

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Administración y Economía**

**¿Cuáles son los efectos de la automatización de un proceso continuo?**

**Proyecto de Investigación**

**Katerine Victoria Guato Suárez**

**Economía**

Trabajo de titulación presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Economista

Quito, 10 de mayo de 2019

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ  
COLEGIO DE ADMINISTRACIÓN Y ECONOMÍA

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**¿Cuáles son los efectos de la automatización de un proceso continuo?**

**Katerine Victoria Guato Suárez**

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Candy Abad, Ph.D.

Firma del profesor

---

Quito, 10 de mayo de 2019

## **Derechos de Autor**

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: \_\_\_\_\_

Nombres y apellidos: Katerine Victoria Guato Suárez

Código: 00124842

Cédula de Identidad: 0502828478

Lugar y fecha: Quito, 10 de mayo de 2019

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme todas las oportunidades y permitirme culminar esta etapa de mi vida y empezar otra que representa un reto mucho más grande. A mis padres, Yolanda y Nelson, por su admirable ejemplo, apoyo, guía y consejos durante todos estos años. A mis hermanas Jenny, Mayra y Johanna por ser ejemplo de responsabilidad, fortaleza y también mi motivación para aprender y ser mejor cada día. A Sebastián por su amor y ayuda incondicional. A todos quienes durante estos años hicieron posible alcanzar esta meta. Finalmente, un especial agradecimiento a mi Directora de Tesis Candy Abad por haber fomentado mi gusto por el análisis, así como también por brindarme su tiempo y conocimiento en la realización de este proyecto.

## RESUMEN

El presente trabajo es un estudio sobre los efectos de la automatización en un proceso continuo haciendo énfasis en los costos y la productividad. La motivación del presente fue analizar si la automatización es una opción para las empresas pequeñas o medianas que necesitan desarrollarse en el marco de la restrictiva regulación ecuatoriana a la industria de alimentos lácteos. El objetivo del trabajo fue demostrar comparativamente las diferencias entre los costos de un proceso realizado de modo manual o de modo automático. Para cumplir este fin, se realizó el análisis en y para una empresa de la industria de alimentos lácteos de la región Sierra del Ecuador. Los resultados muestran que a pesar de que los costos no disminuyen de manera significativa, la variación en la productividad es positiva, confirmando que la automatización es una manera eficiente de incrementar la productividad de una empresa dentro de una industria en la que no hay espacio para competir de otra manera.

*Palabras clave:* automatización, costo, eficiencia técnica, proceso, productividad.

## ABSTRACT

The present work is a study about the effects of automation in a continuous process focusing on costs and productivity. The motivation of this work was to analyze whether automation is an option for small or medium-sized companies that need to develop within the framework of the restrictive Ecuadorian regulation of the dairy food industry. The objective of the work was to demonstrate comparatively the differences between the costs of a process carried out manually or automatically. To achieve this goal, the analysis was carried out in and for a company in the dairy food industry located in the Sierra region of Ecuador. The results show that although the costs do not decrease significantly, the variation in productivity is positive, confirming that automation is an efficient way to increase the productivity of a company within an industry in which there is no room to compete in another way.

*Keywords:* automation, cost, technical efficiency, process, productivity.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>Acrónimos y Siglas .....</b>	<b>7</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>9</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO 1: REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>12</b>
1.1 Marco legal de la industria láctea en el Ecuador.....	12
1.2 Definición de eficiencia y productividad .....	13
1.3 Caso Real empresa PDL.....	14
<b>CAPÍTULO 2: ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>17</b>
2.1 Concepto y composición de la leche de vaca .....	17
2.2 Descripción del proceso de Ultrapasteurización .....	17
2.3 Empaque de funda plástica de múltiples capas.....	18
2.4 Proceso completo de una funda de leche UHT en PDL.....	19
2.5 Costo de producción de un litro de leche UHT .....	20
<b>CAPÍTULO 3: COSTO DEL PROCESO MANUAL .....</b>	<b>22</b>
3.1 Descripción del proceso de clasificación manual .....	22
3.2 Costo de producción del proceso de clasificación de leche UHT .....	24
3.3 Problemas del proceso de clasificación manual .....	25
<b>CAPÍTULO 4: COSTO DEL PROCESO SEMIAUTOMATIZADO .....</b>	<b>27</b>
4.1 Descripción del proyecto de semiautomatización .....	27
4.2 Costo del proceso de clasificación semiautomatizada .....	29
4.3 Problemas del proceso de clasificación semiautomatizada.....	31
<b>CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
5.1 Análisis de variación de los costos.....	32
5.2 Cálculo de la productividad.....	33
<b>CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>35</b>
6.1 Conclusiones.....	35
6.2 Recomendaciones.....	36
<b>Bibliografía .....</b>	<b>37</b>
<b>Anexo A: Entrevistas al Gerente Administrativo y al Jefe de Producción.....</b>	<b>39</b>
<b>Anexo B: Proceso de producción de la línea de leche de la empresa PDL.....</b>	<b>43</b>
<b>Anexo C: Programas de producción de envasadora aséptica de 3 cabezales.....</b>	<b>44</b>
<b>Anexo D: Planos de medición del área de envasado de leche.....</b>	<b>45</b>
<b>Anexo E: Planos técnicos del sistema mecánico.....</b>	<b>46</b>
<b>Anexo F: Cotización del sistema mecánico.....</b>	<b>47</b>

## ACRÓNIMOS Y SIGLAS

A1: Anexo A

AM: Acuerdo Ministerial

Art: Artículo

Atm: atmósfera (unidad)

BID: Banco Interamericano del Desarrollo

CO<sub>2</sub>: dióxido de carbono

cm<sup>2</sup>/d: centímetros cuadrados sobre una unidad

DE: Decreto Ejecutivo

IVA: Impuesto al Valor Agregado

mL: mililitro

mm: milímetro

nm: nanómetro

No.: número

O<sub>2</sub>: oxígeno diatómico

Pág.: página

Pallet: armazón de madera utilizado en el movimiento de carga pesada

Párr.: párrafo

PDL: Procesadora de leche

RUC: Registro Único de Contribuyente

Tolva: recipiente en forma de cono invertido, con una abertura en su parte inferior, que sirve para hacer que su contenido pase poco a poco a otro lugar

UHT: Ultra High Temperature, en español Ultra Alta Temperatura

UNAD: Universidad Nacional Abierta y a Distancia

USD: Dólar estadounidense, moneda oficial de los Estados Unidos de América



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1 Costo de producción de 1 litro de leche UHT de la empresa PDL.....</b>	<b>21</b>
<b>Tabla 2 Fundas de leche por minuto por cabezal de la envasadora aséptica de 3 cabezales.....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 3 Costo de clasificación manual por litro de leche UHT.....</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 4 Cotización del sistema de clasificación semiautomatizada.....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 5 Costo de clasificación semiautomática por litro de leche UHT.....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 6 Variación del Costo por litro de leche de Manual a Automático.....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla C1 Programas de producción envasadora aséptica de 3 cabezales.....</b>	<b>44</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	<b>Proceso de producción de leche en funda UHT en PDL.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 2</b>	<b>Proceso de clasificación de leche en funda en PDL.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 3</b>	<b>Proceso de clasificación semiautomático de leche en funda.....</b>	<b>28</b>

## INTRODUCCIÓN

En el Ecuador la industria de alimentos lácteos se sujeta a limitaciones de precio impuestas por el Gobierno Central. En primera instancia, se debe pagar a los ganaderos (proveedores de leche) un precio mínimo por litro de leche cruda; mientras que, en segunda instancia, no se debe exceder el precio máximo al cual el litro de leche es vendido al consumidor final. Como consecuencia, las empresas dentro de esta industria deben ser competitivas y una de las maneras de lograrlo es incrementando su eficiencia productiva.

La teoría económica descrita en 2018 por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en su libro *Reformas y Desarrollo en el Ecuador Contemporáneo* explica que en un punto en el que ya no se puede *crecer* mediante la adquisición de más factores de producción, siempre se podrá *incrementar* la productividad de estos (pág. 119). En este trabajo se verificará si la automatización es el instrumento que permitiría a una empresa utilizar de manera *eficiente* sus recursos para aumentar la productividad total de sus factores de producción.

Para realizar el estudio se utilizó como medida de productividad la eficiencia técnica y se comparó un proceso de clasificación que utiliza mano de obra con uno automatizado. En resumen, se realizó un análisis comparativo en términos de costo-efectividad. También se tomaron en cuenta factores cuantitativos como cualitativos de ambos procesos para establecer las conclusiones y recomendaciones. De esta manera, se pudo halló que al realizar la automatización se obtiene un costo menor y por ende mayor productividad que al realizar el proceso manualmente.

Para demostrar cuál es el efecto de la automatización en una empresa, se realizó la investigación en una empresa procesadora de leche de vaca, en cuyo Registro Único de Contribuyente (RUC) consta como actividad principal la elaboración de productos lácteos y sus derivados. La empresa se mantuvo anónima para este trabajo y se hace referencia a la

misma con las siglas PDL que denotan PROCESADORA DE LECHE. Es pertinente realizar el estudio en PDL dado que existe la oportunidad de automatizar su proceso de clasificación de la leche en funda, el cual es un proceso continuo que en la actualidad se realiza de forma manual.

Para comenzar se realizó un resumen de las características propias de la leche de vaca, y el proceso que exige la ultrapasteurización. También fue necesario explicar el proceso productivo con el fin de comprender a cabalidad la necesidad de la empresa. Luego, se presenta el costo de producción por litro de leche UHT, utilizando la base de datos brindados por la empresa. Después, se analizó ambas maneras de realizar el proceso, tomando en cuenta detalles cualitativos y otros cuantitativos obtenidos a través de las entrevistas al personal de la empresa PDL, esta información se encuentra en el Anexo A. Posteriormente se realizará el análisis de diferencia en costos en el proceso manual y el automatizado, para determinar diferencias en productividad.

Finalmente, se presentan las conclusiones en donde se resaltan puntos a favor y en contra de cambiar el proceso de clasificación de manual a uno automatizado, dado que este cambio no solo implica beneficios sino también desventajas. Con este estudio, se demuestra que la automatización es una manera eficiente de incrementar la productividad y la competitividad en costos de una empresa dentro de una industria en la que no hay espacio para competir con precios.

# CAPÍTULO 1: REVISIÓN DE LITERATURA

## *1.1 Marco legal de la industria láctea en el Ecuador*

En el Ecuador las empresas dentro de la industria de alimentos lácteos se sujetan a regulación de precios. Por una parte, las empresas procesadoras de leche deben pagar a los ganaderos (proveedores de leche cruda) un precio mínimo por litro de leche cruda; por otra parte, las empresas procesadoras de leche no pueden exceder el precio máximo al cual llega el litro de leche al consumidor final. Para conocer los detalles específicos de ambas regulaciones remítase al mandato ejecutivo DE No. 846 del año 2008, del Presidente Rafael Correa, cuyo artículo 1, dispone lo siguiente:

Regular temporalmente los precios máximos de venta al público del litro de leche, de acuerdo a la siguiente tabla: Pasteurizada en funda USD \$0.55; UHT (Triple pasteurizada), en funda USD \$0.60; UHT, en cartón USD \$0.95 (DE No. 846, 2008, art. 1).

También remítase al Acuerdo Ministerial AM No. 394 del año 2010, del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP), cuyo artículo 1. Precio al productor, acuerda lo siguiente:

Las industrias lácteas y en general toda persona natural y jurídica que adquieran leche cruda a los productores deberán pagar el precio mínimo de sustentación de 0.3933, más lo estipulado en la tabla oficial referencial de pago por componentes e higiene... (AM No. 394, 2010, art. 1).

Como consecuencia las empresas dentro de esta industria se encuentran en una situación en la que no pueden reducir el costo de su principal materia prima y al mismo tiempo tampoco pueden modificar o ajustar el precio ofrecido al consumidor con el fin de maximizar su ganancia. Una de las opciones que pueden escoger las empresas dentro de esta industria es

ser más competitivas y una de las maneras de lograr es mediante al incremento de su eficiencia productiva. Es posible incrementar la eficiencia productiva con el mejoramiento de procesos.

### *1.2 Definición de eficiencia y productividad*

El significado de eficiencia es complejo, algunos estudios como el de Ernesto Cohen y Rolando Franco (1992) definen la eficiencia como “la relación entre costos y productos obtenidos”. Mientras que en el texto de Marlaine Lockheed y Eric Hanushek (1994) afirman que: “...un sistema eficiente obtiene más productos con un determinado conjunto de recursos, insumos o logra niveles comparables de productos con menos insumos, manteniendo a lo demás igual” (pág. 1). Aunque la definición anterior sirve al objetivo de este texto, es importante recurrir a otra definición más específica que es la eficiencia técnica, puesto que esta “compara dos diferentes maneras de lograr un determinado logro, con relación a un determinado resultado” (Mokate, 1999, pág. 6). Finalmente, cabe resumir todo con el concepto extraído del libro académico Economics de Oxford University que indica que: “Una empresa es productiva-eficiente si fabrica su producto al menor costo posible por unidad”. (Blink & Dorton, 2012, pág. 108)

La razón por la que se hace referencia a la eficiencia técnica es porque se analizará el caso específico de la empresa PDL, dado que existe la oportunidad de automatizar el proceso de clasificación de la leche en funda. Lo interesante de realizar este análisis es que hasta el día de hoy este proceso continuo se realiza de modo manual, y esto quizás puede ser sostenible debido al tamaño de la empresa. Según la clasificación de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador, PDL es una Mediana Empresa, esto según el valor bruto de ventas anuales (\$1.000.001-\$5.000.000) y personal ocupado (50-199). Sin embargo,

eventualmente el crecimiento de la empresa le obligará a automatizar este proceso cuando la cantidad de fundas de leche excedan la capacidad de los clasificadores.

Es importante aclarar a qué se refiere la automatización de un proceso. Por una parte, Stephen L. Joseph en su investigación *Investing for Automation* publicada por CFA Institute (1956), explica la relevancia de la automatización en el mundo actual. Su motivación parece ser el comportamiento de las personas ante la automatización, que ven a esta actividad como algo grande e importante. No obstante, Stephen expone que es un proceso natural del avance humano. Ahora bien, su escrito es trascendental para entender que es la automatización y las definiciones que el autor expone varían dependiendo de lo siguiente: del campo de trabajo, de los mecanismos y del grado de automatización.

Al presente estudio le compete la definición de automatización relacionada al campo de trabajo, en la cual es posible distinguir tres tipos de automatización: la extensión, la mecanización, y también el proceso de retroalimentación. El tipo de automatización al cual se aludirá es la mecanización, definida como: “la operación automática o integrada de un sistema que utiliza equipos electrónicos, electromecánicos, mecánicos, hidráulicos o neumáticos o una combinación de los mismos para realizar funciones para regular o coordinar el flujo de trabajo” (Stephen. L, 1956, pág. 33-35).

### *1.3 Caso Real empresa PDL*

El presente trabajo se realiza en la empresa mediana PDL que cuenta con 100 empleados entre operativos y administrativos, y está ubicado en la región Sierra del Ecuador. Cabe señalar que esta empresa envasa leche con una plataforma de producción promedio de 15 mil litros de leche por día y cuenta con otras dos líneas de productos lácteos que en conjunto suman un total de 25 mil litros de leche procesada al día. En esta ocasión se estudiará la línea de producción de leche en funda específicamente el proceso de clasificación, el cual es trascendental puesto que la empresa vende diferentes fundas de leche que difieren en el

contenido, las que producen en la actualidad contienen: “200mL, 250mL, 450mL, 900mL, 1000mL y 1100mL” (Gerente Administrativo PDL, comunicación personal, 30 de enero de 2019, ver A1). Hoy en día el proceso de clasificación lo realizan 4 personas quienes pueden llegar a clasificar y contar hasta 100 fundas de leche de 200mL por gaveta, la cual es previamente recubierta por una funda quintalera transparente. Por esta razón al proceso de clasificación actual se lo denomina manual.

A PDL se le ofreció automatizar el proceso de clasificación que a breves detalles conseguirá lo siguiente: (a) trasladar los litros de leche de la banda móvil a la gaveta, (b) clasificar y contar las fundas de leche, y (c) trasladar la gaveta llena al final de una línea en donde se apilarán sobre un pallet. Los pallets completos serán trasladados por los empleados a la bodega de producto terminado y no se consideran dentro del proceso de clasificación. El sistema mecanizado depende de los recursos, así como del espacio, de modo que el sistema puede ser automático o semiautomático. Un ejemplo claro, es que el cambio puede diferir en si se integran otras bandas individuales o si se integran de estaciones de máquinas independientes que realicen el conteo como balanzas. Por lo que se refiere a los incentivos por los que una empresa como PDL considera automatizarse se encuentran: la disminución del número de obreros para reducir el alto costo de mano de obra, la eliminación de los costos por riesgo de salud ocupacional y la disminución de errores de conteo.

Para este escrito se prevé reflejar el cambio en los costos de la clasificación de la leche, pero para esto se necesita el costo de producción por litro de leche para poder realizar el posterior análisis, esto se lo puede realizar con la información brindada por el departamento de Contabilidad de la empresa PDL. Se debe agregar que PDL no cuenta con un esquema formal para realizar su costeo, razón por la cual el presente trabajo propone un método de costeo en base a la información obtenida, el mismo que necesitaría ser validado. La dificultad de obtener



un costeo exacto ocurre debido a varios factores, algunos de ellos pertinentes al presente trabajo se listan a continuación.

Existen estudios empíricos de la función de costos, y todos enfrentan la dificultad de eliminar los efectos provocados por: “(a) cambio tecnológico, (b) cambio en tamaño del equipo, (c) cambios en precios de los factores, (d) cambios en la tasa, dirección, permanencia y dispersión del producto; y en (e) medir una producción diversificada; y (f) separar los costos.” (Apel, H., 1948, pág. 870). La información brindada por PDL muestra que no cuentan con un costeo correcto a causa de (c), (d) y (f). Estas son variaciones que no se pueden ignorar, pero son difíciles de medir sin las herramientas adecuadas. En el presente trabajo se redujeron los efectos de (c) y (f), con la finalidad de encontrar el costo más cercano a la realidad de un litro de leche procesado por PDL.

Lo dicho hasta aquí supone que para poder calcular los costos tanto del proceso manual como el automatizado es fundamental conocer la combinación específica de los factores de producción específicos del proceso de clasificación, tales como mano de obra directa. Además, se debe considerar que los costos no solo se ven afectados por la inversión y el número de obreros sino también por los ajustes del proceso debido a la automatización. Esta modificación como algunas otras pueden ocurrir, lo que obviamente tendrá un impacto directo o indirecto sobre el costo de producción. Por ejemplo, PDL podría continuar utilizando obreros para la separación de las diferentes presentaciones de leche (450mL, 900mL, 1000L), o bien podría instalar 2 bandas automáticas adicionales para que no se mezclen las presentaciones. Todo lo mencionado antes es importante para el posterior análisis puesto que “para observar el verdadero cambio se deben obtener todos los costos asociados con el cambio de los niveles de fuerza de trabajo y automatización.” (Gaimon, C. 1985, pág. 1175 ).

## CAPÍTULO 2: ASPECTOS GENERALES

### *2.1 Concepto y composición de la leche de vaca*

La leche es un alimento natural que contiene una alta cantidad de nutrientes esenciales. En el artículo de Belinda Durán titulado *Leche UHT en Bolsa* del 2010 explica que desde una perspectiva química la leche se define como “un sistema complejo, compuesto por proteínas, vitaminas, grasas, enzimas, anticuerpos, hormonas, pigmentos, células, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y nitrógeno” (párr. 2). Complementando a este concepto la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) en el año 2016 señala que: “El color [blanco y opaco] de la leche se debe a los efectos combinados de la caseína, sales coloidales, pigmentos y otros componentes [que] refleja[n] totalmente la luz” (pág. 5).

### *2.2 Descripción del proceso de Ultrapasteurización*

Para mantener las cualidades de la leche de vaca se necesita de un procesamiento y empaque bastante complejo. Aunque existen varios procesos para tratar la leche, el más utilizado a nivel mundial es el proceso de leche larga vida o más conocida como UHT (Ultra High Temperature), en español Ultra Alta Temperatura. Así es como el Jefe de Producción de la empresa PDL describió el proceso:

Se somete a la leche cruda a un proceso térmico en flujo continuo [en el que] primero se pasteuriza, es decir, se aplica temperatura entre 135 a 150 grados Celsius por un tiempo de 3 segundos, [destruyendo] las esporas bacterianas resistentes al calor; segundo, [la leche] se enfría instantáneamente [se realiza dos veces seguidas] y se envasa en máquinas especializadas (Jefe de Producción PDL, comunicación personal, 20 de diciembre de 2018, ver A1).

Se debe agregar que, para envasar la leche se necesita de “temperatura ambiente y envasado aséptico en recipientes estériles con barrera a la luz y al oxígeno, cerrado

herméticamente, para su posterior almacenamiento, este material de empaque puede ser tanto en cartón como en plástico de varias capas” (Durán, 2010, párr. 7). Estas condiciones implican un costo mayor de la leche en comparación a la leche que solo es pasteurizada, dado que la leche pasteurizada no necesita de un doble proceso o de un empaque especial.

Como resultado del proceso recibido, la leche UHT cuenta con una “vida bastante prolongada aún bajo almacenamiento a temperatura ambiente, con duración hasta 180 días, sin alterar de manera esencial ni su valor nutricional, ni sus características fisicoquímicas y organolépticas” (Durán, 2010, párr. 1). En la actualidad, la demanda de vida prolongada en los productos alimenticios ha aumentado debido al ajetreado estilo de vida de las personas, quienes cada vez tienen menos tiempo para ir por su despensa a los supermercados. Además, la larga vida es muy útil especialmente cuando no se puede garantizar una cadena continua de refrigeración para la distribución y comercialización de leche. Es por esta razón por la que actualmente la leche larga vida o UHT es la más consumida.

### *2.3 Empaque de funda plástica de múltiples capas*

Debido al enfoque del presente trabajo es importante resaltar que el producto clasificado es “fundas de leche”, por esta razón se ahondará un poco en la descripción del empaque de funda plástica de múltiples capas. El Jefe de Producción de la empresa PDL describió el material de la siguiente manera:

Las capas en total suman 1mm, y se componen de varios materiales, evitando el paso de oxígeno, luz y microorganismos. De esta manera [se] garantiza la impermeabilidad, impidiendo la absorción de olor o sabor de elementos presentes alrededor de la funda al mismo tiempo que mantiene intacto el aroma natural del producto (Jefe de Producción PDL, comunicación personal, 20 de diciembre de 2018, ver A1).

Del mismo modo otros artículos explican que, cuando existe el proceso UHT la leche debe ser envasada en condiciones asépticas, en un “material de película flexible que cumpla

los siguientes requisitos: Permeabilidad del oxígeno a temperatura ambiente  $200 \text{ cm}^2/\text{d atm}$ . Y transmisión de la luz en un porcentaje máximo:  $<2$  a  $400 \text{ nm}$  y  $<8$  a  $500 \text{ nm}$ ” (Durán, 2010, párr. 8). Aún si existen dudas de la prevalencia de este material en el mercado ecuatoriano, indiscutiblemente “el empaque flexible se convirtió en el envase confiable y económico para el industrial y el consumidor con amplia aceptación en países como Colombia, Perú, Guatemala, Ecuador, Chile y Brasil” (Durán, 2010, párr. 14), y esto ha continuado hasta la actualidad.

#### *2.4 Proceso completo de una funda de leche UHT en PDL*

El Anexo B detalla el proceso de producción de leche UHT en PDL. La línea de producción de leche comienza por la recepción de leche cruda que es traída por carrotanques, que antes fueron a cada uno de los centros de recolección y las haciendas certificadas a recoger la leche cruda de vaca. Una vez dentro de la empresa, el primer filtro de control existe antes de recibir la leche cruda, para lo cual se realizan pruebas de calidad con el fin de verificar que la materia prima cumpla con los parámetros tales como contenido de grasa y acidez. Luego se registra la cantidad de litros de leche recibidos, que son enfriados y pasan a diferentes marmitas de almacenamiento para luego ser pasteurizados y enviados a cada una de las áreas de producción. En PDL existen tres áreas de producción especializadas en una línea de producto estas son: leche, yogurt y queso, esto es lo que se pudo observar así como también fue confirmado por el Jefe de Producción de la empresa PDL.

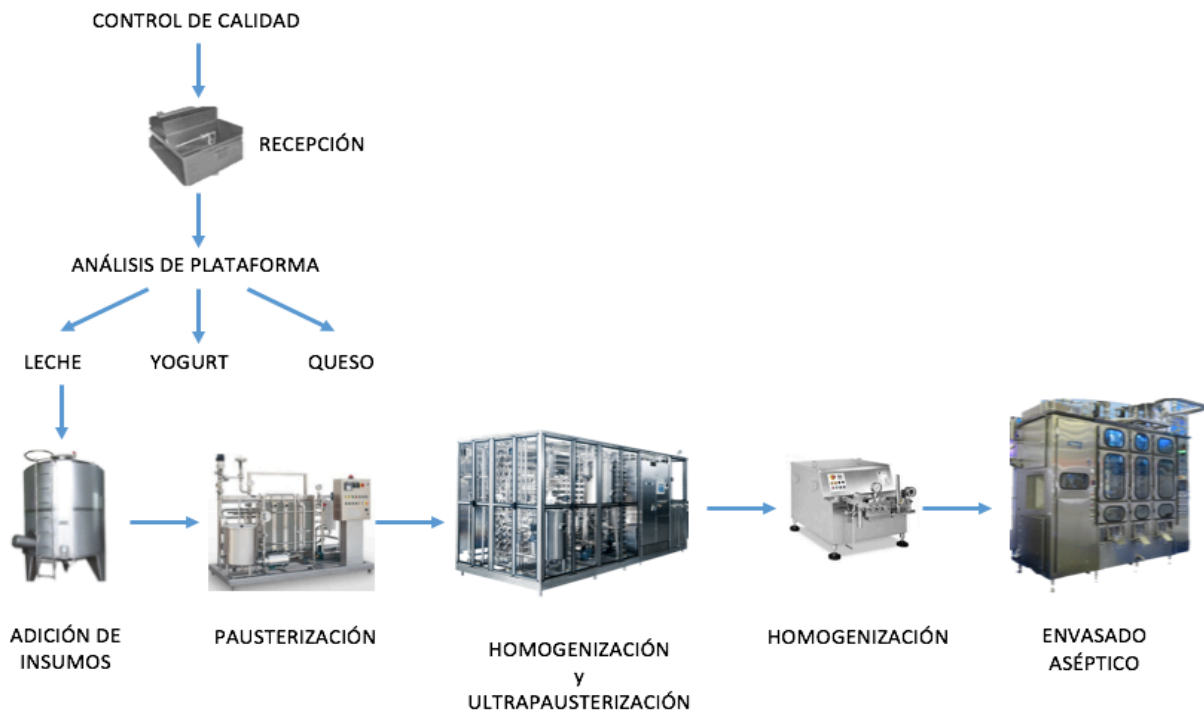


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de producción leche en funda UHT en PDL. Adaptado de información del Departamento de Producción PDL y Anexo B.

Como se puede observar en la figura 1, después de que la leche es pasteurizada, esta es enviada a una marmita dentro del área de producción en donde “un empleado es el encargado de traer los insumos de la bodega para luego mezclarlos dentro de la marmita” (Jefe de Producción PDL, comunicación personal, 20 de diciembre de 2018, ver A1). Luego pasa a un proceso en el que la leche se pasteuriza y homogeniza en menos de 10 segundos, para luego ser envasada en una máquina especializada en el envasado aséptico que necesita el proceso UHT. Finalmente, las fundas de leche caen a una banda transportadora que traslada las fundas de leche a la parte exterior de la fábrica en donde cuatro obreros las reciben y clasifican para luego colocarlas en gavetas.

### 2.5 Costo de producción de un litro de leche UHT

El costo de producir una funda de leche UHT, abarca todo lo que se refiere a materia prima, empaque, mano de obra directa e indirecta, transporte, servicios básicos, depreciación y otros gastos. Tal como se mencionó anteriormente PDL no cuenta con un esquema formal

para realizar su costeo, es por esta razón que se construyó la tabla 1 con el objetivo de tener claro los componentes directos e indirectos de producir un litro de leche UHT. De nuevo cabe mencionar que la tabla 1 no le brinda a PDL un esquema idóneo para realizar el costeo, pero puede servir como inicio a una tarea importante para toda empresa.

En particular se realizó el costeo de un litro de leche procesada con el fin de obtener un costo base para realizar el posterior análisis que se presenta en los siguientes capítulos. Al observar los datos en la tabla 1 se encuentra que en este caso en particular el costo de materia prima que se refiere a la leche de vaca cruda representa el 70% del costo total de una funda de leche UHT. Por otro lado, los costos directos suman el 21% mientras que el empaque multicapas menos del 5%. El costo de producir un litro de leche UHT se resume en la tabla 1:

Tabla 1

*Costo de producción de 1 litro de leche UHT*

Costos Directos	
Materia Prima (Leche Cruda)	0.4380
Azúcar	0.0001
Citrato de Sodio	0.0063
Sal Refinada	0.0000
Bioxin	0.0087
Mano de Obra por litro de UHT	0.0058
Transporte Recorrido Haciendas	0.0020
Transportistas	0.0062
Desperdicio	0.0100
<b>Total Costos Directos</b>	<b>0.4772</b>
Costos Indirectos	
Gasto Administrativo y de Ventas	0.0410
Energía Eléctrica por litro de leche	0.0150
Combustible Planta Eléctrica	0.0320
Fletes a distribuidoras	0.0250
Depreciación Maquinaria	0.0200
<b>Total Costos Indirectos</b>	<b>0.1330</b>
Empaque multicapas	0.0300
<b>Total litro UHT</b>	<b>0.6402</b>

*Nota:* UHT significa Ultra High Temperature, en español Ultra Alta Temperatura. Adaptado de datos del Departamento de contabilidad la empresa PDL.

## CAPÍTULO 3: COSTO DEL PROCESO MANUAL

### 3.1 Descripción del proceso de clasificación manual

La clasificación es una de las actividades dentro del proceso de bodega, y ocurre justo después de envasar la leche UHT en funda multicapas este proceso se detalla en el Anexo B. La figura 2 muestra que después del envasado aséptico las fundas de leche UHT caen de la envasadora de tres cabezales en una única banda transportadora, a una velocidad que varía dependiendo del contenido de producto envasado. La banda transporta las fundas de leche del área de producción hasta al área de bodega, donde son clasificadas y contadas por 4 empleados para luego colocarlas dentro de una gaveta recubierta por una funda quintalera. La razón por la que se denomina este proceso manual es porque son 4 personas las que realizan las actividades: (a) clasificar y (b) contar las fundas de leche.

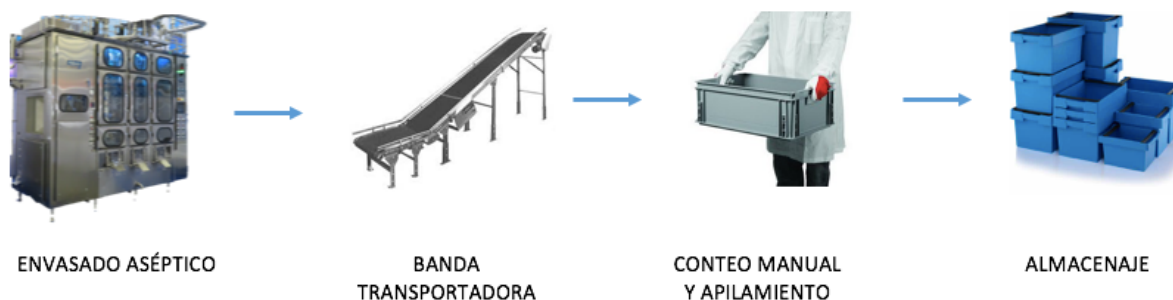


Figura 2. Diagrama del proceso de clasificación manual de leche en funda. Adaptado de información del Departamento de Producción de la empresa PDL.

Tomando en consideración que la capacidad de la máquina es de cinco mil litros por hora, y que si los tres cabezales envían una presentación de 200mL entonces el número de fundas de leche que se clasifican por hora son máximo 10.800 fundas aproximadamente, si y solo si la máquina opera sin interrupciones. Algunos eventos que se consideran interrupciones son el cambio de rollo de plástico, pérdida de luz, falta de caudal, entre otros. Ahora bien, luego de contar con la información y de haber realizado visitas a las instalaciones durante el proceso

de producción se concluye que en promedio se producen nueve mil fundas de leche por hora y que además la combinación más utilizada es la número 2 que se compone de 3 presentaciones - 900mL, 450mL y 200mL - tal como se presenta la tabla C1 en el Anexo C. Es importante conocer este dato con el fin de considerarlo el momento de automatizar el proceso de clasificación y evitar un cuello de botella. Solo para tener una pequeña idea sobre la rapidez de salida de las fundas de leche UHT en la tabla 2 se presenta el número de fundas de leche que caen de una de las tres bocas de la envasadora aséptica por minuto, dependiendo de la presentación.

Tabla 2

*Fundas de leche por minuto por cabezal de la envasadora aséptica de 3 cabezales*

	Cantidad					
Mililitros en funda	1100	1000	900	450	250	200
Fundas por minuto	40	45	45	50	60	60

*Nota:* La tabla resume el número de fundas de leche por minuto que individualmente cada cabezal envasa que depende del contenido líquido de la funda. Adaptado de información del Departamento de Producción PDL.

Por otro lado, en cuanto a los horarios en los que labora normalmente el personal del área de leche, según el coordinador de producción: “En el proceso de recepción y pasteurización trabajan de lunes a domingo 8 horas. La limpieza de las máquinas dura 5 horas y es realizado por un solo operario y es rotativo. Las máquinas trabajan sin interrupción durante 9 horas” (Jefe de Producción PDL, comunicación personal, 20 de diciembre de 2018, ver A1). Generalmente este es un proceso sin interrupciones, esto significa que el proceso de clasificación en fundas quintaleras toma 9 horas al día al igual que la envasadora. El personal tiene dos horarios de entrada, ya que necesitan de 3 personas para que lleguen antes de empezar la producción, y otra persona más que llega dos horas más tarde, esta persona es quien asiste a



los demás para el receso, manteniendo siempre como mínimo 3 personas en el proceso de clasificación.

### 3.2 Costo de producción del proceso de clasificación de leche UHT

El costo del proceso de clasificación manual es un costo indirecto porque no es parte del procesamiento de la leche. El proceso de clasificación actual como actividad necesita de 4 empleados y de una gaveta de acero que se encuentra al final de la banda transportadora. Es importante recalcar que de los 4 empleados, 3 comparten un espacio reducido al tomar en cuenta que rodean el final de la banda, esto puede ser observado en el Anexo D, lo que puede añadir otro problema para la sección 3.3. Cerca de cada empleado hay una columna de gavetas vacías, las cuales van volteando y llenando con fundas de leche, luego las gavetas llenas son apiladas en una estiba para ser trasladada por un empleado a la bodega de producto terminado de leche. El costo de clasificación se detalla en la tabla 3:

Tabla 3

*Costo de clasificación manual por litro de leche UHT*

Descripción	Unidades		Costo	Total por mes	Por litro
Empleados	4.00	Sueldo Mensual	\$615.00	\$2,460.00	\$0.007233
Uniforme (Incluye Equipo de Protección)	4.00	Gasto Semestral	\$110.75	\$73.83	\$0.000217
Sistema de banda transportadora	1.00	Depreciación mensual	\$41.67	\$41.67	\$0.000123
Mantenimiento de banda transportadora	0.33	Gasto Trimestral	\$25.00	\$8.25	\$0.000024
Cubeta de acero	1.00	Depreciación mensual	\$12.50	\$12.50	\$0.000037
<b>Total</b>				<b>\$2,596.25</b>	<b>\$0.007634</b>

*Nota:* Para el cálculo del costo por litro se realizó un promedio de litros vendidos al mes que promediaron un total de 340,087 litros de leche. El costo del empleado calculado como sueldo mensual incluye todos los beneficios de ley y el bono de alimentación. El mantenimiento de la banda transportadora incluye revisión del motor y cambio de un diente de la banda. Adaptado de información provista por el Departamento de Contabilidad de la empresa PDL.

Tal como se puede observar en la tabla 3 al tomar como promedio de litros de leche vendidos al mes la cantidad de 340,087, con los datos proporcionado por el departamento de contabilidad de la empresa PDL, se encontró que, lo que más añade al costo de clasificación son los sueldos pagados por los 4 empleados que suman un total mensual de \$2,460.00 y representan un 94.75% del costo total del mes. En total del mes la clasificación manual tiene un costo de \$2,596.25, en esto no se incluye el costo de la funda quintalera que recubre la gaveta y la gaveta porque estos no varían. El costo total de clasificación por un litro de leche es \$0.007634 centavos de dólar, lo que representa el 1.19% del costo total de un litro de leche UHT.

### *3.3 Problemas del proceso de clasificación manual*

Teniendo en cuenta que el proceso de clasificación es manual es importante mencionar que no existe ningún tipo de verificación en el que se confirme que el conteo realizado por el trabajador fue correcto. Esto conlleva varios problemas tales como gavetas incompletas o sobrellenadas que causan malestar cuando los clientes reciben el producto incompleto o pérdidas para la empresa cuando reciben más producto. El gerente administrativo de la empresa PDL comentó en la entrevista que: "...clientes devuelven el producto porque no desean recibirlo incompleto, o bien no pagan la factura completa, sin embargo no hay manera de comprobar de que salió incompleto de la fábrica [o si ocurrió algo] en el camino". También comentó: "Esto representa pérdida para la fábrica y más porque es un producto muy perecible" (Gerente Administrativo PDL, comunicación personal, 30 de enero de 2019, ver A1).

Otro de los problemas que causa la clasificación manual, también fue mencionado por el Jefe de Producción de la empresa PDL quien explicó lo siguiente: "...el poco espacio en donde la única banda está hace que el trabajo se entorpezca varias veces, [causando] que se aglomeren fundas de leche y estas caigan al piso [abriendo] fisuras en la funda [contaminando] el producto" (Jefe de Producción PDL, comunicación personal, 20 de diciembre de 2018, ver

A1). Habría que decir también que no solo el conteo es un proceso manual sino también el apilamiento, esto consiste en que las gavetas apiladas son ordenadas encima de un pallet para luego ser llevadas a la bodega de producto terminado.

Hay que mencionar que un empleado disminuye su productividad a lo largo del día debido a que realiza un trabajo repetitivo que demanda fuerza y que puede tener efectos adversos para su salud. Esto ocurre a consecuencia de una mala posición de la espalda y el constante levantamiento de peso. La disminución en la rapidez a lo largo del día por parte de los empleados es trascendental debido a que el tiempo que tarden puede resultar en una diferencia en centavos en los costos para PDL.

## **CAPÍTULO 4: COSTO DEL PROCESO SEMIAUTOMATIZADO**

### *4.1 Descripción del proyecto de semiautomatización*

El proyecto de automatización propuso reemplazar los procesos manuales por un sistema cien por ciento mecánico, sin embargo, después de la visita técnica del proveedor y debido a la limitación del espacio físico el proyecto consiste en semiautomatizar el proceso de clasificación para PDL. Para realizar el mismo se debe reemplazar 2 de los 4 empleados del proceso de clasificación manual, por un sistema de bandas transportadoras que llevan las fundas de leche UHT desde los tres cabezales de la envasadora hasta la parte exterior donde se va a realizar el conteo de manera automática.

Es importante recalcar que el sistema necesita tres diferentes bandas debido a que las ventas de la empresa PDL no le permiten producir un lote de una sola presentación, es decir, la envasadora no produce presentaciones de 450mL en sus tres cabezales. Al mismo tiempo, cabe recordar que la capacidad de la maquinaria de cinco mil litros hora no abastece a la máquina envasadora para que esta enfunde una sola presentación, lo que quiere decir que el contenido que pueden envasar los cabezales al mismo tiempo es de 450mL a 500mL, máximo. De este modo se puede afirmar que el uso de una sola banda transportadora no sería factible porque no se pueden mezclar las fundas de diferente contenido para realizar el conteo automático.

Continuando con la descripción tanto en la figura 3 como en el Anexo E se observa que las 3 líneas de banda transportadora salen al área de bodega y terminan en una tolva que es donde se van a acumular las fundas hasta que otra gaveta se deslice por debajo para así llenar gaveta tras gaveta. Al inicio de la línea de rodillos metálicos que se observa en la figura 3 se encontrará un empleado quien alimentará de gavetas de manera continua y rápida, mientras

que al final se encontrará otro empleado que es quien se encarga de recibir las gavetas llenas y apilarlas hasta completar un pallet, de manera semejante a como se lo realizaba en el proceso manual. El mecanismo, así como de los materiales que le componen están detallados en la proforma enviada por el proveedor que consta en el Anexo F.



*Figura 3.* Diagrama del proceso de clasificación semiautomática de leche en funda. Adaptado de los bocetos técnicos presentados en el Anexo E.

El proyecto de automatización se cotizó con una empresa nacional especializada en bandas transportadoras industriales. Para empezar este proceso, PDL solicitó al proveedor una visita a las instalaciones con el fin de explicar al técnico de la empresa proveedora sus necesidades, para que así el proveedor pueda tomar las respectivas medidas de espacio físico y realizar el análisis necesario. Después de una semana, el proveedor envió un primer boceto a PDL para luego reunirse de nuevo con el gerente y el jefe de producción y presentarles una primera propuesta. Esta propuesta fue analizada por PDL y se realizaron varias observaciones brindándole retroalimentación al proveedor para que mejore la siguiente propuesta. Después de dos semanas el proveedor presentó el nuevo boceto con varias modificaciones y adaptaciones junto con la cotización. A continuación, se adjunta la tabla 4 que fue adaptada de la cotización enviada por el proveedor, esto puede ser corroborado en el Anexo F.

Tabla 4

*Cotización del sistema de clasificación semiautomatizada*

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Subtotal	IVA	Total
Fin de línea conteo automático	1	\$52,700.00	\$52,700.00	\$6,324.00	\$59,024.00
Instalación Electrónica y Configuración	1	\$3,000.00	\$3,000.00	\$360.00	\$3,360.00
Total			\$55,700.00	\$6,684.00	\$62,384.00

*Nota:* Adaptado de la cotización del proveedor en Anexo F. IVA es el Impuesto al Valor Agregado. Se asume que el IVA se incorpora dentro del costo, ya que no existe crédito tributario porque PDL no vende productos con IVA.

De la tabla 4 se pueden resaltar en primer lugar, que el costo de la línea de conteo automático es lo que se denomina como maquinaria puesto que es material de acero inoxidable y motores, por lo que PDL la depreciaría en 10 años, mientras que la Instalación Electrónica y Configuración es un gasto y este no es depreciable. Además, el Impuesto al Valor Agregado (IVA) se asume como un costo para la empresa porque no se lo puede utilizar como crédito tributario debido a que el tipo de producto que vende PDL no grava IVA. Es así como, si la inversión se realiza sin crédito, el costo mensual por depreciación de este sistema de bandas semiautomatizado sería de \$439.17.

Cabe señalar que, si PDL necesitase de un crédito por parte de institución financiera para poder realizar esta inversión, se conoce que la tasa de interés para medianas empresas es en promedio de 9% en varias instituciones financieras (El Universo, 2018), lo cual aumentaría un interés mensual de \$0.00138 por litro de leche. Sin embargo, y dado que el análisis de la capacidad financiera no forma parte del presente trabajo se tomará como valor para analizar la depreciación de la maquinaria sin el interés de préstamo bancario por inversión.

#### *4.2 Costo del proceso de clasificación semiautomatizada*

El costo del proceso de clasificación semiautomatizada es un costo indirecto porque no es parte del proceso al que se somete la leche cruda de vaca. El proceso de clasificación que se

propone necesita de 2 empleados, el sistema de bandas, tolvas y motores. Un empleado es el que se va a encargar de alimentar la banda de rodillos no motorizada con gavetas limpias recubiertas de una funda quintalera mientras que al final de esa misma banda de rodillos hay otro empleado que recibe la gaveta llena y la apila en un pallet para luego trasladar el pallet a la bodega de producto terminado de leche. Ahora bien, el costo de clasificación semiautomática se detalla en la tabla 5:

Tabla 5

*Costo de clasificación semiautomática por litro de leche UHT*

Descripción	Unidades		Costo	Total al mes	Por litro
Empleados	2.00	Sueldo Mensual	\$615.00	\$1,230.00	\$0.003617
Uniforme (Incluye Equipo de Protección)	2.00	Gasto Semestral	\$110.75	\$36.92	\$0.000109
Sistema de bandas transportadoras	1.00	Depreciación mensual	\$439.17	\$439.17	\$0.001291
Mantenimiento de sistema de bandas	0.33	Gasto Trimestral	\$90.00	\$29.70	\$0.000087
<b>Total</b>				<b>\$1,735.79</b>	<b>\$0.005104</b>

*Nota:* Para el cálculo del costo por litro se realizó un promedio de litros vendidos al mes que promediaron un total de 340,087 litros de leche. El costo del empleado calculado como sueldo mensual incluye todos los beneficios de ley y el bono de alimentación. El mantenimiento de la banda transportadora incluye revisión del motor y cambio de un diente por cada banda. Adaptado de información provista por el Departamento de Contabilidad de la empresa PDL.

Tal como se puede observar en la tabla 5 al tomar como promedio de litros de leche vendidos al mes la cantidad de 340,087, con los datos proporcionados por el departamento de contabilidad de la empresa, se encontró que los sueldos pagados a 2 empleados y la depreciación del sistema de clasificación semiautomática son los dos rubros que aumentan el costo de clasificación, siendo estos \$1,230.00 y \$439.17 al mes respectivamente. Ambos suman un total de \$1,669.17 y representan un 96.16% del costo total al mes, 70.86% y 25.30% respectivamente. En total al mes la clasificación semiautomática tiene un costo de \$1,735.79 que al dividirlo para el número de litros de leche que se venden en promedio resulta en un costo

unitario de \$0.005104 centavos de dólar, lo que representa el 0.79% del costo total de un litro de leche UHT cuyo costo final por litro de leche de \$0.64 centavos de dólar.

### *4.3 Problemas del proceso de clasificación semiautomatizada*

Considerando que el proceso de clasificación semiautomática va a ser más eficiente en el hecho de que va a contar gavetas completas en menos tiempo y de manera correcta, tiene varias implicaciones. En primer lugar, se encuentra el hecho de que se disminuye el personal de este proceso de 4 a 2 personas, sin embargo, sí existe la posibilidad de que las otras dos sean trasladadas a otro proceso productivo dentro de la empresa. Empero, al instalar el sistema de automatización se crearía la necesidad de que un técnico se ocupe del mantenimiento periódico del sistema, es decir, que se crea un nuevo puesto de trabajo. Segundo, se debe considerar que la automatización va a hacer al proceso más rápido esto puede ser una ventaja sin embargo, también implica que los empleados que alimentan el sistema con gavetas deben ser rápidos de manera continua. De manera que, a mediano plazo, se necesitaría automatizar también el proceso de alimentación de gavetas, pero PDL no cuenta con el espacio físico para ello. En tercer lugar, los empleados que antes clasificaban manualmente actuaban como un segundo filtro para identificar fundas de leche con fisuras este filtro desaparecería según este proceso automatizado. Finalmente, cabe recalcar que el proceso de apilamiento de gavetas continuará siendo manual, lo que no elimina el riesgo de salud por levantar pesos continuamente de manera incorrecta.



## CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1 Análisis de variación de los costos

Después de conocer los costos de ambos procesos de clasificación se encontraron las variaciones al mes en el costo según cada uno de los rubros que componen el costo total. Los resultados se presentan en la tabla 6:

Tabla 6

*Variación del Costo por litro de leche de Manual a Automático*

Descripción	Manual	Automático	Variación
Empleados	\$0.007233	\$0.003617	-50.0%
Uniforme	\$0.000217	\$0.000109	-50.0%
Banda transportadora	\$0.000123	\$0.001291	954.0%
Mantenimiento de bandas	\$0.000024	\$0.000087	260.0%
Cubeta de acero	\$0.000037	\$-	-100.0%
Fundas quintaleras	\$0.008202	\$0.008202	0.0%
Gavetas	\$0.040567	\$0.040567	0.0%
<b>Total por litro de leche</b>	<b>\$0.056403</b>	<b>\$0.053873</b>	<b>-4.5%</b>

*Nota:* La variación es calculada como (Automático – Manual) / Manual, para conocer la variación generada por cambiar el proceso de manual a semiautomático.

Como se puede observar, existen varios rubros que disminuyen desde un 50% estos son los empleados incluyendo sus respectivos uniformes; o hasta se eliminan por completo como la cubeta de acero. Sin embargo, debido a que automatizar el proceso implica una inversión de un valor muy alto, entonces el costo por depreciación aumenta más de 9 veces su valor a cuando el proceso era manual. De la misma manera, el costo por mantenimiento de las bandas y sus motores aumenta 2.6 veces, esto es lógico sabiendo que es un sistema en su mayoría automático. Cabe recalcar, que aumentará el consumo de energía eléctrica, pero como la empresa PDL solamente cuenta con un solo medidor de energía para todas las áreas de producción, este costo indirecto se divide para el total de litros de leche que ingresaron a PDL.

## *5.2 Cálculo de la productividad*

En el capítulo 1 se definieron los términos de eficiencia técnica y productividad, de esta manera se procedió a calcular la productividad con el fin de comparar ambas maneras de clasificar las fundas de leche en relación a un determinado resultado que va a ser la cantidad de litros de leche vendidos, y al evidenciar si existe o no una variación representativa se le propone a la empresa a realizar el cambio en el proceso de clasificación que es un proceso continuo. Si la variación es positiva se alentaría a la empresa a automatizar el sistema de clasificación de las fundas de leche si la variación es negativa la empresa puede tener un pie de inicio en el momento que deseen automatizar el proceso.

En primer lugar, cabe recalcar que ambas maneras de clasificar las fundas de leche serán comparables tomando como punto inicial que el número de litros de leche se mantendrán igual, mientras que son los insumos del proceso de clasificación serán los que cambien. En segundo lugar, el mecanismo para medir la productividad para PDL se deriva de la necesidad de la empresa por ser eficiente. Para que un sistema sea eficiente debe lograr el mismo número de productos, pero con menos insumos. De igual manera para que una empresa sea productiva-eficiente debe fabricar su producto al menor costo posible por unidad, que en este caso será el costo por litro de leche.

El análisis de la productividad se realiza con la finalidad de evaluar el rendimiento y la eficiencia de los procesos. Ahora bien, la eficiencia es internalizada dentro del costo total de cada proceso. En palabras simples, la productividad mide la cantidad de recursos que utiliza la empresa para producir sus productos. En este caso, el valor de la producción es representada por el número de litros de leche procesados al mes mientras que el valor de los factores de producción suma el costo mensual del proceso de clasificación sea este manual o automático. El cálculo de la productividad es presentado a continuación:

$$Productividad = \frac{\text{Valor de la producción}}{\text{Valor de los factores de producción}}$$

$$Productividad = \frac{\text{Litros de leche}}{\text{Costo mensual del proceso de clasificación}}$$

Productividad del proceso de clasificación manual

$$Productividad = \frac{340,087 \text{ litros}}{\$2,596.25} = 131 \text{ litros/dólar}$$

Productividad del proceso de clasificación semiautomático

$$Productividad = \frac{340,087 \text{ litros}}{\$1,735.79} = 196 \text{ litros/dólar}$$

Los cálculos de productividad indican que el proceso de clasificación semiautomática es más eficiente que el proceso de clasificación manual dado que 196 litros/dólar es mayor que 131 litros/dólar. Esto quiere decir que por cada dólar gastado en el proceso de automatización se clasifican 196 litros de leche cuando el proceso de clasificación es automático mientras que por otro lado por cada dólar gastado en el proceso de automatización se clasifican 131 litros de leche cuando el proceso de clasificación es manual. Existe una diferencia positiva entre 196 y 131 de 65 litros por dólar, esta diferencia en la productividad de los procesos indica que existe la oportunidad de mejora para la empresa PDL. Se puede concluir que según los resultados de este estudio para PDL la automatización del proceso de clasificación sí es un modo eficiente de incrementar la productividad.

# CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## *6.1 Conclusiones*

Fue importante analizar la situación que atraviesa una empresa que se ve sometida a leyes que restringen el precio, para determinar que las políticas económicas se pueden y se deben analizar también desde una perspectiva microeconómica.

El caso analizado es pertinente para Ecuador que es donde se implementaron los dos decretos o leyes que imponen un sistema de franja de precios en la industria láctea. Sin embargo, deja abierta la posibilidad de hacer una comparación entre las empresas de la misma industria en otros países o bien analizar empresas cuyos productos tengan que competir en industrias con leyes que restringen sus estrategias de competencia tales como los precios.

Conocer en detalle los costos de los procesos de producción es un tópico crítico para todas las empresas en una industria con restricción de precios como lo es la de los alimentos lácteos. En este escrito se presenta un estudio en el que se propuso cambiar un proceso manual a uno automatizado con el fin de conocer el efecto sobre los costos y la productividad del proceso. Además, se analizó la variación entre el costo de clasificación manual en comparación con el costo de clasificación semiautomática, así como también se estudió la productividad, tomando en cuenta que la cantidad de litros de leche envasados se mantenía constante.

Como resultado se encontró que un litro de leche UHT con empaque multicapas tiene un costo de \$0.64 centavos de dólar y que el proceso de clasificación no forma parte del proceso de producción sino del de bodega. Luego se encontró el costo por litro de leche del proceso de clasificación manual de \$0.0076 centavos de dólar mientras que el costo por litro de leche del proceso de clasificación semiautomática es de \$0.0051. Es así como se descubrió que el proceso de clasificación manual conlleva gastar al mes 4.5% más que el proceso automático.

Finalmente, se realizó el cálculo de la productividad en el que se encontró una diferencia positiva en la productividad al pasar de un proceso manual a uno automático, con un incremento de aproximadamente 65 litros por dólar.

Este estudio consiguió demostrar que sí existe la oportunidad de mejora para la empresa PDL mediante la automatización del proceso de clasificación de fundas de leche. Según los resultados resumidos anteriormente es claro que para PDL la automatización es un modo eficiente de incrementar la productividad en su línea de leche UHT en funda. De nuevo cabe recordar que esto es muy importante a razón de la industria restringida a la que pertenece PDL.

## *6.2 Recomendaciones*

En el caso particular del Ecuador, muchas PYMES debido a la falta de capital o conocimiento mantienen procesos manuales, considero que es importante para el gobierno ecuatoriano realizar campañas de educación, así como cursos de productividad, manejo de operaciones, eficiencia energética, entre otros que ayuden a las empresas de todo tamaño a crecer de la manera más eficiente y competitiva. Esto puede traer resultados como la pérdida de miedo al endeudamiento por parte del empresario, así como también un incremento general en la productividad de la economía del país.

Después de analizar los dos modos de clasificar las fundas de leche se encontraron no solo factores como los costos sino también algunos aspectos cualitativos, tales como el riesgo de salud ocupacional o la necesidad de adaptar procesos contiguos. Estos no fueron medidos, pero de alguna manera representan un gasto o un costo para la empresa. Sería recomendable para la empresa generar herramientas para medir algunos sino todos los aspectos mencionados con el fin de tener un costo real, que no solo incluya efectos del presente sino también del futuro tales como el riesgo. Este trabajo puede ser un indicio para que PDL pueda tomar los correctivos necesarios tanto en procesos como en su costeo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Apel, H. (diciembre de 1948). Marginal Cost Constancy and Its Implications. *The American Economic Review*, 38(5), 870-885.
- Asamblea Nacional . (2011). Ley Orgánica del Servicio Público. Artículo 58. Ecuador.
- Blink, J., & Dorton, I. (2012). *ECONOMICS* (Segunda ed.). Oxford: Oxford University Press.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2018). *Reformas y Desarrollo en el Ecuador Contemporáneo*. (J. Díaz-Cassou, & R.-A. Marta, Edits.) Quito, Ecuador: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Cámara de Comercio de Quito. (junio de 2017). *Clasificación de las pymes, pequeña y mediana empresa*. . Recuperado el 10 de enero de 2019, de Boletín Jurídico: [http://www.ccq.ec/wp-content/uploads/2017/06/Consulta\\_Societaria\\_Junio\\_2017.pdf](http://www.ccq.ec/wp-content/uploads/2017/06/Consulta_Societaria_Junio_2017.pdf)
- Cohen, E., & Franco, R. (1992). Evaluación de proyectos sociales. *Siglo Veintiuno*.
- Comisión Económica para América Latina. (2015). Recuperado el 20 de Noviembre de 2016, de CEPALSTAT: [http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB\\_CEPALS-TAT/estadisticasIndicadores.asp?idioma=e](http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB_CEPALS-TAT/estadisticasIndicadores.asp?idioma=e)
- Decreto Ejecutivo No. 486. (2 de enero de 2008). Ecuador
- Durán, B. (junio de 2010). *Leche UHT en Bolsa*. Recuperado el 16 de agosto de 2018, de Industria Alimenticia: <https://www.industriaalimenticia.com/articles/84731-leche-uht-en-bolsa>
- Hernández, V. (s.f.). *El regreso de la codificación: caso Ecuador*. Asambleista PAÍS.
- El Telégrafo. (13 de Enero de 2016). *En 9 años de Gobierno se aprobaron 188 leyes*. Recuperado el 03 de Noviembre de 2016, de El Telégrafo: <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/politica/2/las-188-leyes-aprobadas-abarcan-cuatro-ejes>
- El Universo. (3 de julio de 2018). *Créditos para emprendedores y Pymes en Ecuador*. Obtenido de Economía: <https://www.eluniverso.com/noticias/2018/07/03/nota/6840290/creditos-emprendedores-pymes-ecuador>

- Gaimon, C. (septiembre de 1985). The Optimal Acquisition of Automation to Enhance the Productivity of Labor Management Science. *Management Science*, 31(9), págs. 1175-1190.
- Gobierno Nacional de la República del Ecuador. (2016). *Sistema de Información de Decretos Presidenciales*. Recuperado el 2016, de Centro de Gestión Gubernamental: <http://decretosconsulta.gobiernoelectronico.gob.ec/decretos.aspx?id=2007>
- Lockheed, M., & Hanushek, E. (1988). Improving Educational Efficiency in Developing Countries: What Do We Know? *Compare*, 18(1).
- Lockheed, M., & Hanushek, E. (1994). *Concepts of Educational Efficiency and Effectiveness*. Human Resources Development and Operations Policy, HRO Working Papers. World Bank Organization.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). Acuerdo Ministerial No. 136. (21 de abril de 2010). Ecuador
- Mokate, K. (junio de 1999). *EFICACIA, EFICIENCIA, EQUIDAD Y SOSTENIBILIDAD: ¿QUÉ QUEREMOS DECIR?* Obtenido de Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL): [https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/9/37779/gover\\_2006\\_03\\_eficacia\\_eficiencia.pdf](https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/9/37779/gover_2006_03_eficacia_eficiencia.pdf)
- Observatorio Legislativo. (2015). *Leyes aprobadas por la Asamblea Nacional*. Recuperado el 2016, de Vigilancia Ciudadana a la Asamblea Nacional de la República del Ecuador: <http://www.observatoriolegislativo.ec/legislacion/leyes-aprobadas/>
- Pallares, J. H., & Pérez, F. H. (2015). Ecuador. En C. d. CORDES, *El socialismo del siglo XXI* (pág. 242). Quito, Pichincha, Ecuador: Paradiso Editores.
- Servicio de Rentas Internas. *Productos que gravan IVA 0%*. Recuperado el 23 de mayo de 2019, de Gobierno de la República del Ecuador: [www.sri.gob.ec/DocumentosAlfrescoPortlet/.../PRODUCTOS+TARIFA+IVA+0.doc](http://www.sri.gob.ec/DocumentosAlfrescoPortlet/.../PRODUCTOS+TARIFA+IVA+0.doc)
- Stephen, J. (noviembre de 1956). Investing for Automation. *The Analysts Journal*, 12(5), págs. 33-35.
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). (2016). *Definición, composición, estructura y propiedades de la leche*. Recuperado el 12 de octubre de 2018, de InfoLactea: [http://infolactea.com/wp-content/uploads/2016/01/301105\\_LECTURA\\_Revision\\_de\\_Presaberes.pdf](http://infolactea.com/wp-content/uploads/2016/01/301105_LECTURA_Revision_de_Presaberes.pdf)

## ANEXO A: ENTREVISTAS AL GERENTE ADMINISTRATIVO Y AL JEFE DE PRODUCCIÓN

### Entrevista a Gerente Administrativo

1. ¿Cuál es la actividad principal de la empresa?  
PDL es una empresa que procesa leche de vaca para producir leche o sus derivados tales como queso y yogurt.
2. ¿Cuál es su producción promedio por día?  
La plataforma promedio de la empresa PDL es de 25000 al día. La cual dependiendo de los pedidos de los clientes cambian, sin embargo, de semana a semana no hay mucha variación respecto a las líneas de producción.
3. ¿Con cuántas líneas o áreas de producción tiene la empresa?  
PDL cuenta con 3 líneas de producción, leche, yogurt y queso. Dentro de estas 3 líneas algunas veces se producen derivados tales como avena de leche y queso mozzarella.
4. ¿Cuántos empleados tiene la empresa? ¿Cuántos operativos y administrativos?  
PDL tiene actualmente 70 empleados de los cuales 52 son operativos, y 5 de ventas y 13 administrativos.
5. ¿Qué presentaciones de leche en funda tiene?  
200mL, 250mL, 450mL, 900mL, 1000mL y 1100mL.
6. En el proceso de leche en funda, ¿cuál cree que es uno de los procesos que le generan pérdida? ¿Se controla o se podría controlar?  
Existen varios puntos ciegos, desde el proceso de recepción, pasando por la producción y finalmente en la parte de bodega. Siempre encuentro faltantes y es muy difícil de controlar sin tener que realizar una inversión fuerte de dinero.
7. ¿Recibe quejas de producto faltante en la entrega?  
En algunas ocasiones los clientes devuelven el producto porque no desean recibirlo incompleto, o bien no pagan la factura completa, sin embargo, no hay manera de comprobar de que salió incompleto de la fábrica, si es que en el camino de la fábrica al destino o bien el cliente hizo algo. Esto representa pérdida para la fábrica y más porque es un producto muy perecible.
8. ¿Tiene alguna política para evitar los problemas en cuanto al faltante de leche?  
No las tenemos, pero para eso necesitamos primero controlar y tener un cálculo.



9. ¿Qué proyectos o ideas tiene para arreglar problemas de clasificación?

Me gustaría encontrar la manera de garantizar el conteo correcto de las fundas de leche por cada gaveta, pero que no implique balanzas dado que son frágiles y de un costo muy alto. Puede ser automatización, pero un proyecto que solucione el problema de una manera eficiente hablando del costo que elimina y el costo que va representar a la empresa.

### **Entrevista a Jefe de producción**

1. ¿Cuál es tu puesto de trabajo?

Mi nombre es JSMJ y mi puesto es Coordinador de producción, llevo control y dirijo la producción diaria de todos los productos de la empresa.

2. ¿Hay algún proceso antes de recibir la leche cruda?

Una vez que los carrotanques llegan se parquean, y se analizan las muestras enviadas por cada proveedor de leche. Las pruebas las realiza un laboratorista y se demoran aproximadamente 5 minutos, esto es un proceso obligatorio antes de recibir la leche.

3. ¿Qué pruebas se realizan para recibir la leche cruda?

Acidez, alcohol, alizarina, grasa, proteína, crioscopia, densidad, solidos no grasos, antibióticos.

4. ¿Qué ocurre cuando no se cumplen los parámetros?

Si incumple todos se rechaza. Hay críticos, como acidez y alcohol.

5. ¿Quién recibe la leche cruda de los carrotanques?

El recepcionista R.J. es fijo en el puesto, y su única función. Pasa sus 8 horas de trabajo en el mismo puesto, se demora aproximadamente 10 minutos en recibir 800 litros de leche.

6. ¿El recepcionista es el mismo que pasteuriza?

No, otro trabajador es el que pasteuriza y este puesto es rotativo entre los diferentes operadores del área de leche.

7. ¿Ha propuesto una mejora para el área de leche?, ¿cuál fue?

No

8. ¿Cuáles son los horarios y los días en los que labora normalmente el área de leche en sus diferentes actividades? (i.e. recepción, pasteurización, limpieza; con o sin interrupciones, almuerzo, etc.; es rotativo o fijo)

La recepción y pasteurización trabajan de lunes a domingo 8 horas. La limpieza de las máquinas dura 5 horas y es realizado por un solo operario y es rotativo. Las maquinas trabajan sin interrupción durante 9 horas. Como coordinador de producción paso una tercera parte de las 8 horas, mientras que el coordinador de calidad una cuarta parte porque se enfoca más en la producción de queso.

9. ¿Cuál es el proceso por el que pasa la leche para terminar como funda de leche UHT? Después de pasteuriza y se homogeniza, la homogenización es en caliente, y de ahí se almacena en los tanques de almacenamiento grandes que están en la parte posterior de la fábrica, ahí es donde un empleado es el encargado de traer los insumos de la bodega para luego mezclarlos dentro de la marmita. Después ingresa al proceso de ultrapasteurización, para esto se somete a la leche cruda a un proceso térmico en flujo continuo: primero se pasteuriza, es decir, se aplica temperatura entre 135 a 150 grados Celsius por un tiempo de 3 segundos, de tal manera que todas las esporas bacterianas resistentes al calor se destruyan; segundo, se enfría instantáneamente y se la envasa en máquinas especializadas con luces ultravioletas. El equipo UHT tiene una capacidad de 5mil litros hora y en PDL trabaja 4 veces a la semana, y en promedio por día trabaja de manera continua de 9 a 10 horas. En PDL envasamos la leche ultrapasteurizada en funda de 7 capas, las capas en total suman 1mm, y se componen de varios materiales tales como polietileno y aluminio, evitando el paso de oxígeno, luz y microorganismos. Con este material se garantiza la impermeabilidad, impidiendo la absorción de olor o sabor de elementos presentes en el ambiente mientras que al mismo tiempo mantiene intacto el aroma natural del producto.
10. ¿Cuál es el proceso de clasificación? Cae a la banda, se cuenta y se coloca en gavetas obreros, 3 mínimo, 8 o 9 horas. Luego se paletiza, se lleva a la bodega del producto terminado. Lo lleva los mismos que empacan, pero hay una cuarta persona, que llega dos horas más tarde y los saca al almuerzo a quienes llegaron más temprano.
11. ¿Existe algún riesgo de salud ocupacional en el proceso de clasificación manual?  
No
12. ¿El proceso de clasificación actual genera algún tipo de problema?  
Sí, tenemos muchos problemas porque los empleados entregan gavetas incompletas, puede no ser intencional pero no hay una manera de controlar esto sino hasta que llegan a los clientes y algunos muy molestos devuelven el producto. Otro de los problemas es que el poco espacio en donde la única banda está, hace que el trabajo se entorpezca

varias veces, y causa que se aglomeren fundas de leche y estas caigan al piso causando fisuras en la funda y en el futuro contaminación del producto.

13. ¿Ha pensado en algún plan de mejora?

No hasta el momento, pero sería excelente poder detectar quien causa el problema para descontar el valor de la pérdida.

14. ¿Estaría dispuesto a cambiar la manera en la que trabajas si el proyecto de automatización lo requiere?

Sí, claro.

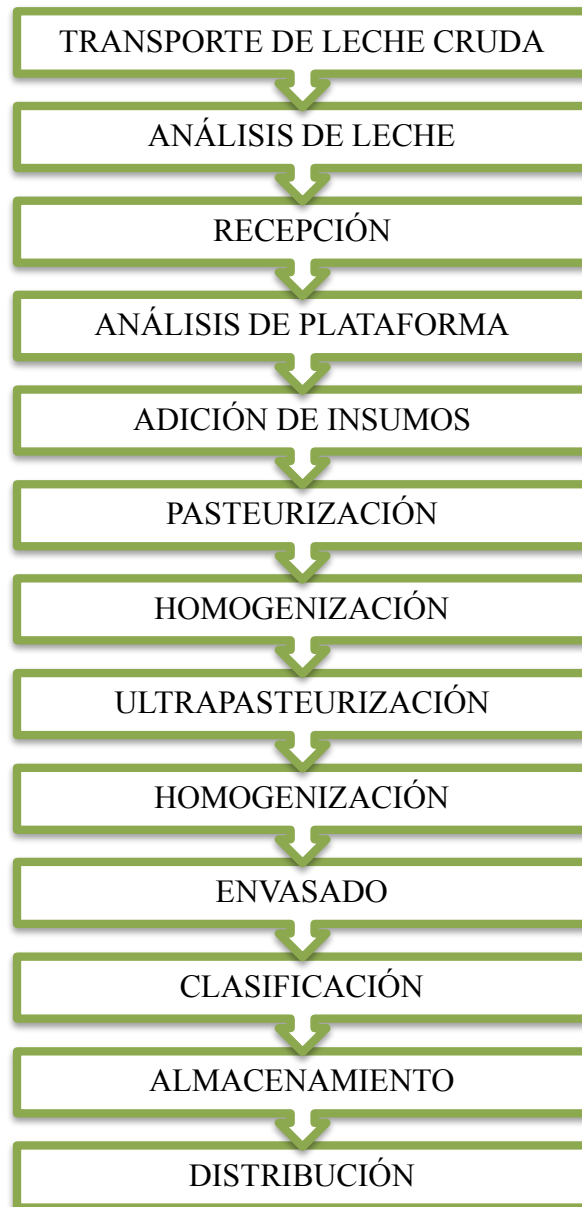
15. ¿Considera que la automatización es una solución para el problema? ¿Es la mejor solución? Sí o no. ¿Por qué? ¿Cuál otra recomienda?

Depende del tipo de automatización, porque hay un problema porque se empacan diferentes presentaciones, aparte de que se cuenta se separa por presentación.

16. ¿Cree que su equipo de trabajo va a enfrentar mucha aversión al cambio?

Es posible, sin embargo, es difícil saberlo desde la perspectiva de los obreros.

## ANEXO B: PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA LÍNEA DE LECHE DE LA EMPRESA PDL



## ANEXO C: PROGRAMAS DE PRODUCCIÓN DE ENVASADORA ASÉPTICA DE 3 CABEZALES

Tabla C1

Programas de producción envasadora aséptica de 3 cabezales

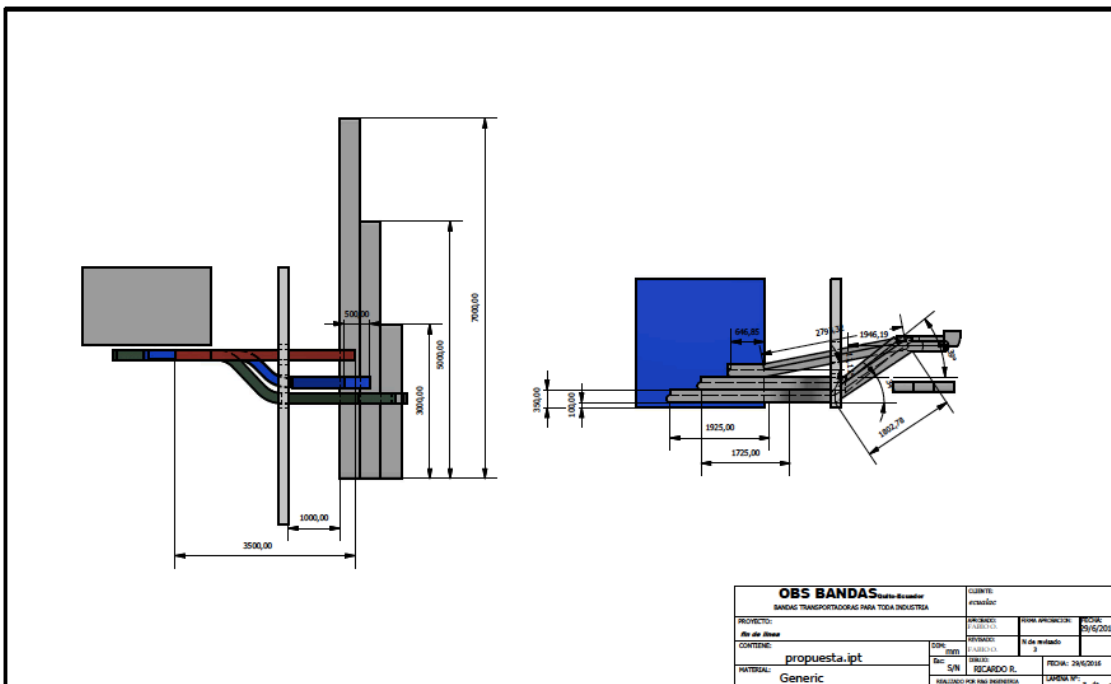
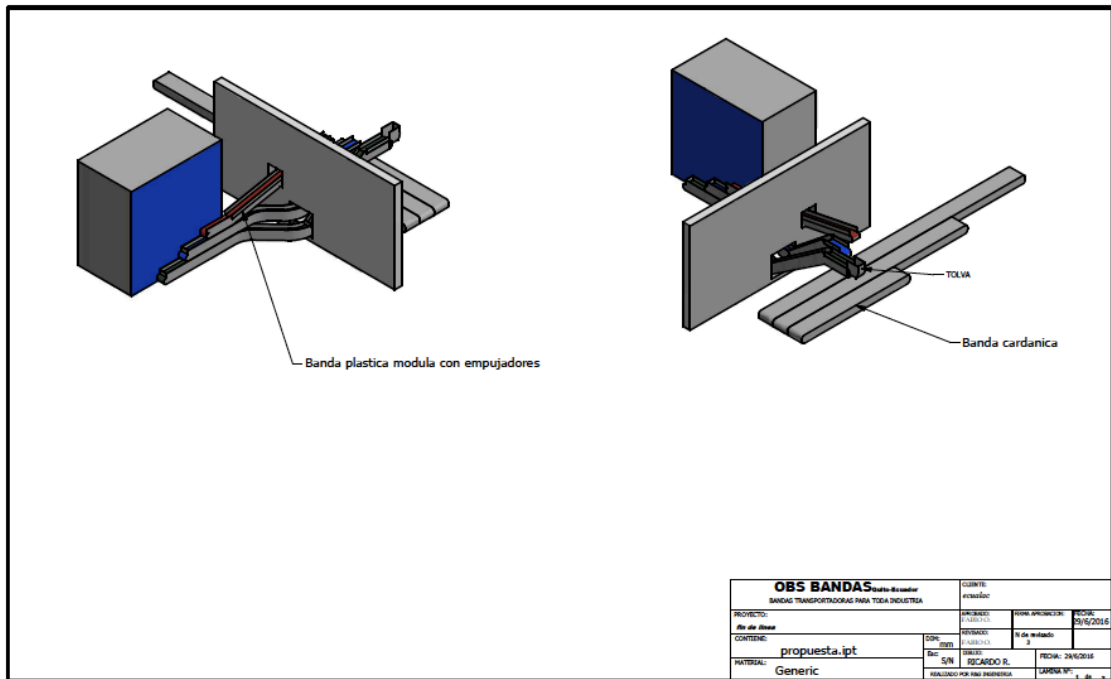
Fundas de leche por hora por presentación	Cabezal 1	Cabezal 2	Cabezal 3	Fundas Total
Combinación 1 (1000, 0, 900)	2700	0	2700	5400
Combinación 2 (900, 450, 200)*	2400	3000	3600	9000
Combinación 3 (450, 450, 450)	3000	3000	3000	9000
Combinación 4 (900, 900, 0)	2700	2700	0	5400
Combinación 5 (250, 250, 250)	3600	3600	3600	10800
Combinación 6 (200, 200, 200)	3600	3600	3600	10800
Combinación 7 (200, 200, 1100)	3600	3600	2400	9600
Combinación 8 (1000, 450, 200)	2700	3000	3600	9300
Combinación 9 (250, 250, 1100)	3600	3600	3600	10800
Combinación 10 (1000, 450, 0)	2700	3000	0	5700
Combinación 11 (1000, 200, 200)	2700	3600	3600	9900
Combinación 12 (900, 450, 450)	2700	3000	3000	8700

*Nota:* Dentro de los paréntesis se listan las tres presentaciones que salen de cada boca de la envasadora, lo que quiere decir que en la combinación 1 de la primera boca salen fundas de 900mL, de la segunda 450mL y de la tercera 200mL. Adaptado de información del Departamento de Producción PDL.

## ANEXO D: PLANOS DE MEDICIÓN DEL ÁREA DE ENVASADO DE LECHE



# ANEXO E: PLANOS TÉCNICOS DEL SISTEMA MECÁNICO



## ANEXO F: COTIZACIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO

PROFORMA 18-11-091

Proveedor de bandas transportadoras

Noviembre, 26 del 2018

Señores PDL.-

Descripción:

FINAL DE LINEA CONTEO AUTOMÁTICO.

Final de línea con banda transportadora por cada boca de salida. Tres transportadores de ancho 25 centímetros con banda plástica modular serie E93 EUROBELT ancho útil de banda 150mm con empujadores cada 30 centímetros y de 20mm de altos, con curvas e inclinaciones según bosquejo adjunto. Tolva al final de los transportadores con sistema neumático para abrir y cerrar compuerta, sensor de conteo. Tres líneas de transportadores con banda cardanica las que alimentan las jabas debajo de las tolvas para recibir las fundas con la leche, donde se hace el cambio automático, según el programa del contador de unidades. Todos los equipos en acero inoxidable calidad 304. Los motores con guardas en acero inoxidable para evitar la entrada de agua. Los moto-reductores marca MOTIVE Italianos, box 50 i60 trifásicos 220 voltios.

Tabla general de valores

Descripción	Valor total
Valor del fin de línea	\$ 52.700,00
Instalación electrónica y configuración	\$ 3.000,00
Valor total sin IVA	\$ 55.700,00

Agregar valor IVA: 12 %

Forma de pago: 60% como anticipo 40% a la entrega.

Tiempo de entrega: De 8 a 10 Semanas.