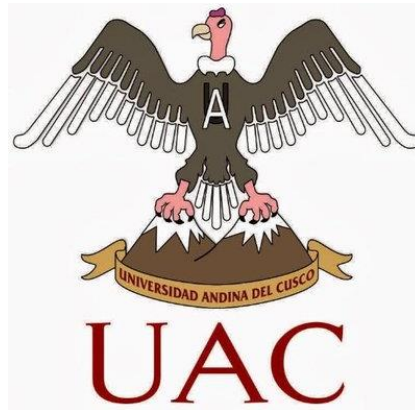




# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TESIS:

---

**Incremento de la productividad en el área de envasado de  
cerveza Raymi en la Empresa Cervecerías Cusco S.A.C.  
2019.**

---

**Tesis para optar el título de:  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**Presentado por:  
Br. EDISON VALENZUELA SARMIENTO**

**Asesor:  
MGT. ING. TANIA ECHEGARAY CASTILLO**

**CUSCO-PERÚ  
2020**



## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a mis padres por todo el apoyo brindado que permite luchar por mis objetivos personales.*

*Agradezco a mi familia, que con enorme esfuerzo nos mantenemos unidos y seguimos adelante.*

*Agradezco al ingeniero Tania EcheGARAY Castillo por su apoyo y orientación en la asesoría de la tesis, sus sugerencias y recomendaciones fueron importantes para el desarrollo de la presente tesis.*

*Agradezco al ingeniero Felipe Apaza Canaza, quien me oriento al desarrollo de las ciencias tecnológicas desde los inicios de mi formación universitaria, gracias a ello pude aprender mucho profesionalmente e impartir ese conocimiento a otras personas.*

*Agradezco a la empresa Cervecerías Cusco S.A.C. Quienes confiaron en mí y permitieron desarrollar todos los conocimientos adquiridos en mi formación académica, agradecerles por todas las orientaciones y recomendaciones que me dieron durante mi permanencia y sobre todo por enseñarme el maravilloso mundo de la cerveza, fue una de las mejores experiencias que siempre lo tendré presente.*



## DEDICATORIA

*Todo el esfuerzo y sacrificio  
los dedico a mis padres  
Gloria y Zacarías,  
siempre me entregaron  
su apoyo y amor incondicional,  
siempre estaré agradecido  
por todo el sacrificio que hicieron  
para formar de mi un hombre de bien,  
¡los amo! .*

*A mi abuela Gerarda y todos mis familiares  
que siempre creen en mí y me dan su apoyo.*

*A Azucena  
quien me apoyo en los momentos  
que más lo necesitaba  
y me dio la fuerza para seguir adelante,  
siempre te tendré presente.*



## TABLA DE CONTENIDO

<b>Resumen .....</b>	<b>15</b>
<b>Summary .....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO 1: Aspectos Generales .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1. Planteamiento del Problema .....</b>	<b>17</b>
<b>1.2. Formulación del problema .....</b>	<b>19</b>
1.2.1. Problema General .....	19
1.2.2. Problemas Específicos .....	19
<b>1.3. Justificación .....</b>	<b>19</b>
1.3.1. Conveniencia .....	19
1.3.2. Relevancia Social .....	19
1.3.3. Implicancias prácticas.....	20
1.3.4. Valor teórico .....	20
1.3.5. Utilidad metodológica .....	20
<b>1.4. Objetivos de la investigación.....</b>	<b>20</b>
1.4.1. Objetivo General.....	20
1.4.2. Objetivos Específicos .....	21
<b>1.5. Metodología .....</b>	<b>21</b>
1.5.1. Tipo de Investigación .....	21
1.5.2. Nivel de Investigación .....	22
1.5.3. Método de la investigación.....	22
<b>1.6. Delimitación del Estudio .....</b>	<b>22</b>



1.6.1.	Delimitación Espacial.....	22
1.6.2.	Delimitación Temporal.....	22
<b>CAPÍTULO 2: Marco Teórico .....</b>		<b>23</b>
<b>2.1.</b>	<b>Antecedentes del Estudio.....</b>	<b>23</b>
2.1.1.	Antecedentes Internacionales .....	23
2.1.2.	Antecedentes Nacionales .....	24
<b>2.2.</b>	<b>Marco Conceptual.....</b>	<b>26</b>
2.2.1.	Productividad.....	26
2.2.2.	Incremento de la productividad .....	27
2.2.3.	Estudio de tiempos .....	27
2.2.4.	Tiempo estándar .....	28
2.2.5.	Eficiencia.....	28
2.2.6.	Eficacia .....	28
2.2.7.	Automatización.....	28
2.2.8.	La Cerveza.....	29
2.2.9.	Merma.....	29
2.2.10.	Análisis de Operaciones.....	29
2.2.11.	Medición del trabajo .....	30
2.2.12.	Proceso.....	32
2.2.13.	Diagrama de Flujo de Proceso .....	32
2.2.14.	Automatización Industrial.....	32
2.2.15.	Medición de procesos automatizados .....	33



2.2.16.	Adaptación Tecnológica .....	33
2.2.17.	Estadística Descriptiva.....	34
<b>2.3.</b>	<b>Variables .....</b>	<b>36</b>
2.3.1.	Identificación de Variables .....	36
<b>2.4</b>	<b>Operacionalización de Variable .....</b>	<b>37</b>
<b>CAPÍTULO 3: Marco Contextual De La Empresa Y Selección Del Proceso Productivo</b> .....		<b>38</b>
<b>3.1.</b>	<b>Generalidades y Actividades de la empresa .....</b>	<b>38</b>
3.1.1.	Generalidades .....	38
3.1.2.	Actividades .....	38
3.1.2.1.	Bebidas no malteadas.....	38
3.1.2.2.	Bebidas Malteadas .....	40
a)	La cerveza – la bebida popular más antigua .....	40
<b>3.2.</b>	<b>Aspectos Organizacionales de la Empresa .....</b>	<b>41</b>
<b>3.3.</b>	<b>Análisis Externo e Interno de la Empresa .....</b>	<b>42</b>
3.3.1.	Matriz de Evaluación de Factores Externos .....	42
3.3.2.	Matriz de Evaluación de Factores Internos .....	43
<b>3.4.</b>	<b>Identificación de posibles oportunidades de mejora .....</b>	<b>44</b>
<b>3.5.</b>	<b>Selección del proceso productivo a mejorar .....</b>	<b>45</b>
<b>CAPÍTULO 4: Diagnóstico Del Proceso De Envasado De Cerveza Raymi .....</b>		<b>46</b>
<b>4.1.</b>	<b>Caracterización detallada del Envasado de Cerveza Raymi .....</b>	<b>46</b>
<b>4.2.</b>	<b>Metodología de evaluación .....</b>	<b>47</b>
4.2.1.	Reportes de Envasado.....	47



4.2.2.	Tiempos estándar de la maquina envasadora .....	49
<b>4.3.</b>	<b>Herramientas de evaluación propuesta .....</b>	<b>49</b>
<b>4.4.</b>	<b>Determinación de la causa raíz de los problemas encontrados .....</b>	<b>59</b>
<b>4.5.</b>	<b>Análisis de factores que influyen o limitan los resultados.....</b>	<b>60</b>
<b>CAPÍTULO 5: Determinación y validación de la propuesta de solución.....</b>		<b>61</b>
<b>5.1.</b>	<b>Planteamiento de alternativas de solución.....</b>	<b>61</b>
<b>5.2.</b>	<b>Evaluación cualitativa y cuantitativa de las alternativas de solución .....</b>	<b>62</b>
5.2.1	Comparación cualitativa de las alternativas de solución.....	62
5.2.2	Evaluación cuantitativa de las alternativas de solución.....	63
<b>5.3</b>	<b>Priorización y programación de solución seleccionada.....</b>	<b>64</b>
<b>CAPÍTULO 6: Desarrollo de la propuesta de solución.....</b>		<b>65</b>
<b>6.1.</b>	<b>Propuesta de solución: Adaptación Tecnológica.....</b>	<b>65</b>
<b>6.2.</b>	<b>Modelado del Sistema Automatizado para la implementación de la Adaptación Tecnológica. ....</b>	<b>65</b>
<b>6.3.</b>	<b>Etapas de Implementación del Sistema Automatizado.....</b>	<b>67</b>
<b>6.4.</b>	<b>Análisis de resultados .....</b>	<b>70</b>
<b>6.5.</b>	<b>Análisis de Resultados en Función a la Inversión Económica. ....</b>	<b>85</b>
<b>CAPÍTULO 7: Evaluación, discusión de la solución y beneficios esperados.....</b>		<b>86</b>
<b>7.1.</b>	<b>Cumplimientos de los objetivos .....</b>	<b>86</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>87</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>88</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>		<b>89</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>92</b>
<b>ANEXO A .....</b>		<b>93</b>
a)	Reporte de producción del Segundo Trimestre – 2019.....	93



b) Reporte de producción del Tercer Trimestre – 2019 .....	94
c) Reporte de producción del Cuarto Trimestre - 2019 .....	95
<b>ANEXO B .....</b>	<b>96</b>
a) Tiempos estándar de Envasado de cerveza Segundo Semestre – 2019 .....	96
b) Tiempos estándar de Envasado de cerveza Tercer Semestre - 2019 .....	97
c) Tiempos estándar de Envasado de cerveza Cuarto Semestre - 2019 .....	98
<b>ANEXO C .....</b>	<b>99</b>
a) Gráfica histórica de productividad de envasado de cerveza Raymi Cajas/Hora ..	99
b) Gráfica Histórica de Merma generada por litro .....	100
c) Gráfica histórica de Tiempo Estándar de envasado de Cerveza Raymi .....	101
<b>ANEXO D .....</b>	<b>102</b>
Proceso de elaboración de la cerveza .....	102
<b>ANEXO E .....</b>	<b>107</b>
a) Agua mineral no carbonatada de 330 ml retornable .....	107
b) Agua mineral carbonatada 330 ml retornable .....	107
c) Agua mineral no carbonatada 600 ml no retornable .....	108
d) Agua mineral no carbonatada 630 ml no retornable personalizados .....	108
e) Agua mineral no carbonatada 2l no retornable .....	110
f) Agua mineral no carbonatada 20 litros retornable.....	110
<b>ANEXO F.....</b>	<b>111</b>
a) Válvula flotadora de acero inoxidable .....	111
b) Electroválvula de In/out Airtac .....	112





c) Sensor de presión Ebowan dc 5 v g1/4 .....	113
d) Electroválvula de entrada de CO2 DN8 .....	114
e) Tarjeta de control de 04 canales de relé compatible con Arduino Uno .....	115
f) Tarjeta de desarrollo MEGA328P ATMEGA16U2 .....	116
g) Sensor inductivo PL-08N NPN.....	117
h) Sensor fotoreflexivo E3F-20C1/20L.....	118
<b>ANEXO G.....</b>	<b>119</b>
Código de programación del Sistema de Automatización .....	119



## Índice de Tablas

Tabla 1: Procedimiento básico sistemático para realizar una Medición del Trabajo .....	31
Tabla 2: Tabla de Operacionalización de Variable .....	37
Tabla 3: Composición Mineral (mg/L) Agua Andea.....	39
Tabla 4: Información Nutricional Agua Andea.....	39
Tabla 5: Matriz de Evaluación de Factores Externos .....	42
Tabla 6: Matriz de Evaluación de Factores Internos .....	43
Tabla 7: Ratio de Cajas de cerveza envasadas por hora de producción .....	50
Tabla 8: Determinación de valores de la fórmula de la ecuación característica del Ratio de productividad.....	51
Tabla 9: Comparativo volumen de producción y merma por litro envasado .....	53
Tabla 10: Determinación de valores de la fórmula de la ecuación característica de la merma. .....	54
Tabla 11: Tiempos estándar de envasado de la maquina envasadora.....	56
Tabla 12: Determinación de valores de la fórmula de la ecuación característica del Tiempo Estándar. ....	57
Tabla 13: Comparación cualitativa de las alternativas de solución.....	62
Tabla 14: Valorización ponderada de las alternativas de solución.....	63
Tabla 15: Calificación de la valorización ponderada .....	63
Tabla 16: Registro de producción pos implementación del sistema automatizado.....	70
Tabla 17: Determinación de valores de la fórmula de la ecuación característica de los Tiempos Estándar pos Adaptación Tecnológica .....	71



Tabla 18: Registro de Tiempos Estándar pos implementación del sistema automatizado..	75
Tabla 19: Determinación de valores de la fórmula de la ecuación característica del Tiempo Estándar pos adaptación tecnológica.....	76
Tabla 20: Determinación de valores de la fórmula de la ecuación característica de la merma pos adaptación tecnológica.....	81
Tabla 21: Cuadro de inversión monetaria para la implementación de la Adaptación Tecnológica .....	85
Tabla 22: Reporte de producción del Segundo Trimestre – 2019.....	93
Tabla 23: Reporte de producción del Tercer Trimestre – 2019.....	94
Tabla 24: Reporte de producción del Cuarto Trimestre - 2019.....	95
Tabla 25: Tiempos estándar de Envasado de cerveza Segundo Semestre – 2019.....	96
Tabla 26: Tiempos estándar de Envasado de cerveza Tercer Semestre – 2019.....	97
Tabla 27: Tiempos estándar de Envasado de cerveza Cuarto Semestre - 2019.....	98
Tabla 28: Especificaciones válvula flotador en acero inoxidable .....	111
Tabla 29: Especificación Técnica Electroválvula Airtac .....	112
Tabla 30: Especificación Técnica Sensor de Presión.....	113
Tabla 31: Especificaciones técnicas electroválvula de entrada de CO2.....	114
Tabla 32: Especificación técnica del MEGA328P ATMEGA16U2 .....	116
Tabla 33: Especificación Técnica Sensor Inductivo PL-08N NPN.....	117
Tabla 34: Ficha Técnica Sensor fotoreflexivo E3F-20C1/20.....	118



## Índice de Figuras

Figura 1: Cerveza Raymi de 330ml.....	40
Figura 2: Diagrama organizacional de la empresa Cervecerías Cusco S.A.C.....	41
Figura 4: Diagrama de Operaciones y Funciones del proceso de envasado de cerveza Raymi .....	46
Figura 5: Modelado del Sistema Automatizado para la implementación de la Adaptación tecnológica.....	66
Figura 7: Diagrama de flujo de las funciones del Sistema Automatizado en el proceso de envasado de cerveza Raymi.....	68
Figura 8: Flujograma del proceso condicional del Sistema Automatizado en el proceso de envasado de cerveza Raymi.....	69
Figura 9: Comparativo del promedio aritmético de Productividad .....	73
Figura 10: Comparativo de la desviación estándar.....	73
Figura 11: Comparativo de los ratios de productividad: Cajas/Hora en la maquina envasadora de cerveza Raymi.....	74
Figura 12: Comparativo de la Media de los Tiempos Estándar. ....	77
Figura 13: Comparativo de las desviaciones estándar.....	78
Figura 14: Comparativo de los Tiempo Estándar de cada ciclo de envasado de cerveza Raymi. ....	79
Figura 15: Comparativo del promedio aritmético de la merma.....	82
Figura 16: Comparativo de Desviación Estándar de la merma. ....	83
Figura 17: Comparativo de merma generadas en el envasado de cerveza Raymi antes y pos Adaptación Tecnológica.....	84



Figura 18: Ratio de productividad de envasado de Cerveza Raymi Cajas/Hora.....	99
Figura 19: Histórico de merma generado por litro .....	100
Figura 20: Histórico de Tiempo Estándar de Envasado de Cerveza Raymi.....	101
Figura 21: Molino de 4 rodillos.....	102
Figura 22: Relación Temperatura/Tiempo del proceso de maceración de la cerveza. ....	103
Figura 23: Fases de la fermentación de la Cerveza. ....	105
Figura 24: Agua Mineral no carbonatada de 330 ml retornable.....	107
Figura 25: Agua mineral carbonatada 330 ml retornable .....	107
Figura 26: Agua mineral no carbonatada 600 ml no retornable.....	108
Figura 27: Discoteca Zafiro.....	108
Figura 28: Discoteca Morgana. ....	108
Figura 29: Club Fallen Angel. ....	108
Figura 30: Hoteles Taypikala Machupicchu.....	109
Figura 31: Hoteles Casa Cartagena. ....	109
Figura 32: Hoteles Mama Simona .....	109
Figura 33: Sumaq Machupicchu.....	109
Figura 34: Hoteles Kokopelli. ....	109
Figura 35: Agua mineral no carbonatada 2L no retornable.....	110
Figura 36: Agua mineral no carbonatada 20 Litros retornable.....	110
Figura 37: Electroválvula Airtac. ....	112
Figura 38: Sensor de presión Ebowan. ....	113



Figura 39: Electroválvula de entrada de co2 dn8. ....	114
Figura 40: Tarjeta de control de 04 canales.....	115
Figura 41: Tarjeta de desarrollo MEGA328P ATMEGA16U2 .....	116
Figura 42: Sensor inductivo PL-08N NPN.....	117
Figura 43: Sensor fotoreflexivo E3F-20C1/20L.....	118



## Resumen

El presente trabajo de investigación fue desarrollado en la empresa Cervecerías Cusco S.A.C. en el área de envasado de cerveza Raymi el año 2019, el objetivo principal es el incremento de la productividad el cual se logró con el desarrollo de los objetivos secundarios, para ello, la mejor alternativa de solución fue la Adaptación Tecnológica a través de la implementación de un sistema automatizado que permitió el mejor control de las condiciones óptimas de envasado y cumplir con los objetivos del presente proyecto.

A continuación, se describe cada capítulo del presente trabajo de investigación:

Capítulo 1: Se desarrolló los aspectos generales de la tesis, formulación del problema, justificación de la investigación, determinación de objetivos y delimitación del estudio.

Capítulo 2: Se desarrolló los antecedentes internacionales y nacionales, fundamentos teóricos sobre productividad y producción de cerveza, determinación de variables y su respectiva operacionalización.

Capítulo 3: Se analizó de las condiciones del entorno tanto internas como externas el cual ayuda a delimitar de mejor manera la problemática.

Capítulo 4: Determinación del proceso productivo a intervenir.

Capítulo 5: Estimación de las posibles alternativas de solución a través de una evaluación cualitativa y cuantitativa, optando por la mejor solución.

Capítulo 6: Implementación de la mejor alternativa de solución, Adaptación Tecnológica.

Capítulo 7: Evaluación de los resultados pos implementación del sistema automatizado y verificación del cumplimiento de los objetivos planteados.



## Summary

This research work was developed in the company Cervecerías Cusco S.A.C. In the Raymi beer packaging area in 2019, the main objective is to increase productivity, which was achieved with the development of secondary objectives, for this, the best alternative solution was Technological Adaptation through implementation of an automated system that allowed the best control of the optimal packaging conditions and meet the objectives of this project.

Each chapter of this research work is described below:

Chapter 1: The general aspects of the thesis, formulation of the problem, justification of the investigation, determination of objectives and delimitation of the study were developed.

Chapter 2: The international and national antecedents, theoretical foundations on productivity and beer production, determination of variables and their respective operationalization were developed.

Chapter 3: Both internal and external environmental conditions were analyzed, which helps to better define the problem.

Chapter 4: Determination of the production process to intervene.

Chapter 5: Estimation of possible solution alternatives through a qualitative and quantitative evaluation, choosing the best solution.

Chapter 6: Implementation of the best alternative solution, Technological Adaptation.

Chapter 7: Evaluation of the results after the implementation of the automated system and verification of the fulfillment of the objectives set.





## CAPÍTULO 1: Aspectos Generales

### 1.1. Planteamiento del Problema

“El envasado de cerveza es uno de los procesos más importantes de la elaboración de cerveza, en el cual, un correcto proceso operativo determina las características finales del producto como: Color, aroma, porcentaje de gasificación en la cerveza, entre otros”, concepto empleado en el trabajo de investigación desarrollado en la línea de envasado de cerveza 819 de la planta Huachipa de la Compañía Cervecería Ambev Perú, con producción de línea de envasado de 7300 Hl por semana, Compañía cervecera más representativa del mercado nacional que abastece aproximadamente 90% del mercado nacional. (Romani, 2016).

La producción de cerveza a baja escala o por productores artesanales tomo auge a partir del 2011 teniendo un crecimiento modesto debido a las limitaciones como: problemas de operatividad, la complejidad del mismo proceso productivo de elaboración de cerveza lo que genera una reducción de utilidad neta debido a los altos costos de producción, en la actualidad Cervecerías Cusco S.A.C. ya tiene 4 años operando en el mercado local y nacional con su marca de cerveza Raymi, cerveza de estilo Pils de color dorado intenso y agradable aroma.

Actualmente Cervecerías Cusco S.A.C. sostiene una producción de 500 Hl/ mes con una capacidad instalada 2500 Hl/ mes, la puesta de marcha, el funcionamiento de los equipos y todos los problemas operativos son causantes del uso solo de 20% de la capacidad operativa total mensual.

Para poder determinar a detalle el problema más resaltante en la operación de producción de cerveza Raymi se realizó un diagnóstico operativo de todo el proceso productivo comparando registros históricos de producción con la planificación mensual programada y se pudo determinar que en el área de envasado de cerveza hay mucha variabilidad en la productividad lo que genera mucha pérdida de producto y también los tiempos estándar de producción son muy variables, a continuación, se desarrolla un diagnóstico a través de pasos para determinar el problema a tratar:



Primero, se realizó un diagnóstico a través de la revisión de los registros históricos de producción de envasado de cerveza Raymi desde la mitad del segundo trimestre del año 2019, en el cual se pudo recabar información histórica sobre la producción de cerveza Raymi, información que sirvió para determinar la presencia de variables poco productivas y muy significativas:

- a) Variabilidad en los tiempos estándar de envasado de cerveza Raymi, que se puede visualizar en el **Anexo B, Tabla 25, Tabla 26 y Tabla 27** esto debido a no tener una estandarización controlada de las condiciones adecuadas para un correcto proceso de envasado de cerveza Raymi (temperatura  $\leq 1^{\circ}\text{C}$ ,  $2.25\% < \% \text{ Saturación de CO}_2 < 2.45\%$ ,  $2.5 \text{ Bar} < \text{Presión de envasado} < 3.5 \text{ Bar}$ ). También se pudo determinar muchas paradas y generación de tiempos muertos.
- b) Mermas (Producto rechazado que no cumple con los estándares de calidad), se pudo recabar información a través de los históricos de envasado, información en el **Anexo A: Tabla 22, Tabla 23, Tabla 24** que llegan a valores del 28.7 % del producto final lo cual se daba en el área de envasado de cerveza Raymi, dicha cifra resulta altamente preocupante por el valor económico del producto en pérdida.

Segundo, se evaluó a detalle el proceso de envasado de cerveza Raymi para poder determinar las causas de la variabilidad en los tiempos estándar de envasado de cerveza Raymi y la merma de cerveza Raymi.

Tercero, se determinó que existe problemas en el área de envasado, en especial en la máquina envasadora de cerveza Raymi en la empresa Cervecerías Cusco S.A.C., dichos problemas suscitados por: Condiciones no óptimas del producto para el correcto envasado de cerveza Raymi, maniobras u operatividad poco técnicas por parte de los operarios y falta de control constante de las condiciones adecuadas de la máquina para el correcto proceso de envasado de cerveza, dichos problemas no permitían una productividad acorde a la planificación del área de manufactura de la empresa Cervecerías Cusco S.A.C. lo cual conllevó a realizar el presente trabajo de investigación.



## 1.2. Formulación del problema

### 1.2.1. Problema General

- a) ¿Cómo incrementar la productividad en el área de envasado de cerveza Raymi en la empresa Cervecerías Cusco S.A.C. Cusco 2019?.

### 1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cómo reducir los tiempos estándar en el área de envasado de cerveza Raymi en la empresa Cervecerías Cusco S.A.C. Cusco 2019?.
- b) ¿Cómo disminuir la generación de mermas en el área de envasado de cerveza Raymi en la empresa Cervecerías Cusco S.A.C. Cusco 2019?.

## 1.3. Justificación

### 1.3.1. Conveniencia

El presente proyecto de investigación es de importante interés para la empresa Cervecerías Cusco S.A.C. porque incrementará la productividad en la elaboración de cerveza Raymi, se reducirá la generación de merma de producto en proceso (cerveza) y también permitirá la mayor disponibilidad de la maquina envasadora al reducirse los tiempos estándar o tiempos de envasado de cerveza. Cabe resaltar que dicho proyecto de investigación no solo incrementará la producción de cerveza Raymi, sino también la producción de agua mineral Andea, al usar la misma máquina para el envasado de dicho producto, por ende, el proyecto asume una gran importancia para la empresa Cervecerías Cusco S.A.C.

### 1.3.2. Relevancia Social

Es de interés común, proyecto que puede ser considerado como base para futuras investigaciones relacionadas con la productividad y el uso de tecnologías apropiadas implementando Adaptaciones Tecnológicas en cualquier empresa de bienes y/o servicios no solo del rubro cervecero, lo cual



será un aporte a todas las empresas del sector local y nacional fomentando el desarrollo económico del país.

### **1.3.3. Implicancias prácticas**

El presente proyecto ayudará a resolver en gran porcentaje los objetivos planteados, gracias a la recopilación histórica de los reportes de producción y el seguimiento constante del proceso de envasado de cerveza Raymi en la empresa Cervecerías Cusco S.A.C. se intervendrá en los problemas más críticos incrementando la productividad y preservando la calidad del producto.

### **1.3.4. Valor teórico**

El presente proyecto tendrá alta implicancia en otras áreas del conocimiento al tener información real de la mejora de un proceso con el uso adecuado de la tecnología, dicho proyecto contiene información que permita ser fuente aplicable para otros trabajos relacionados con el incremento de la productividad evaluando: Estandarización de procesos, Automatización industrial, costos de producción, costos de implementación, técnicas procedimentales de procesos, entre otros.

### **1.3.5. Utilidad metodológica**

Con esta investigación podremos demostrar la relevancia en la recopilación de información a través de históricos de producción, información que ayudará a un mejor entendimiento de los problemas encontrados y la determinación más rápida de las posibles soluciones.

## **1.4. Objetivos de la investigación**

### **1.4.1. Objetivo General**

- a) Incrementar la productividad en el área de envasado de cerveza Raymi en la empresa Cervecerías Cusco S.A.C. Cusco 2019.



#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- a) Reducir los tiempos estándar en el área de envasado de cerveza Raymi en la empresa Cervecerías Cusco S.A.C. Cusco 2019.
- b) Disminuir la generación de mermas en el área de envasado de cerveza Raymi en la empresa Cervecerías Cusco S.A.C. Cusco 2019.

### **1.5. Metodología**

#### **1.5.1. Tipo de Investigación**

El presente proyecto de investigación tuvo como finalidad ser aplicada, lo que permitió mejorar las condiciones de trabajo en el área de envasado de cerveza Raymi, con un alcance explicativo que determinó las causas que afectaban la productividad.

El diseño experimental del proyecto de investigación permitió realizar cambios significativos en el proceso productivo intervenido y obtener mejores resultados en la variable de estudio.

A través del enfoque cuantitativo se recopiló la información de los Históricos de Producción para posteriormente ser procesado estadísticamente y comparado con los datos obtenidos pos implementación de la mejora tecnológica.

Es de carácter histórico – experimental, al realizar recopilación histórica de producción de cerveza Raymi y la productividad (variable) del área de envasado de la Empresa Cervecerías Cusco S.A.C. Cusco - 2019.



### **1.5.2. Nivel de Investigación**

De acuerdo a la naturaleza del proyecto de investigación, el nivel Descriptivo - Explicativo, permitió desarrollar un diagnóstico inicial de las condiciones en la cual se encontró el área de envasado de cerveza Raymi y determinar las causas que tienen incidencia directa en la variable de estudio.

### **1.5.3. Método de la investigación**

El proyecto de investigación basó su desarrollo en la recopilación de información a través de los Históricos de Producción lo que permitió establecer los criterios de mejora.

## **1.6. Delimitación del Estudio**

### **1.6.1. Delimitación Espacial**

El presente proyecto de investigación se ejecutó en el área de envasado de cerveza Raymi en la empresa Cervecerías Cusco S.A.C. Calle Romeritos J 17 – San Jerónimo – Cusco.

### **1.6.2. Delimitación Temporal**

El presente proyecto de investigación se ejecutó en el segundo semestre del año 2019.



## CAPÍTULO 2: Marco Teórico

### 2.1. Antecedentes del Estudio

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

- a) (Romero N. V., 2010) “Aumento de productividad en línea de envasado de la planta los cortijos de cervecería polar”

La tesis en mención fue desarrollada en la línea 2 de la planta Los Cortijos de Cervecería Polar C.A. en la cual se produce cerveza de marca Ice y Bebida malteada no alcohólica de marca Maltin.

La metodología empleada se enfocó en la recolección de información de históricos de producción para centrar la investigación en el estudio de causas y los tiempos de las paradas de las maquinas envasadoras para posteriormente presentar propuestas de mejoras.

Para un mejor control del balance de línea obtenido con las mejoras operativas realizadas se implementó una plataforma virtual hecha en Visual Basic para aplicaciones de Microsoft Excel lo cual les permite una gestión adecuada del balance de línea y la toma de decisiones de manera más rápida y eficiente.

Conclusión: de los análisis realizados por la autora del trabajo de investigación pos a la implementación de la plataforma virtual, concluyó en dos causas significativas (desbalance de línea y Mantenimiento ineficiente de los equipos y sensores del área de envasado de cerveza). Para lo cual recomendó mantenimiento preventivo en el área de envasado de cerveza e implementar pruebas de paradas programadas.

- b) (Romero D. M., 2009), “Propuesta de automatización de los procesos de verificación y despachos en una empresa panificadora”.



La tesis en mención fue desarrollada en la empresa “La Empresa Panificadora”, empresa ubicada en la ciudad de Bogotá con más de 60 años de funcionamiento. La empresa se encuentra en una etapa de transición y de cambio tecnológico con el fin de mejorar cada uno de sus procesos y responder de manera más eficiente a las necesidades del mercado y exigencias del entorno basados en la detección de necesidades básicas y en el planteamiento de soluciones a problemas específicos.

El área que presenta mayores deficiencias fue de: Proceso de Embalaje y Despachos, el cual, a través de estudios de métodos, tiempos y ergonómicos se determinó las causas más importantes que influyen en la eficiencia del proceso relacionados con métodos de trabajo, para ellos la autora planteo varias propuestas de mejoras tecnológicas entre ellos: Sistema Neumático de Embalaje, Isla robotizada, Robot IRB 360, entre otros.

Conclusión: Los problemas identificados se relacionan con los métodos de trabajo y la ejecución manual de las operaciones y a través del análisis técnico financiero propuesto en dicho proyecto proponen la implementación de la Isla Robotizada la cual permitirá un incremento de 84,68% en la productividad.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

- a) (Mancisidor, 2019) “Propuesta de implementación de un Sistema Automatizado de envasado y sellado de vacunas para mejorar la productividad en una empresa estatal de rubro farmacéutico”

La tesis en mención propone la mejora en el proceso de envasado y sellado de la vacuna antirrábica veterinaria en una empresa estatal de rubro farmacéutico. Es por ello que la autora plantea la adquisición de un sistema automatizado de envasado y sellado de vacunas, con el fin de incrementar la productividad, reducir tiempos operativos, reducir mercadería defectuosa y reducir el riesgo de contaminación cruzada debido al manipuleo constante del producto.

A través del Estudio de Métodos y el Estudio de Tiempos la autora realizó el análisis de las operaciones y el cálculo del tiempo estándar para la





determinación de los requerimientos, selección del sistema automatizado de envasado y sellado de vacunas.

Conclusión: La implementación del sistema automatizado de envasado y sellado de vacunas propuesto en dicha tesis, mejora la productividad en 92.31%, reduce los tiempos operativos en 48.05%, y mejora la calidad del producto final en 10.62%, del proceso de envasado y sellado de la vacuna antirrábica veterinaria.

- b) (Alvear, 2018) “Diseño de un sistema automatizado para mejorar la productividad en la etapa de laminado en la fabricación de la pasta wantan en la empresa Yuc Wa”.

La tesis en mención fue desarrollada en la empresa Yuc Wa, la cual se dedica a la producción y comercialización de pasta Wantan, cuyos principales consumidores son los restaurantes orientales “chifas y snacks”, en la ciudad de Chiclayo.

En el análisis de la producción de wantan el autor determinó que el proceso de laminado genera un cuello de botella debido a la dependencia de la mano del hombre para poder efectuar esta tarea y que la máquina de apoyo para realizar dicha actividad es muy ineficiente generando muchas paradas y mantenimientos correctivos constantes lo que conlleva a una pérdidas económicas de S/ 380 184,54 (año 2016).

Para superar los problemas generados en el cuello de botella el autor planteó la implementación de un sistema automatizado de manera secuencial que le permita la producción de manera continua a través del control automatizado por PLC.

Conclusiones: Con el nuevo sistema automatizado obtienen una notable mejora en los indicadores de productividad de 2074 % lo que permitió que la inversión total de S/ 64 254,09 para la implementación del sistema automatizado pueda recuperarse en 90 días calendarios.



## 2.2. Marco Conceptual

### 2.2.1. Productividad

La productividad es la relación entre los productos logrados y los insumos que fueron utilizados o los factores de la producción que intervinieron. Las empresas deben utilizar recursos que les produzca riqueza a las comunidades y a los países. (García A., 2011).

“La productividad se mide a partir de los recursos utilizados para alcanzar resultados favorables, los resultados alcanzados se pueden medir en unidades producidas y los recursos empleados en número de trabajadores, horas máquina, etc.” (Gutierrez H., 2010).

Según (Mejía, 2014), La productividad es la administración eficiente de los recursos, refleja que tan bien se está usando la materia prima en una organización en la producción de bienes y servicios. La productividad es la integración de las 5`M (Mano de obra, Medio Ambiente, Métodos de trabajo, Maquinaria, Materia Prima), además de ser una actitud que posee cada persona para hacer mejor las cosas hoy, que ayer.

- a) Métodos de trabajo: es el estudio de la mejor forma de realizar algún proceso en la producción, reducir tiempos, eliminar movimientos innecesarios etc.
- b) Medio Ambiente: un lugar de trabajo bien estructurado y agradable para el desarrollo de alguna actividad productiva.
- c) Materia prima: buenos proveedores, calidad en los insumos.
- d) Maquinaria: tecnología de punta, programas de mantenimiento de maquinaria.
- e) Mano de Obra: trabajadores especializados y motivados en la consecución de una alguna acción.



### 2.2.2 Incremento de la productividad

Según (Mejía, 2014), la productividad depende directamente de la siguiente fórmula, la cual a través del manejo de las variables se puede determinar un incremento o decremento de la productividad.

Fórmula:  $\text{Productividad} = \text{Unidades producidas} / \text{Recursos empleados}$ .

Esta fórmula se puede aplicar de muchas maneras para aumentar la productividad, estas son algunas de las formas:

- a) La producción es constante y disminuyen los recursos.
- b) La producción aumenta y los recursos permanecen constantes.
- c) La producción aumenta y disminuyen los recursos.
- d) La producción disminuye y los recursos disminuyen en mayor proporción.
- e) Los recursos aumentan y aumenta la producción en mayor proporción.

Es muy importante optimizar los recursos, debido a que la productividad busca mejorar lo que ya existe. Aquellos que logren un nivel alto de productividad, son los que están llamados a mantenerse y competir en el mercado, por esto es un enfoque estratégico importante en cualquier organización (Mejía, 2014).

El incremento de la productividad puede ser por una mejor planificación del trabajo por parte de la dirección, instalación de nueva maquinaria, mayor pericia de los obreros, mejoramiento de los métodos, mejores lugares de trabajo, capacitaciones y seminarios etc. (La productividad es sacar el máximo provecho de los recursos disponibles) (Mejía, 2014).

### 2.2.3. Estudio de tiempos

(William K., 1989) El estudio de tiempos es el procedimiento utilizado para medir el tiempo requerido por un trabajador calificado, quien trabajando a un



nivel normal de desempeño realiza una tarea dada conforme a un método especificado.

#### **2.2.4. Tiempo estándar**

(Criollo, 1998) Es el tiempo que se concede para efectuar una tarea. En él están incluidos los tiempos de los elementos cíclicos (repetitivos, constantes, variables), así como los elementos causales o contingentes (aquellos que se presentan generalmente al empezar o al terminar la operación) que fueron observados durante el estudio de tiempos.

(Niebel, 2009) Valor en unidades de tiempo para realizar una tarea, determinado con la aplicación correcta de las técnicas de medición del trabajo por personal calificado.

#### **2.2.5. Eficiencia.**

(Chiavenato I. , 2004) "utilización correcta de los recursos (medios de producción) disponibles. Puede definirse mediante la ecuación  $E=P/R$ , donde P son los productos resultantes y R los recursos utilizados".

#### **2.2.6. Eficacia**

(Rae, s.f.) Del lat. Eficacia, Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera.

(Oliveira, 2002). "Está relacionada con el logro de los objetivos/resultados propuestos, es decir con la realización de actividades que permitan alcanzar las metas establecidas. La eficacia es la medida en que alcanzamos el objetivo o resultado".

#### **2.2.7. Automatización**

(Gutiérrez, 1994) El concepto de automatización (del griego *autos* que significa: por sí mismo" y *maiomai* que significa: lanzar") corresponde a la



necesidad de minimizar la intervención humana en los procesos de gobierno directo en la producción, vale decir, ahorrar esfuerzo laboral.

(Derby, 2005) Método de controlar automáticamente la operación de un aparato –artefacto, proceso o sistema integrado por diversos componentes a través de medios mecatrónicos – electrónicos y computacionales que sustituyen los órganos sensitivos y la capacidad de decisión del ser humano.

#### **2.2.8. La Cerveza**

La elaboración de cerveza fue uno de los primeros procesos bioquímicos descubiertos por la humanidad. Llevamos ya más de diez mil años fabricando cerveza y disfrutando de ella. La ruta para llegar a ella ha sido, sin duda, larga y dificultosa, pero en este momento es muy fácil hacer cerveza buena y no es excesivamente difícil elaborar cervezas realmente magníficas en la cocina o el patio de casa. (Huxley, 2006).

En el **Anexo D**, se explica más a detalle el proceso de elaboración de cerveza.

#### **2.2.9. Merma**

Palabra que emana del latín vulgar y más exactamente del vocablo “minimare”, que puede traducirse como “reducir algo al mínimo”. Merma es la acción y efecto de mermar (hacer que algo baje o disminuya, consumir una parte de algo, quitar alguna parte de una cierta cantidad). Una merma, por lo tanto, es una porción de algo que se sustrae o se consume naturalmente (Pérez, 2011).

#### **2.2.10. Análisis de Operaciones**

Los principios del análisis de operaciones son fundamentales y se pueden aplicar a cualquier clase o tipo de trabajo. No importa si el problema de costos del gerente proviene de la sección de mantenimiento o de una línea



de producción de alto volumen, parcialmente mecanizada. (William K., 1989).

*El enfoque del método de análisis de operaciones para el mejoramiento y la automatización:*

1. Obsérvese o visualice la operación.
2. Haga preguntas.
3. Estime el grado posible de mejoramiento o automatización.
4. Investigue diez métodos de mejoramiento y automatización:
  - a. Diseño de piezas o ensambles.
  - b. Especificación de los materiales.
  - c. Proceso de manufactura.
  - d. Objetivo de la operación.
  - e. Tolerancia y requisitos de inspección.
  - f. Herramientas y velocidad, alimentación y profundidad de corte.
  - g. Análisis de equipo.
  - h. Distribución del lugar de trabajo y análisis de movimientos.
  - i. Flujo de materiales.
  - j. Distribución de planta.
5. Compare los métodos nuevos con los anteriores. (William K., 1989).

### **2.2.11. Medición del trabajo**

"La Medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida" (Salazar, 2016).

Una función adicional de la Medición del Trabajo es la fijación de tiempos estándar (tiempos tipo) de ejecución, por ende, es una herramienta complementaria en la misma Ingeniería de Métodos, sobre todo en las fases



de definición e implantación. Además de ser una herramienta invaluable del costeo de las operaciones (Salazar, 2016).

La Medición del tiempo se da a través de los siguientes pasos:

***Tabla 1: Procedimiento básico sistemático para realizar una Medición del Trabajo***

Seleccionar	El trabajo que va a ser objeto de estudio.
Registrar	Todos los datos relativos a las circunstancias en que se realiza el trabajo, a los métodos y a los elementos de actividad que suponen.
Examinar	Los datos registrados y el detalle de los elementos con sentido crítico para verificar si se utilizan los métodos y movimientos más eficaces y separar los elementos improductivos o extraños de los productivos.
Medir	La calidad de trabajo de cada elemento, expresándola en tiempo, mediante la técnica más apropiada de medición del trabajo.
Compilar	El tiempo estándar de la operación previendo, en caso de estudio de tiempos con cronometro, suplementos para breves descansos, necesidades personales, etc.
Definir	Con precisión la serie de actividades y el método de operación a los que corresponde el tiempo computado y notificar que ese será el tiempo estándar para las actividades y métodos especificados

*Fuente: IngenieriaIndustrialOnline*



### 2.2.12. Proceso

La palabra Proceso presenta origen latino, del vocablo processus, de procedere, que viene de pro (para adelante) y cere (caer, caminar), lo cual significa progreso, avance, marchar, ir adelante, ir hacia un fin determinado. Por ende, proceso está definido como la sucesión de actos o acciones realizados con cierto orden, que se dirigen a un punto o finalidad, así como también al conjunto de fenómenos activos y organizados en el tiempo. Según el diccionario de la real academia española esta palabra es definida como la acción de ir hacia adelante, al transcurso del tiempo, al conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial. El término proceso está relacionado a varios ámbitos con concepciones diferentes, tenemos que en las ciencias para la biología, es el nombre dado a la prolongación de un órgano, una estructura o un tejido que sobresale del resto. (VENEMEDIA, ConceptoDefinicion, 2019)

### 2.2.13. Diagrama de Flujo de Proceso

(Chiavenato I. , 1993)El Flujograma o Diagrama de Flujo, es una gráfica que representa el flujo o la secuencia de rutinas simples. Tiene la ventaja de indicar la secuencia del proceso en cuestión, las unidades involucradas y los responsables de su ejecución.

### 2.2.14. Automatización Industrial

La automatización en el concepto histórico más reciente, no solamente está relacionada con el proceso mismo, sino también con la distribución de productos fabricados o con la prestación de servicios. Forma parte integrante de la concepción y de la gestión de los grandes complejos industriales, administrativos y comerciales. La automatización contribuye, particularmente, uno de los factores de aumento de la productividad y de la mejora de la calidad. (Moreno, 1999).





La técnica de la automatización es una disciplina que abarca varias especialidades y que, por lo tanto, recurre a conocimientos y métodos de diversas ciencias de ingeniería. La norma DIN 19223 define un autómata como un sistema artificial que se comporta de determinadas maneras relacionando comandos de entrada con estados del sistema, con el fin de obtener las salidas necesarias para solucionar tareas (Festo, 2008).

Para configurar procesos automáticos modernos se necesitan tres componentes:

- Sensores para captar los estados del sistema.
- Actuadores para emitir los comandos de control.
- Unidades de control para la ejecución del programa y para tomar decisiones.

#### **2.2.15. Medición de procesos automatizados**

En la actualidad, los procesos automatizados los emplean compañías que tienen volúmenes de producción altos y bajos. La automatización se encuentra en las grandes corporaciones, así como también en las compañías pequeñas que producen muchos tipos diferentes de mercaderías y servicios. *El objetivo principal de la medición de procesos automatizados es mejorar la productividad total.* (William K., 1989).

#### **2.2.16. Adaptación Tecnológica**

“A través del tiempo el ser humano ha ido desarrollando tecnologías para expresar y facilitar su necesidad de conseguir diferentes propósitos. Desde épocas muy remotas, las sociedades han ido evolucionando debido a sus creaciones tecnológicas, desde la rueda, hasta satélites artificiales para explorar otros planetas y estrellas. Nuestra necesidad de entender el mundo y mejorar nuestros niveles de vida nos ha llevado a crear, diseñar y



desarrollar constantemente nuevas tecnologías que son adquiridas y usadas por la mayoría de nosotros. En un mundo en constante cambio, nuevas herramientas se construyen cada día, y a medida que el mundo avanza en el tiempo, más tecnologías ingresan en nuestras sociedades generando, aparentemente, un impacto positivo”. (Hernani, 2018).

### 2.2.17. Estadística Descriptiva

#### a) El Promedio o la Media Aritmética

Es la medida de posición más frecuentemente usada. Para calcular la media aritmética o promedio de un conjunto de observaciones se suman todos los valores y se divide por el número total de observaciones.

*Definición:*

Si tenemos una muestra de  $n$  observaciones y denotadas por  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , definimos la media muestral  $\bar{X}$  del siguiente modo:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

El símbolo  $\sum_{i=1}^n X_i$  indica la suma de todos los valores observados de la variable desde el primero ( $i=1$ ) hasta el último ( $i=n$ ). (Orellana, 2001).

#### b) Desviación Estándar

La desviación estándar mide cuán lejos se encuentran los datos de la media muestral. Un modo de medir la variabilidad de los datos de una muestra sería tomar algún valor central, por ejemplo la media, y calcular el promedio de las distancias a ella. Mientras mayor sea este promedio, más dispersión deberían presentar los datos. (Orellana, 2001).

Si se dispone de la información de una variable  $X$  para las  $N$  unidades de análisis de la población, denotamos con  $\sigma^2$  y  $\sigma$  (sigma) la varianza y la



desviación estándar de la población respectivamente y las definimos del siguiente modo:

$$\sigma^2 = \frac{(X_1 - \mu)^2 + \dots + (X_n - \mu)^2}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N} \quad \sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

### c) Regresión Lineal Simple

La regresión lineal simple tratamos de explicar la relación que existe entre la variable respuesta Y y una única variable explicativa X. (Carollo, 2011-2012).

La ecuación característica de la regresión lineal simple está determinada por:

$$Y = mX + b$$

Para la determinación de la pendiente  $m$  se usa la fórmula:

$$m = \frac{N \cdot \sum_{i=1}^N (Y_i \cdot X_i) - \sum_{i=1}^N X_i * \sum_{i=1}^N Y_i}{N \cdot \sum_{i=1}^N (X_i)^2 - 2 * \sum_{i=1}^N (X_i)}$$

La determinación de la constante  $b$  está dado por:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i}{N} - m \cdot \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

### d) Linealización de Variables

La linealización de variables es el cambio de variable de una ecuación lineal a una ecuación: potencial, exponencial, logarítmica o polinómica (viceversa) que permite que una dispersión de datos pueda ser representada por la ecuación característica más acorde reflejado por el coeficiente de determinación  $R^2$ .



Para una representación Logarítmica la ecuación característica está dada:

$$Y = b * X^a \quad \dots \dots \dots \text{Logaritmando}$$

$$\underbrace{\text{Log}(Y)}_{\check{Y}} = \underbrace{\text{Log}(b)}_B + a * \underbrace{\text{Log}(X)}_{\check{X}}$$

$$\check{Y} = B + a * \check{X} \dots \dots \dots \text{Ecuación lineal}$$

## 2.3. Variables

### 2.3.1. Identificación de Variables

**Variable Única**

Productividad.



## 2.4 Operacionalización de Variable

*Tabla 2: Tabla de Operacionalización de Variable*

Variable	Descripción	Dimensiones	Indicadores
Productividad	<ul style="list-style-type: none"><li>• La productividad es la relación entre los productos logrados y los insumos que fueron utilizados o los factores de la producción que intervinieron. Las empresas deben utilizar recursos que les produzca riqueza a las comunidades y a los países. (García A., 2011).</li><li>• “La productividad se mide a partir de los recursos utilizados para alcanzar resultados favorables, los resultados alcanzados se pueden medir en unidades producidas y los recursos empleados en número de trabajadores, horas máquina, etc.” (Gutierrez H., 2010).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiempos estándar de envasado de cerveza Raymi.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiempos estándar de envasado.</li><li>• Reportes de producción.</li></ul>
		<ul style="list-style-type: none"><li>• Mermas de cerveza Raymi</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reportes de mermas de cerveza Raymi.</li></ul>

*Fuente: Elaboración propia*



## CAPÍTULO 3: Marco Contextual De La Empresa Y Selección Del Proceso Productivo

### 3.1. Generalidades y Actividades de la empresa

#### 3.1.1. Generalidades

**Razón Social:** Cervecerías Cusco S.A.C.

**R.U.C.:** 20527294917

**Representante Legal:** Ing. Ramiro Farfán Kilian

**Dirección:** Calle Romeritos J – 17 San Jerónimo – Cusco.

**Teléfono:** +51 993 026 407

#### 3.1.2. Actividades

Cervecerías Cusco S.A.C. empresa cusqueña dedicada a la producción y envasado de bebidas malteadas y no malteadas, con marcas reconocidas en el mercado local y nacional: Andea (Agua mineral) y Raymi (Bebida malteada).

##### 3.1.2.1. Bebidas no malteadas

Cervecerías Cusco S.A.C. ofrece un producto de alta calidad dirigido a publico exigente en especial al sector turístico, segmento HORECA (Hoteles, Restaurantes y Cafetines), Supermercados y tiendas por conveniencia. El envasado de agua mineral alcalina es uno de los pilares más resaltantes de crecimiento económico de la empresa a la cual se le da alta importancia y dedicación durante todo el proceso de envasado manteniendo altos parámetros de calidad. Estudios



demuestran que el agua alcalina es más beneficioso para la salud al tener un proceso completamente natural, agua ANDEA contribuye a la producción de oxígeno, mejorando naturalmente el balance ácido/alcalino del cuerpo, Agua Mineral Andea es envasada bajo los principios del científico japonés Masaru Emoto.

Las características más resaltantes del producto se muestran a continuación en la siguiente tabla:

**Tabla 3: Composición Mineral (mg/L) Agua Andea**

<b>Composición Mineral (mg/L)</b>	
Calcio	39.8
Magnesio	3.14
Sodio	0.01
Potasio	0.08

*Fuente: Etiqueta de Agua Mineral Andea de 600ml*

**Tabla 4: Información Nutricional Agua Andea**

<b>Información Nutricional</b>	
Calorías	0.00
Grasas	0.00
Carbohidratos	0.00

*Fuente: Etiqueta de Agua Mineral Andea de 600ml*

El envasado de agua mineral alcalina se da a través de diferentes presentaciones las cuales se destina para distintos sectores cumpliendo las exigencias del consumidor en relación a precio, calidad, presentación, entre otros.

El en **ANEXO E** se muestra a detalle las variedades de presentación de agua Mineral ANDEA.



### 3.1.2.2. Bebidas Malteadas

Las bebidas malteadas son todas aquellas que para su elaboración se hace uso de cebada que previamente tuvo un proceso de malteado, el malteado es la transformación de la cebada en malta (Se aplica al grano que ha sido sometido al proceso de transformarse en malta).

#### a) La cerveza – la bebida popular más antigua

La fabricación de la cerveza está ligada a una sucesión de tres procesos bioquímicos: la formación de enzimas en el grano de cereal germinante, la degradación de almidón a azúcar justamente por parte de esas enzimas y, a continuación, la fermentación del azúcar a alcohol y CO<sub>2</sub>. (Kunze, 2006)

**Figura 1: Cerveza Raymi de 330ml**

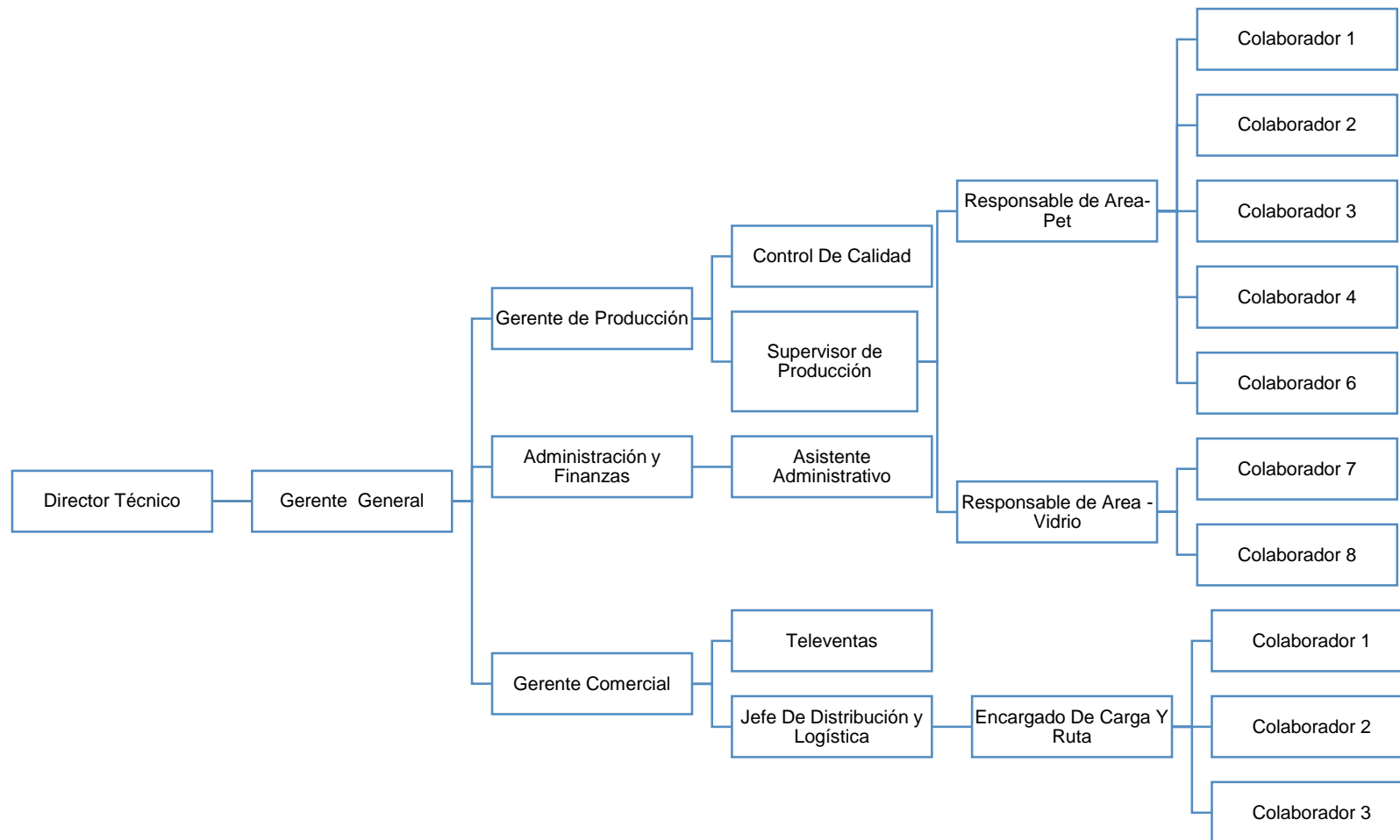






### 3.2. Aspectos Organizacionales de la Empresa

Figura 2: Diagrama organizacional de la empresa Cervecerías Cusco S.A.C.



Fuente: Elaboración propia



### 3.3. Análisis Externo e Interno de la Empresa

#### 3.3.1. Matriz de Evaluación de Factores Externos

*Tabla 5: Matriz de Evaluación de Factores Externos*

Factor Criterio de éxito	Peso	Calificación	Puntuación
<b>OPORTUNIDADES</b>			
Posicionamiento establecido de la cerveza en el mercado de consumo de bebidas alcohólicas.	20%	3	0.6
Crecimiento del mercado consumidor de cerveza.	10%	4	0.4
Alto uso de marketing digital en la promoción de cerveza.	10%	2	0.2
Alga gama de complemento de la cerveza con respecto a la variedad culinaria del país.	15%	2	0.3
<b>Sub Total Oportunidades</b>			<b>1.5</b>
<b>AMENAZAS</b>			
La cerveza no representa un necesidad básica lo cual está sujeto al poder económico adquisitivo del consumidor	10%	3	0.3
Monopolio del mercado cervecero el cual genera competencias no leales.	20%	2	0.4
Incremento del Impuesto Selectivo al Consumo que no permite ofrecer mejores precios al consumidor.	10%	2	0.2
Variedad de productos sustitutos respecto al consumo de bebidas alcohólicas.	5%	1	0.05
<b>Sub Total Amenazas</b>			<b>0.95</b>
<b>TOTAL</b>		<b>100%</b>	<b>2.45</b>

*Fuente: Elaboración propia*

#### **Interpretación:**

De la Matriz de Evaluación de Factores externos se puede concluir que 1.5 representa mayores oportunidades en cuanto a las condiciones que el entorno presenta para un crecimiento sostenible en el mercado consumidor y 0.95 representa a las amenazas que el mercado se puede existir como barreras de entrada entre otros.



### 3.3.2. Matriz de Evaluación de Factores Internos

*Tabla 6: Matriz de Evaluación de Factores Internos*

Factor Criterio de éxito	Peso	Calificación	Puntuación
<b>FORTALEZAS</b>			
Alto conocimiento del mercado cervecero y la elaboración de cerveza de buena calidad.	30%	4	1.2
Flexibilidad de las áreas de trabajo con gran capacidad de respuesta acorde al requerimiento del mercado.	15%	2	0.3
Adaptabilidad de respuesta rápida respecto a los problemas que surgen en procesos de elaboración.	15%	3	0.45
<b>Sub Total Fortalezas</b>			<b>1.95</b>
<b>DEBILIDADES</b>			
Falta de personal capacitado para áreas especializadas.	20%	2	0.4
Ineficiente distribución de planta.	10%	1	0.1
Deficiencia logística en la adquisición de insumos.	10%	2	0.2
<b>Sub Total Debilidades</b>			<b>0.7</b>
<b>TOTAL</b>		<b>100%</b>	<b>2.65</b>

*Fuente: Elaboración propia*

#### **Interpretación:**

De la Matriz de Evaluación de Factores Internos resalta que 1.95 representa mayores fortalezas con respecto al 0.7 que representa las debilidades, eso refleja que a pesar de la existencia de muchos factores en contra, las fortalezas de la organización son sólidas que permite el crecimiento empresarial con marcado posicionamiento en el mercado consumidor.



### 3.4. Identificación de posibles oportunidades de mejora

- a) ***Gestión de Mantenimiento Total de Equipos y Maquinarias:*** Cervecerías Cusco S.A.C. al no tener muchos años de posicionamiento en el mercado regional y nacional no cuenta con un sistema integral de gestión de mantenimiento preventivo o mantenimiento total, lo que genera muchos retrasos de producción en todo el proceso productivo y a su vez no permite elaborar planes de producción con mayor proyección y por ende alcanzar mayor eficiencia y eficacia; debido a ello se propondría la implementación de un Plan de Mantenimiento Integral.
- b) ***Distribución de Planta:*** Debido al rápido crecimiento económico de Cervecerías Cusco S.A.C. se realizó muchas modificaciones de ubicación de maquinarias, almacenaje de materiales de envasado, producto en proceso, almacenaje de producto terminado, almacenaje de retorno de activos, entre otros. Lo cual no se dio de manera eficaz, un proyecto de distribución de planta con el criterio adecuado permitiría el máximo aprovechamiento de los espacios disponibles e incrementar la productividad.
- c) ***Gestión automatizada del proceso productivo de elaboración de mosto:*** dentro de las sub áreas de producción del área de manufactura se encuentra la sub área de elaboración de mosto la cual tiene un control totalmente manual lo que no permite mayor eficiencia en los tiempos en la elaboración de mosto.
- d) ***Etiquetadora y empaquetado en el envasado de Agua Mineral Andea no retornable (PET):*** En el proceso de envasado de Agua Mineral Andea una de las sub áreas de producción es la línea PET y dentro de las actividades de producción está el etiquetado y empaquetado, actividades 100% manuales que se trabaja hasta con 04 operarios lo que conlleva altos costos de producción y por ende productividad no significativa.



- e) **Lavado de botellas retornables vidrio:** en la sub área de envasado de Agua Mineral Andea se tiene retornabilidad de activos (botellas Andea 330ml de vidrio) que pasan por un proceso de lavado, en dicho proceso de lavado los costos de producción son muy altos al usar 05 operarios para poder cumplir con la actividad; por ende se recomienda la implementación de una maquina automatizada de lavado de botellas retornables.
  
- f) **Envasado de cerveza Raymi:** es una de las actividades más importantes del proceso productivo de cerveza en el cual es muy determinante que se cumpla con todos los procedimientos establecidos para mantener la calidad del producto, por ello se evaluó a más detalle dicho proceso a través de los reportes históricos de producción que arrojaron productividad variable menor al promedio aceptable y altas cifras de producto perdido (merma). Otro de los factores que se pudo evidenciar es la poca experiencia del proceso por parte de los operarios y una maquina envasadora poco eficiente lo que conlleva a un problema muy grande por los altos costos de producción que involucra todo el proceso ya mencionado; para ello se recomienda la implementación de un sistema automatizado que permita un mejor control de las condiciones de envasado de cerveza Raymi.

### 3.5. Selección del proceso productivo a mejorar

Después de evaluar todas las posibles oportunidades de mejora en la empresa Cervecerías Cusco SAC se llegó a la conclusión que el **Envasado de cerveza Raymi** es de amplio interés para el ejecutor del presente proyecto de investigación por todo el desafío que este implica y al ser una gran oportunidad para aplicar todo el conocimiento adquirido en el proceso de instrucción y aprendizaje universitario y también de amplio interés para los dueños y socios de Cervecerías Cusco S.A.C. por los altos costos de producción que implica el producto cerveza Raymi.

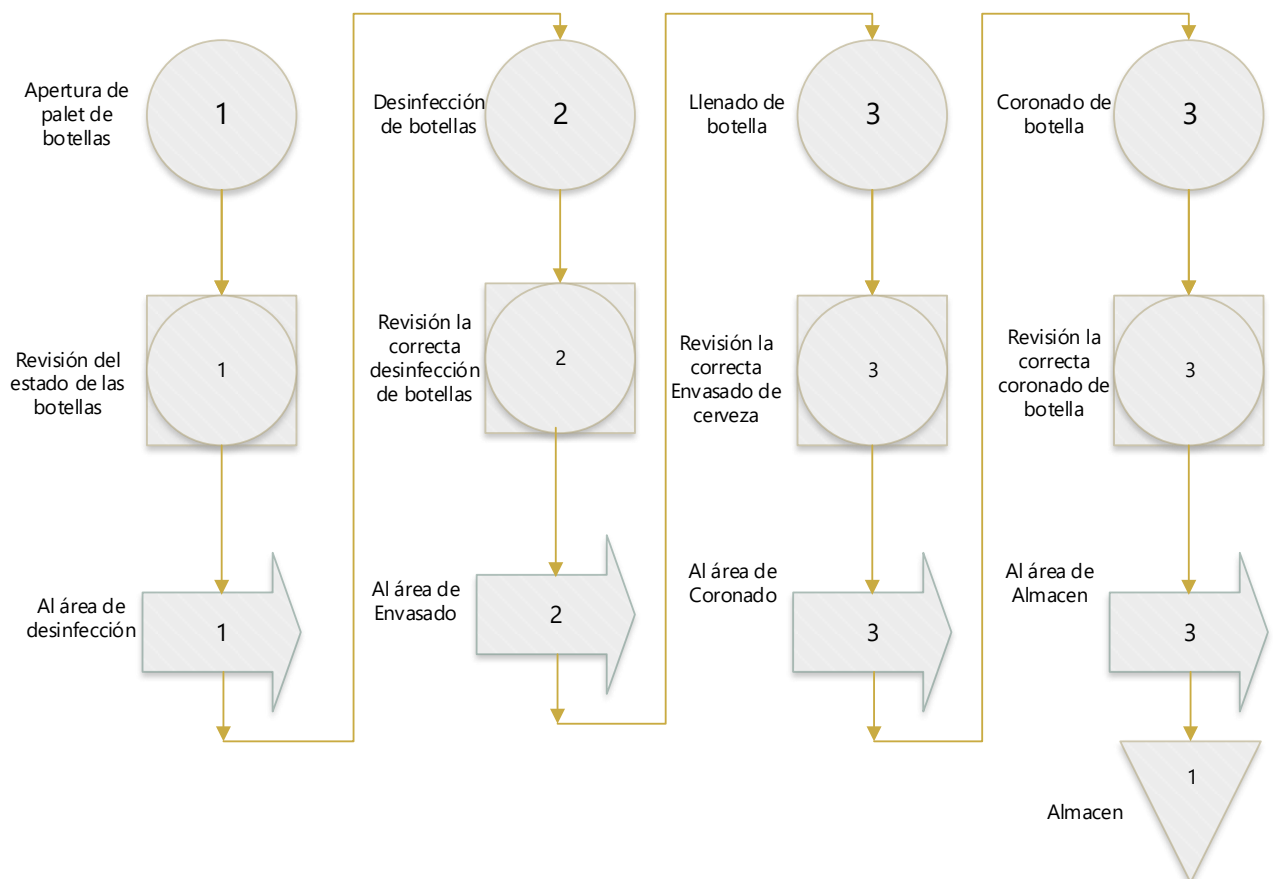


## CAPÍTULO 4: Diagnóstico Del Proceso De Envasado De Cerveza Raymi

### 4.1. Caracterización detallada del Envasado de Cerveza Raymi

El proceso de envasado de cerveza Raymi implica una serie de sub procesos secuenciales establecidos los que garantiza el correcto proceso de envasado y la preservación de la calidad del producto, a continuación, se muestra la secuencia de envasado de cerveza Raymi con una gráfica de flujo de proceso en la **Figura 4**.

**Figura 3: Diagrama de Operaciones y Funciones del proceso de envasado de cerveza Raymi**



*Fuente: Elaboración propia*



## 4.2. Metodología de evaluación

Debido al 100% del involucramiento en el proceso productivo (Envasado de cerveza Raymi) se pudo acceder a los registros e históricos de producción segmentada por trimestres, lo que permitió evaluar de manera rápida y concreta la criticidad de dicho proceso productivo.

Los registros de producción de cerveza en mención exacta (envasado de cerveza) están desde la mitad desde el segundo trimestre y al 100% en el tercer trimestre y cumpliendo al 100% en el cuarto trimestre. Cabe resaltar que el proceso de envasado de cerveza se da por lotes de aproximado un lote por semana, esto debido, al uso de la maquina envasadora en proceso de envasado de Agua Andea 330ml No Carbonatada y Carbonatada.

La información obtenida de los registros históricos de envasado de cerveza cuenta con:

### 4.2.1. Reportes de Envasado

Los reportes de producción contienen información histórica del área de envasado de cerveza Raymi, en el **ANEXO A** recopilamos información detallada acerca de los registros de:

#### a) Botellas envasadas (Und.)

Dicha información representa la cantidad total neta de producto que pasa por control de calidad y que está en condiciones aptas para el mercado, dicha información es importante para determinar la productividad del área de envasado en la cual se pretende ejecutar el presente proyecto de investigación.

#### b) Volumen envasado (Litros)

El volumen envasado es la valorización de botellas envasadas, esto permite un mejor comparativo con la Merma Total para determinar el porcentaje de pérdida por litro envasado.



**c) Tiempo de jornada de envasado (Horas).**

Sirve para determinar el radio de productividad, son las horas efectivas empleadas por área de envasado.

**d) Promedio de Jornada (Cajas/Horas).**

Al tener información muy variable respecto a los volúmenes de envasado, dicho ratio da mejor visión del proceso productivo (envasado de cerveza).

**e) Merma maquina envasadora (Litros).**

Volumen que se registra antes del proceso de coronado, dicho producto se vacía a un contenedor de 20 Litros, lo que permite una mejor cuantificación del volumen desechado.

**f) Mermas bajo nivel de botella (Und.)**

Información acerca del producto que no cuenta con visto bueno por control de calidad luego del proceso de coronado del producto, dicho producto pasa al área de laboratorio para su debido análisis.

**g) Merma Total (Litros)**

Es la información total valorizada en litros de las mermas de la maquina envasadora y las mermas de bajo nivel

**h) Merma porcentaje.**

Indicativo muy importante que permite valorizar la pérdida de producto generado por cada litro envasado.





#### 4.2.2. Tiempos estándar de la maquina envasadora

Son tiempos preestablecidos programados en la maquina envasadora para completar el ciclo de envasado de cerveza Raymi, dichos tiempos cumplen un determinado subproceso que garantiza el adecuado envasado de cerveza Raymi preservando sus características de calidad.

En el **ANEXO B** se cuenta con el histórico de los Tiempos estándar de la maquina envasadora y las respectivas descripciones de cada uno de los procesos involucrados.

#### 4.3. Herramientas de evaluación propuesta

A través de los históricos de producción se pudo recabar información muy importante en el **ANEXO A** información recopilada desde la mitad del segundo trimestre del 2019 la cual se representó en: **Tabla 20, Tabla 21, Tabla 22**, en dichas tablas se expresan valores de productividad en función a los lotes de producción y el porcentaje generado de mermas por cada litro envasado, se puede distinguir cifras muy significativas en mermas generadas de hasta 28.7% perdido por cada litro envasado.

En el **Anexo B** se recopiló información sobre los Tiempos Estándar de envasado, información histórica desde la mitad del segundo trimestre del 2019 las cuales fueron representadas en las **Tabla 23, Tabla 24, Tabla 25**.



Del ANEXO A se obtuvo el Ratio *de productividad de envasado de Cerveza Raymi* (Cajas/Hora) expresada en la **Tabla 5**.

**Tabla 7: Ratio de Cajas de cerveza envasadas por hora de producción**

FECHA	BOTELLAS ENVASADAS (Unidades)	TIEMPO TOTAL DE ENVASADO (Horas)	PROMEDIO POR JORNADA (Cajas/ Hora)
16/05/2019	2742	10	11.4
4/06/2019	4750	15	13.2
5/06/2019	4000	15	11.1
11/07/2019	4549	15	12.6
18/07/2019	5025	15	14.0
25/07/2019	4425	15	12.3
1/08/2019	2975	10	12.4
8/08/2019	5075	15	14.1
15/08/2019	3750	12	13.0
22/08/2019	1099	4	11.4
28/08/2019	1500	5	12.5
7/09/2019	3024	9	14.0
12/08/2019	1800	6	12.5
19/09/2019	799	3	11.1
26/09/2019	4999	16	13.0
3/10/2019	4175	15	11.6
10/10/2019	3744	12	13.0

*Fuente: Elaboración propia*

Determinación del promedio aritmético del ratio de productividad.

$$\mu_{Rp\_pre} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

$$\mu_{Rp\_pre} = \left( \frac{11.4 + 13.2 + 11.1 + 12.6 + 14.0 + 12.3 + 12.4 + 14.1 + 13.0 + 11.4 + 12.5 + 14.0 + 12.5 + 11.1 + 13 + 11.6 + 13.0}{17} \right)$$

$$\mu_{Rp\_pre} = 12.5 \text{ Cajas/Hora}$$



Determinación de la desviación estándar del ratio de productividad.

$$\sigma^2_{Rp\_pre} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}$$

$$\sigma^2_{Rp\_pre} = \frac{\left[ (11.4 - 12.5)^2 + (13.2 - 12.5)^2 + (11.1 - 12.5)^2 + (12.6 - 12.5)^2 + (14 - 12.5)^2 + (12.3 - 12.5)^2 + (12.4 - 12.5)^2 + (14.1 - 12.5)^2 + (13 - 12.5)^2 + (11.4 - 12.5)^2 + (12.5 - 12.5)^2 + (14 - 12.5)^2 + (12.5 - 12.5)^2 + (11.1 - 12.5)^2 + (13 - 12.5)^2 + (11.6 - 12.5)^2 + (13 - 12.5)^2 \right]}{17}$$

$$\sigma^2_{Rp\_pre} = 0.89$$

$$\rightarrow \sigma_{Rp\_pre} = 0.94 \text{ Cajas/Hora}$$

Uso del método de mínimos cuadrados para la determinación de la ecuación característica:  
 **$Rp_{pre} = (m_{Rp_{pre}} * F + b_{Rp_{pre}})$  Cajas/Hora** del ratio de productividad en función a los lotes de producción.

**Tabla 8: Determinación de valores de la fórmula de la ecuación característica del Ratio de productividad.**

FECHA	F	Rp	F*Rp	F^2
16/05/2019	1	11.43	11.43	1
4/06/2019	20	13.19	263.89	400
5/06/2019	21	11.11	233.33	441
11/07/2019	57	12.64	720.26	3249
18/07/2019	64	13.96	893.33	4096
25/07/2019	71	12.29	872.71	5041
1/08/2019	78	12.40	966.88	6084
8/08/2019	85	14.10	1198.26	7225
15/08/2019	92	13.02	1197.92	8464
22/08/2019	99	11.45	1133.34	9801
28/08/2019	105	12.50	1312.50	11025
7/09/2019	115	14.00	1610.00	13225
12/08/2019	89	12.50	1112.50	7921
19/09/2019	127	11.10	1409.35	16129
26/09/2019	134	13.02	1744.44	17956
3/10/2019	141	11.60	1635.21	19881
10/10/2019	148	13.00	1924.00	21904
<b>ACUMULADO</b>	<b>1447</b>	<b>213.29</b>	<b>18239.34</b>	<b>152843</b>

Fuente: Elaboración propia



Determinación de la pendiente de la ecuación característica del Ratio de Productividad:

$$m_{Rp\_pre} = \frac{N \cdot \sum(F \cdot Rp) - \sum F \cdot \sum Rp}{N \cdot \sum F^2 - \sum F \cdot \sum F}$$

$$m_{Rp\_pre} = \frac{17 \cdot 18239.34 - 1447 \cdot 213.29}{17 \cdot 152843 - 1447 \cdot 1447}$$

$$m_{Rp\_pre} = 0.0028$$

Determinación constante b:

$$b_{Rp\_pre} = \frac{\sum Rp}{N} - m \cdot \frac{\sum F}{N}$$
$$b_{Rp\_pre} = \frac{213.29}{17} - 0.0028 \cdot \frac{1447}{17}$$

$$b_{Rp\_pre} = 12.30$$

$$\rightarrow \mathbf{Rp_{pre} = (0.0028 * F + 12.30)Cajas/Hora}$$

Interpretación:

Del registro de Cajas/Hora producidas por jornada se obtuvo un promedio aritmético de  $\mu_{Rp\_pre} = 12.5 \text{ Cajas/Hora}$  de envasado de cerveza, desviación estándar  $\sigma_{Rp\_pre} = 0.94 \text{ Cajas/Hora}$  y la ecuación representativa  $Rp = (0.0028 * F - 12.30)Cajas/Hora$

En el ANEXO C, **Figura 18** se grafica los datos obtenidos con su respectiva línea de tendencia.



Del ANEXO A se recopiló la relación de producto mermado y los litros totales envasados lo que permitió obtener el porcentaje de pérdida por cada litro envasado, información que se muestra en la **Tabla 7**.

**Tabla 9: Comparativo volumen de producción y merma por litro envasado**

FECHA	Volumen de envasado (Litros)	Merma Total (Litros)	Porcentaje de Merma
16/05/2019	904.9	83.8	9.3%
4/06/2019	1567.5	147.5	9.4%
5/06/2019	1320.0	99.6	7.5%
11/07/2019	1501.2	107.5	7.2%
18/07/2019	1658.3	115.4	7.0%
25/07/2019	1460.3	107.5	7.4%
1/08/2019	981.8	107.3	10.9%
8/08/2019	1674.8	101.5	6.1%
15/08/2019	1237.5	119.4	9.6%
22/08/2019	362.7	97.5	26.9%
28/08/2019	495.0	111.5	22.5%
7/09/2019	997.9	85.4	8.6%
12/08/2019	594.0	87.5	14.7%
19/09/2019	263.7	75.6	28.7%
26/09/2019	1649.7	190.9	11.6%
3/10/2019	1377.8	190.9	13.9%
10/10/2019	1235.5	208.8	16.9%

*Fuente: Elaboración propia*

Determinación del promedio aritmético del porcentaje de merma.

$$\mu_{M\_pre} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

$$\mu_{M\_pre} = \left( \frac{9.3 + 9.4 + 7.5 + 7.2 + 7.0 + 7.4 + 10.9 + 6.1 + 9.6 + 26.9 + 22.5 + 8.6 + 14.7 + 28.7 + 11.6 + 13.9 + 16.9}{17} \right) \%$$

$$\mu_{M\_pre} = 12.8\%$$



Determinación de la desviación estándar de merma.

$$\sigma^2_{M_{pre}} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}$$

$$\sigma^2_{M_{pre}} = \frac{\left[ \begin{aligned} &(9.3 - 12.8)^2 + (9.4 - 12.8)^2 + (7.5 - 12.8)^2 + (7.2 - 12.8)^2 + (7.0 - 12.8)^2 + (7.4 - 12.8)^2 + \\ &(10.9 - 12.8)^2 + (6.1 - 12.8)^2 + (9.6 - 12.8)^2 + (26.9 - 12.8)^2 + (22.5 - 12.8)^2 + (8.6 - 12.8)^2 + \\ &(14.7 - 12.8)^2 + (28.7 - 12.8)^2 + (11.6 - 12.8)^2 + (13.9 - 12.8)^2 + (16.9 - 12.8)^2 \end{aligned} \right]}{17}$$

$$\sigma^2_{M_{pre}} = 46.54$$

$$\rightarrow \sigma_{M_{pre}} = 6.82\%$$

Uso del método de mínimos cuadrados para la determinación de la ecuación característica de la merma en función a los lotes de producción:  $M_{pre} = (m_{M_{pre}} * F + b_{M_{pre}})\%$ .

**Tabla 10: Determinación de valores de la fórmula de la ecuación característica de la merma.**

FECHA	F	M (%)	F*M	F^2
16/05/2019	1	9,26	9,26	1
04/06/2019	20	9,41	188,22	400
05/06/2019	21	7,55	158,45	441
11/07/2019	57	7,16	408,26	3249
18/07/2019	64	6,96	445,54	4096
25/07/2019	71	7,36	522,78	5041
01/08/2019	78	10,93	852,66	6084
08/08/2019	85	6,06	515,05	7225
15/08/2019	92	9,65	887,66	8464
22/08/2019	99	26,89	2662,06	9801
28/08/2019	105	22,52	2364,73	11025
07/09/2019	115	8,56	984,61	13225
12/08/2019	89	14,73	1311,33	7921
19/09/2019	127	28,69	3643,30	16129
26/09/2019	134	11,57	1550,49	17956
03/10/2019	141	13,85	1953,48	19881
10/10/2019	148	16,90	2501,17	21904
<b>ACUMULADO</b>	<b>1447</b>	<b>218,06</b>	<b>20959,03</b>	<b>152843</b>

Fuente: Elaboración propia



Determinación de la pendiente de la ecuación característica del porcentaje de merma.

$$m_{M_{pre}} = \frac{N \cdot \sum(F \cdot M) - \sum F \cdot \sum M}{N \cdot \sum F^2 - \sum F \cdot \sum F}$$
$$m_{M_{pre}} = \frac{17 \cdot 20959.03 - 1447 \cdot 218.06}{17 \cdot 152843 - 1447 \cdot 1447}$$
$$m_{M_{pre}} = 0.08$$

Determinación constante b

$$b_{M_{pre}} = \frac{\sum M}{N} - m \cdot \frac{\sum F}{N}$$
$$b_{M_{pre}} = \frac{218.06}{17} - 0.08 \cdot \frac{1447}{17}$$
$$b_{M_{pre}} = 6.02$$
$$\rightarrow M_{pre} = (0.08 \cdot F + 6.02)\%$$

Interpretación:

De la información de porcentaje de merma por cada litro envasado se obtuvo un promedio aritmético:  $\mu_{M_{pre}} = 12.8\%$  por cada litro envasado, desviación estándar:  $\sigma_{M_{pre}} = 6.82\%$  y una ecuación representativa:

$$M_{pre} = (0.08 \cdot F + 6.02)\%$$

En el ANEXO C Figura 19 se grafica los datos obtenidos con su respectiva línea de tendencia.



Del ANEXO B se tiene información del *Histórico de Tiempo Estándar de la maquina envasadora de cerveza Raymi*, información que se representó en la *Tabla 9*.

*Tabla 11: Tiempos estándar de envasado de la maquina envasadora*

DESCRIPCIÓN	T1: Separador de botellas (seg.)	T2: Detención de faja trasportadora (seg.)	T3: Bajada de llenadora Isobárico (seg.)	T4: Presurización de botella (seg.)	T5: Llenado de Botella (seg.)	T6: Primera estabilización (seg.)	T7: Despresurización de botella (seg.)	T8: Segunda estabilización (seg.)	T9: Reinicio de proceso (seg.)	T10: Tiempo pasivo de salida de botellas (seg.)	T. Estándar (seg./Ciclo)
16/05/2019	0.50	0.68	1.20	0.80	5.50	4.00	10.00	2.50	0.50	4.00	29.68
4/06/2019	0.50	0.85	1.60	0.80	4.80	4.20	11.00	2.80	0.50	4.00	31.05
5/06/2019	0.50	0.90	1.30	0.80	4.50	4.30	9.00	2.50	0.50	4.00	28.30
11/07/2019	0.50	0.85	1.60	0.80	4.80	4.20	10.50	2.80	0.50	4.00	30.55
18/07/2019	0.50	0.50	1.20	1.50	4.40	3.20	12.70	2.40	0.80	4.00	31.20
25/07/2019	0.55	0.66	1.50	0.00	4.00	3.20	17.30	1.90	0.50	4.00	33.61
1/08/2019	0.62	0.66	0.90	0.30	4.00	1.00	16.50	1.50	0.50	4.00	29.98
8/08/2019	0.62	0.59	0.90	0.30	5.30	1.50	15.50	1.60	0.50	4.00	30.81
15/08/2019	0.57	0.59	1.10	0.30	5.40	1.50	16.00	2.00	0.50	4.00	31.96
22/08/2019	0.57	0.59	1.10	0.30	3.30	1.50	16.60	2.00	0.50	4.00	30.46
28/08/2019	0.55	0.62	1.00	0.20	3.50	1.50	18.10	0.00	0.50	4.00	29.97
7/09/2019	0.55	0.63	1.00	0.20	4.00	1.50	18.10	0.00	0.50	4.00	30.48
12/08/2019	0.50	0.63	1.10	0.20	4.60	1.00	17.10	0.00	0.50	4.00	29.63
19/09/2019	0.50	0.65	1.00	0.30	5.10	1.00	19.00	0.00	0.50	4.00	32.05
26/09/2019	0.50	0.65	1.10	0.30	5.10	1.00	17.50	0.00	0.50	4.00	30.65
3/10/2019	0.53	0.65	1.10	0.30	5.10	1.00	18.00	0.00	0.50	4.00	31.18
10/10/2019	0.50	0.65	1.10	0.30	5.10	1.00	19.00	0.00	0.50	4.00	32.15

Fuente: Elaboración propia

Determinación del promedio aritmético de los históricos de tiempo estándar.

$$\mu_{Te\_pre} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

$$\mu_{Te\_pre} = \left( \frac{29.68 + 31.05 + 28.30 + 30.55 + 31.20 + 33.61 + 29.98 + 30.81 + 31.96 + 30.46 + 29.97 + 30.48 + 29.63 + 32.05 + 30.65 + 31.18 + 32.15}{17} \right)$$

$$\mu_{Te\_pre} = 30.8 \text{ seg./Ciclo}$$





Determinación de la desviación estándar de los históricos de tiempos estándar.

$$\sigma^2_{Te\_pre} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}$$

$$\sigma^2_{Te\_pre} = \frac{\left[ (29.68 - 30.8)^2 + (31.05 - 30.8)^2 + (28.30 - 30.8)^2 + (30.55 - 30.8)^2 + (31.20 - 30.8)^2 + (33.61 - 30.8)^2 + (29.98 - 30.8)^2 + (30.81 - 30.8)^2 + (30.46 - 30.8)^2 + (29.97 - 30.8)^2 + (30.48 - 30.8)^2 + (29.63 - 30.8)^2 + (32.05 - 30.8)^2 + (30.65 - 30.8)^2 + (31.18 - 30.8)^2 + (32.15 - 30.8)^2 \right]}{17}$$

$$\sigma^2_{Te\_pre} = 1.47$$

$$\rightarrow \sigma_{Te\_pre} = 1.21 \text{ seg./Ciclo}$$

Uso del método de mínimos cuadrados para la determinación de la ecuación característica del tiempo estándar en función a los lotes de producción:

$$Te_{pre} = (m_{Te\_pre} * F + b_{Te\_pre}) \text{seg./Ciclo.}$$

**Tabla 12: Determinación de valores de la fórmula de la ecuación característica del Tiempo Estándar.**

FECHA	F	Te	F*Te	F^2
16/05/2019	1	29.68	29.68	1
4/06/2019	20	31.05	621.00	400
5/06/2019	21	28.30	594.30	441
11/07/2019	57	30.55	1741.35	3249
18/07/2019	64	31.20	1996.80	4096
25/07/2019	71	33.61	2386.31	5041
1/08/2019	78	29.98	2338.44	6084
8/08/2019	85	30.81	2618.85	7225
15/08/2019	92	31.96	2940.32	8464
22/08/2019	99	30.46	3015.54	9801
28/08/2019	105	29.97	3146.85	11025
7/09/2019	115	30.48	3505.20	13225
12/08/2019	89	29.63	2637.07	7921
19/09/2019	127	32.05	4070.35	16129
26/09/2019	134	30.65	4107.10	17956
3/10/2019	141	31.18	4396.38	19881
10/10/2019	148	32.15	4758.20	21904

Fuente: Elaboración propia



Determinación de pendiente de la ecuación característica del tiempo estándar de envasado:

$$m_{Te\_pre} = \frac{N \cdot \sum(F \cdot Te) - \sum F \cdot \sum Te}{N \cdot \sum F^2 - \sum F \cdot \sum F}$$

$$m_{Te\_pre} = \frac{17 \cdot 44903.74 - 1447 \cdot 523.71}{17 \cdot 152843 - 1447 \cdot 1447}$$

$$m_{Te\_pre} = 0.011$$

Determinación constante b:

$$b_{Te\_pre} = \frac{\sum Te}{N} - m \cdot \frac{\sum F}{N}$$
$$b_{Te\_pre} = \frac{523.71}{17} - 0.011 \cdot \frac{1447}{17}$$

$$b_{Te\_pre} = 29.87$$

$$\rightarrow Te_{pre} = (0.011 \cdot F + 29.87) \text{ seg./Ciclo}$$

Interpretación:

Del acumulado de los históricos de Tiempo estándar de cada jornada productiva se obtuvo un promedio aritmético  $\mu_{Te\_pre} = 30.8$  segundos por cada ciclo de envasado, una desviación estándar  $\sigma_{Te\_pre} = 1.21$  seg./Ciclo y la ecuación representativa:  $Te_{pre} = (0.011 \cdot F + 29.87) \text{ seg./Ciclo}$ .

En el ANEXO C Figura 20, se grafica los datos obtenidos con su respectiva línea de tendencia.



#### 4.4. Determinación de la causa raíz de los problemas encontrados

##### a) *Maniobrabilidad deficiente de los operarios en el proceso de envasado de cerveza Raymi:*

Uno de los factores más importantes identificados como causa raíz, esto debido a poca experiencia o capacitación insuficiente de los operarios encargados en el área de envasado de cerveza Raymi. El área de envasado de cerveza Raymi cuenta con 03 operarios los cuales están distribuidos según las funciones requeridas (01 operario: sub área de desinfección de botellas, 01 operario: sub área de coronado y 01 operario: sub área de paletizado), la maquina envasadora no cuenta con un operario fijo designado para el control de las operaciones adecuadas las cuales está a cargo del operario de la sub área de coronado o del sub área de paletizado. Cabe resaltar que el proceso de envasado de cerveza es una de las actividades más importantes de todo el proceso de elaboración de cerveza. Según los reportes de producción se pudo constatar el registro de paradas esto debido al control inadecuado de las condiciones óptimas de envasado de cerveza Raymi, dichas paradas demoraban entre 10 y 15 minutos lo que englobaba en 1 a 2 horas no aprovechando eficientemente de una jornada diaria de 8 horas.

##### b) *Maquina multiformato*

Otro de los factores más resaltantes es el uso de una maquina envasadora multiformato, quiere decir, que dicha maquina tiene la capacidad de envasar otros productos aparte de cerveza Raymi, lo que significa que dicha maquina sufre cambios (Configuración de PLC, condiciones isobáricas de envasado, control de nivel de llenado, separadores de botellas, entre otros). Dicha maquina al ser modificada para el envasado de cerveza o de otros productos genera retrasos y altas cifras de merma lo que valorizado en cifras monetarias son pérdidas importantes a tomar en cuenta.



#### **4.5. Análisis de factores que influyen o limitan los resultados**

- a) El envasado de cerveza por lotes (un lote por semana) es uno de los factores más resaltantes que influye en la obtención de datos para el procesamiento adecuado de información.
  
- b) La falta de personal calificado no permite una mejor recolección de información, se pudo constatar que parte de la información registrada por parte de los operarios no estaba acorde con las programaciones de los planes de producción lo cual al realizar los cierres mensuales se generaban incoherencias en los consolidados finales de los informes.



## CAPÍTULO 5: Determinación y validación de la propuesta de solución

### 5.1. Planteamiento de alternativas de solución

Previo análisis de los datos obtenidos se puede evidenciar serias deficiencias en el proceso de envasado de cerveza Raymi para lo cual se plantea algunas posibles alternativas de solución:

#### a) Operario especializado

Se propone la contratación de un operario especializado con experiencia en proceso de envasado de cerveza el cual tenga la capacidad y cualidades que permita solucionar los problemas que se suscitan durante el proceso de envasado de cerveza.

El operario especializado debe de cumplir con los siguientes capacitaciones y destrezas:

- Conocimiento en Mecánica de Fluidos.
- Conocimientos en Termodinámica.
- Programación de PLC`s.
- Electricidad y Electrónica Industrial.
- Mecánica de Mantenimiento.

Experiencia comprobada mínima de 01 año en áreas de Envasado de bebidas carbonatadas (cerveza, gaseosa, agua gasificada, entre otros).

#### b) Adaptación Tecnológica

La implementación de un sistema automatizado el cual a través del uso de sensores y actuadores permita el control independiente de las condiciones que gobiernan la maquina tales como (entradas y salidas de botellas, volumen del calderín, presión isobárica, entre otros).

Dicho sistema automatizado propuesto es una plataforma de fácil programación con un control independiente de la marca Atmel de bajo



costo que se puede adecuar a las características y funciones de la maquina envasadora de cerveza Raymi.

La tarjeta de control será elaborada por la empresa NikoTec EIRL. La cual contara con prestaciones necesarias para el funcionamiento requerido, la tarjeta cuenta con 06 entradas de adquisición de datos (02 entrada analógica de adquisición de datos y 04 entradas digitales de adquisición de datos), para el control de electroválvulas, la tarjeta de control cuenta con 04 salidas con un rango de control de tensión de 0V a 220 V y 10 Amp de salida máxima.

## 5.2. Evaluación cualitativa y cuantitativa de las alternativas de solución

Para poder determinar la mejor alternativa de implementación se realizará un análisis cualitativo y cuantitativo de las alternativas propuestas.

### 5.2.1 Comparación cualitativa de las alternativas de solución

*Tabla 13: Comparación cualitativa de las alternativas de solución*

<b>Operario Especializado</b>	<b>Sistema Automatizado</b>
a) Capacidad de respuesta y solución rápida de problemas.	a) Control constante de los parámetros preestablecidos del proceso de envasado de cerveza.
b) Mayor predisposición a fatiga y trabajos de turnos continuos.	b) Disponibilidad a trabajos constantes y rutinarios.
c) Capacidad de síntesis y solución de problemas.	c) Respuesta basada en la programación preestablecida.
d) Capacitación constante debido a la alta profesionalización en la elaboración de cerveza.	d) Mantenimiento preventivo de rutina.



e) Carencia de personal especializado que cumpla con las destrezas y capacitaciones requeridas	e) Configuración básica de los parámetros de envasado de cerveza.
--	---

*Fuente: Elaboración propia*

## 5.2.2 Evaluación cuantitativa de las alternativas de solución

**Tabla 14: Valorización ponderada de las alternativas de solución**

CALIFICACIÓN	
MUY BUENO	4
BUENO	3
REGULAR	2
MALO	1

*Fuente: Elaboración*

**Tabla 15: Calificación de la valorización ponderada**

Indicadores	Peso Ponderado	Operario Especializado	Sistema Automatizado
Disponibilidad	30%	2	4
Funcionalidad	20%	3	3
Capacidad de respuesta	15%	3	2
Costo de operatividad	35%	1	4
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>2.0</b>	<b>3.5</b>

*Fuente: Elaboración propia*

### Interpretación:

El peso ponderado de la **Tabla 15**, es asignado priorizando la importancia de los indicadores que es nuestro caso el *Costo de Operatividad* es de mayor importancia a la *Capacidad de respuesta*.



Analizando la evaluación ponderada se pudo determinar que el sistema automatizado obtuvo mejor calificación con promedio entre muy bueno y bueno con una calificación 3.5 muy superior a la obtenida por el operario especializado que obtuvo una calificación regular de 2.

### **5.3 Priorización y programación de solución seleccionada**

Se dió la prioridad a la ejecución del proyecto de investigación “*implementación de un sistema automatizado en la maquina envasadora de cerveza Raymi*” con la respectiva implementación la segunda mitad del mes de octubre, lo que permitió en las semanas siguientes hacer el respectivo seguimiento de los resultados esperados y poder contrastar con los objetivos planteados a inicios del desarrollo del proyecto.





## CAPÍTULO 6: Desarrollo de la propuesta de solución

### 6.1. Propuesta de solución: Adaptación Tecnológica

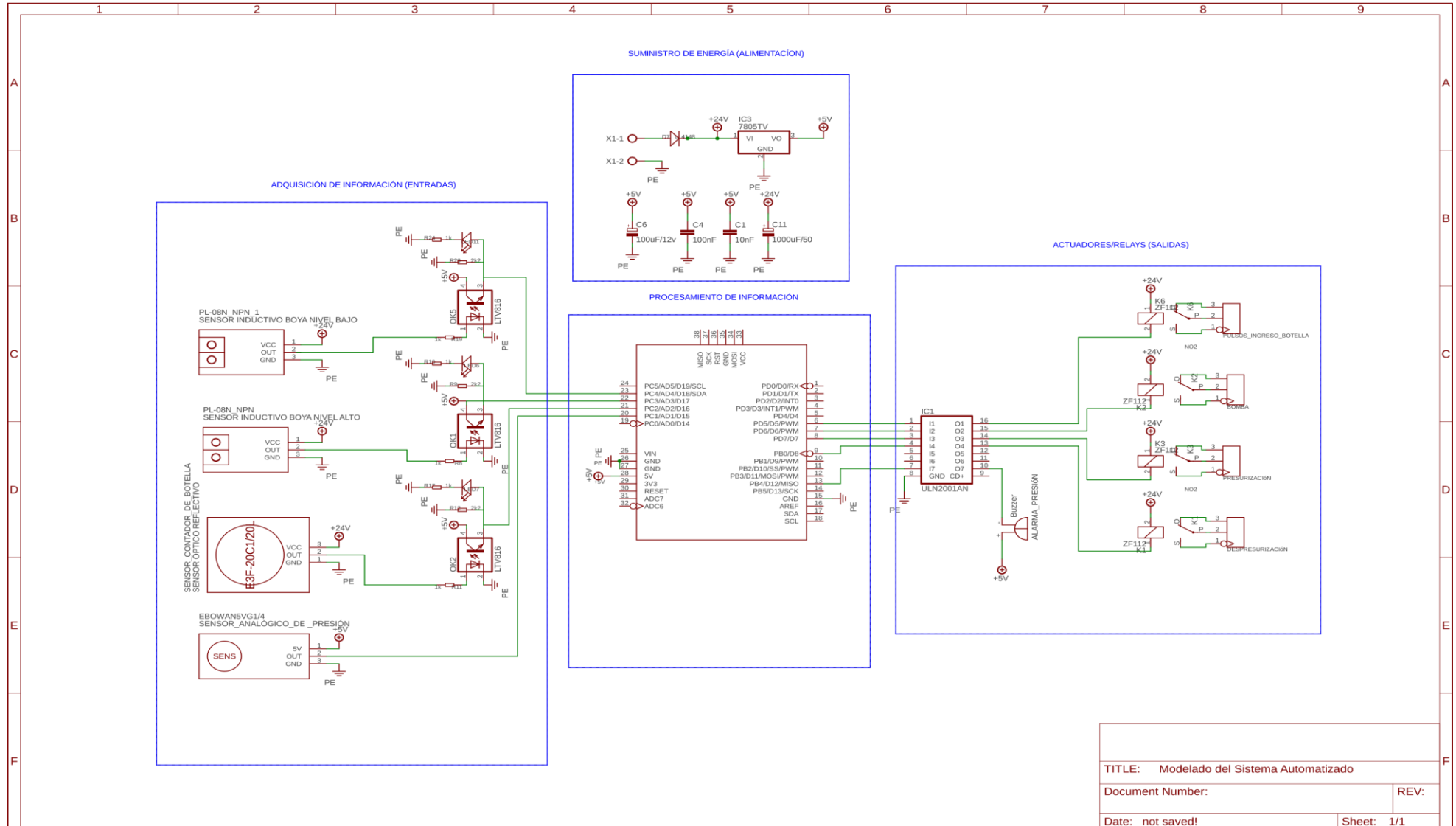
#### *“Implementación de un sistema automatizado en la maquina envasadora de cerveza Raymi”*

- a) El sistema automatizado cuenta con una tarjeta controladora de fácil programación **Atmel 16U2 Mega 328P** que tiene la cualidad de seguir secuencias y procesos sistemáticos de manera fácil y práctica lo cual a través de las restricciones programadas el sistema podrá mantener los parámetros pre establecidos para el envasado de cerveza con las condiciones ideales, lo que permitirá el mejor control de todo el proceso que involucra proceso de envasado de cerveza. Una de las atribuciones más resaltantes de este sistema es el bajo costo de adquisición a comparación de un Logo de Siemens o un PLC Schneider.
- b) Otra característica resaltando del sistema automatizado propuesto es la alta compatibilidad con sensores de gama de aplicación básica caso es el uso del sensor: **Sensor de presión Ebowan** dc 5 v g1/4 del **Anexo F**, el cual es usado para el control de presión del tanque contenedor de cerveza, lo que permitirá mantener el sistema en las condiciones ideales lo que ayuda a un adecuado proceso de envasado de cerveza.

### 6.2. Modelado del Sistema Automatizado para la implementación de la Adaptación Tecnológica.



Figura 4: Modelado del Sistema Automatizado para la implementación de la Adaptación tecnológica.



TITLE: Modelado del Sistema Automatizado	
Document Number:	REV:
Date: not saved!	Sheet: 1/1

Fuente: Elaboración propia

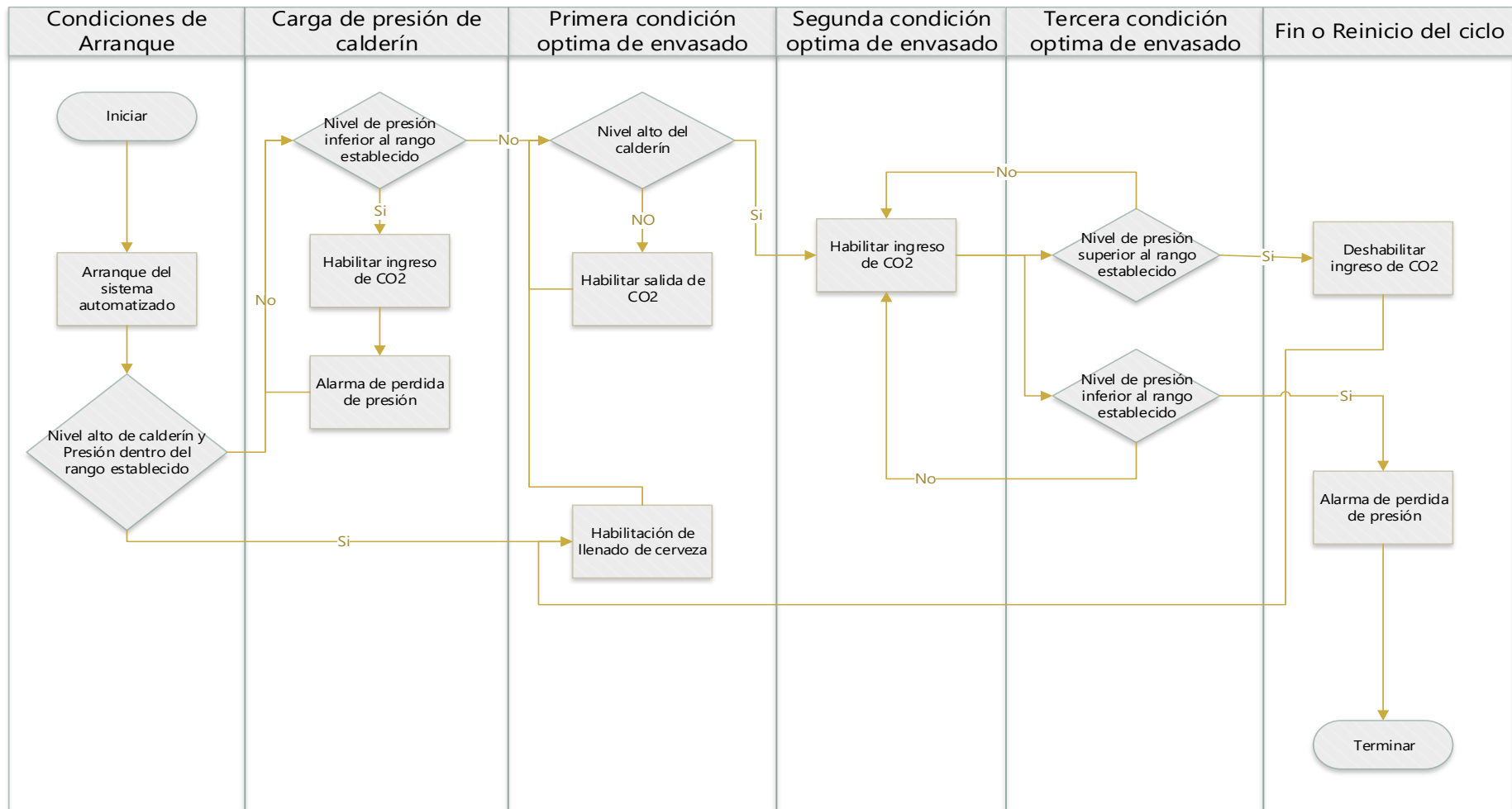


### 6.3. Etapa de Implementación del Sistema Automatizado

Para la implementación del sistema automatizado primero se tuvo de determinar las variables a controlar (Volumen y presión del calderín, tiempo de ingreso y salida de botella) dichas variables son las que tendrán información que procese el sistema automatizado, en función de la programación **ANEXO G** se da las condiciones ideales que se requiere para un correcto envasado, del procesamiento de información se controla dichas variables de salida con las salidas de control, las salidas de control están determinadas por electroválvulas que permiten la salida o ingreso de CO<sub>2</sub>, control de la bomba que llenado de cerveza y el ingreso de botellas en la **Figura 5: Modelado del Sistema Automatizado para la implementación de la Adaptación tecnológica** se desarrolla las condiciones que el sistema tiene que cumplir para tener una continuidad de ciclos de envasado lo que permitirá una reducción de paradas y se mantendrá las condiciones óptimas de envasado así evitando pérdidas de producto.



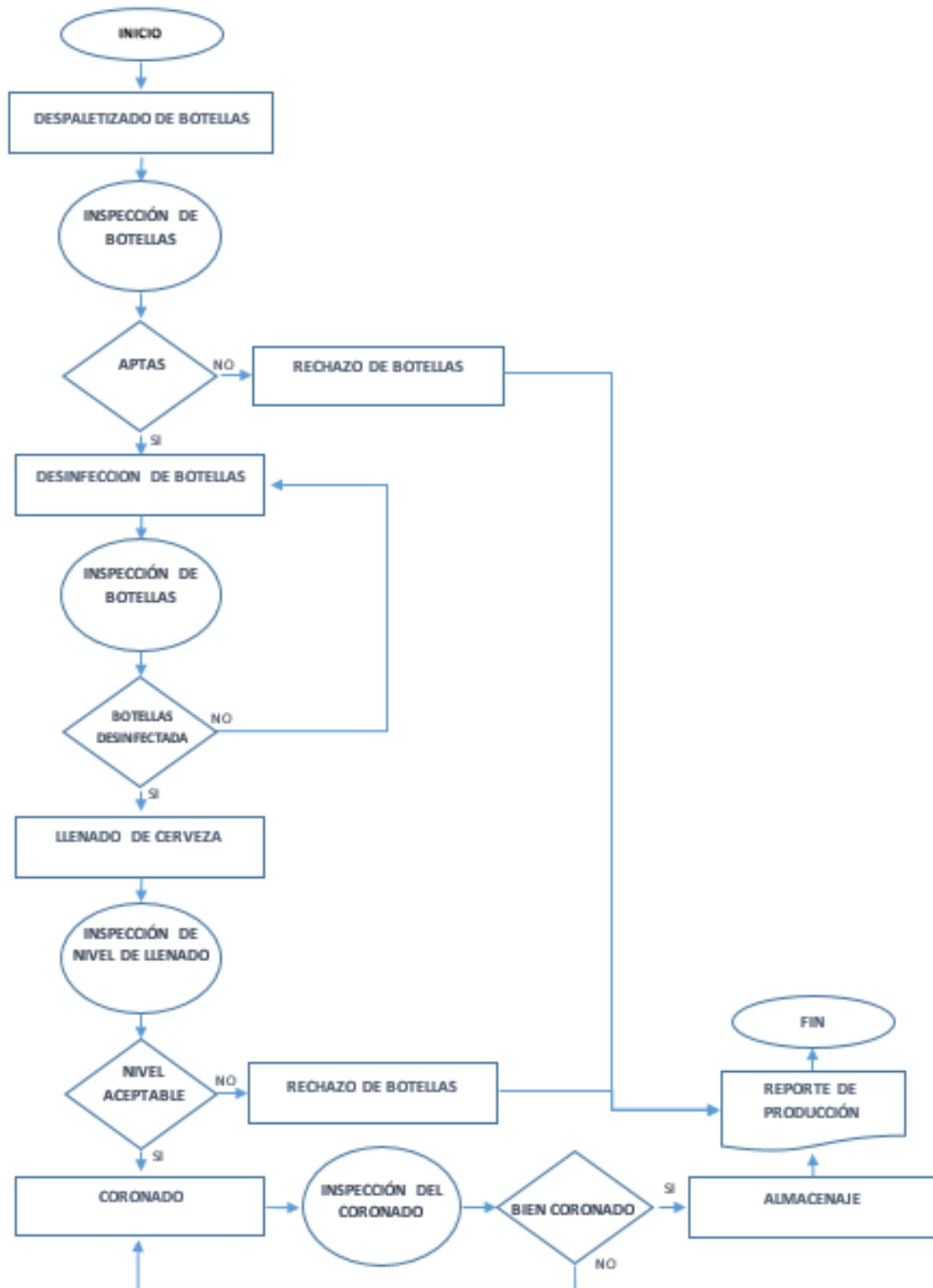
Figura 5: Diagrama de flujo de las funciones del Sistema Automatizado en el proceso de envasado de cerveza Raymi



Fuente: Elaboración propia



Figura 6: Flujoograma del proceso condicional del Sistema Automatizado en el proceso de envasado de cerveza Raymi



Fuente: Elaboración propia

#### 6.4. Análisis de resultados

**Tabla 16: Registro de producción pos implementación del sistema automatizado**

DESCRIPCIÓN		27/10/2019	3/11/2019	8/11/2019	14/11/2019	9/12/2019	16/12/2019	27/12/2019
Lote de producción	-	165	172	177	183	208	215	226
Botellas Envasadas	Unidades	2736	2520	4125	4280	5300	4500	5200
Volumen envasado	Litros	902.88	831.6	1361.25	1412.4	1749	1485	1716
Tiempo total	Horas	6.6	6	9.8	10.4	12.5	10.5	12.5
Promedio jornada Cajas/Hora	Cajas/Hora	17.3	17.5	17.5	17.1	17.7	17.9	17.3
Merma bajo nivel botellas	Unidades	200	144	30	30	24	25	20
Merma maquina envasadora	Litros	45	45	25	25	20	15	15
Merma Total (Litros)	Litros	111	92.52	34.9	34.9	27.92	23.25	21.6
Merma en porcentaje	-	12.3%	11.1%	2.6%	2.5%	1.6%	1.6%	1.3%

*Fuente: Elaboración propia*

- a) Con respecto a la productividad, posteriormente a la implementación del sistema automatizado se recabo información **Tabla 14**, permitió comparar con los históricos de producción, en dicha tabla se obtuvo resultados muy significativos pos Adaptación Tecnológica con la implementación del Sistema Automatizado.



Determinación del promedio aritmético del ratio de productividad pos Adaptación Tecnológica con la implementación del Sistema Automatizado.

$$\mu_{Rp\_pos} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

$$\mu_{Rp\_pos} = \left( \frac{17.3 + 17.5 + 17.5 + 17.1 + 17.7 + 17.9 + 17.3}{7} \right)$$

$$\mu_{Rp\_pos} = 17.5 \text{ Cajas/Hora}$$

Determinación de la desviación estándar del ratio de productividad pos adaptación tecnológica con la implementación del Sistema Automatizado

$$\sigma^2_{Rp\_pos} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}$$

$$\sigma^2_{Rp\_pos} = \frac{[(17.3 - 17.5)^2 + (17.5 - 17.5)^2 + (17.5 - 17.5)^2 + (17.1 - 17.5)^2 + (17.7 - 17.5)^2 + (17.9 - 17.5)^2 + (17.3 - 17.5)^2]}{7}$$

$$\sigma^2_{Rp\_pos} = 0.059 \quad \rightarrow \quad \sigma_{Rp\_pos} = 0.24 \text{ Cajas/Hora}$$

Determinación de la ecuación característica del tiempo estándar en función a los lotes de producción  $Rp_{pos} = (m_{Rp\_pos} * F + b_{Rp\_pos}) \text{Cajas/Hora}$ .

**Tabla 17: Determinación de valores de la fórmula de la ecuación característica de los Tiempos Estándar pos Adaptación Tecnológica**

FECHA	F	Rp	F*Rp	F^2
27/10/2019	165	17.3	2850.0	27225
3/11/2019	172	17.5	3010.0	29584
8/11/2019	177	17.5	3104.3	31329
14/11/2019	183	17.1	3138.0	33489
9/12/2019	208	17.7	3674.7	43264
16/12/2019	215	17.9	3839.3	46225
27/12/2019	226	17.3	3917.3	51076
<b>ACUMULADO</b>	<b>1346</b>	<b>122.3</b>	<b>23533.5</b>	<b>262192</b>

Fuente: Elaboración propia



Determinación de la pendiente de la ecuación característica pos implementación del sistema automatizado:

$$m_{Rp_{pos}} = \frac{N \cdot \sum(F \cdot Rp) - \sum F \cdot \sum Rp}{N \cdot \sum F^2 - \sum F \cdot \sum F}$$
$$m_{Rp_{pos}} = \frac{7 * 23533.5 - 1346 * 122.3}{7 * (262192) - 1346 * 1346}$$
$$m_{Rp_{pos}} = 0.0041$$

Determinación constante b:

$$b_{Rp_{pos}} = \frac{\sum Rp}{N} - m_{Rp_{pos}} \cdot \frac{\sum F}{N}$$
$$b_{Rp_{pos}} = \frac{122.3}{7} - 0.0041 * \frac{1346}{7}$$
$$b_{Rp_{pos}} = 16.68$$
$$\rightarrow \mathbf{Rp_{pos} = (0.0041 * F + 16.68)Cajas/Hora}$$

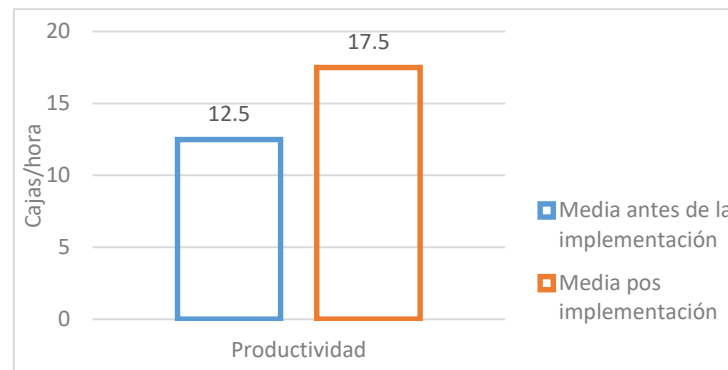
Interpretación:

Previa a la implementación del sistema automatizado se tenía promedio aritmético de:  $\mu_{Rp_{pre}} = 12.5$  Cajas/hora y posteriormente promedio aritmético de productividad fue de:  $\mu_{Rp_{pos}} = 17.5$  Cajas/hora obteniéndose como resultado un incremento de la productividad del 40%





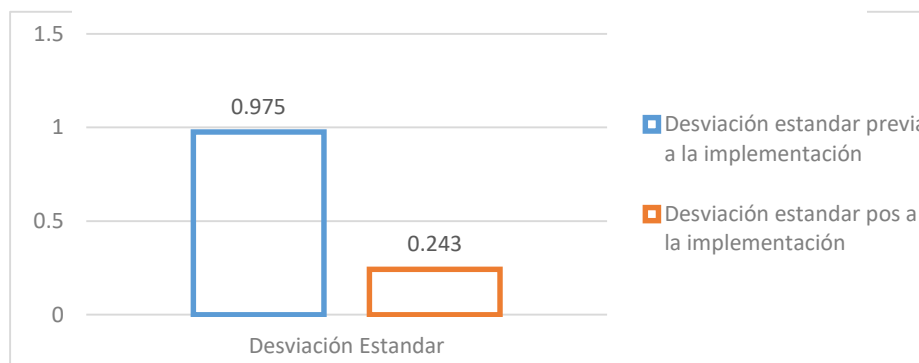
**Figura 7: Comparativo del promedio aritmético de Productividad**



*Fuente: Elaboración propia*

Previa a la implementación del sistema automatizado se tenía una desviación estándar de:  $\sigma_{Rp\_pos} = 0.975$  y posteriormente a la implementación se tuvo una desviación estándar de:  $\sigma_{Rp\_pos} = 0.243$  esto refleja que la Adaptación Tecnológica aplicada al proceso de envasado de cerveza Raymi permitió recopilar información más estable y confiable.

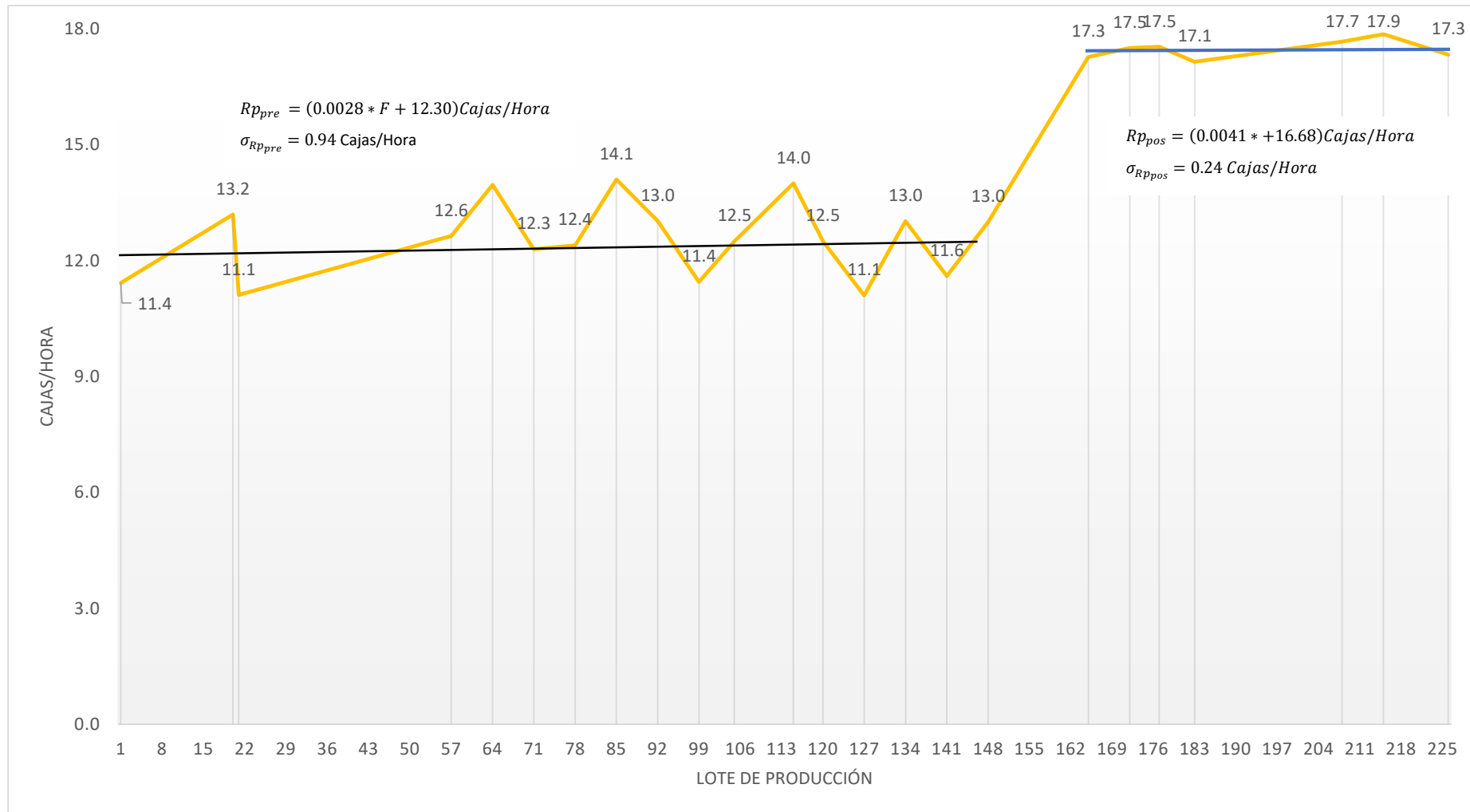
**Figura 8: Comparativo de la desviación estándar**



*Fuente: Elaboración propia*



Figura 9: Comparativo de los ratios de productividad: Cajas/Hora en la maquina envasadora de cerveza Raymi.



Fuente: Elaboración propia



- b) Tiempos estándar: la implementación del sistema tuvo un efecto muy importante en comparación con los históricos de los tiempos estándar, en la

*Tabla 16.*

**Tabla 18: Registro de Tiempos Estándar pos implementación del sistema automatizado.**

DESCRIPCIÓN	T1: Separador de botellas (seg.)	T2: Detención de faja trasportadora (seg.)	T3: Bajada de Llenadora (seg.)	T4: Presurización de botella (seg.)	T5: Llenado de Botella (seg.)	T6: Primera estabilización (seg.)	T7: Despresurización de botella (seg.)	T8: Segunda estabilización (seg.)	T9: Reinicio de proceso (seg.)	T10: Tiempo pasivo de salida de botellas (seg.)	T. Estándar (seg./Ciclo)
<b>27/10/2019</b>	0.60	0.50	0.80	0.20	3.20	2.00	17.80	0.00	0.50	0.80	<b>26.40</b>
<b>3/11/2019</b>	0.60	0.70	0.70	0.20	3.20	2.00	16.50	1.00	0.50	0.75	<b>26.15</b>
<b>8/11/2019</b>	0.60	0.80	0.80	0.20	3.00	2.00	17.60	0.00	0.50	0.70	<b>26.20</b>
<b>14/11/2019</b>	0.60	0.80	0.80	0.20	3.00	2.00	17.60	0.00	0.50	0.70	<b>26.20</b>
<b>9/12/2019</b>	0.60	0.70	0.70	0.30	3.10	1.50	18.00	0.00	0.50	0.60	<b>26.00</b>
<b>16/12/2019</b>	0.60	0.80	0.80	0.30	3.10	1.50	17.60	0.00	0.50	0.60	<b>25.80</b>
<b>27/12/2019</b>	0.60	0.80	0.80	0.30	3.10	1.50	18.00	0.00	0.50	0.60	<b>26.20</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Determinación del promedio aritmético del tiempo estándar de envasado de cerveza Raymi pos Adaptación Tecnológica con la implementación del Sistema Automatizado.

$$\mu_{Te\_pos} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

$$\mu_{Te\_pos} = \left( \frac{26.4 + 26.15 + 26.20 + 26.20 + 26.00 + 25.8 + 26.20}{7} \right)$$

$$\mu_{Te\_pos} = 26.14 \text{ Seg./ciclo}$$



Determinación de la desviación estándar del ratio de productividad pos adaptación tecnológica con la implementación del Sistema Automatizado.

$$\sigma^2_{Te\_pos} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}$$

$$\sigma^2_{Te\_pos} = \frac{\left[ (26.40 - 26.14)^2 + (26.15 - 26.14)^2 + (26.20 - 26.14)^2 + (26.20 - 26.14)^2 + (26.0 - 26.14)^2 + (25.80 - 26.14)^2 + (26.20 - 26.14)^2 \right]}{7}$$

$$\sigma^2_{Te\_pos} = 0.035$$

$$\rightarrow \sigma_{Te\_pos} = 0.0189$$

Determinación de la ecuación característica del tiempo estándar en función a los lotes de producción  $Te_{pos} = (m_{Te\_pos} * F + b_{Te\_pos})Seg./ciclo$ .

**Tabla 19: Determinación de valores de la fórmula de la ecuación característica del Tiempo Estándar pos adaptación tecnológica.**

FECHA	Te	F	Te*F	F^2
27/10/2019	26.4	43765	1155396	1915375225
3/11/2019	26.2	43772	1144637.8	1915987984
8/11/2019	26.2	43777	1146957.4	1916425729
14/11/2019	26.2	43783	1147114.6	1916951089
9/12/2019	26.0	43808	1139008	1919140864
16/12/2019	25.8	43815	1130427	1919754225
27/12/2019	26.2	43826	1148241.2	1920718276
<b>ACUMULADO</b>	<b>182.95</b>	<b>306546</b>	<b>8011782</b>	<b>1.3424E+10</b>

Fuente: Elaboración propia

Determinación de la pendiente:

$$m_{Te\_pos} = \frac{N \cdot \sum(F \cdot Te) - \sum F \cdot \sum Te}{N \cdot \sum F^2 - \sum F \cdot \sum F}$$

$$m_{Te\_pos} = \frac{7 * 8011782 - 306546 * 182.95}{7 * (1.3424E + 10) - 306546 * 306546}$$

$$m_{Te\_pos} = -0.0049$$



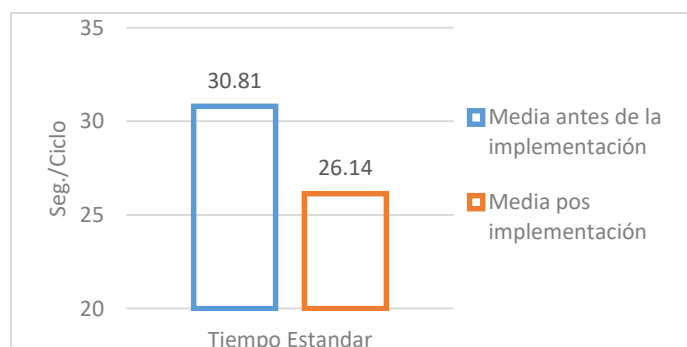
Determinación constante b:

$$b_{Te\_pos} = \frac{\sum Te}{N} - m_{Te\_pos} \cdot \frac{\sum F}{N}$$
$$b_{Te\_pos} = \frac{182.95}{7} - 0.0049 * \frac{306546}{7}$$
$$b_{Te\_pos} = 242.43 \quad \rightarrow \quad Te_{pos} = (-0.0049 * F + 242.43) Seg./ciclo$$

Interpretación:

Previa a la implementación del sistema automatizado se tenía una promedio aritmético de  $\mu_{Te\_pre} = 30.81 \text{ Seg./Ciclo}$  y pos implementación del sistema automatizado se obtuvo una reducción a  $\mu_{Te\_pos} = 26.14 \text{ Seg./Ciclo}$  por ciclo de envasado obteniéndose una reducción del 15.16% del tiempo estándar de envasado de cerveza Raymi.

**Figura 10: Comparativo de la Media de los Tiempos Estándar.**

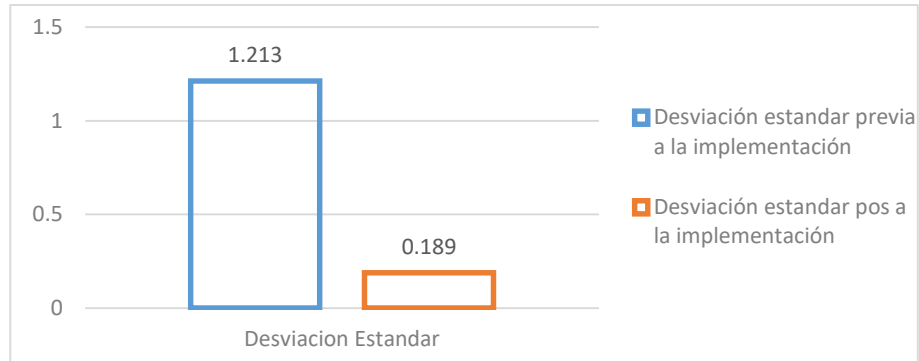


Fuente: Elaboración propia

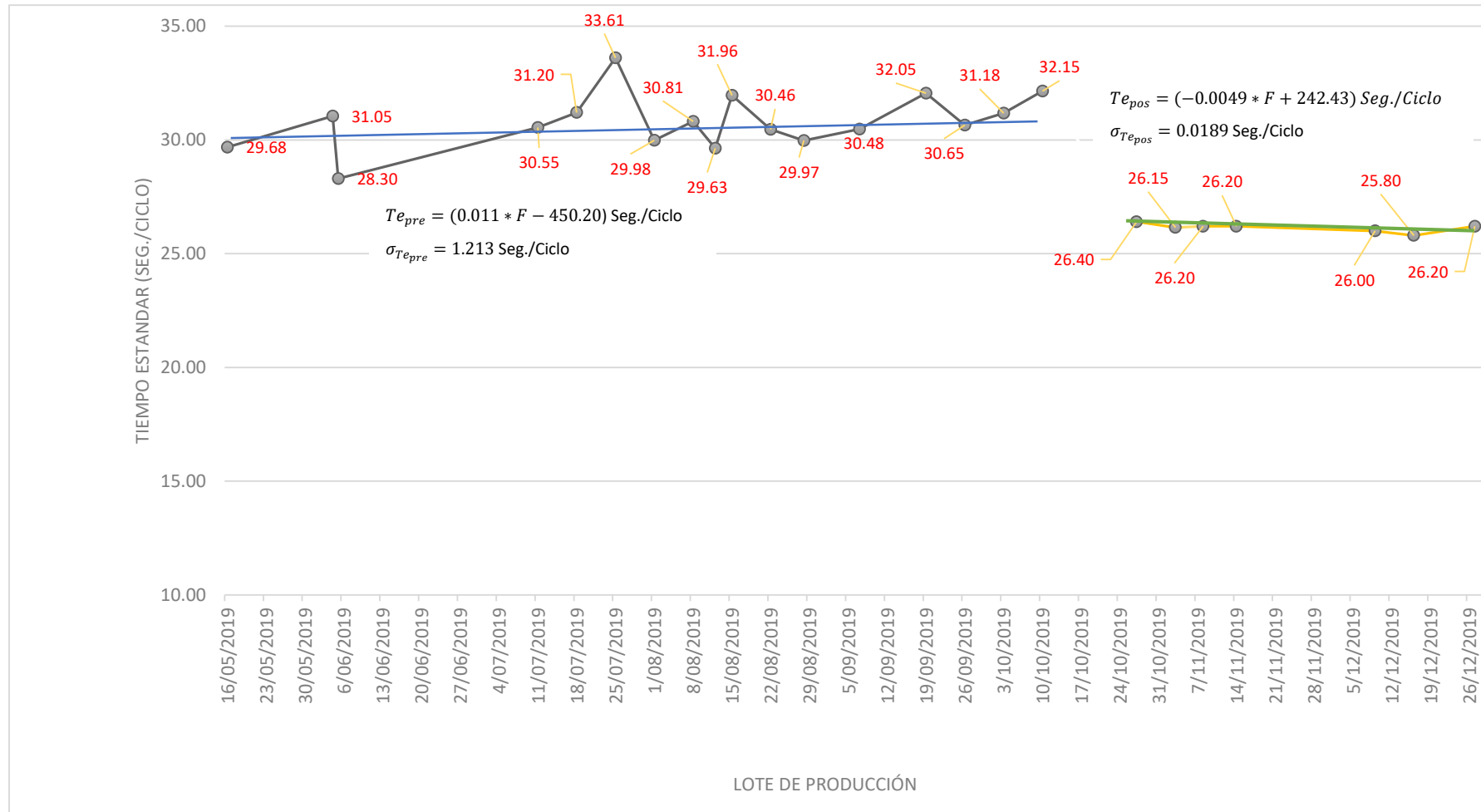
Previa a la implementación del sistema automatizado se tenía una desviación estándar de:  $\sigma_{Te\_pre} = 1.213 \text{ Seg./Ciclo}$  y posteriormente a la implementación se tuvo una desviación estándar de:  $\sigma_{Te\_pos} = 0.0189 \text{ Seg./Ciclo}$  esto refleja que la adaptación tecnológica aplicada al proceso de envasado de cerveza Raymi permitió recopilar información más estable y confiable.



*Figura 11: Comparativo de las desviaciones estándar.*



*Fuente: Elaboración propia*



Fuente: Elaboración propia



- c) Generación de mermas de envasado: otro de los aspectos más importantes en los cuales se está enfocando la presente tesis es la generación de mermas, en la **Tabla 14** se aprecia también información pos implementación del sistema automatizado.

Determinación del promedio aritmético porcentaje de merma generado pos adaptación tecnológica con la implementación del Sistema Automatizado.

$$\mu_{M_{pos}} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

$$\mu_{M_{pos}} = \left( \frac{12.3+11.1+2.6+2.5+1.6+1.6+1.3}{7} \right) \%$$

$$\mu_{M_{pos}} = 4.71\%$$

Determinación de la ecuación característica de la merma generada en función los lotes de producción:  $me_{pos} = b \cdot f^a$ , Ecuación potencial más significativa.

Cambio de variable para linealizar la ecuación potencial:

$$me_{pos} = b \cdot f^a \text{ (Logaritmando)}$$

$$Lg(me_{pos}) = Lg(b) + a \cdot Lg(f) \dots \dots \dots \text{de la Tabla 14}$$

$$\therefore M_{pos} = B + m_{M_{pos}} \cdot F$$





*Tabla 20: Determinación de valores de la fórmula de la ecuación característica de la merma pos adaptación tecnológica*

FECHA	me <sub>pos</sub> %	f	M = Lg(me)	F=Lg(f)	M*F	F <sup>2</sup>
27/10/2019	12,3	1	1,09	0,00	0,00	0,00
03/11/2019	11,1	8	1,05	0,90	0,95	0,82
08/11/2019	2,6	13	0,42	1,11	0,47	1,24
14/11/2019	2,5	19	0,40	1,28	0,51	1,64
09/12/2019	1,6	44	0,20	1,64	0,33	2,70
16/12/2019	1,6	51	0,20	1,71	0,34	2,92
27/12/2019	1,3	62	0,11	1,79	0,20	3,21
<b>ACUMULADO</b>	<b>33,0</b>	<b>198</b>	<b>3,47</b>	<b>8,44</b>	<b>2,80</b>	<b>12,52</b>

Fuente: Elaboración propia

Determinación de la pendiente de la ecuación característica de la merma generada pos implementación del sistema automatizado:

$$m_{M_{pos}} = \frac{N \cdot \sum(M \cdot F) - \sum F \cdot \sum M}{N \cdot \sum F^2 - \sum F \cdot \sum F}$$

$$m_{M_{pos}} = \frac{7 \cdot 2.80 - 8.44 \cdot 3.47}{7 \cdot 12.52 - 8.44 \cdot 8.44}$$

$$m_{M_{pos}} = -0.59$$

Determinación constante B:

$$B = \frac{\sum M}{N} - m_{Rp_{pos}} \cdot \frac{\sum F}{N}$$

$$B = \frac{3.47}{7} - 0.59 \cdot \frac{8.44}{7}$$

$$B = -0.22$$

$$\rightarrow M_{pos} = -0.22 - 0.59 \cdot F$$

Volviendo a la ecuación potencial original

$$b = 10^B = 10^{-0.22}$$

$$\rightarrow b = 0.60$$

$$\therefore me_{pos} = (0.60 \cdot f^{-0.59})\%$$



Determinación de la desviación estándar del porcentaje de merma generado pos adaptación tecnológica con la implementación del Sistema Automatizado.

$$\sigma^2_{M\_pos} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}$$

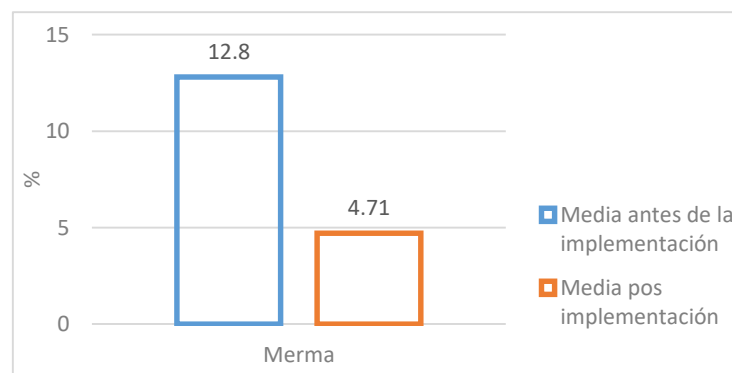
$$\sigma^2_{M\_pos} = \frac{[(12.3 - 4.71)^2 + (11.1 - 4.71)^2 + (2.6 - 4.71)^2 + (2.5 - 4.71)^2] + (1.6 - 4.71)^2 + (1.6 - 4.71)^2 + (1.3 - 4.71)^2}{7}$$

$$\sigma^2_{M\_pos} = 19.82$$

$$\rightarrow \sigma_{Rp\_pos} = 4.45\%$$

Previa a la implementación del sistema automatizado se tenía promedio aritmético de:  $\mu_{M\_pre} = 12.8\%$  y posteriormente promedio aritmético de productividad fue de:  $\mu_{M\_pos} = 4.71\%$ , lo que se tuvo como resultado una reducción del 63.2%.

**Figura 13: Comparativo del promedio aritmético de la merma**

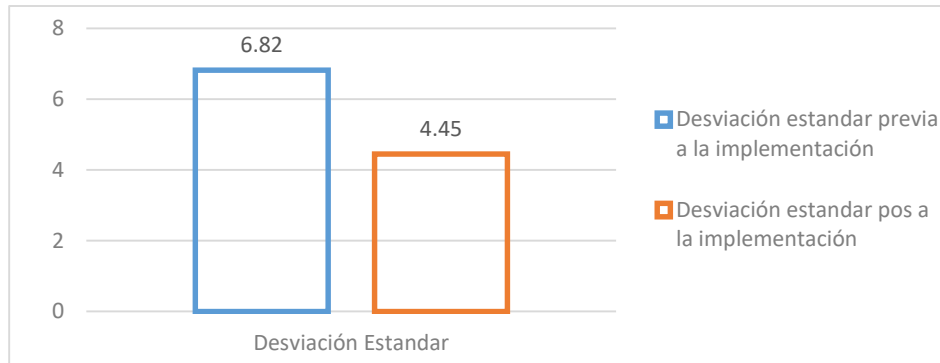


*Fuente: Elaboración propia*

Previa a la implementación del sistema automatizado se tenía una desviación estándar de:  $\sigma_{M\_pre} = 6.82\%$  y posteriormente a la implementación se obtuvo una desviación estándar de:  $\sigma_{M\_pos} = 4.45\%$ , esto refleja que la adaptación tecnológica aplicada al proceso de envasado de cerveza Raymi permitió recopilar información más estable y confiable.



*Figura 14: Comparativo de Desviación Estándar de la merma.*



*Fuente: Elaboración propia*



Figura 15: Comparativo de merma generadas en el envasado de cerveza Raymi antes y pos Adaptación Tecnológica..



Fuente: Elaboración propia

### 6.5. Análisis de Resultados en Función a la Inversión Económica.

Uno de los aspectos resaltantes es la inversión para la ejecución del proyecto, la cual en la *Tabla 21* se cuantifica el requerimiento económico necesario para la implementación de la Adaptación Tecnológica:

*Tabla 21: Cuadro de inversión monetaria para la implementación de la Adaptación Tecnológica*

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio Total	Imagen Referencial
01	Tarjeta de desarrollo Mega 328P Atmega 16U2	01	S/.45.00	S/.45.00	
02	Tarjeta de control de 04 canales compatible con Arduino UNO Mega 328P	01	S/. 60.00	S/.60.00	
03	Electroválvula In/Out Airtac 2v025-08	01	S/.100.00	S/.100.00	
04	Electroválvula de entrada CO2 DN8	01	S/.120.00	S/.120.00	
05	Sensor de Presión Ebowan de 5v g1/4	01	S/.100.00	S/.100.00	
06	Sensor Inductivo PL-08N NPN	02	S/.80.00	S/.160.00	
07	Sensor Fotoreflexivo	01	S/.130.00	S/.130.00	
08	Cable con acople rápido	50	S/ 1.00	S/.50.00	
09	Caja PBC de 100mm*100mm*50mm	01	S/.10.00	S/.10.00	
10	Costos adicionales			S/.225.00	
<b>INVERSIÓN TOTAL:</b>				<b>S/.1000.00</b>	



## CAPÍTULO 7: Evaluación, discusión de la solución y beneficios esperados

### 7.1. Cumplimientos de los objetivos

- a) En mención al objetivo general del proyecto de investigación: Incremento de la productividad, previo a la implementación de la Adaptación Tecnológica se tenía una productividad media de = 12.5 Cajas/Hora en una jornada laboral, posterior a la implementación de la Adaptación Tecnológica se obtuvo una productividad media de = 17.5 Cajas/Hora, por tanto, se da un incremento de la productividad en un 40%.
- b) En mención al primer objetivo específico: Reducción de tiempos estándar, de los históricos de producción previo a la implementación de la Adaptación Tecnológica se obtuvo una media de tiempo estándar de 30.81 segundos/ciclo de envasado de cerveza, posterior a la implementación de la Adaptación Tecnológica se obtuvo un tiempo estándar más estable con una media de 26.14 segundos/ciclo, por tanto, se da una reducción del 15.16% en el tiempo estándar de envasado de cerveza.
- c) En mención al segundo objetivo específico: disminución de mermas, previa a la implementación de la Adaptación Tecnológica se tenía una generación de merma muy variable, con una media de 12.8%, posterior a la implementación de la Adaptación Tecnológica se obtuvo una media del 4.71%, por tanto, se obtuvo una reducción de merma del 63.2% lo cual es muy significativo por el valor en costo monetario de cerveza.



## CONCLUSIONES

1. Se Concluye con respecto al objetivo general, que la implementación del sistema automatizado resulta ser una solución viable y eficiente que a través de ello se logró un incremento de la productividad del 40%, valor muy significativo teniendo en cuenta las precariedades y limitaciones del área de envasado de cerveza Raymi.
2. Se concluye respecto al primer objetivo específico, que se logró una menor variabilidad de los tiempos estándar de envasado con una reducción del 15.16% con respecto a la media de tiempo estándar previo a la implementación del sistema automatizado. Cabe resaltar que los tiempos estándar de envasado están estrechamente relacionado con la calidad final del producto lo cual es muy importante preservar.
3. Se concluye respecto al segundo objetivo específico, que pos implementación del sistema automatizado se logró una reducción significativa del 63.2%, resultado muy importante por el alto costo del producto.
4. Cervecerías Cusco S.A.C. es una empresa cusqueña noble en el mercado regional y nacional con grandes metas de crecimiento económico lo que conlleva a oportunidades de desarrollo profesional.
5. La producción de cerveza está ligado a procesos muy estrictos y delicados los cuales deben estar en control constante en función de parámetros bien definidos.
6. El envasado de cerveza está determinado por procesos muy estrictos relacionados con temperatura, presión, volumen, entre otros, los cuales determinan la calidad final del producto llegado al consumidor, con la implementación de la Adaptación Tecnológica se cumplió con los objetivos planteados evidenciado con la información recopilada después de la implementación.



## RECOMENDACIONES

1. Una de las recomendaciones más importantes es la implementación de la Gestión de Mantenimiento Integrado Total, esto debido a que al no contar con las condiciones óptimas del funcionamiento de la maquina se genera paradas forzadas lo que disminuye forzosamente la productividad.
2. Proponer una planificación más integral de producción que permita mayor disponibilidad de la maquina envasadora para programas de mantenimiento preventivo y mantener la productividad de envasado de cerveza cumpliendo con las características optimas de envasado preservando la calidad del producto.





## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Alvear, E. D. (2018). *Diseño de un sistema automatizado para mejorar la productividad en la etapa de laminado en la fabricación de la pasta wantan en la empresa Yuc Wa*.
- Barrera, C. P. (2011). *Estudio de una línea de envasado y aplicación de la Metodología TPM para el aumento de su eficiencia, mediante la reducción de pequeñas paradas en un equipo*. Sevilla.
- Bendezú, I. (2018). *Reingeniería de procesos para mejorar la productividad en una empresa de cervecera artesanal*. Huancayo.
- Carollo, M. C. (2011-2012). *Regresión Lineal Simple*. España: Universidad de Santiago de Compostela.
- Chiavenato, I. (1993). *Iniciación a la organización y control*. Editorial Mc Graw Gil.
- Chiavenato, I. (2004). *Introducción a la Teoría General de la Administración*. McGraw-Hill.
- Criollo, R. G. (1998). *Estudio del trabajo, Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. Mexico DF: Mc Graw Hill.
- De Mesoes, B. (2015). *Manual Práctico del Cervcero*. Buenos Aires, Argentina.
- Derby, S. (2005). *Design of Automatic Machinery*. Dekken.
- Diaz, C. C. (2017). *Diseño de un plan de mejora basado en la teoría de restricciones para aumentar la productividad en el área de producción de la embotelladora Wara S.A.C. Chiclayo – 2016*. Primentel, Perú.
- Echeandia, J. A. (2019). *Proyecto Memoria Anual 2018, Unión de Cervecerías Peruanas Backus y Johnston S.A.A.* Lima, Perú.



Festo. (2008). *Fundamentos de la técnica de Automatización*. Denkendorf, Alemania: Reinhard Pittschellis.

García A. (2011). *Productividad y Reducción de costos*. Mexico: Trillas.

Gutierrez H. (2010). *Calidad y Productividad*. Mexico: McGraw Hill.

Gutiérrez, J. I. (1994). *Significado Económico - Social y Técnico de Automatización*.

Hernani, B. (20 de Agosto de 2018). Adaptación Tecnológica. *Crítica*.

Hough, J. (1990). *Bioteología de la cerveza y de la malta*. Zaragoza - España: Acribia S.A.

Huxley, S. (2006). *La cerveza poesía líquida, Un manual para cervesiáfilos*. Valencia - España: Ediciones Trea, S. L.

Kunze, W. (2006). *Tecnología para Malteros y Cerveceros*. Alemania: Westkreuz-Drukerei Ahrens KG}.

Mancisidor, E. T. (2019). *Propuesta de implementación de un Sistema Automatizado de envasado y sellado de vacunas para mejorar la productividad en una empresa estatal de rubro farmacéutico*. Lima.

Mejía, J. (4 de Octubre de 2014). *Blogspot*. Obtenido de <http://conceptosingindustrial.blogspot.com/2014/10/productividad.html>

Moreno, E. G. (1999). *Automatización de Procesos Industriales - Robotica y Automática*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.

Niebel, B. W. (2009). *Ingeniería Industrial. Métodos, estandares y diseño del trabajo*. Mexico DF: Mc Graw Hill.



Oliveira, R. (2002). *Teorías de la Administración*. International Thomson Editores.

Orellana, L. (2001). *Estadística Descriptiva*.

Pérez, P. J. (2011). *Definicion.de*. Obtenido de <https://definicion.de/merma/>

Rae. (s.f.). *Real Academia de la Lengua Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/?id=UFbxsxz>

Romani, G. (2016). Estudio de métodos para incrementar la productividad en la línea de envasado de cerveza 819 de planta Huachipa de la Compañía Cervecera Ambev Perú, a partir de la reducción de la merma de extracto. Huancayo.

Romero, D. M. (2009). *Propuesta de automatización de los procesos de verificación y despachos en una empresa panificadora*. Bogota - Colombia.

Romero, N. V. (2010). *Aumento de productividad en línea de envasado de la planta los cortijos de cerveceria polar*. Los Cortijos.

Salazar, B. (2016). *IngenieriaIndustrialOnline*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/>

VENEMEDIA. (22 de Agosto de 2019). *ConceptoDefinicion*. Obtenido de <https://conceptodefinicion.de/proceso/>

VENEMEDIA. (22 de Agosto de 2019). *ConceptoDefinicion*. Obtenido de <https://conceptodefinicion.de/diagrama-de-flujo/>

William K., H. (1989). *Maynard - Manual del Ingeniero Industrial*. McGraw-Hill.



## ANEXOS



ANEXO A

a) Reporte de producción del Segundo Trimestre – 2019

Tabla 22: Reporte de producción del Segundo Trimestre – 2019

Descripción		Segundo Trimestre- 2019		
		16/05	4/06	5/06
Botellas Envasadas	Unidades	2742	4750	4000
Producto envasado	Litros	904.86	1567.5	1320
Tiempo total	Horas	10	15	15
Promedio Cajas/Hora	C/H	11.4	13.2	11.1
Merma bajo nivel botellas	Unidades	72	144	120
Mema maquina envasadora	Litros	60	100	60
Merma Total (Litros)	Litros	83.76	147.52	99.6
Merma en porcentaje	-	9.3 %	9.4%	7.5%

Fuente: Reportes de producción del área de envasado de la empresa Cervecerías Cusco SA.C.



b) Reporte de producción del Tercer Trimestre – 2019

Tabla 23: Reporte de producción del Tercer Trimestre – 2019.

Descripción		Tercer Trimestre – 2019											
		11/07	18/07	25/07	01/08	08/08	15/08	22/08	28/08	07/09	12/09	19/09	26/09
Botellas Envasadas	Unidades	4549	5025	4425	2975	5075	3750	1099	1500	3024	1800	799	4999
Producto envasado	Litros	1501.2	1658.3	1460.3	981.8	1674.8	1237.5	362.7	495	997.9	594	263.7	1649.7
Tiempo total	Horas	15	15	15	10	15	12	4	5	9	6	3	16
Promedio Cajas/Hora	C/H	12.6	14.0	12.3	12.4	14.1	13.0	11.4	12.5	14.0	12.5	11.1	13.0
Merma bajo nivel botellas	Unidades	144	168	144	204	156	180	144	156	168	144	108	336
Mema maquina envasadora	Litros	60	60	60	40	50	60	50	60	30	40	40	80
Merma Total (Litros)	Litros	107.52	115.44	107.52	107.32	101.48	119.4	97.52	111.48	85.44	87.52	75.64	190.88
Merma en porcentaje	-	7.2%	7.0%	7.4%	10.9%	6.1%	9.6%	26.9%	22.5%	8.6%	14.7%	28.7%	11.6%

Fuente: Reportes de producción del área de envasado de la empresa Cervecerías Cusco SA.C.



c) Reporte de producción del Cuarto Trimestre - 2019

*Tabla 24: Reporte de producción del Cuarto Trimestre - 2019.*

Descripción		Cuatro Trimestre – 2019	
		3/10	10/10
<b>Botellas Envasadas</b>	<b>Unidades</b>	4175	3744
<b>Producto envasado</b>	<b>Litros</b>	1377.75	1235.52
<b>Tiempo total</b>	<b>Horas</b>	15	12
<b>Promedio Cajas/Hora</b>	<b>C/H</b>	11.6	13.0
<b>Merma bajo nivel botellas</b>	<b>Unidades</b>	336	360
<b>Mema maquina envasadora</b>	<b>Litros</b>	80	90
<b>Merma Total (Litros)</b>	<b>Litros</b>	190.88	208.8
<b>Merma en porcentaje</b>	-	13.9%	16.9%

*Fuente: Reportes de producción del área de envasado de la empresa Cervecerías Cusco SA.C.*



**ANEXO B**

**a) Tiempos estándar de Envasado de cerveza Segundo Semestre – 2019**

*Tabla 25: Tiempos estándar de Envasado de cerveza Segundo Semestre – 2019*

Descripción	Segundo Trimestre – 2019		
	16/05	4/06	5/06
T1: Separador de botellas	0.50	0.50	0.50
T2: Detención de faja transportadora	0.68	0.85	0.90
T3: Bajada de Calderín Isobárico	1.20	1.60	1.30
T4: Presurización de botella	0.80	0.80	0.80
T5: Llenado de Botella	5.50	4.80	4.50
T6: Primera estabilización (reposo)	4.00	4.20	4.30
T7: Despresurización de botella	10.00	11.00	9.00
T8: Segunda estabilización (reposo)	2.50	2.80	2.50
T9: Reinicio de proceso	0.50	0.50	0.50
T0: Tiempo pasivo de salida de botellas	4.00	4.00	4.00
<b>T. Estándar (s)</b>	<b>29.68</b>	<b>31.05</b>	<b>28.30</b>

*Fuente: Reportes de producción del área de envasado de la empresa Cervecerías Cusco SA.C.*





**b) Tiempos estándar de Envasado de cerveza Tercer Semestre - 2019**

*Tabla 26: Tiempos estándar de Envasado de cerveza Tercer Semestre – 2019.*

Descripción	Tercer Trimestre -2019											
	11/07	18/07	25/07	01/08	08/08	15/08	22/08	28/08	7/09	12/08	19/09	26/09
T1: Separador de botellas	0.50	0.50	0.55	0.62	0.62	0.57	0.57	0.55	0.55	0.50	0.50	0.50
T2: Detención de faja transportadora	0.85	0.50	0.66	0.66	0.59	0.59	0.59	0.62	0.63	0.63	0.65	0.65
T3: Bajada de Calderín Isobárico	1.60	1.20	1.50	0.90	0.90	1.10	1.10	1.00	1.00	1.10	1.00	1.10
T4: Presurización de botella	0.80	1.50	0.00	0.30	0.30	0.30	0.30	0.20	0.20	0.20	0.30	0.30
T5: Llenado de Botella	4.80	4.40	4.00	4.00	5.30	5.40	3.30	3.50	4.00	4.60	5.10	5.10
T6: Primera estabilización	4.20	3.20	3.20	1.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.00	1.00	1.00
T7: Despresurización de botella	10.50	12.70	17.30	16.50	15.50	16.00	16.60	18.10	18.10	17.10	19.00	17.50
T8: Segunda estabilización	2.80	2.40	1.90	1.50	1.60	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T9: Reinicio de proceso	0.50	0.80	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
T0: Tiempo pasivo de salida de botellas	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
<b>T. Estándar (s)</b>	<b>30.55</b>	<b>31.20</b>	<b>33.61</b>	<b>29.98</b>	<b>30.81</b>	<b>31.96</b>	<b>30.46</b>	<b>29.97</b>	<b>30.48</b>	<b>29.63</b>	<b>32.05</b>	<b>30.65</b>

*Fuente: Reportes de producción del área de envasado de la empresa Cervecerías Cusco SA.C.*



c) **Tiempos estándar de Envasado de cerveza Cuarto Semestre - 2019**

*Tabla 27: Tiempos estándar de Envasado de cerveza Cuarto Semestre - 2019.*

Descripción	Cuarto Trimestre - 2019	
	03/10	10/10
T1: Separador de botellas	0.53	0.50
T2: Detención de faja transportadora	0.65	0.65
T3: Bajada de Calderín Isobárico	1.10	1.10
T4: Presurización de botella	0.30	0.30
T5: Llenado de Botella	5.10	5.10
T6: Primera estabilización (reposo)	1.00	1.00
T7: Despresurización de botella	18.00	19.00
T8: Segunda estabilización (reposo)	0.00	0.00
T9: Reinicio de proceso	0.50	0.50
T0: Tiempo pasivo de salida de botellas	4.00	4.00
<b>T. Estándar (s)</b>	<b>31.18</b>	<b>32.15</b>

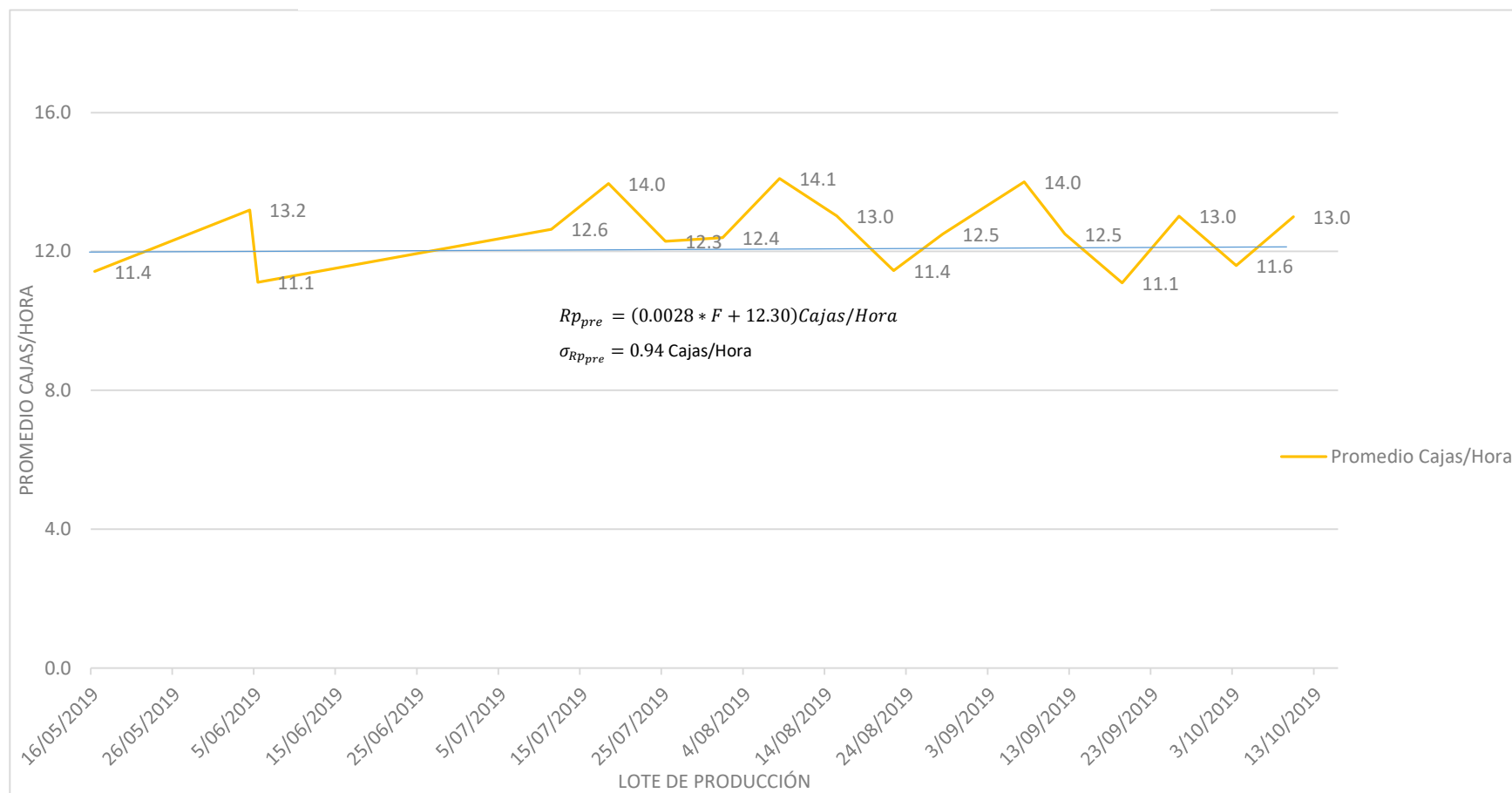
*Fuente: Reportes de producción del área de envasado de la empresa Cervecerías Cusco SA.C.*



ANEXO C

a) Gráfica histórica de productividad de envasado de cerveza Raymi Cajas/Hora

Figura 16: Ratio de productividad de envasado de Cerveza Raymi Cajas/Hora

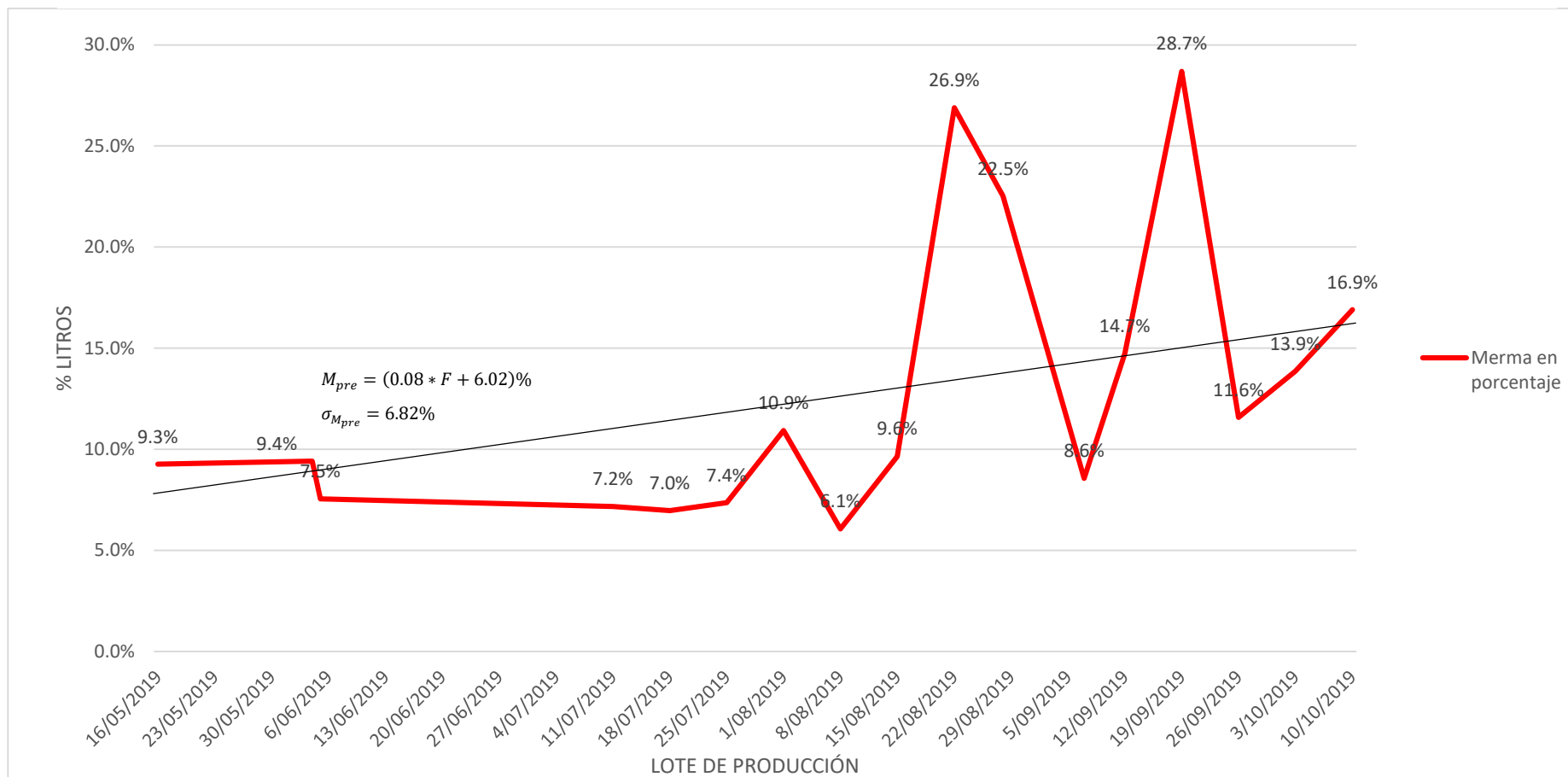


Fuente: Elaboración propia



b) Gráfica Histórica de Merma generada por litro

Figura 17: Histórico de merma generado por litro

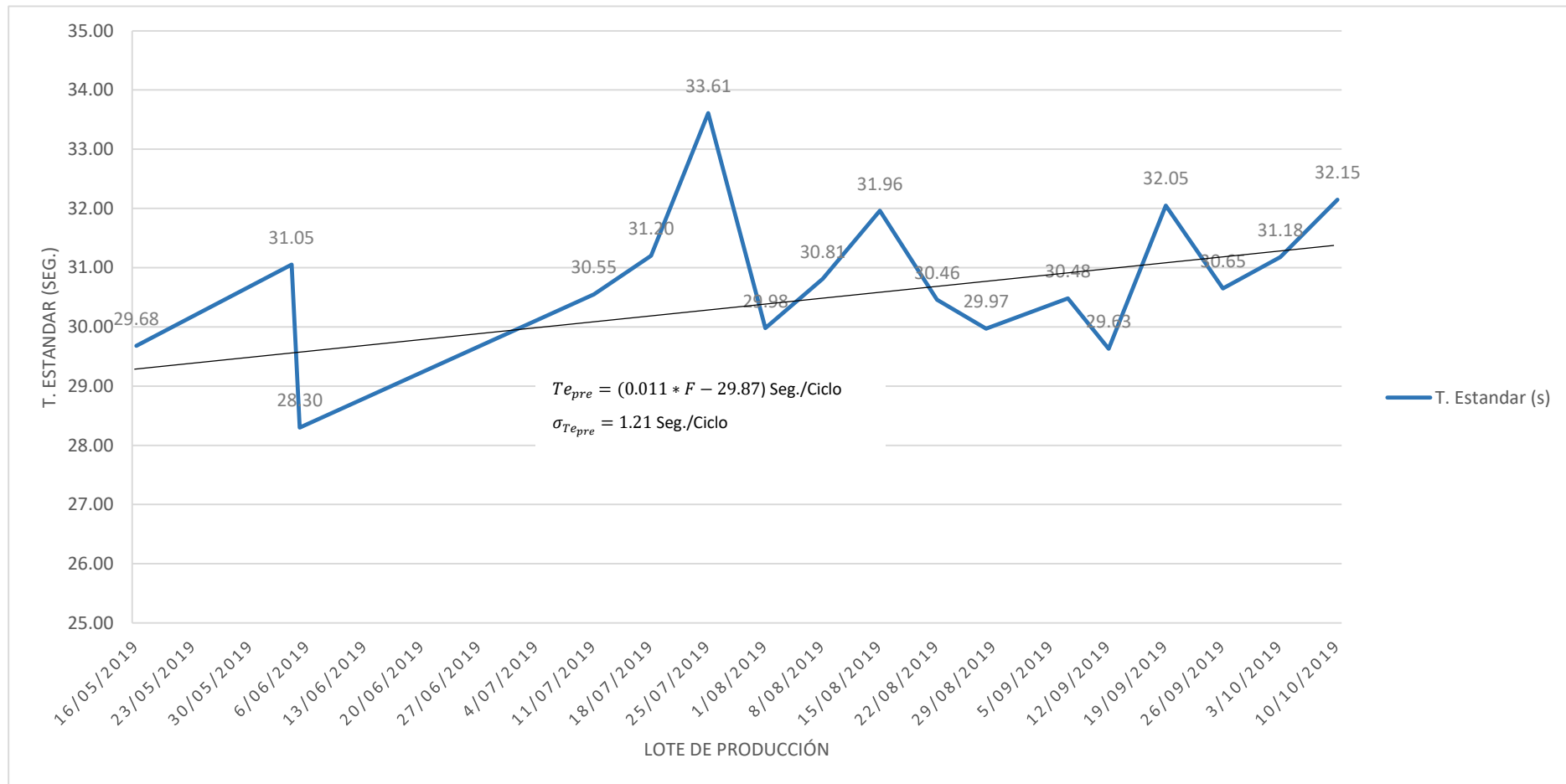


Fuente: Elaboración propia



c) Gráfica histórica de Tiempo Estándar de envasado de Cerveza Raymi

Figura 18: Histórico de Tiempo Estándar de Envasado de Cerveza Raymi.



Fuente: Elaboración propia

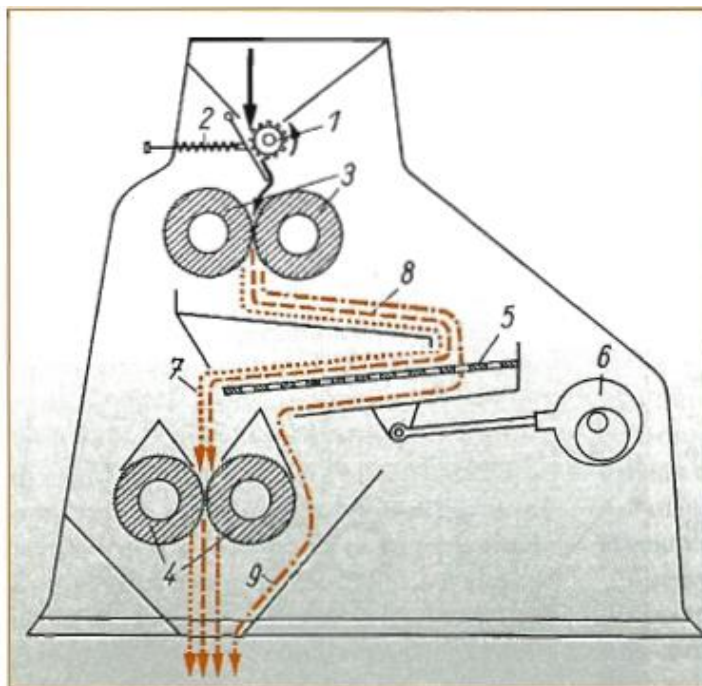
## ANEXO D

### Proceso de elaboración de la cerveza

#### Molienda

Es un proceso en el cual se reduce el tamaño del grano de malta (cebada germinada), proceso conocido como molturación o trituración, es un proceso mecánico en el cual se debe tener mucho cuidado con el tratamiento de la cáscara lo que a futuro será importante en la formación de la capa filtrante en el proceso de maceración, la molienda se realiza con una máquina de 4 rodillos como se muestra en la siguiente figura:

*Figura 19: Molino de 4 rodillos.*



#### **DESCRIPCIÓN:**

- (1) Rodillo distribuidor
- (2) Regulador de entrada
- (3) Par de rodillos de trituración previa
- (4) Par de rodillos trituradores de cáscara
- (5) Tamiz vibratorio

*Fuente: Tecnología para Cerveceros y Malteros - Wolfgang Kunze*

#### Maceración

La maceración es el proceso más importante en la elaboración de cerveza en el cual la molienda y el agua previamente tratada se mezclan y a través de la acción enzimática se logra la degradación del almidón para la obtención de azúcares fermentables y no fermentables.

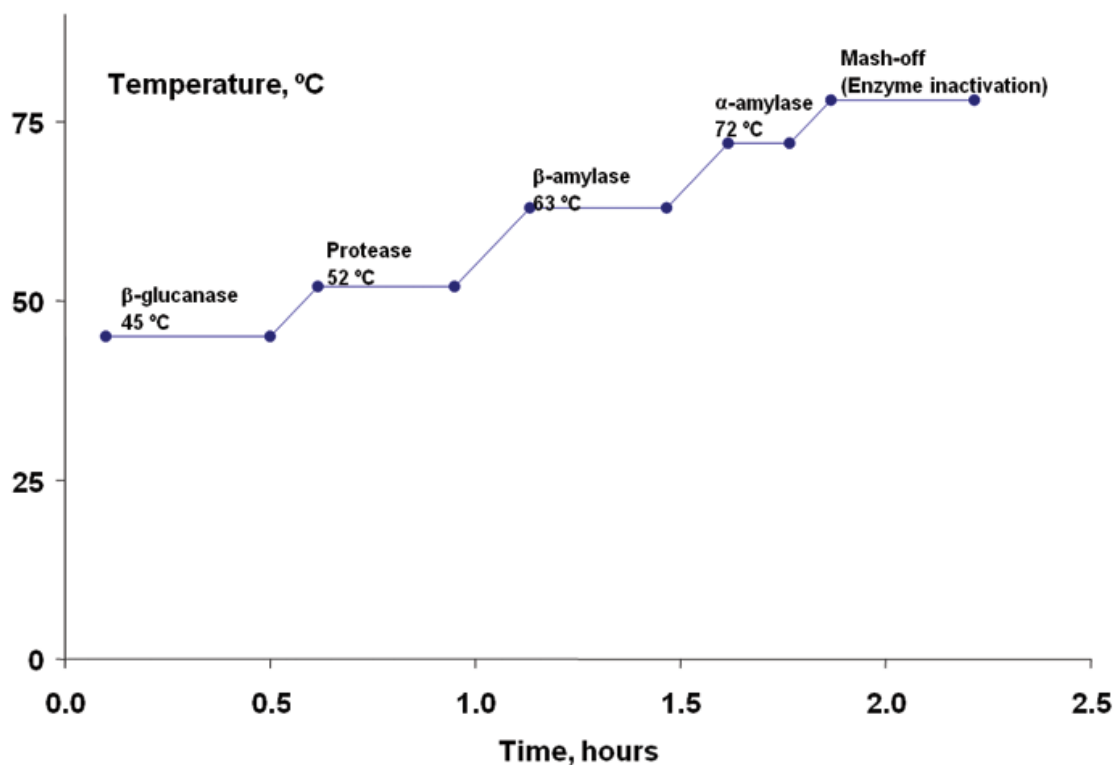


La acción enzimática se activa a través de la elevación progresiva de la temperatura, conocido también como proceso escalonado.

En el proceso de maceración se generan sustancias solubles y no solubles, dentro de las sustancias solubles encontramos: los azúcares, las dextrinas, las sustancias minerales y algunas sustancias albuminoideas; en sustancias no solubles tenemos presencia de: almidón, celulosa, parte de sustancias albuminoideas de alto peso molecular entre otros compuestos que son retenidas en el proceso de filtración.

La obtención de sustancias solubles se denomina extracto y en el proceso de maceración se busca la mayor obtención o rendimiento del extracto.

*Figura 20: Relación Temperatura/Tiempo del proceso de maceración de la cerveza.*



Fuente: Brewmasters Mexico



## **Cocción**

La cocción suele durar alrededor de 60-90 minutos y se efectúa generalmente a la presión atmosférica, pero algunos fabricantes la llevan a cabo a presión positiva y permiten que al final del proceso escapen sustancias volátiles. Muchos añaden una pequeña porción de lúpulo utilizado – el lúpulo aromático, con un aroma delicado – unos 20 minutos antes de que la ebullición termine. (Hough, 1990).

El mosto después de la ebullición pasa a un sistema llamado Whirpool el cual tiene la función de precipitar sustancias sólidas en suspensión, debido a ello se puede obtener el mosto limpio que pasa a un intercambiador de temperatura para ser enviado a los tanques de fermentación.

## **Fermentación**

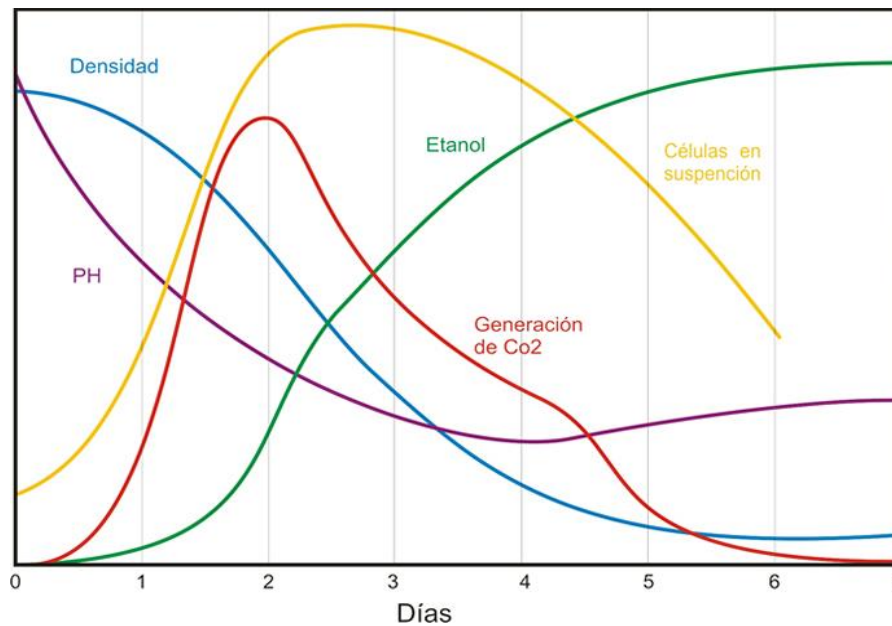
En la fermentación es donde ocurre la magia, se hace uso de organismos unicelulares los cuales se encargan de convertir el mosto en cerveza.

La levadura consume los azúcares y otros productos contenidos en el mosto. Estos productos son resultado de como hayamos realizado los pasos previos de elaboración de la cerveza. Al metabolizar los azúcares se produce alcohol y CO<sub>2</sub>, pero dependiendo de las temperaturas de fermentación y de los otros productos contenidos en el mosto también se producirán alcoholes superiores (cadenas de más de un carbono, metílico, etc...) y otros subproductos que afectarán en gran medida al sabor, aroma y calidad de la cerveza que estamos elaborando. (De Mesoës, 2015).





*Figura 21: Fases de la fermentación de la Cerveza.*



*Fuente: Revista Mash*

### **Maduración**

Una vez realizada la fermentación se elimina la levadura y otras partículas precipitadas por el cono inferior de los tanques dejando atrás la cerveza verde y comenzando así el periodo de almacenaje en el mismo tanque. Simplemente habrá que regular la salida de la válvula de CO<sub>2</sub> excedente convenientemente según este el mosto fermentando o la cerveza verde madurando. (De Mesoes, 2015)

Una vez terminado el período de almacenaje y de maduración de la cerveza, y suponiendo que hemos conseguido el perfil aromático y de sabor final que buscábamos, no será necesaria la filtración si vendemos la cerveza para su consumo inmediato, a no ser que se haga simplemente para aumentar la cristalinidad de esta, dado que la cerveza no dispondrá de tiempo suficiente como para variar su estabilidad biológica y consecuentemente su sabor. (De Mesoes, 2015).



### **Envasado**

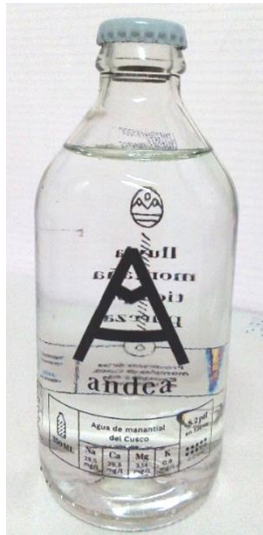
El embarrilado y el embotellado se hacen a partir de los tanques de almacenaje, o de segunda fermentación, una vez que la cerveza ha llegado al nivel de maduración deseado por el maestro cervecero. Estos tanques están a una presión aproximada entre uno y dos bares y a una temperatura ligeramente superior a los cero grados centígrados. Al rellenar los barriles o las botellas, hay que tener en consideración la temperatura de estos, así como la temperatura de las líneas o mangueras por donde circulará la cerveza a presión. La cerveza a baja temperatura mantiene una mayor cantidad de CO<sub>2</sub> disuelto que a una temperatura superior. Si introducimos cerveza en una línea o manguera que está a una temperatura más alta se liberará CO<sub>2</sub> y se producirá espuma. La producción de espuma no es nada deseable a la hora de rellenar cualquier recipiente porque la espuma ocupará un espacio que nos es necesario rellenar con cerveza. Cuanto mayor sea la presión a la que está sometida la cerveza mayor cantidad de CO<sub>2</sub> estará disuelto. Al igual que es necesario controlar la temperatura será necesario controlar que no haya una disminución de presión durante el recorrido del tanque de almacenaje a los barriles o botellas para que no se produzca espuma (De Mesoes, 2015).



## ANEXO E

Presentación de agua Andea

### a) Agua mineral no carbonatada de 330 ml retornable



- **Color:** Transparente
- **Material:** Vidrio

*Figura 22: Agua Mineral no carbonatada de 330 ml retornable*

### b) Agua mineral carbonatada 330 ml retornable



- **Color:** Transparente
- **Material:** Vidrio

*Figura 23: Agua mineral carbonatada 330 ml retornable*



c) Agua mineral no carbonatada 600 ml no retornable



- **Color:** Transparente
- **Material:** PET (polietileno tereftalato)

Figura 24: Agua mineral no carbonatada 600 ml no retornable.

d) Agua mineral no carbonatada 630 ml no retornable personalizados



Figura 27: Club Fallen Angel.



Figura 26: Discoteca Morgana.



Figura 25: Discoteca Zafiro.



*Figura 30: Hoteles  
Mama Simona*



*Figura 29: Hoteles  
Casa Cartagena.*



*Figura 28: Hoteles  
Taypikala  
Machupicchu.*



*Figura 32: Hoteles  
Kokopelli.*



*Figura 31: Sumaq  
Machupicchu*



e) Agua mineral no carbonatada 2l no retornable



- **Color:** Transparente
- **Material:** PET (polietileno tereftalato)

*Figura 33: Agua mineral no carbonatada 2L no retornable.*

f) Agua mineral no carbonatada 20 litros retornable



- **Color:** Azul
- **Material:** PVC (policloruro de vinilo)

*Figura 34: Agua mineral no carbonatada 20 Litros retornable.*



## ANEXO F

### a) Válvula flotadora de acero inoxidable

Dispositivo que permite controlar el nivel de líquido en el calderín.

**Tabla 28: Especificaciones válvula flotador en acero inoxidable**

Fabricadas en acero inoxidable AISI 316
Obturadores guiado con cierre de elastómero
Válvula de paso total con cierre progresivo
Roscas de conexión BSP y NPT
Presión Max. de trabajo Max. Working Pressure 10 Bar (145 Psi)
Rango de temperatura Temperature limits -50°C / 120°C (-58°F / 248°F)

*Fuente: Elaboración propia*



b) Electroválvula de In/out Airtac

Dispositivo que permite alivio y carga de presión de CO<sub>2</sub>, Dióxido de Carbono).

*Tabla 29: Especificación Técnica Electroválvula Airtac*

Modelo	2V025-08
Tipo	Normalmente Cerrado NC
Material	Aleación de Aluminio
Voltaje de trabajo	24 VDC
Presión de trabajo máximo	0 – 10kgf/cm <sup>2</sup>
Temperatura máximo	60 °C
Peso	130gr
Medida	G1/4" NPT



*Figura 35: Electroválvula Airtac.*



c) **Sensor de presión Ebowan dc 5 v g1/4**

Dispositivo principal del sistema de control isobárico, dicho dispositivo tiene un rango de presión de 0 a 174 psi ideal para el control adecuado del sistema isobárico.

**Tabla 30: Especificación Técnica Sensor de Presión.**

Voltaje de trabajo: 5VDC
Voltaje de salida: 4,5-0,5 VDC
Material DEL Sensor: aleación de acero al carbono
Corriente de funcionamiento: 10 mA
Rango de presión de funcionamiento: 0-1,2 MPa
Presión Maxima: 2,4 MPa
Longitud del Cable: 19 cm
Presión de destrucción: 3,0 MPa
Temperatura de trabajo Rango: 0-85 grados
Rango de temperatura de almacenamiento: 0-100 grados
Error de medición: 1. 5% FSO
Error del rango de temperatura: 5% FSO
Tiempo de respuesta: 2. 0 MS
Ciclo de Vida: 500.000 unids

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 36: Sensor de presión Ebowan.**



**d) Electroválvula de entrada de CO2 DN8**

Dispositivo de control de presión de calderín ideal para el control de ingreso de CO2

**Tabla 31: Especificaciones técnicas electroválvula de entrada de CO2.**

Modelo: 2W-025-08
Medio de trabajo: aire, agua, aceite
Material: latón
Voltaje: AC 110 V/220 V
Tamaño de la tubería: 1/4"
Taladro de flujo: 4mm/0.16in
Presión de trabajo: agua/aceite: 0 ~ 1mpa aire/gas: 0 ~ 0.7mpa
Temperatura de trabajo: -5 ~ 80 grados centígrado
Tipo: normal cerrado
Hilos tipo: NPT
Sello de aceite material: NBR
Puertos: puertos de entrada y salida del TNP 1/4"
Peso del producto: 309g/10.90 onzas

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 37: Electroválvula de entrada de co2 dn8.*

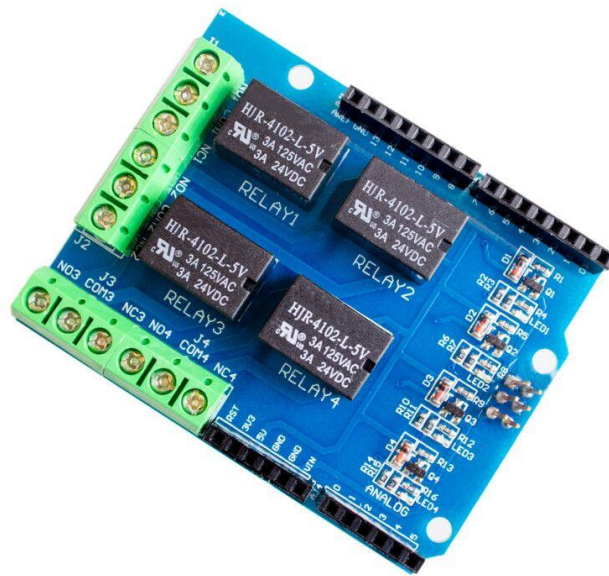


e) **Tarjeta de control de 04 canales de relé compatible con Arduino Uno**

Relé es un pequeño equipo de alimentación de control de señal de corriente de uso común módulo electrónico, los dispositivos de control de chip único de alta potencia son ampliamente utilizados en el sistema SCM para hacer un proyecto inteligente y se pueden conectar directamente al uso compatible de varios tipos de placas base.

Las características del módulo son las siguientes:

- Estándar para interfaces y formas de blindaje
- Puede seguir apilando otros para las placas de expansión
- 3 orificios de posicionamiento del tornillo M3 para una fácil instalación
- Alta Velocidad (5 V o 3,3 V) cierre de contacto normalmente abierto
- Indicador de relé integrado (rojo)



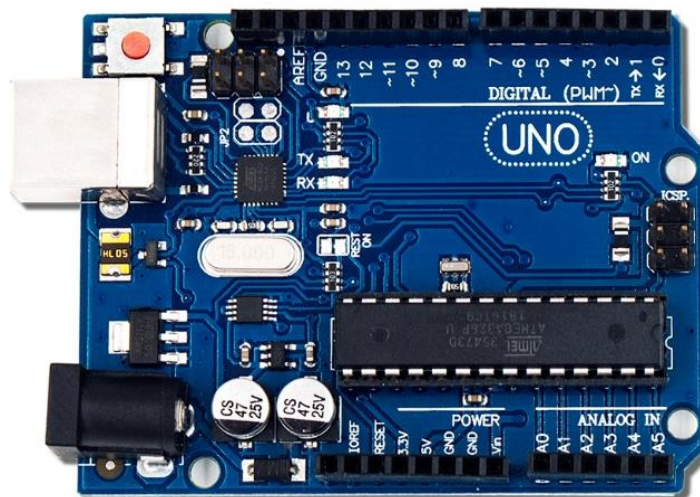
*Figura 38: Tarjeta de control de 04 canales.*



f) Tarjeta de desarrollo MEGA328P ATMEGA16U2

*Tabla 32: Especificación técnica del MEGA328P ATMEGA16U2*

<b>Descripción del producto:</b>
Microcontrolador de ATmega328
Tensión de funcionamiento de 5 V
Voltaje de entrada (recomendado) 7-12 V
Voltaje de entrada (límites) 6-20 V
Pines de E/S digitales 14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
Entrada analógica pines 6
Corriente continua por Pin de E/S 40 mA
Corriente continua para 3,3 V Pin 50 mA
Memoria Flash de 32 KB (ATmega328), de los cuales 0,5 KB son utilizados por el cargador de arranque
SRAM 2 KB (ATmega328)
EEPROM 1 KB (ATmega328)
Velocidad de reloj 16 MHz
Longitud 68,6mm
Anchura 53,4mm



*Figura 39: Tarjeta de desarrollo MEGA328P ATMEGA16U2*

g) Sensor inductivo PL-08N NPN

*Tabla 33: Especificación Técnica Sensor Inductivo PL-08N NPN*

Dimension (mm)			17×17×35	17×17×35	
Mounting way			Non-screen shield type	Non-screen shield type	
Type	DC type	NPN	NO	PL-05N	PL-08N
			NC	PL-05N2	PL-08N2
			NO+NC		
		PNP	NO	PL-05P	PL-08P
			NC	PL-05P2	PL-08P2
			NO+NC		
	AC type	Two-wire	NO	PL-05DO	PL-08DO
			NC	PL-05DC	PL-08DC
		Three-wire	NO	PL-05Y1	PL-08Y1
			NC	PL-05Y2	PL-08Y2
		NO+NC			
Detection distance			5mm ± 10%	8mm ± 10%	
Set distance			0~4mm	0~7mm	
Standard detection object			Fe 18×18×1mm	Fe18×18×1mm	
Response frequency			DC: 0.5kHz AC: 25Hz	DC: 0.5kHz AC: 25Hz	
Illustration			Chatr65		

*Figura 40: Sensor inductivo PL-08N NPN*



h) Sensor fotoreflexivo E3F-20C1/20L

*Tabla 34: Ficha Técnica Sensor fotoreflexivo E3F-20C1/20*

Brand	CHMEE
Type	E3F-20C1/E3F-20L
Voltage	6-36V DC /12-24V DC
Current	300mA
Lines	Transmitter(2lines) Receiver(3lines)
Sense distance	0-20 m
Size	M12X60 mm
Lines	2m
Watereproof rate	IP67

*Figura 41: Sensor fotoreflexivo E3F-20C1/20L*





## ANEXO G

### Código de programación del Sistema de Automatización

```
//SALIDAS

const int Alarma = 13;

const int Pulso = 5; // Ingreso de botella

const int Bomba = 6;

const int Pres = 7;

const int Despres = 8;

//ENTRADAS

int K = 0;

int Presion;

int Nivel_Alto;

int Nivel_Bajo;

int S_Botella = 0;

int Set_point_min=320;

int Set_point_min1=300;

int Set_point_min2=110;

int Set_point_min3=130;

int Set_point_max=335;//B330

int Set_point_FULL=350;

int T_alta = 85;//90

void Pulsacion (void)

{

    if (S_Botella == 1)

    {
```



```
// delay(T_alta);  
  
digitalWrite(Pulso, HIGH);  
  
delay(T_alta);  
  
digitalWrite(Pulso, LOW);  
  
delay(T_alta);  
  
digitalWrite(Pulso, HIGH);  
  
delay(T_alta);  
  
digitalWrite(Pulso, LOW);  
  
delay(T_alta);  
  
digitalWrite(Pulso, HIGH);  
  
delay(T_alta);  
  
digitalWrite(Pulso, LOW);  
  
delay(T_alta);  
  
digitalWrite(Pulso, HIGH);  
  
delay(T_alta);  
  
digitalWrite(Pulso, LOW);  
  
delay(T_alta);  
  
delay(3300);  
  
}  
  
}  
  
void no_llenado (void)  
{  
  
    if (Presion<120)  
    {  
  
        digitalWrite(Despres, LOW);
```





```
digitalWrite(Pres, HIGH);  
digitalWrite(Alarma, LOW);  
digitalWrite(Bomba, LOW);  
delay(80);  
}  
else  
{  
digitalWrite(Despres, LOW);  
digitalWrite(Pres, LOW);  
digitalWrite(Alarma, LOW);  
digitalWrite(Bomba, LOW);  
}  
}  
void llenado (void)  
{  
  
if (Presion<110)  
{  
digitalWrite(Despres, LOW);  
digitalWrite(Pres, HIGH);  
digitalWrite(Alarma, HIGH);  
digitalWrite(Bomba, LOW);  
}  
else if (110<=Presion<=130)  
{
```



```
digitalWrite(Despres, LOW);
digitalWrite(Pres, LOW);
digitalWrite(Alarma, LOW);
digitalWrite(Bomba, HIGH);
}
else
{
digitalWrite(Despres, HIGH);
digitalWrite(Pres, LOW);
digitalWrite(Alarma, LOW);
digitalWrite(Bomba, HIGH);
}
}
void Calderin (void){
    if ((Presion < Set_point_min)&&(Nivel_Alto == 0)&&(Presion < Set_point_max)) {
digitalWrite(Despres, LOW);
digitalWrite(Pres, HIGH);
digitalWrite(Alarma, LOW);
digitalWrite(Bomba, LOW);
}
else if ((Presion > Set_point_min)&&(Nivel_Alto == 0)&&(Presion < Set_point_max)) {
digitalWrite(Despres, HIGH);
digitalWrite(Pres, LOW);
digitalWrite(Alarma, LOW);
digitalWrite(Bomba, LOW);
}
}
```



```
else if ((Presion > Set_point_min)&&(Nivel_Alto == 1)&&(Presion < Set_point_max)) {
    digitalWrite(Despres, LOW);
    digitalWrite(Pres, HIGH);
    digitalWrite(Alarma, LOW);
    digitalWrite(Bomba, LOW);
    delay(400);
}
else if ((Presion > Set_point_min)&&(Nivel_Alto == 1)&&(Presion > Set_point_max)) {
    digitalWrite(Despres, LOW);
    digitalWrite(Pres, LOW);
    digitalWrite(Alarma, LOW);
    digitalWrite(Bomba, LOW);
}
else if ((Presion < Set_point_min)&&(Nivel_Alto == 1)&&(Presion < Set_point_max)) {
    digitalWrite(Despres, LOW);
    digitalWrite(Pres, HIGH);
    digitalWrite(Alarma, LOW);
    digitalWrite(Bomba, LOW);
}
else if ((Presion > Set_point_FULL)) {
    digitalWrite(Despres, LOW);
    digitalWrite(Pres, LOW);
    digitalWrite(Alarma, LOW);
    digitalWrite(Bomba, LOW);
}
else {
```



```
digitalWrite(Despres, LOW);  
digitalWrite(Pres, LOW);  
digitalWrite(Alarma, LOW);  
digitalWrite(Bomba, LOW);  
}  
}  
void setup() {  
  pinMode(Pulso, OUTPUT);  
  pinMode(Bomba, OUTPUT);  
  pinMode(Pres, OUTPUT);  
  pinMode(Despres, OUTPUT);  
  pinMode(Alarma, OUTPUT);  
}  
void loop() {  
  Nivel_Bajo = digitalRead(A4);  
  Nivel_Alto = digitalRead(A3);  
  S_Botella = digitalRead(A2);  
  Presion = analogRead(A1);  
  delay (10);  
  Pulsacion();  
  Calderin();  
}
```