), proteínas (3 4%), grasa (3.5- 6%), minerales siendo la mejor fuente de calcio y vitaminas (13%) (Patiño & Ortega, 2013).

2.4.3. Leche pasteurizada

Es el producto obtenido al someter la leche cruda, termizada o re combinada a una adecuada relación de temperatura y tiempo para destruir su flora patógena y la casi totalidad de flora banal, sin alterar de manera esencial ni su valor nutritivo ni sus características fisicoquímicas y organolépticas. Las condiciones mínimas de pasteurización son aquellas que tiene efectos bactericidas

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

equivalentes al calentamiento de cada partícula a 72°C - 76°C por 15 segundos (pasteurización de flujo continuo) o 61 °C a 63° C por 30 minutos (pasteurización discontinua) seguido de enfriamiento inmediato hasta temperatura de refrigeración (Patiño & Ortega, 2013).

2.4.4. Calor específico

Es el número de calorías necesarias para elevar en un grado centígrado la temperatura de una unidad de peso de la leche.

Calor específico (cal / g°C) de:

Agua 1

Leche completa 0.93 – 0.94.

Leche descremada 0.94 –0.96.

Suero de queso 0.97, Grasa 0.40 –0.60 (Carpio, 2001).

Para los cálculos se tomará un calor específico de 0.93 cal/g°C para la leche.

2.4.5. Densidad relativa

Se define como el peso de un líquido o sólido a una determinada temperatura. La gravedad específica de la leche puede ser determinada encontrando el peso de 1 L de leche o el volumen de 1kg de leche.

La gravedad específica de un hato mezclado de razas es de 1.0325 en promedio, pero puede variar desde 1.030 hasta 1.033 (Carpio, 2001).

Para los cálculos de este trabajo tomaremos un valor de 1.033.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.4.6. Leche larga vida ultra alta temperatura (UHT)

Según el decreto 616 de 2006: “Es el producto obtenido mediante el proceso térmico en flujo continuo, aplicado a la leche cruda o termizada a una temperatura entre 135°C a 150°C y tiempos entre 2 y 4 segundos, de tal forma que se compruebe la destrucción eficaz de las esporas bacterianas resistentes al calor, seguido inmediatamente de enfriamiento a temperatura ambiente y envasado aséptico en recipientes estériles con barreras a la luz y al oxígeno, cerrados herméticamente, para su posterior almacenamiento, con el fin de que se asegure la esterilidad comercial sin alterar de manera esencial ni su valor nutritivo ni sus características fisicoquímicas y organolépticas, la cual puede ser comercializada a temperatura ambiente (Ministerio de Protección Social, 2006).

2.4.7. Punto de ebullición

La leche hierve a 100,17°C, a nivel del mar, debido a las sustancias solubles que posee. A medida que baja la presión la temperatura de ebullición disminuye y esto permite la producción de leches concentradas mediante la evaporación del agua a temperaturas que fluctúan entre 50 y 70°C (Carpio, 2001, pp.25-26).

2.4.8. Viscosidad

“Está dada por su resistencia a fluir. La viscosidad aumenta con la disminución de la temperatura, incremento del contenido graso, homogeneización, fermentación ácida y el envejecimiento o maduración. Se expresa en centipoises. Agua: 1 centipoise, Leche entera: 2.20 centipoises. La viscosidad juega un papel muy importante en la comercialización de algunos productos lácteos, tales como crema ácida, el yogur y aun en la misma leche pasteurizada, ya que el consumidor asocia lo glutinoso del producto con el contenido de grasa y supone que a mayor viscosidad mayor contenido de grasa” (Carpio, 2001).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.4.9. Equipos de ultrapasteurización en el mercado

Los sistemas de ultrapasteurización o UHT, son una tecnología de punta que permite eliminar la mayor parte de la flora bacteriana presente en la leche sin alterar el contenido nutricional. Este proceso lo realiza con un tratamiento térmico entre 135 y 150 °C, durante un tiempo que oscila entre 2 y 6 segundos, seguido de un enfriamiento rápido a temperatura ambiente. Los efectos de la ultrapasteurización sobre la calidad nutricional son mínimos y no se presentan cambios sobre el contenido graso, ni en la lactosa, ni en las sales, únicamente se presentan cambios marginales en el valor nutricional de proteínas y vitaminas (Ortega, 2004).

En la actualidad existen dos sistemas ultrapasteurizadores en el mercado que pueden adaptarse a las necesidades de la planta de la organización; los de placas y los de tubos concéntricos, siendo estos últimos los más utilizados en la industria del sector lácteo colombiano, que a su vez se dividen en dos sistemas, los de tubos concéntricos en “U” de varias marcas, donde la más representativa a nivel mundial es la ELECSTER² con sede en Finlandia, y a nivel nacional los de la marca ESSI³ con sede en Girón Santander; y los de tubos concéntricos en espiral, sistema exclusivo de la marca holandesa STORK⁴, siendo estos últimos los más amigables con el medio ambiente, menor consumo de vapor y agua potable, pero con un costo inicial mucho más elevado.

² ELECSTER. Empresa que fabrica líneas de producción y equipos para el procesamiento y empaque de productos líquidos alimenticios. Se especializa en: - Líneas de procesamiento UHT para productos lácteos - Esterilizadores tubulares - Envasadoras asépticas en bolsa - Material de empaque con barrera - Sistema no destructivo para el control de calidad de leche UHT.

³ ESSI. Empresa dedicada a la fabricación, comercialización y saneamiento de maquinaria industrial para el sector de alimentos, y que está exportando sus productos y servicios a países como México, Guatemala y Ecuador.

⁴ STORK. Empresa multinacional holandesa dedicada a la fabricación de líneas de procesamiento y empaque de productos alimenticios.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

A continuación en las ilustraciones 2 y 3 se presentan los sistemas de ultrapasteurización de tubos concéntricos en “U” y en espiral.

Ilustración 2. Ultrapasteurizador en “U” ELECSTER



Fuente: (ELECSTER, 2018)

Ilustración 3. Ultrapasteurizador de tubos concéntricos en espiral



Fuente: (ANUGA FOOD TEC, 2017)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.4.10. Sistemas de aire comprimido

Los sistemas de aire comprimido se emplean para controlar el movimiento de actuadores y su aplicación se presenta en herramientas, válvulas de control y posicionadores, martillos neumáticos, pistolas para pintar, sistemas de empaquetado, elevadores, herramientas de impacto, prensas neumáticas, robots industriales, vibradores, frenos neumáticos, entre otros (Ayala, 2017).

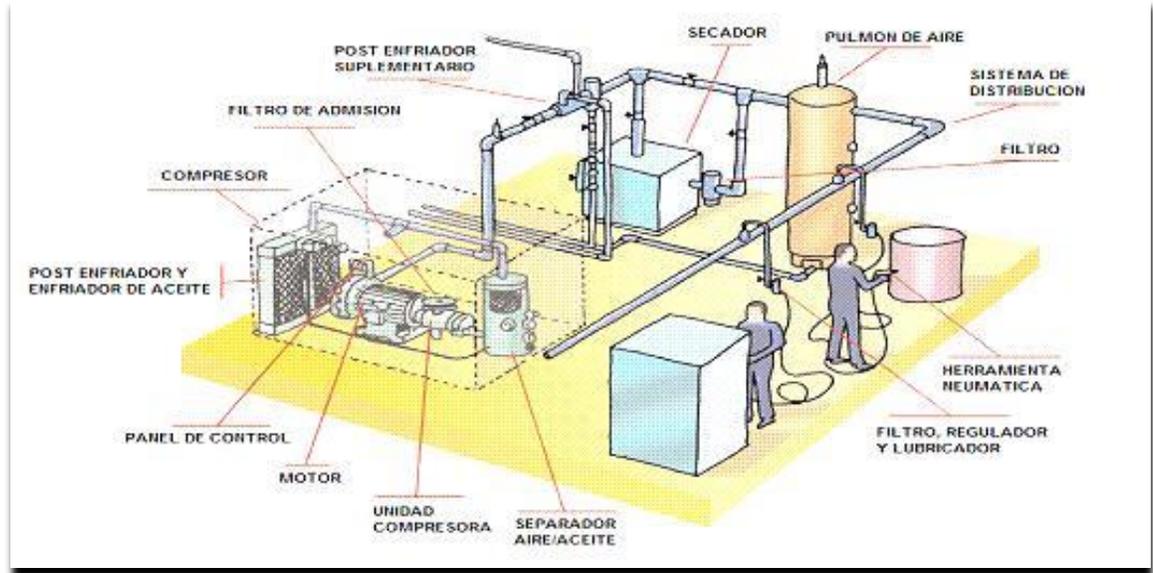
El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas utilizadas por el hombre y es conocido por ser el fluido que utiliza la neumática. En la actualidad el aire comprimido se obtiene con compresores que poseen alta tecnología tanto en su funcionamiento, como en ahorro energético.

Los compresores actuales se pueden clasificar en dos categorías: los de desplazamiento positivo y los dinámicos. En los primeros, una cantidad de aire es atrapado en una cámara de compresión, cuyo volumen es mecánicamente reducido, aumentando la presión del fluido antes de ser utilizado. Los compresores dinámicos le entregan energía cinética a un flujo continuo de aire mediante impulsores que rotan a altas velocidades; esta energía cinética es transformada en presión en el propio impulsor y las volutas de descarga (Ayala, 2017).

✓ Componentes de un sistema de aire comprimido

Los principales componentes son: compresor, motor primario, reguladores de presión del sistema, equipos de tratamiento del aire (separadores de aceite, secadores), tanque de almacenamiento y distribución.

Ilustración 4. Componentes de un sistema de aire comprimido

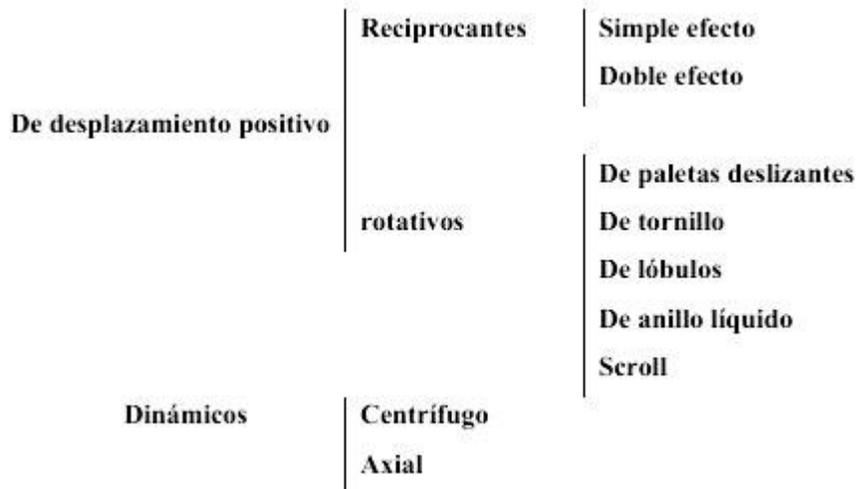


Fuente: (Cassani , 2010)

Clasificación de los compresores.

A continuación en la ilustración No.5, se presenta la clasificación de los compresores.

Ilustración 5.. Clasificación de los compresores



Fuente: (Compresores y Unidades de Vacío, 2014)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

✓ Compresores recíprocos

Tienen varias ventajas operativas que los han ubicado como los más conocidos, se componen por pistones que se desplazan dentro de los cilindros hasta que las válvulas de succión y descarga actúen de acuerdo a su diseño (Fernández, s.f.).

Las ventajas de este tipo de compresor son: tienen capacidad adaptable; no son sensibles a los cambios de las características del gas a comprimir y son económicos para operaciones de alta presión.

Dentro de las desventajas que tiene este compresor se señala que deben tener periodos cortos de operación continua; tienen problemas de pulsación y vibración, y el factor de servicio es menor al 100%.

✓ Compresores rotativos.

Existen dos tipos de compresores rotativos, los de alta presión y baja presión.

✓ Compresores rotativos de alta presión (más de 125 psi).

Están conformados por dos hélices rotativas que giran dentro de un ambiente cerrado sin entrar en contacto, son de bajo costo y pueden comprimir gas ligeramente sucio (Cassani, 2010).

La desventaja más notoria de este equipo es el ruido que hacen al funcionar, su eficiencia de compresión está entre el 75% y 80%.

✓ Compresores rotativos de baja presión (hasta 125 psi)

Difieren de los anteriores en el diseño mecánico de las hélices rotativas. El costo es menor que los de alta presión por la metalurgia de los materiales y la eficiencia de compresión varía entre el 75% y 80% (Rivas, s.f.).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

✓ Compresores de tornillo.

Están compuestos por dos tornillos impulsores (uno macho y otro hembra), que giran a altas revoluciones (más de 1000 rpm) dentro de la caja de impulsores. El caudal que circula dentro de la caja de impulsores es de tipo continuo. La alta velocidad, típica en estos compresores, hace posible comprimir volúmenes superiores a los 100 cfm y el tamaño del equipo no requiere gran espacio (Mundo Compresor, s.f.).

✓ Cilindros neumáticos.

Los cilindros neumáticos son unidades que transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o en fuerzas prensoras. Básicamente consisten en un recipiente cilíndrico provisto de un émbolo o pistón. Al introducir un determinado caudal de aire comprimido, éste se expande dentro de la cámara y provoca un desplazamiento lineal (Mundo Compresor, s.f.).

Ilustración 6. Cilindro neumático de doble efecto



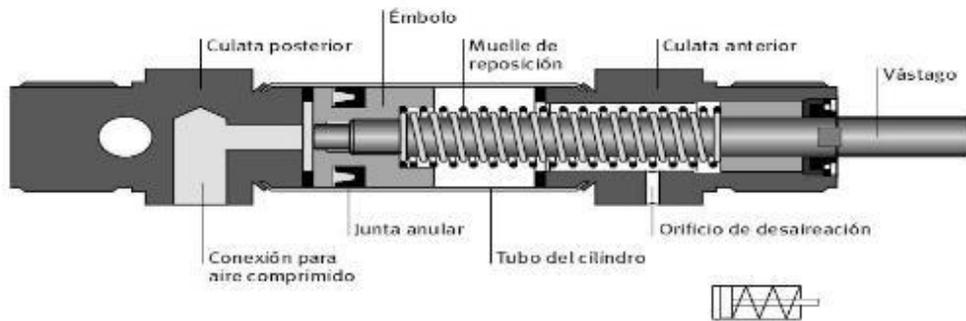
Fuente: (Grupo Festo, 2017)

Los cilindros neumáticos independientemente de su forma constructiva, representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos. Existen dos tipos fundamentales de los cuales se derivan construcciones especiales.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Cilindros de simple efecto: Uno de sus movimientos está gobernado por el aire comprimido, mientras que el otro se da por una acción antagonista, generalmente un resorte colocado en el interior del cilindro. Este resorte podrá situarse opcionalmente entre el pistón y tapa delantera (con resorte delantero) o entre el pistón y su tapa trasera (con resorte trasero). Realiza trabajo aprovechable sólo en uno de los dos sentidos, y la fuerza obtenible es algo menor a la que da la expresión $F = P \times A$, pues hay que descontar la fuerza de oposición que ejerce el resorte (Grupo Festo, 2017).

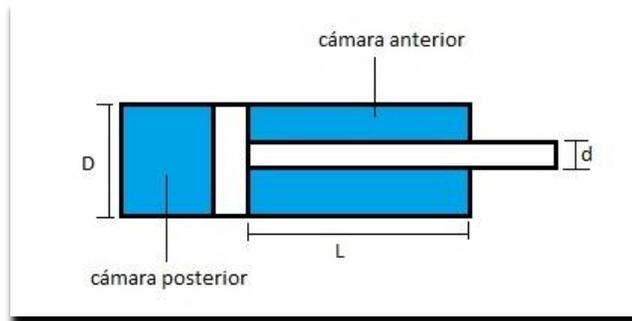
Ilustración 7. Cilindro de efecto simple



Fuente: (Grupo Festo, 2017).

Cilindros de doble efecto: En este tipo de cilindros el émbolo recibe aire a presión, alternativamente por ambos lados. El cilindro puede trabajar en ambos sentidos (carrera de avance y carrera de retroceso). La fuerza producida por un cilindro de doble efecto en el sentido que consideramos avance, no es igual a la fuerza que produce en el sentido retroceso, ya que la superficie sobre la que actúa la presión del aire es diferente, debido al espacio ocupado por el vástago.

Ilustración 8. Cámaras anterior y posterior de un cilindro de doble efecto



Fuente: Elaboración propia para el estudio.

2.4.11. Sistemas de vapor

Las calderas de vapor son equipos industriales las cuales funcionan mediante la aplicación de un combustible sólido, líquido o gaseoso; su principal objetivo es vaporizar el agua para poder así obtener diferentes aplicaciones.

Las calderas de vapor cuentan básicamente con una cámara de vapor y una cámara de agua; la primera se define como el espacio ocupado por el vapor en el interior del dispositivo, es allí en donde se separa el vapor del agua para lograr posteriormente la suspensión.

La capacidad de la cámara de agua es lo que va a dividir esta máquina en calderas de gran, mediano o pequeño volumen. Las primeras mantienen estable la presión del vapor y el nivel del agua, pero son muy lentas a la hora de encenderla y, por su reducida superficie, producen poco vapor. Las calderas de pequeño volumen de agua son rápidas para generar vapor pero requieren de un especial cuidado en su alimentación y regulación del fuego; por último las de mediano volumen poseen varios tubos de humo y de agua por ende la superficie de climatización aumenta.

Dentro de los tipos de calderas de vapor nos encontramos con una de las más populares, las pirotubulares horizontales; se fabrican en un mínimo de 200 kg/h y un

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

máximo de 17.000 kg/h, este modelo dispone en su parte trasera de una puerta abisagrada y de apertura total que deja al descubierto su interior; su fácil manipulación y accesibilidad permiten a quien la opera llevar a cabo las tareas de limpieza y mantenimiento desde el exterior.

Calderas de alta eficiencia

De acuerdo con la empresa SOLiCLIMA (s.f.), los principales tipos de calderas industriales de alta eficiencia son:

- Calderas de condensación:** la condensación consiste en una tecnología que aprovecha el calor residual del humo, cosa que no hacen el resto de las calderas, con lo cual el rendimiento se eleva hasta el 110% frente a las calderas convencionales. Esto supone un ahorro de combustible de hasta el 40%, con el consiguiente ahorro de costes para el empresario. Estas calderas están disponibles tanto para trabajar con gas como para trabajar con gasóleo, aunque se recomienda el uso del gas dado que es un combustible menos contaminante que el gasóleo, emite menos CO₂, se presuponen más cantidad de reservas en el subsuelo, y además las calderas a gas suelen ofrecer mejores rendimientos.
- Calderas de baja temperatura:** las calderas de baja temperatura basan su eficiencia en otro mecanismo diferente, con lo cual conviene dejarse aconsejar por el experto, porque según el tipo de proceso industrial que estemos trabajando, puede ser más ventajosa un tipo

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

de calderas u otra. Las calderas de baja temperatura no aprovechan el calor del humo, sino que se basan en que están optimizadas para trabajar con su rendimiento más elevado sólo en los picos de demanda de calor, con lo que ese rendimiento disminuye cuando la demanda de calor es más baja. En el caso de las calderas domésticas, esto es la mayoría del tiempo; en las calderas industriales, conviene analizar las características del proceso para deducir si este tipo de calderas puede ser rentable o no.

- Calderas de biomasa:** la biomasa se está convirtiendo en el gran recurso de las empresas que necesitan productos vegetales durante sus procesos de producción, por ejemplo, las industrias del sector alimentos. Estos procesos generan residuos vegetales, que hasta ahora han supuesto una molestia para los empresarios, que a veces tienen que pagar para liberarse de ellos. Muchas empresas de este sector están comenzando a optar por calderas de biomasa industriales en las que pueden combustionar sus residuos y producir energía para esos mismos procesos productivos. En Colombia algunos ingenios azucareros utilizan el bagazo de caña como combustible para sus sistemas de vapor.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Ilustración 9. Caldera pirotubular



Fuente: (Todo-Calderas, s.f.)

2.4.12. Subestaciones de energía

El tema de energía está relacionado con la capacidad desarrollada para un servicio industrial, de ahí la importancia de las subestaciones de energía eléctrica.

Se pueden identificar dos tipos diferentes de subestaciones eléctricas: las elevadoras, cuya tensión eléctrica es demasiado baja para entregarla a la red de transporte de energía. Las subestaciones eléctricas elevadoras se encargan de elevar la tensión hasta a 400kV para su adecuado funcionamiento; y las subestaciones eléctricas reductoras, se encargan de bajar la intensidad hasta adecuarla al consumo doméstico o al industrial.

2.4.13. Subestaciones eléctricas tipo industrial

En muchas de las aplicaciones de los servicios eléctricos de la industria, es necesario el uso de subestaciones eléctricas, principalmente para reducir los voltajes de la red de transmisión a los de distribución interna.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La subestación eléctrica de tipo industrial, tiene en esencia los mismos componentes que una subestación de potencia convencional.

Dentro de sus componentes están:

2.4.13.1. Transformador

Es una máquina eléctrica estática que transfiere energía eléctrica de un circuito a otro, manteniendo la frecuencia constante, elevando, reduciendo o conservando el voltaje de acuerdo a la aplicación. Opera bajo el principio de inducción electromagnética y tiene devanados que están enlazados magnéticamente y aislados eléctricamente. Pueden ser de dos tipos: sumergidos en aceite y secos.

Ilustración 10. Transformador trifásico sumergido en aceite



Fuente: (Ingemerc, s.f.)

Ilustración 11. Transformador tipo seco



Fuente: (Ingemerc, s.f.)

A continuación, se presenta en la tabla No.1, una comparación técnica entre transformadores en aceite y transformadores secos:

Tabla 1. Comparación técnica entre transformadores en aceite y secos

Característica	Transformador Seco	Transformador en Aceite
Inflamabilidad	NO	SI
Auto extinción en caso de falla eléctrica	SI	NO
Fabricado con materiales aislantes No Higroscópicos (no atraen humedad)	SI	NO
Resistente a la contaminación ambiental	SI	NO
Mayor estabilidad al cortocircuito durante la vida útil del equipo	SI	NO
Mantenimiento periódico	NO	SI

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Riesgos de contaminación ambiental por pérdida de líquido.	NO	SI
Disminución de las características dieléctricas por efecto del tiempo y del ambiente	NO	SI
Reducido costo de instalación y control	SI	NO
Confiabilidad en ausencia de mantenimiento y escasa disponibilidad de mano de obra especializada en la instalación	SI	NO
Capacidad de soportar sobrecargas instantáneas elevadas de corta duración, gracias a una reducida densidad de corriente.	SI	NO

Fuente: Página web DELCROSA (2014)

Ventajas de los Transformadores Secos en Resina

Para la empresa INEM (2017), “Los transformadores secos evitan los riesgos de incendios y contaminación presentes en los transformadores de aceite”, razón por la cual es elegido para interiores de oficinas, centros comerciales, hospitales, hoteles, plantas con procesos industriales de la petroquímica, o con máquinas controladas con electrónicas.

Para DELCROSA (2014), las ventajas de los transformadores secos pueden dividirse en tres categorías:

a) Reducción del impacto ambiental.

- ✓ Mayor seguridad (bajo riesgo de incendio). Porque reducen al mínimo el impacto ambiental, conforme a las normas ambientales internacionales vigentes. Estos transformadores se fabrican con materiales retardantes del fuego y auto-extinguibles, por lo cual tienen una inflamabilidad reducida y una emisión mínima de gases tóxicos, además de que funcionan en ambientes húmedos, con polvo, salinos o contaminados, ofreciendo también una alta resistencia a los shocks térmicos.
- ✓ Ausencia de líquidos de enfriamiento. Gracias a la total ausencia de líquidos de enfriamiento, no presentan riesgos de contaminación por derrame de

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

líquidos como el aceite y reducen drásticamente su propio aporte en caso de incendio.

- ✓ Recuperación de los materiales al fin de su vida útil. Debido a los materiales empleados para su fabricación los transformadores secos en resina, se consideran como los más respetuosos del medioambiente, especialmente al momento de dar de baja el equipo que ha cumplido su ciclo de funcionamiento, debido a que la resina se considera un material inerte y los devanados primarios y secundarios pueden ser fácilmente reciclados.

b) Simplificación de la Instalación

- ✓ Reducido espacio para la instalación. Presentan dimensiones de espacio menores, que se caracterizan por una reducción de cerca del 15% en las dimensiones y del 10% del peso en comparación con los transformadores sumergidos en aceite.
- ✓ Reducción de obras de construcción para instalarlo. No necesitan costosas obras de construcción, como los transformadores en aceite.
- ✓ Instalación interna en los edificios. Gracias al reducido espacio de instalación y a la mayor seguridad (bajo riesgo de incendio), pueden instalarse al interior de los edificios, aunque estén próximos a recintos frecuentados por personas. Al ser instalados al interior de los edificios pueden estar más cerca de las cargas de alimentación, con la ventaja de ahorrar costos de conexión y reducir las pérdidas en la línea de alimentación.

c) Flexibilidad en la fase de utilización.

- ✓ Mayor Capacidad de Sobrecargas. Al utilizar aire como medio de refrigeración y al emplear más tiempo para alcanzar la temperatura de régimen, poseen mayor capacidad de sobrecarga respecto de los

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

transformadores en aceite, permitiendo adaptarse adecuadamente para alimentar cargas con frecuentes alzas de corriente.

- ✓ Reducción del Mantenimiento. Se caracterizan por menores costos de mantenimiento; debido a que se inspeccionan sólo periódicamente para verificar que no acumulen polvo ni suciedad.

Para DELCROSA (2014) los transformadores con aislamiento en aceite deben vigilarse con el propósito de garantizar el nivel de líquido aislante, verificando que éste se conserve sin alterar las características dieléctricas propias.

2.4.13.2. Interruptor de potencia

Interrumpe y restablece la continuidad de un circuito eléctrico.

Ilustración 12. Interruptor de potencia



Fuente: (Switchgearmaker, s.f.)

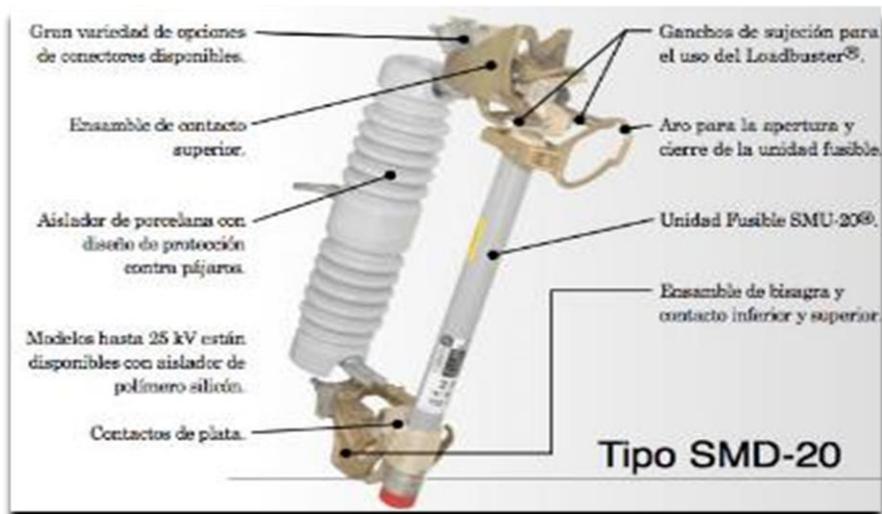
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.4.13.3. Fusibles

De acuerdo con el diccionario de la Real Academia de Lengua Española (2012), se refiere a un “hilo o chapa metálica que se coloca en algunas partes de las instalaciones eléctricas, para que, cuando la corriente sea excesiva, la interrumpa fundiéndose”

Son elementos de conexión y desconexión de circuitos, tienen dos funciones: una como interruptores y otra como elementos de protección (Grupo TEI, 2018).

Ilustración 13. Fusible eléctrico



Fuente: Grupo TEI México (2018)

2.4.13.4 Transformadores de medición

Existen dos tipos de transformadores para medición: los transformadores de corriente (TC) cuya función principal es cambiar el valor de la corriente en su primario a otro en el secundario para poder ser leída por un equipo de medición (selda1.com, 2018).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Ilustración 14. Transformador de corriente



Fuente: Página web SELDA 1 (2018)

Y el otro tipo son los transformadores de potencia (TP), cuya función es transformar los valores de voltaje para poder ser leídos por un equipo de medición.

Ilustración 15. Transformador de potencia



Fuente: Página web ABC Abastecimientos electromecánicos (2018).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.5. Marco espacial o situacional

La empresa está ubicada en el municipio de Bello, corregimiento de San Félix, vereda la Unión, a 2525 msnm, presión con una temperatura media de 14°C, humedad relativa de 86% durante el verano y en las noches la temperatura puede llegar a los 4°C.

Ilustración 16. Veredas del municipio de Bello



Fuente: Alcaldía de Bello (2017)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.6. Marco normativo

A continuación se presentan las principales normas y resoluciones vigentes en Colombia que deben cumplir las empresas del sector lácteo y la industria alimentaria.

- ✓ NTC 805. Productos lácteos. Leches fermentadas. Establece los requisitos que deben cumplir las leches fermentadas con empleo o no de microorganismos probióticos, destinadas al consumo directo o a su utilización posterior.
- ✓ RESOLUCION 2400 DE 1979. MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.
- ✓ DECRETO 1594 DE 1984. MINISTERIO DE AMBIENTE. Usos del agua y residuos líquidos.
- ✓ RESOLUCION No. 02310 DE 1986. 1979, MINISTERIO DE SALUD. Por la cual se reglamenta parcialmente el Título V de la Ley 09 de 1979, en lo referente a procesamiento, composición, requisitos, transporte y comercialización de los Derivados Lácteos.
- ✓ DECRETO 3075 DE 1997 DEL MINISTERIO DE SALUD. Este decreto regula todas las actividades que generan factores de riesgo para el consumo de alimentos, aplicándose para: a) Todas las fábricas y establecimientos donde se procesan los alimentos; los equipos y utensilios y el personal manipulador de alimentos; b) Todas las actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos en el territorio nacional; c) Los alimentos y materias primas para alimentos que se fabriquen, envasen, expendan, exporten o importen, para el consumo humano; d) A las actividades de vigilancia y control que ejerzan las autoridades sanitarias sobre la fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución, importación, exportación y comercialización de alimentos, sobre los alimentos y materias primas para alimentos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- ✓ RESOLUCION 005109 DE 2005. MINISTERIO DE PROTECCION SOCIAL. Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos de rotulado o etiquetado que deben cumplir los alimentos envasados y materias primas de alimentos para consumo humano.
- ✓ DECRETO 616 DE 2006. MINISTERIO DE PROTECCION SOCIAL. Por el cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga procese, envase, transporte, comercializa, expendi, importe o exporte.
- ✓ NTC 750. Productos lácteos. Queso. Establece definiciones, clasificación y los requisitos que deben cumplir los quesos destinados para consumo directo o para elaboración posterior, incluyendo queso rallado y queso en polvo.
- ✓ P.B.O.T. El Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Bello.

Por otro lado, las empresas industrializadas del sector lácteo que exportan sus productos deben cumplir con:

- ✓ NORMA DEL CODEX PARA LECHES FERMENTADAS. CODEX STAN 243-2003. Esta norma se aplica a las leches fermentadas, es decir, las leches Fermentadas Tratadas Térmicamente; las Leches Fermentadas Concentradas y los productos lácteos compuestos basados en estos productos, para consumo directo o procesamiento ulterior.
- ✓ NORMA GENERAL DEL CODEX PARA EL QUESO. CODEX STAN A-6-1978, Rev. 1-1999, Enmendado en 2006. La presente Norma se aplica a todos los productos destinados al consumo directo o a ulterior elaboración que se ajustan a la definición de queso.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación aplicado a este proyecto es hipotético- deductivo. Las hipótesis son las guías de una investigación o estudio, porque indican lo que se debe probar y demostrar, definiendo explicaciones tentativas del fenómeno a investigar, y se derivan de la teoría existente y deben formularse a manera de proposiciones, de hecho, son respuestas provisionales a las preguntas de investigación. Las hipótesis son el centro, la médula o el eje del método deductivo cuantitativo (Hernández Sampieri, Collado, & Baptista, 2014, pág. 104).

3.2. Método

Esta investigación utiliza el método deductivo como base fundamental para el razonamiento, con el propósito de deducir conclusiones lógicas a partir de una serie de premisas o principios.

En todo caso, el método deductivo es un proceso de pensamiento racional que va de lo general (leyes o principios), a lo particular (fenómenos o hechos concretos), y sus conclusiones se hallan dentro de las propias premisas, dicho de otra manera son consecuencia de estas (Hernández Sampieri, Collado, & Baptista, 2014).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.3. Técnicas

Para el desarrollo de este proyecto se emplearon técnicas de investigación documental y técnicas de investigación de campo para evaluar los procesos que se realizan en la planta de producción de lácteos y la capacidad de sus máquinas.

3.4. Fuentes de Investigación

3.4.1 Fuentes secundarias

Las fuentes secundarias de este trabajo son las elaboradas y producto del análisis de las mediciones y cálculos realizados.

3.4.2 Fuentes primarias

Las fuentes primarias son aquellas consultadas por el investigador a lo largo del proceso investigativo y que se incluyen al final siguiendo un estilo de publicación documental como APA, proporcionando datos de primera mano, como libros, antologías, artículos de publicaciones, monografías, tesis, conferencias o seminarios, artículos periodísticos, testimonios de expertos (Hernández Sampieri, Collado, & Baptista, 2014).

3.5. Procesamiento de la Información

Para el procesamiento de la información se emplearon métodos de organización, identificación, cálculos y análisis de los documentos consultados, así como visitas a la planta de lácteos con la finalidad de obtener datos reales y característicos de la producción, como el mantenimiento, limpieza y funcionamiento de los equipos UHT.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para la construcción del marco teórico, se realizó una búsqueda bibliográfica de documentos, libros, análisis de expertos, artículos, entre otros, todos con contenido actualizado de información relacionada a esta investigación. Así mismo, se realizaron visitas a la empresa de lácteos, especialmente a la planta de producción para identificar las necesidades de la gerencia y los equipos con los cuales opera, realizando cálculos y análisis de los procesos existentes.

3.6. Desarrollo metodológico

3.6.1. Observación

En esta fase de la investigación se identificaron los puestos de trabajo y los posibles problemas que se presentan en ellos.

3.6.2. Análisis de los resultados

Para el análisis de los resultados se relacionaron distintas técnicas y procedimientos para la determinación de la actualización de maquinaria o montaje de una nueva línea de procesamiento UHT, con el propósito de aumentar la productividad en la planta procesadora de lácteos. Para este fin, también se tuvo en cuenta la cualificación del personal con el manejo de los equipos, con el fin de determinar qué actividades son innecesarias y cuales pueden mejorarse para aumentar la productividad del negocio, disminuyendo costos de operación y facilitando la estandarización de los procesos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.7. Proceso para determinar la productividad actual

Para determinar la productividad realizada por un hombre o una máquina realizando un proceso u operación, deben descomponerse cada una de las actividades de manera que informen cuántos productos se pueden realizar en un tiempo determinado.

Apoyándose en la metodología de la hipótesis deductiva y la observación directa se realizó un inventario de los servicios industriales y la producción actual; con base en estos datos fue posible determinar el consumo de servicios industriales de cada uno de los equipos y procesos de la planta procesadora de lácteos.

Bajo los nuevos parámetros de producción demandados por las directivas de la organización, que implican duplicar la producción actual de 50000 litros diarios de leche, a 100000 en un año, se evalúa la posibilidad de suministrar los servicios industriales con el montaje actual, y de no ser posible, se justificará una propuesta para determinar los equipos requeridos para cumplir con dicha necesidad.

En la primera parte, se evalúan los consumos en la línea de vapor en los procesos de pasteurización, ultrapasteurización y derivados lácteos, con el propósito de calcular el consumo; si el producto a calentar es estacionario (baches y marmitas), o si está en movimiento en intercambiadores de placas y de tubos concéntricos. Después se procede con el cálculo del consumo de aire comprimido de las máquinas neumáticas, teniendo en cuenta la cantidad de cilindros, el diámetro, la carrera del vástago y el número de ciclos por minuto.

Paralelamente a la actividad anterior se realizan los cálculos eléctricos de los kVA adicionales, determinando si la subestación de energía está en la capacidad de atender el incremento de demanda; al igual que se analiza si el sistema de agua helada actual tiene la capacidad para soportar el incremento en la producción.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presenta el inventario de los equipos industriales con los que cuenta la planta productiva.

Tabla 2. Inventario de equipos

Caldera 60 BHP
Caldera 30 BHP
Pasteurizador 10000 Lts/h
Baches 1, 2, 3, 4, 5
Marmitas 1, 2
Multivac
Hiladora de Queso
Descremadora
Homogenizador Crepaco
Preprensa de Queso
Polivalentes 1, 2
Envasadoras 1, 2, 3
Empacadora Sixpack
Molino
Tanques de almacenamiento 1, 2, 3
Compresor de tornillo de 80 cfm
Elevador
Lámparas led - 100 unidades
Extractores 1, 2, 3, 4, 5

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Termoformadora.

CIP.

Fuente: Elaboración propia del estudio.

4.1. Valoración de la mano de obra calificada en la planta

El operario debe de estar atento a:

- ✓ Los indicadores de presión de la caldera, que la presión máxima sea 120 psi y que la mínima sea 100 psi.
- ✓ El nivel de agua no debe de estar por debajo del mínimo permitido, si esto sucede debe verificar que la bomba de suministro de agua si funcione correctamente.
- ✓ Verificar el nivel de carbón en la tolva, en caso de que falte debe de suministrar el carbón necesario.
- ✓ Verificar el correcto funcionamiento de la parrilla viajera, que funcione de acuerdo a la velocidad programada para que el carbón pueda realizar una combustión completa.
- ✓ Debe realizar purgas del sistema (una por turno) para evitar la formación de lodos en el asiento de la caldera.
- ✓ Realizar soplados de los tubos de calentamiento (un soplado por turno), para evitar la formación de hollín al interior de ellos.
- ✓ Llenar un formato en el cual se consignaran la hora de los soplados y las purgas.
- ✓ Suministrar los químicos necesarios al agua de la caldera para evitar la formación de incrustaciones calcáreas en el exterior de los tubos.
- ✓ Vaciar la tolva del multiciclón para retirar el material particulado que se encuentra en ella.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Con respecto al aire, el compresor Kaeser es un equipo completamente automático que no necesita supervisión constante, se puede programar para que en caso de que haya un corte energía se reinicie cuando el fluido eléctrico sea suministrado nuevamente. Este equipo necesita mantenimientos preventivos cada 4000 horas.

Así mismo, la subestación de energía no necesita supervisión constante y debe realizársele mantenimientos preventivos anuales.

En conclusión, el operador a cargo de los equipos puede ser una sola persona por turno de trabajo.

4.2. Cálculo de los consumos de los equipos

Después de conocer el inventario de equipos de la organización se procede a realizar el cálculo de los diferentes consumos.

4.2.1. Consumo de vapor.

Para calcular el consumo de vapor de un líquido en movimiento continuo se utiliza la ecuación:

$$mc = Q * \rho * c * \frac{T2-T1}{\Delta H}$$

Ecuación 1 (Vapor para la industria)

Donde:

mc: carga de condensado en kg/h.

Q: caudal en lts/h.

ρ : densidad del líquido en kg/lit

c: calor específico del líquido (kJ/kg.K)

T1: temperatura de entrada del líquido en °C.

T2: temperatura de salida del líquido en °C.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ΔH : calor latente del vapor en kJ/kg a presión absoluta de trabajo (Presión manométrica más presión atmosférica).

Para calcular el consumo de vapor de un líquido en estado estacionario se emplea la ecuación:

$$mc = V * \rho * c * \frac{T2 - T1}{\Delta H * th}$$

Ecuación 2 (Vapor para la industria).

Donde:

mc: carga de condensado en kg/h.

V: volumen en lts.

ρ : densidad del líquido en kg/lt

c: calor específico del líquido (kJ/kg.K)

T1: temperatura de entrada del líquido en °C.

T2: temperatura de salida del líquido en °C.

ΔH : calor latente del vapor en kJ/kg a presión absoluta de trabajo.

th: tiempo en horas.

Localidad	Altura msnm	Presión atmosférica (bar)
<i>San Pedro de los Milagros</i>	2475	0.76
<i>San Félix</i>	2525	<i>x</i>
<i>Santa Rosa de Osos</i>	2550	0.75

(EPM, s. f.)

Interpolando tenemos:

$$x - 0.76 = \frac{2525 - 2475}{2550 - 2475} * (0.75 - 0.76)$$

$$x = 0.76 - 0.0066$$

$$x = 0.7533 = 0.75$$

Para los cálculos se tomará una presión atmosférica de 0.75 bar o 10.87 psi.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Aplicando la ecuación 1 al equipo pasteurizador de placas, con flujo continuo de 10000 lts/h, se realiza el cálculo de consumo de vapor.

Datos:

Fluido a trabajar leche entera de vaca.

$Q = 10000 \text{ lts/h}$

$\rho = 1.033 \text{ kg/l}$

$C = 3.8929 \text{ kJ/kg.K}$ se obtiene de pasar $0.93 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ a kJ/kg.K

$T_1 = 44.8^\circ\text{C}$

$T_2 = 75^\circ\text{C}$.

Tipo de vapor: vapor saturado.

Presión absoluta de trabajo: $(30 \text{ psi} + 10.87 \text{ psi}) = 40.87 \text{ psia}$.

$\Delta H: 2169.63 \text{ kJ/kg}$ (tabla de vapor saturado h_{fg} a 40.87 psia).

El pasteurizador cuenta con una etapa de regeneración en la cual se aprovecha las temperaturas de la leche a la entrada y a la salida del equipo, la leche entra a 4°C y sale a 75°C . La leche sale de la etapa de regeneración a 44.5°C y de ahí pasa a la etapa de calentamiento que es donde va a llegar a los 75°C es en esta etapa donde se hará el cálculo de consumo de vapor.

$$m_c = 10000 \left(\frac{\text{lts}}{\text{h}} \right) * 1.033 \left(\frac{\text{kg}}{\text{lts}} \right) * 3.89 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right) * \frac{(75 - 44.8)^\circ\text{C}}{2169.63 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)} = 559.33 \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right)$$

El consumo de vapor del pasteurizador es: 559.33 kg/h .

Seguidamente se calcula el consumo de los polivalentes 1 y 2, que por ser un fluido estacionario se emplea la ecuación 2.

Datos:

Capacidad 8000 lts cada una.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Fluido a trabajar leche entera de vaca.

$$V = 8000 \text{ lts}$$

$$\rho = 1.033 \text{ kg/lit}$$

$$C = 3.8929 \text{ kJ/kg.K}$$

$$T_1 = 32^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 38^\circ\text{C}.$$

Tipo de vapor: vapor saturado.

Presión absoluta de trabajo: (20 psi + 10.87 psi) = 30.87 psia.

ΔH : 2196 kJ/kg (tabla de vapor saturado h_{fg} a 30.87 psia).

th: 18 minutos = 0.3 horas

$$mc = 8000 \text{ lts} * 1.033 \left(\frac{\text{kg}}{\text{lts}}\right) * 3.89 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}}\right) * \frac{(38 - 32)^\circ\text{C}}{2196 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right) * 0.3\text{h}} = 292.77 \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right)$$

El consumo de vapor de las dos polivalentes es: $292.77 * 2 = 585.54 \text{ kg/h}$.

Se procede a calcular el Bache de 1800 litros.

Datos:

Capacidad 1800 lts

Fluido a trabajar leche entera de vaca.

$$V = 1800 \text{ lts}$$

$$\rho = 1.033 \text{ kg/lit}$$

$$C = 3.8929 \text{ kJ/kg.K}$$

$$T_1 = 60^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 90^\circ\text{C}.$$

Tipo de vapor: vapor saturado.

Presión absoluta de trabajo: (30 psi + 10.87 psi) = 40.87 psia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ΔH : 2169.63 kJ/kg (tabla de vapor saturado h_{fg} a 40.87 psia).

t_h : 120 minutos = 2 horas

$$mc = 1800 \text{ lts} * 1.033 \left(\frac{\text{kg}}{\text{lts}} \right) * 3.89 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right) * \frac{(90 - 60)^\circ\text{C}}{2169.63 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) * 2h} = 50 \left(\frac{\text{kg}}{h} \right)$$

El consumo de vapor del bache de 1800 lts es: 50 kg/h

Continuando con los cálculos se procede a calcular el Bache de 800 litros.

Datos:

Cantidad: 4

Capacidad 800 lts cada uno.

Fluido a trabajar leche entera de vaca.

$V = 800$ lts

$\rho = 1.033$ kg/lit

$C = 3.8929$ kJ/kg.K

$T_1 = 60^\circ\text{C}$

$T_2 = 90^\circ\text{C}$.

Tipo de vapor: vapor saturado.

Presión de trabajo: (30 psi + 10.87 psi) = 40.87 psia

ΔH : 2169.63 kJ/kg (tabla de vapor saturado h_{fg} a 40.87 psia).

t_h : 60 minutos = 1 hora.

$$mc = 800 \text{ lts} * 1.033 \left(\frac{\text{kg}}{\text{lts}} \right) * 3.89 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right) * \frac{(90 - 60)^\circ\text{C}}{2169.63 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) * 1h} = 44.45 \left(\frac{\text{kg}}{h} \right)$$

El consumo de vapor de los cuatro baches de 800 lts es: $44.45 * 4 = 177.8$ kg/h

Se calcula el consumo de la Marmita de queso fundido.

Datos:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Capacidad 150 lts.

Fluido a trabajar leche entera de vaca.

$V = 150 \text{ lts}$

$\rho = 1.033 \text{ kg/lit}$

$C = 3.8929 \text{ kJ/kg.K}$

$T_1 = 30^\circ\text{C}$

$T_2 = 110^\circ\text{C}$.

Tipo de vapor: vapor saturado.

Presión absoluta de trabajo: $(30 \text{ psi} + 10.87 \text{ psi}) = 40.87 \text{ psia}$

ΔH : 2169.63 kJ/kg (tabla de vapor saturado h_{fg} a 40.87 psia).

t_h : 60 minutos = 1 hora.

$$m_c = 150 \text{ lts} * 1.033 \left(\frac{\text{kg}}{\text{lts}} \right) * 3.89 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right) * \frac{(110 - 30)^\circ\text{C}}{2169.63 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) * 1 \text{h}} = 22.22 \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right)$$

El consumo de vapor de las dos marmitas es: $22.22 \text{ kg/h} * 2 = 44.44 \text{ kg/h}$

Así mismo se calculan los consumos de la Hiladora de queso.

Datos:

Capacidad 300 lts.

Fluido a trabajar leche entera de vaca.

$V = 300 \text{ lts}$

$\rho = 1.033 \text{ kg/lit}$

$C = 3.8929 \text{ kJ/kg.K}$

$T_1 = 30^\circ\text{C}$

$T_2 = 110^\circ\text{C}$.

Tipo de vapor: vapor saturado.

Presión absoluta de trabajo: $(20 \text{ psi} + 10.87 \text{ psi}) = 30.87 \text{ psia}$

ΔH : 2196 kJ/kg (tabla de vapor saturado h_{fg} a 20 psia).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

th: 60 minutos = 1 hora.

$$mc = 300 \text{ lts} * 1.033 \left(\frac{\text{kg}}{\text{lts}} \right) * 3.89 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right) * \frac{(110 - 30)^{\circ}\text{C}}{2196 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) * 1\text{h}} = 43.91 \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right)$$

El consumo de vapor de la hiladora de queso es: 43.91 kg/h

Se calculan los consumos de la Lavadora de canastas.

Datos:

Capacidad 200 lts.

Fluido a trabajar agua potable.

V= 200 lts

$\rho = 1 \text{ kg/lt}$

C= 4.186 kJ/kg.K calor específico del agua. Se obtiene de pasar 1 kcal/kg.°C a kJ/kg.K

T1= 18°C

T2= 70°C.

Tipo de vapor: vapor saturado.

Presión absoluta de trabajo: (30 psi + 10.87 psi) = 40.87 psia

ΔH : 2169.63 kJ/kg (tabla de vapor saturado h_{fg} a 40.87 psia).

th: 30 minutos = 0.5 horas

$$mc = 200 \text{ lts} * 1 \left(\frac{\text{kg}}{\text{lts}} \right) * 4.186 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right) * \frac{(70 - 18)^{\circ}\text{C}}{2169.63 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) * 0.5\text{h}} = 40.13 \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right)$$

El consumo de vapor de la lavadora de canastas es: 40.13 kg/h

Se calcula el consumo del CIP.

Datos:

Capacidad 800 lts.

Fluido a trabajar agua potable.

V= 800 lts

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$\rho = 1 \text{ kg/lit}$

$C = 4.186 \text{ kJ/kg.K}$

$T_1 = 18^\circ\text{C}$

$T_2 = 70^\circ\text{C}$.

Tipo de vapor: vapor saturado.

Presión absoluta de trabajo: $(30 \text{ psi} + 10.87 \text{ psi}) = 40.87 \text{ psia}$

$\Delta H: 2169.63 \text{ kJ/kg}$

$t_h: 90 \text{ minutos} = 1.5 \text{ horas}$

$$mc = 800 \text{ lts} * 1 \left(\frac{\text{kg}}{\text{lts}}\right) * 4.186 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}}\right) * \frac{(70 - 18)^\circ\text{C}}{2169.63 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right) * 1.5\text{h}} = 53.5 \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right)$$

El consumo de vapor del CIP es: 53.5 kg/h

Tabla 3. Consumo total de vapor de los equipos instalados en la planta

Equipo	Consumo en kg/h
Pasteurizador	559.33
Polivalentes	585.54
Bache 1800	50
Baches 800	177.8
Marmitas	44.44
Hiladora	43.91
Lavadora de canastas	40.13
CIP	53.5
Total	1554.65

Fuente: Elaboración propia del estudio

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 4. Consumo de vapor de los equipos de la nueva línea de producción

Equipo	Consumo en kg/h
Empacadora ESSI A2	40
Esterilizador ESSI UHT 5t	320
Total	360

Fuente: Elaboración propia del estudio.

El total de vapor consumido por todos los equipos de la planta incluyendo la nueva línea de producción sería:

$$1554.65 \text{ kg/h} + 360 \text{ kg/h} = 1914.65 \text{ kg/h.}$$

Cantidad de vapor generado por las calderas

La planta cuenta con dos calderas JCT una de 60 BHP Y otra de 20 BHP.

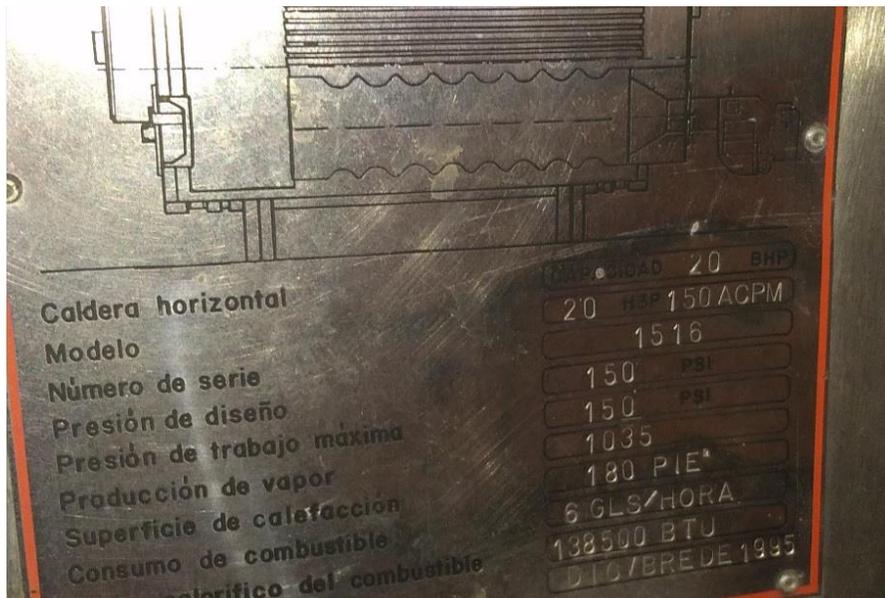
Ilustración 17: Placa caldera JCT 60 BHP



Fuente: Elaboración propia para el estudio.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Ilustración 18: Placa caldera JCT 20 BHP



Fuente: Elaboración propia para el estudio.

Para obtener los kilogramos/hora de vapor generados por las dos calderas debemos tener en cuenta el siguiente factor de conversión:

1 BHP= 15.65 kg/h de vapor.

El vapor generado por las dos calderas es:

$$(60 + 20)BHP * \frac{15.65 \left(\frac{kg}{h}\right)}{1BHP} = 1252 \left(\frac{kg}{h}\right)$$

Las dos calderas generan 1252 kg/h de vapor.

Nota: Este valor es en condiciones ideales de operación, en realidad las calderas entregan menos vapor.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.2.2. Consumo de aire comprimido

Cálculo de consumo de aire en un cilindro de doble efecto despreciando el volumen del vástago.

$$Qa = 2 * \frac{0.987 + Pt}{0.987} * \frac{\pi * D^2 * L * Nc}{4 * 10^6} \text{ Lts/min} \quad \text{Ecuación 3 (Creus Solé, 2007)}$$

Donde:

Qa: caudal máximo en lts/min.

L: carrera del cilindro en mm.

Nc: número de ciclos por minuto.

Pt: presión de trabajo en bar.

D: diámetro del cilindro en mm.

Empacadoras de líquidos TME. (3 máquinas).

Cada máquina tiene tres cilindros con las siguientes características:

D: 50 mm

L: 76 mm

Pt: 7 bar

Nc: 60

$$Qa = 2 * \frac{0.987 + 7}{0.987} * \frac{\pi * 50^2 * 76 * 60}{4 * 10^6} = 144.9 \text{ Lts/min}$$

$$144.9 \left(\frac{\text{Lts}}{\text{min}} \right) * \frac{0.0353 \text{ cfm}}{1 \left(\frac{\text{Lts}}{\text{min}} \right)} = 5.11 \text{ cfm}$$

Cada cilindro consume 5.11 cfm.

Cada máquina consume:

$$5.11 \text{ cfm} * 3 = 15.33 \text{ cfm}$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Las tres máquinas consumen:

$$15.33cfm * 3 = 46 cfm$$

Empacadora al vacío Multivac.

La máquina tiene cuatro cilindros con las siguientes características:

D: 80 mm

L: 200 mm

Pt: 7 bar

Nc: 15

$$Qa = 2 * \frac{0.987+7}{0.987} * \frac{\pi * 80^2 * 200 * 15}{4 * 10^6} = 244.05 \text{ Lts/min}$$

La máquina consume $244.05 \text{ cfm} * 4 = 976.2 \text{ Lts/min}$

La Multivac en total consume:

$$976.2 \left(\frac{\text{Lts}}{\text{min}} \right) * \frac{0.0353cfm}{1 \left(\frac{\text{Lts}}{\text{min}} \right)} = 34.45 \text{ cfm}$$

Empacadora de Sixpack.

La máquina tiene seis cilindros con las siguientes características:

D: 40 mm

L: 75 mm

Pt: 7 bar

Nc: 24

$$Qa = 2 * \frac{0.987+7}{0.987} * \frac{\pi * 40^2 * 75 * 24}{4 * 10^6} = 36.6 \text{ Lts/min}$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$36.6 \left(\frac{lbs}{min} \right) * \frac{0.0353cfm}{1 \left(\frac{lbs}{min} \right)} = 1.29 \text{ cfm.}$$

La empacadora de sixpack en total consume:

$$1.29 \text{ cfm} * 6 = 7.74 \text{ cfm.}$$

Dosificadora de crema.

La máquina tiene un cilindro con las siguientes características:

D: 80 mm

L: 400 mm

Pt: 7 bar

Nc: 15

$$Qa = 2 * \frac{0.987+7}{0.987} * \frac{\pi * 80^2 * 400 * 15}{4 * 10^6} = 488.11 \text{ Lts/min}$$

$$488.11 \left(\frac{lbs}{min} \right) * \frac{0.0353cfm}{1 \left(\frac{lbs}{min} \right)} = 17.23 \text{ cfm}$$

La dosificadora de crema consume 17.23 cfm.

Preprensa de queso.

La máquina tiene 4 cilindros con las siguientes características:

D: 100 mm

L: 500 mm

Pt: 7 bar

Nc: 0.066 la maquina hace cuatro ciclos en una hora.

$$Qa = 2 * \frac{0.987+7}{0.987} * \frac{\pi * 100^2 * 500 * 0.066}{4 * 10^6} = 4.19 \text{ Lts/min}$$

$$4.19 \left(\frac{lbs}{min} \right) * \frac{0.0353cfm}{1 \left(\frac{lbs}{min} \right)} = 0.14 \text{ cfm}$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La Prepresa consume en total:

$$0.14 \text{ cfm} * 4 = 0.59 \text{ cfm}$$

Tabla 5. Consumo total de aire en la planta

Equipo	Consumo en cfm
Envasadoras TME	45.99
Multivac	34.45
Empacadora de Sixpack	7.74
Dosificadora de crema	17.23
Prepresa	0.59
Total	106

Fuente: elaboración propia del estudio

Tabla 6. Consumo de aire de los equipos de la nueva línea de producción

Equipo	Consumo en cfm
Bagger	15
Envasadora	35
Esterilizador	10.6
Total	60.6

Fuente: Fichas técnicas de los equipos

El total de aire comprimido consumido por todos los equipos de la planta incluyendo la nueva línea de producción sería:

$$\text{total consumo de aire} = 106 \text{ cfm} + 60.6 \text{ cfm} = 166.6 \text{ cfm}$$

Cantidad de aire comprimido generado por el compresor.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La planta cuenta con un compresor Ingersoll-rand de 20 Hp que genera 80 cfm.

4.2.3. Consumo de energía eléctrica en kW

Este cálculo se realizara sumando la potencia en kW de cada una de las máquinas y motores de la empresa.

Tabla 7. Potencia nominal en kW instalada en la planta

Equipo	Potencia en kW
Homogenizador	45
Bomba producto	7,5
Bomba agua caliente	1,5
Molino	3,75
Agitador molino	0,75
Elevador	1,5
Multivac	15
Caldera	7,5
Caldera 2	7,5
Bomba agua potable	3,75
Agitadores de las polivalentes	7,5
Bombas polivalentes	3
Bomba agua a calderas	3,75
Bomba riego	9,75
Bomba recibo	7,5
Bomba silos	3,75
Agitador bache 1	1,125
Agitador bache 2	1,125
Agitador bache 3	0,75
Agitador bache 4	0,75
Agitador bache 5	0,75
Agitador silo 1	1,5
Agitador silo 2	1,5
Agitador silo 3	3,75

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Compreso de aire	15
TME Sixpack	4,5
Tajadora	7,5
TME 1	3,375
TME 2	3,375
TME 3	3,375
Hiladora	3
Planta de aguas residuales	5,25
Termoformador	0,75
Marmita queso fundido	3.75
Marmita pulpas	3,75
Iluminación	2
Chiller	75
Total	270.875

Fuente: Elaboración propia para el estudio

Total de kilovatios instalados es de 270.875 kW.

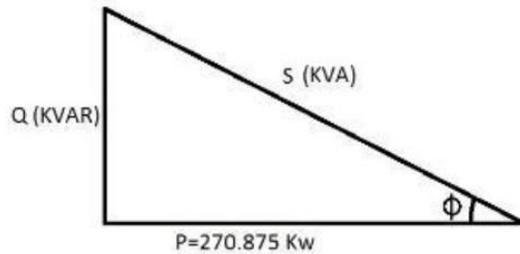
Factor de potencia de la planta $\Phi = 0.96$

ilustración 19: Factor de potencia



Fuente: elaboración propia del estudio

Analizando el triángulo de potencia para hallar la potencia aparente S en kVA.



$$\cos\phi = \frac{P}{S} \text{ Entonces } S = \frac{P}{\cos\phi}$$

$$S = \frac{270.875}{0.96} = 282.161kVA$$

Se calcula que el consumo total de kVA de los equipos instalados en la planta es: 282.161 kVA.

Tabla 8. Potencia nominal en kW de los equipos de la nueva línea de producción

Equipo	Potencia en kW
Bagger	5
Envasadora	30
Esterilizador	10
Homogenizador	45
Torre de enfriamiento	7
Total	97

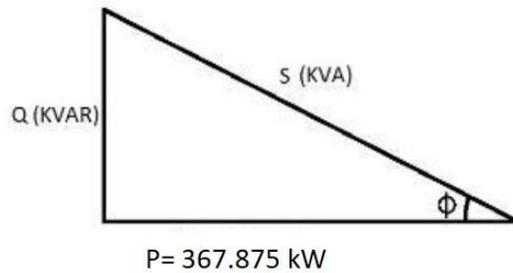
Fuente: Fichas técnicas de los equipos.

La potencia total instalada incluyendo la nueva línea de producción sería:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$potencia\ total\ en\ kW = 270.875kW + 97kW = 367.875\ kW$$

Analizando el nuevo triángulo de potencia:



$$\cos\phi = \frac{P}{S} \quad \text{Entonces} \quad S = \frac{P}{\cos\phi}$$

$$S = \frac{367.875}{0.96} = 383.203\ kVA$$

El consumo total de kVA incluyendo la nueva línea de producción sería de 383.203 kVA.

La subestación de la planta de producción tiene una potencia instalada de 300 kVA.

Cabe destacar que los análisis para consumo de agua helada no se realizan debido a que el equipo de ultrapasteurización será entregado por parte del fabricante con una torre de enfriamiento, la cual garantizará que la leche se empaque a una temperatura de 25°C. La leche UHT no necesita refrigeración.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.2.4. Resultados del consumo

Después de realizar el análisis de los consumos se presenta a continuación en la tabla N.8 la capacidad actual y proyectada de los equipos.

Tabla 9. Diferencia entre la capacidad instalada y capacidad futura

Equipo	Potencia instalada	Consumo futuro	Diferencia
Caldera	1252 kg/h	1914.65 kg/h	-662.65 kg/h
Compresor de aire	80 cfm	166.6 cfm	-86.6 cfm
Energía	300 kVA	383.203 kVA	-83.2 kVA

Fuente: Elaboración propia del estudio.

Como se puede observar todos los generadores de servicios industriales instalados en la planta, no pueden soportar la demanda de la nueva línea de producción, por lo cual será necesario invertir en la adquisición de equipos que suplan las nuevas necesidades de la empresa.

4.2.5. Estudio para la selección de nuevos equipos industriales

A continuación se presentan los equipos adecuados que cumplen con las demandas de la empresa, además de soportar nuevas ampliaciones en las líneas de producción.

Generación de vapor.

Para la generación de vapor se propone la caldera a carbón JCT 250 BHP 150 psi.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Ilustración 20. Caldera JCT 250



Fuente: (Calderas JCT, s.f.).

JCT es una empresa con sede en la ciudad de Medellín, que da una garantía adicional en caso de fallas o necesidad de repuestos. Además cuenta con un buen servicio postventa y prestan servicios de mantenimiento los fines de semana incluyendo domingos y festivos, representando un valor agregado o plus adicional, porque la caldera no estaría sujeta a estar parada un fin de semana arriesgando la producción de la planta.

La caldera cuenta con parrilla viajera, multiciclón, ventilador de forzado de combustión y ventilador de inducido. Esta caldera genera 3912 kg/h de vapor, lo cual garantiza futuras ampliaciones en cualquiera de las líneas de producción.

Por otro lado, la caldera que está instalada actualmente queda conectada para poder hacer los mantenimientos que requiera la nueva caldera y así afectar lo menos posible el proceso productivo.

Las dos calderas instaladas en la misma línea generarían 5164 kg/h de vapor.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Ilustración 21. Ficha técnica caldera JCT 250 BHP

			
1.1. ESPECIFICACIONES DE LA CALDERA			
MARCA	CALDERAS JCT S.A.S	NÚMERO DE SERIE	2121
MODELO	PHS250-1	AÑO DE FABRICACIÓN	2016
POTENCIA	250BHP	PASOS	3
		COMBUSTIBLE	CARBÓN
PRESIÓN DE DISEÑO (M.A.W.P.)	165		PSig
PRESIÓN DE TRABAJO	150		PSig
PRODUCCIÓN DE VAPOR (M.D.S.C.)	8625 LB-/H@ 0 PSIG- 100°C AGUA		Lb/hora
SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO	1078		ft ²
CONSUMO DE COMBUSTIBLE	485kg/h @ 11200 btu/lb		
ESPELOR DEL CUERPO			3/8" SA-516-70
ESPELOR DEL HOGAR			3/4" SA-516-70 "PLAIN"
ESPELOR CÁMARA DE COMBUSTIÓN			3/4" SA-516-70
ESPELOR PLACA FRONTAL			3/4" SA-516-70
ESPELOR PLACA TRASERA			3/4" SA-516-70
ESPELOR PLACA FRONTAL C.C.			10mm SA-516-70
ESPELOR PLACA RIOSTRADA C.C.			3/4" SA-516-70
TUBERÍA SEGUNDO PASO	Ø2 1/2" SA-192 x 0,125 ESP x 64 UND x 3540 mm LONG		
TUBERÍA TERCER PASO	Ø2 1/2" SA-192 x 0,125 ESP x 58 UND x 4240 mm LONG		
PESO DE LA CALDERA VACÍA	12		TON
PESO DE LA CALDERA NIVEL DE OPERACIÓN	19		TON
PESO DE LA CALDERA NIVEL MÁXIMO	22		TON
CAPACIDAD DE LA CALDERA NIVEL DE OPERACIÓN	8		M ³
CAPACIDAD DE LA CALDERA NIVEL MÁXIMO	10		M ³

Tabla 1. Especificaciones de la caldera

Fuente: Manual de operación y mantenimiento caldera 250 BHP 150 JCT 2016.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Generación de aire.

Para la generación de aire comprimido se recomienda el compresor Kaeser ASD-40T, que a 125 psi genera 191 cfm.

Kaeser es una empresa alemana fabricante de compresores de aire comprimido, que en todas sus máquinas utiliza lo último en tecnología, tanto mecánica, como eléctrica y de control.

Esta empresa no tienen ningún representante en Colombia, y venden sus compresores directamente sin intermediarios, cuentan con un excelente servicio posventa, el servicio técnico lo garantizan 24/7. Además, cuentan con un plan de mantenimiento preventivo el cual tiene un costo anual por cuatro mantenimientos e incluye repuestos y mano de obra, este costo se divide entre los cuatro mantenimientos y se paga por cada mantenimiento realizado.

Características de los compresores Kaeser

A continuación se presentan las principales características:

- ✓ **Instalación completa.** Equipo Listo para conectar y operar, completamente automático, cabina fono aislante con aislamiento antivibratorio, paneles protectores con revestimiento sintetizado; funcionamiento a temperaturas ambiente de hasta +45°C.
- ✓ **Insonorización.** Revestimiento interior con lana mineral laminada.
- ✓ **Aislamiento contra vibraciones.** Elementos metálicos reforzados para aislamiento antivibratorio.
- ✓ **Unidad compresora.** De una sola etapa, con inyección de aceite refrigerante para el óptimo enfriamiento de los rotores; unidad compresora de tornillo original KAESER con rotores de PERFIL SIGMA, accionamiento directo 1:1.
- ✓ **Accionamiento.** Accionamiento directo sin engranajes, acople flexible.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- ✓ **Motor eléctrico.** Motor Premium Efficiency IE3, fabricación alemana, protección IP 55, ISO F como reserva adicional; sensor de coeficiente positivo que supervisa la temperatura del motor; engrase de los rodamientos desde el exterior.
- ✓ **Componentes eléctricos.** Tablero eléctrico IP 54; transformador de control, variador de frecuencia Siemens; contactos secos (libres de potencia) para técnica de ventilación.
- ✓ **Circuito refrigerante de aceite y aire.** Filtro de aire seco; válvula neumática de entrada y salida; tanque de aceite refrigerante con sistema separador de tres etapas; sistema de separación; válvula de seguridad, válvula cheque/ presión mínima, sistema electrónico de termogestión ETM y filtro biodegradable de aceite en el circuito de aceite refrigerante; entubado completo, conductos elásticos.
- ✓ **Refrigeración.** Refrigeración por aire; enfriadores de aluminio separados para aire comprimido y fluido refrigerante; ventilador radial con motor eléctrico separado, sistema electrónico de termogestión ETM. Secador refrigerativo sin FCKW, agente refrigerante R 134a, equipo completamente aislado, circuito refrigerante cerrado herméticamente, compresor refrigerante tipo espiral con eficiente función de desconexión, control bypass de aire caliente, drenaje electrónico de condensado, separador centrífugo preconectado.
- ✓ **SIGMA Control 2.** Diodos (LEDS) en diferentes colores que indican el estado operativo; pantalla de texto claro, 30 idiomas a elegir, teclas de membrana con pictogramas; supervisión totalmente automática y modos operativos de control estándar Dual, Quadro, Vario, Dynamic y Continuo seleccionables; interfaz: Ethernet; módulos de comunicación adicionales y opcionales para: Profibus DP, Modbus, Profinet y Devicenet; ranura para tarjeta de memoria

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

SD que salva datos y realiza actualizaciones; lector de radiofrecuencia RFID, servidor de red.

Ilustración 22. Ficha técnica compresores de tornillo Kaeser.

Versión T con secador refrigerativo integrado (agente refrigerante R 134a)

Modelo	Presión de trabajo psi	Caudal *) Pequeño completo a la presión de trabajo cfm	Presión máxima de trabajo psi	Potencia nominal del motor hp	Potencia consumida secador ref. kW	Dimensiones L x A x A mm	Conexión de aire comprimido	Nivel de presión sonora **) dB(A)	Peso kg
ASD 25 T	125	112	125	25	0.8	1770 x 900 x 1530	G 1½	66	705
	175	89	175						
	217	72	217						
ASD 30 T	125	132	125	30	0.8	1770 x 900 x 1530	G 1½	67	716
	175	110	175						
	217	85	217						
ASD 40S T	125	162	125	40	0.8	1770 x 900 x 1530	G 1½	67	792
	175	127	175						
	217	106	217						
ASD 40 T	125	191	125	40	0.8	1770 x 900 x 1530	G 1½	69	807
	175	159	175						
	217	123	217						



Fuente: Página web equipos Kaeser

El compresor de tornillo de 20 Hp y 80 cfm, que existe actualmente en la planta se mantendrá conectado a la línea de aire comprimido y sus 80 cfm se sumarán a los 191 cfm del compresor Kaeser, lo cual permitirá una disponibilidad de 271 cfm. Con esto se generará el aire suficiente para la producción actual y para futuras ampliaciones en las líneas de producción.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Subestación eléctrica

Se recomienda la instalación de una subestación de energía eléctrica nueva, porque la existente es una instalación desactualizada o muy antigua, de la cual no existe ningún registro de mantenimiento, no cumple con ninguna norma del RETIE⁵ y el transformador sumergido en aceite ya no cumple con las nuevas exigencias de producción de la empresa.

La nueva subestación debe contar con un transformador tipo seco de 800 kVA el cual soportará futuras ampliaciones en las líneas de producción.

Se recomienda el transformador tipo seco por las ventajas que se describen de este tipo de transformador en el marco teórico y por las condiciones ambientales donde está ubicada la empresa.

⁵ Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE. cuyo objeto desde el año 2005, es establecer las medidas que garanticen la seguridad de las personas, la vida animal y vegetal, y la preservación del medio ambiente, previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

Después de analizar la capacidad de los equipos actuales, se concluye que el área de servicios industriales de la empresa de lácteos no cuenta con la capacidad suficiente para soportar la instalación de una nueva línea de producción, porque el aire comprimido está al 100% de la capacidad; la energía eléctrica que está utilizando se encuentra en un 94%; el caso del vapor es mucho más grave debido a que los requerimientos actuales exceden en un 25% la capacidad de generación que hay actualmente en la planta.

De acuerdo a los datos de consumo obtenidos en los análisis realizados, la planta en la actualidad está trabajando al 100% de la capacidad instalada y para aumentar la producción un 50% será necesario instalar nuevos equipos de generación de servicios industriales.

Los equipos de servicios industriales que se proponen para duplicar la capacidad productiva de la planta son: la caldera JCT de 250 BHP con capacidad de generar 3912.5 kg/h de vapor que se sumarían a los 1252 kg/h de vapor instalados; y el compresor de aire KAESER ASD 40T con capacidad de producir 191 cfm que se sumarían a los 80 cfm instalados.

De la misma manera se propone la compra de una nueva Subestación de energía con un transformador tipo seco de 800 kVA, que soporte la humedad del ambiente y de bajo costo de mantenimiento. Esta subestación se sumaría a los 300 kVA instalados.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

- ABC. (Enero de 2018). *ABC Abastecimientos electromecánicos*. Obtenido de <http://www.abc-electromecanicos.com/>
- Alzate, N., & Sánchez, J. (2013). *Estudio de métodos y tiempos de la línea de producción de calzado tipo "clásico de dama" en la empresa de calzado caprichosa para definir un nuevo método de producción y determinar el tiempo estándar de fabricación*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- ANUGA FOOD TEC. (Octubre de 2017). *Asep-Tec (Llena lineal aséptico)*. Obtenido de http://neuheiten.koelnmesse.net/750/2012/us/products/view/product_id:6726
- Ayala, R. (2017). *Antecedentes Históricos de la Neumática*. Canadá: Mechanical Engineering,. Recuperado el 15 de Octubre de 2017, de https://kupdf.com/download/antecedentes-historicos-de-la-neumatica_59a38191dc0d601374568ede_pdf
- Carpio, L. (2001). *Factores asociados a la adulteración comercial de leches y yogures en Guayaquil*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Cassani , M. (2010). *Auditorias de aire comprimido*. Recuperado el 2 de Noviembre de 2017, de <https://marcelocassani.wordpress.com/2010/05/04/auditorias-de-aire-comprimido/>
- Cataluña, U. T. (s.f.). *Universidad Tecnológica de Cataluña*. Obtenido de] http://epsem.upc.edu/~intercanviadorsdecalor/castella/tubs_concentrics.html
- Cengel, A. (2011). *Transferencia de Calor*. Mexico: McGraw Hill.
- Compresores Kaeser. (s.f.). Compresores de tornillo serie ASD.
- Comùn, C. d. (1999). Reglamento Técnico Mercosur de Identidad y Calidad de la Crema de Leche.
- Creus Solé, A. (2007). *Neumática e Hidráulica*.
- DANE. (2012). *Encuesta nacional agropecuaria ENA-2011*. Bogotá D.C.: Boletín de prensa.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Delcrosa. (24 de Enero de 2014). Ventajas de los transformadores secos. Perú. Recuperado el 15 de octubre de 2017, de <http://www.delcrosa.com.pe/noticia/ventajas-de-los-transformadores-secos/>

delcrosa. (s.f.). [http://www.delcrosa.com.pe/leer-noticias/ventajas-de-los-transformadores-secos.ventajas de los transformadores secos.](http://www.delcrosa.com.pe/leer-noticias/ventajas-de-los-transformadores-secos.ventajas-de-los-transformadores-secos)

ELECSTER. (2018). *Productos*. Obtenido de <https://www.elecster.fi/>.

EPM. (s.f.). *Condiciones atmosféricas de los municipios de Antioquia*.

FAO. (s.f.). *Manual de composición y propiedades de la leche*.

Fernández, P. (s.f.). *Compresores*. Recuperado el 10 de octubre de 2017, de http://www.ing.una.py/pdf_material_apoyo/compresores-y-ventiladores.pdf

González, D. (marzo de 2002). *Guía de intercambiadores de calor*. Sartenejas, Venezuela: Universidad Simón Bolívar.

Grupo Festo. (2017). *Neumático de doble efecto*. Obtenido de https://www.festo.com/cat/es-co_co/search?action=Buscar&query=Cilindro+neum%C3%A1tico+de+doble+efecto&submit=

Grupo TEI. (Enero de 2018). *Fusibles limitadores de corriente y de potencia*. México, México. Obtenido de http://grupoteimexico.com.mx/fusibles_limitadores_de_corriente.php

Hernández Sampieri, R., Collado, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. *Best Seller*. (Sexta ed.). McGRAW-HILL. Obtenido de https://trabajosocialudocpno.files.wordpress.com/2017/07/metodologc3a3c2ada_de_la_investigac3a3c2b3n_-sampieri-_6ta_edicion1.pdf

Holman, P. (1998). *Transferencia de Calor*. Madrid, España: McGraw Hill.

IFNC. (13 de Junio de 2016). *Las 20 industrias lácteas más grandes del mundo*. Obtenido de <http://www.agronewscastillayleon.com/ifcn-publica-el-ranking-de-las-20-industrias-lacteas-mas-grandes-del-mundo>

Incropera, F. (1999). *Fundamentos de Transferencia de Calor*. Mexico DF: Prentice Hall.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

INEM Transformadores. (15 de Noviembre de 2017). Transformadores de tipo seco. Guanajuato, México. Obtenido de <http://www.transformadorelectrico.com/tiposeco.html>

Ingemerc. (s.f.). *Transformadores*. Obtenido de <http://www.ingemerc.com/>

Meyers, F. (2000). *Estudio de métodos y tiempos para la manufactura ágil*. México: Pearson Edición. Obtenido de https://books.google.com.co/books?id=cr3WTuK8mn0C&printsec=frontcover&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Ministerio de Protección Social. (2006). *Decreto número 616 del 28 de febrero. Por el cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte comercializa, expendo, importe o exporte en el país*. Obtenido de <https://www.ica.gov.co/getattachment/15425e0f-81fb-4111-b215-63e61e9e9130/2006D616.aspx>

Mundo Compresor. (s.f.). *Cómo funciona un compresor de tornillo lubricado*. Obtenido de www.mundocompresor.com/articulos-tecnicos/diferentes-tipos-compresores

mundo compresor. (s.f.). www.mundocompresor.com/articulos-tecnicos/diferentes-tipos-compresores.

Nieto, J. (2005). *Creación de una micro empresa procesadora y comercializadora de leche con planta en Ubaté y distribución en Ubaté y en las plazas mayoristas de Codabas y Corabastos en Bogotá*. Bogotá D.C.: Universidad de la Salle.

Ortega, N. (2004). *Diseño de una metodología de evaluación para la creación de una pequeña empresa productora de bebidas saborizadas*. México: Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Obtenido de <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1473/nancy-ortega.pdf?sequence=1>

Patiño, C., & Ortega, J. (2013). *Producción intensiva de leche bajo un sistema de estabulación en el altiplano norte de Antioquia*. EFILAC. Medellín: Universidad CES.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Pineda, J. (2005). *Estudio de tiempos y movimientos en la línea de producción de piso de granito en la fábrica Casa Blanca S.A.* Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Porter, M. (1982). *Estrategia competitiva: técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia.* México: Compañía Editorial Continental.
- Porter, M. (1994). Hacia una teoría dinámica de la estrategia. *Harvard Business School Press*, 423–461.
- Porter, M. (2003). *Ser competitivo: nuevas aportaciones y conclusiones.* Bilbao: Ediciones Deusto.
- Porter, M. (2004). *Ventaja Competitiva: Creación y sostenimiento de un desempeño superior.* México: Compañía Editorial Continental.
- Quintero, E. (2011). Evolucion y Desarrolllo del Sector Lacteo en Colombia. medellin.
- Revista Eléctrica. (2011). Subestaciones Eléctricas. *Eléctrica la guía del electricista*, 16-19.
- Rivas, P. (s.f.). *Diseño y cálculo de compresores.* Obtenido de http://www.academia.edu/30589807/DISE%C3%91O_Y_CALCULO_DE_COMPRESORES
- Rodriguez, A. (1998). *Introduccion a la Termodinamica.* Madrid España: McGraw Hill.
- Romero, M., & Vera, J. (2007). *Propuesta de rediseño de planta para la empresa Lácteos el Rancho del municipio de Sopó-Cundinamarca.* Bogotá D.C.: Universidad de la Salle.
- selda1.com. (Enero de 2018). *SELDA LTDA. Transformadores para medición.* Obtenido de <http://www.selda1.com/>
- SOLiCLIMA. (s.f.). *Calderas industriales.* Obtenido de <http://www.soliclimate.es/calderas-industriales>
- Sswitchgearmaker. (s.f.). *Interruptores.* Obtenido de <http://www.switchgearmaker.es/>
- Todo-Calderas. (s.f.). *Calderas.* Obtenido de <http://www.todocalderas.com.ar/>
- UNAD. (s.f.). CURSO: 301105 – Tecnología de Lácteos. *Definición, composición, estructura y propiedades de la leche.*
- UNAL. (s.f.). *Manual para la adquisición y manejo seguro de medios de trabajo.* Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

UNIANDES. (2017). *sector lechero en colombia potencial desperdiciado*.

Uniandes. (22 de Septiembre de 2017). *Sector lechero en Colombia: Potencial desperdiciado*.

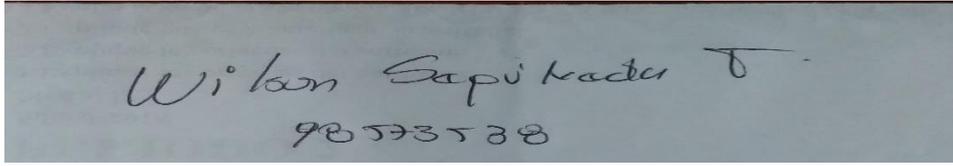
Obtenido de <https://agronegocios.uniandes.edu.co/2017/09/22/sector-lechero-en-colombia-potencial-desperdiciado/>

Vapor para la industria. (s.f.). *Métodos de Cálculo de Consumo de Vapor para Plantas Industriales*.

Obtenido de <http://vaporparalaindustria.com/metodos-de-calculo-de-consumo-de-vapor-industrial/#more-6665>

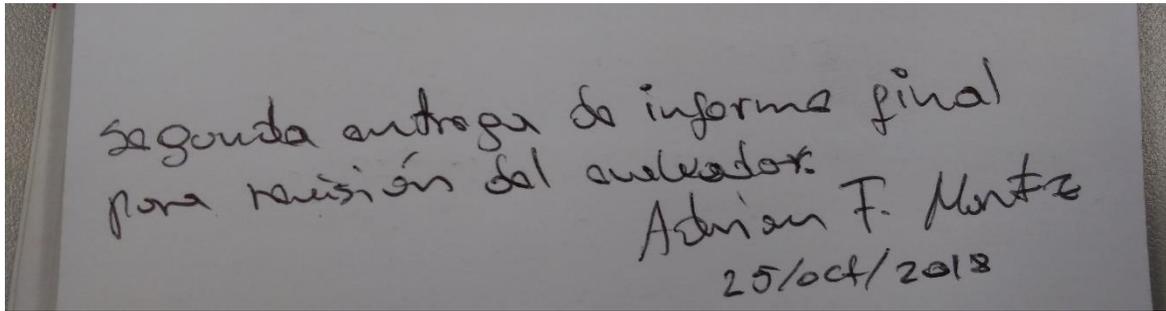
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTE



Wilson Sepúlveda T.
98593538

FIRMA ASESOR



segunda entrega de informe final
para revisión del asesor.
Adrian F. Montez
25/oct/2018

FECHA ENTREGA: 25/10/2018

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD

RECHAZADO ACEPTADO ACEPTADO CON MODIFICACIONES

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACTA NO. _____ FECHA ENTREGA: _____
--

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____ ACTA NO. _____ FECHA ENTREGA: _____
