



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

## **ANÁLISIS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE EMPAQUE DE QUESO RALLADO EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE LÁCTEOS**

**Mariano José Gutiérrez Morales**

Asesorado por el Ing. Erick Roberto Turcios Estrada

Guatemala, junio de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE EMPAQUE DE  
QUESO RALLADO EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE LÁCTEOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**MARIANO JOSÉ GUTIÉRREZ MORALES**  
ASESORADO POR EL ING. ERICK TURCIOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, JUNIO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |                                     |
|------------|-------------------------------------|
| DECANO     | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos    |
| VOCAL I    | Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno |
| VOCAL II   | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  |
| VOCAL III  | Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa |
| VOCAL IV   | Br. Walter Rafael Véliz Muñoz       |
| VOCAL V    | Br. Sergio Alejandro Donis Soto     |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez     |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

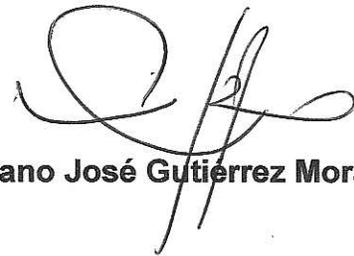
|             |                                    |
|-------------|------------------------------------|
| DECANO      | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos   |
| EXAMINADOR  | Ing. César Ernesto Uriquizú Rodas  |
| EXAMINADORA | Inga. Nora Elizabeth García Tobar  |
| EXAMINADOR  | Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta |
| SECRETARIO  | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez    |

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **ANÁLISIS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE EMPAQUE DE QUESO RALLADO EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE LÁCTEOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 9 de abril de 2013.



**Mariano José Gutiérrez Morales**

Guatemala, 26 de febrero de 2014

Ingeniero  
Cesar Ernesto Urquizú Rodas  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ciudad universitaria, zona 12  
Presente

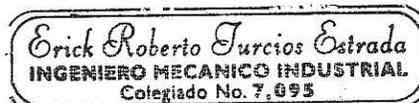
Por este medio me dirijo a ustedes para informarles que a requerimiento del estudiante MARIANO JOSÉ GUTIÉRREZ MORALES, quien se identifica con Documento Personal de Identificación, DPI, 2519 18599 0101 extendida por el Registro Nacional de las Personas, RENAP, del departamento de Guatemala y con No. de Carné 2005-11678, he revisado y aprobado el siguiente trabajo de Tesis: **ANÁLISIS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE EMPAQUE DE QUESO RALLADO EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE LÁCTEOS**, mismo que me fuera propuesto por la estudiante y que servirá para cumplir los requisitos exigidos para su graduación.

Sin más que agregar extendiendo la presente.

Atentamente,



Ing. Erick Roberto Turcios Estrada  
Colegiado No. 7095





Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE EMPAQUE DE QUESO RALLADO EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE LÁCTEOS**, presentado por el estudiante universitario **Mariano José Gutiérrez Morales**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Aldo Estuardo García Morales  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería ~~Mecánica Industrial~~

 *Aldo Estuardo García Morales*  
Colegiado No. 2025

Guatemala, mayo de 2014.

 *Aldo Estuardo García Morales*  
Colegiado No. 2025

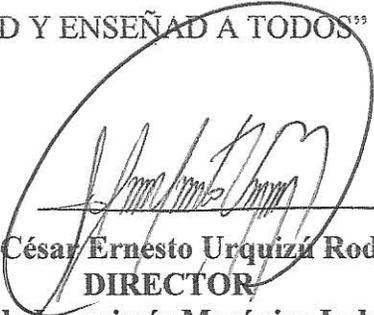
/mgp



REF.DIR.EMI.086.014

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ANÁLISIS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE EMPAQUE DE QUESO RALLADO EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE LÁCTEOS**, presentado por el estudiante universitario **Mariano José Gutiérrez Morales**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. César Ernesto Urquiza Rodas  
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, junio de 2014.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela **ANÁLISIS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE EMPAQUE DE QUESO RALLADO EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE LÁCTEOS**, presentado por el estudiante universitario: **Mariano José Gutiérrez Morales** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Raiz Recinos  
Decano



Guatemala, junio de 2014

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Mis padres**

Hugo Gutiérrez y Mirna de Gutiérrez, por su apoyo incondicional siempre.

### **Mis hermanas**

María Cecilia Gutiérrez por su ejemplo y su apoyo, María Fernanda Gutiérrez por su apoyo incondicional y por creer en mí.

### **Mis abuelos**

Héctor Gutiérrez, Antonieta Quezada, Trinidad Villagrán, Julio Augusto Morales y Candida Luz de Cifuentes.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

|  |  |
|--|--|
| <b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b> | Por ayudarme a forjarme como profesional y como persona.   |
| <b>Facultad de Ingeniería</b>                    | Por enseñarme a ser un profesional de bien y trabajar por mi país.   |
| <b>Mis amigos</b>                                | Paola Turcios, Juan Pablo Castañeda, Alejandra Maldonado, América Maldonado, Pedro Estrada, Chuiu Azurdia, Sergio Posadas, Jorge Samayoa, Luis Fernando del Cid, José Roberto Barrios, Álvaro Castellanos, Pablo Gerardo García, Pedro Guillermo Arriaga, y todos aquellos que fueron parte de esta etapa. |

## ÍNDICE GENERAL

|   |      |
|---|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....  | VII  |
| LISTA DE SÍMBOLOS .....   | IX   |
| GLOSARIO .....  | XI   |
| RESUMEN.....  | XIII |
| OBJETIVOS.....  | XV   |
| INTRODUCCIÓN .....  | XVII |
| <br>  |      |
| 1. ANTECEDENTES GENERALES .....   | 1    |
| 1.1. Industria láctea en Guatemala.....   | 1    |
| 1.2. Quesos madurados .....   | 2    |
| 1.2.1. Proceso .....  | 4    |
| 1.2.2. Tipos más comunes.....   | 8    |
| 1.3. Conservación de los lácteos.....   | 8    |
| 1.3.1. Producción y tipos de empaque para quesos<br>madurados y rallados .....                              | 9    |
| 1.3.1.1. Empaque al vacío .....   | 9    |
| 1.3.1.2. Atmósfera modificada .....   | 10   |
| 1.3.2. Sistemas de empaque para quesos rallados<br>disponibles en el mercado .....                          | 10   |
| 1.3.2.1. Materiales .....   | 10   |
| 1.3.2.2. Equipos y sistemas.....  | 11   |
| <br>  |      |
| 2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....  | 15   |
| 2.1. Análisis inicial de demanda y oferta de producción de<br>queso rallado para la planta en estudio ..... | 15   |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 2.1.1.   | Demanda actual .....                              | 15 |
| 2.1.2.   | Proyección de ventas .....                        | 16 |
| 2.1.3.   | Capacidad actual de empaque .....                 | 19 |
| 2.1.4.   | Análisis de demanda vs capacidad de empaque ..... | 21 |
| 2.2.     | Diagnóstico general de la línea .....             | 23 |
| 2.2.1.   | Evaluación de instalaciones físicas actuales..... | 24 |
| 2.2.1.1. | Distribución de equipos.....                      | 24 |
| 2.2.1.2. | Distribución de operarios.....                    | 26 |
| 2.2.1.3. | Flujo actual del proceso .....                    | 27 |
| 2.2.2.   | Análisis de mermas por cargado manual. ....       | 28 |
| 2.2.3.   | Evaluación de costos de materiales de empaque ... | 30 |
| 2.2.4.   | Mano de obra .....                                | 30 |
| 2.3.     | Integración de costos actuales de empaque.....    | 31 |
| 3.       | EVALUACIÓN DEL SISTEMA A IMPLEMENTAR .....        | 33 |
| 3.1.     | Descripción general de sistema a implementar..... | 33 |
| 3.1.1.   | Tipo de empaque .....                             | 33 |
| 3.1.2.   | Material de empaque utilizado.....                | 34 |
| 3.1.3.   | Reducción de desperdicios .....                   | 34 |
| 3.1.4.   | Multicabezal pesador .....                        | 35 |
| 3.2.     | Evaluación de equipos disponibles .....           | 35 |
| 3.2.1.   | Sistema A.....                                    | 35 |
| 3.2.1.1. | Presentaciones.....                               | 38 |
| 3.2.1.2. | Velocidad.....                                    | 39 |
| 3.2.1.3. | Equipos auxiliares. ....                          | 39 |
| 3.2.1.4. | Mano de obra .....                                | 40 |
| 3.2.1.5. | Mantenimiento.....                                | 40 |
| 3.2.1.6. | Instalación .....                                 | 41 |
| 3.2.1.7. | Costo CIF Guatemala.....                          | 42 |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 3.2.2.   | Sistema B .....  | 42 |
| 3.2.2.1. | Presentaciones .....   | 43 |
| 3.2.2.2. | Velocidad .....  | 44 |
| 3.2.2.3. | Equipos auxiliares.....  | 45 |
| 3.2.2.4. | Mano de obra.....  | 46 |
| 3.2.2.5. | Mantenimiento .....  | 46 |
| 3.2.2.6. | Instalación.....   | 47 |
| 3.2.2.7. | Costo CIF Guatemala .....  | 48 |
| 3.2.3.   | Matriz comparativa de costos entre A y B. ....                           | 48 |
| 3.3.     | Análisis de decisión entre propuestas A y B.....                         | 49 |
| 3.3.1.   | Parámetros evaluados .....   | 49 |
| 3.3.1.1. | Material de empaque .....  | 50 |
| 3.3.1.2. | Mano de obra.....  | 51 |
| 3.3.1.3. | Horas extras .....   | 53 |
| 3.3.1.4. | Mermas.....  | 54 |
| 3.3.1.5. | Mantenimiento .....  | 55 |
| 3.3.2.   | Análisis final de decisión.....  | 56 |
| 4.       | INSTALACIÓN DEL SISTEMA.....   | 59 |
| 4.1.     | Rediseño de área de empaque para instalación de sistema<br>elegido ..... | 59 |
| 4.1.1.   | Propuesta para instalación de sistema .....                              | 59 |
| 4.2.     | Asignación de responsables.....  | 62 |
| 4.2.1.   | Producción y operación. ....   | 62 |
| 4.2.2.   | Mantenimiento e ingeniería .....   | 63 |
| 4.3.     | Cronograma de instalación.....   | 63 |
| 4.4.     | Evaluación de insumos necesarios para instalación de<br>equipo.....      | 64 |
| 4.4.1.   | Energía eléctrica.....   | 65 |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 4.4.2.   | Aire comprimido .....  | 65 |
| 4.4.3.   | Agua.....  | 66 |
| 4.4.4.   | Ventilación.....   | 66 |
| 4.5.     | Plan de mantenimiento preventivo para sistema instalado .....            | 66 |
| 4.5.1.   | Actividades de mantenimiento preventivo. ....                            | 66 |
| 4.5.2.   | Inventario básico de repuestos.....                                      | 68 |
| 4.6.     | Plan de capacitación para personal de mantenimiento y<br>operación ..... | 69 |
| 5.       | SEGUIMIENTO, MEJORA CONTINUA .....                                       | 71 |
| 5.1.     | Parámetros de seguimiento y evaluación periódicos .....                  | 71 |
| 5.1.1.   | Mensual.....   | 71 |
| 5.1.1.1. | Control de peso aleatorio .....  | 71 |
| 5.1.1.2. | Revisión de resistencia en paquetes....                                  | 72 |
| 5.1.1.3. | Control peso entrada vs peso salida ....                                 | 72 |
| 5.1.1.4. | Control velocidad equipo (producción<br>diaria) .....                    | 72 |
| 5.1.2.   | Semestral .....  | 72 |
| 5.1.2.1. | Consolidado de pesos promedio .....                                      | 73 |
| 5.1.2.2. | Consolidado de control de pesos de<br>entrada y salida a la línea.....   | 73 |
| 5.1.2.3. | Consolidado de velocidad promedio<br>del equipo.....                     | 73 |
| 5.1.2.4. | Consolidado de ahorro de costos<br>semestral.....                        | 73 |
| 6.       | MEDIO AMBIENTE .....   | 75 |
| 6.1.     | Beneficios ambientales relacionados .....                                | 75 |

|                       |  |    |
|-----------------------|--|----|
| 6.1.1.                | Reducción en utilización de materiales de empaque.....         | 75 |
| 6.1.1.1.              | Utilización actual.....  | 75 |
| 6.1.1.2.              | Utilización con sistema elegido.....                           | 76 |
| 6.1.2.                | Reducción de mermas, optimización en uso de materia prima..... | 77 |
| 6.1.2.1.              | Mermas en peso por paquete.....                                | 78 |
| 6.1.3.                | Reducción en insumos relacionados .....                        | 79 |
| 6.1.3.1.              | Cartón (empaque secundario material de empaque).....           | 79 |
| 6.1.3.2.              | Fletes.....  | 80 |
| CONCLUSIONES .....    |  | 83 |
| RECOMENDACIONES ..... |  | 85 |
| BIBLIOGRAFÍA.....     |  | 87 |



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.  | Diagrama de operaciones queso <i>mozzarella</i> .....  | 5  |
| 2.  | Equipo de campana .....  | 12 |
| 3.  | Termoformadora .....   | 12 |
| 4.  | Equipo de llenado vertical .....   | 13 |
| 5.  | Ubicación actual de equipos .....  | 25 |
| 6.  | Ubicación actual del personal .....  | 26 |
| 7.  | Flujo actual del proceso .....   | 27 |
| 8.  | Croquis del empaque y diagrama de soldadura longitudinal (lengua derecha sobre izquierda)..... | 34 |
| 9.  | Planta equipo PFM Zenith.....  | 37 |
| 10. | Vista lateral PFM Zenith .....   | 37 |
| 11. | Propuesta redistribución de equipos .....  | 60 |
| 12. | Diagrama de operaciones sistema propuesto .....  | 61 |

### TABLAS

|      |  |    |
|------|--|----|
| I.   | Demanda promedio de los últimos 18 meses .....   | 16 |
| II.  | Proyección de ventas proyecto de expansión año 1 a 3 .....                                     | 18 |
| III. | Proyección de ventas proyecto de expansión año 4 a 6 .....                                     | 19 |
| IV.  | Capacidad actual de empaque.....   | 21 |
| V.   | Sobredemanda de empaque y horas extras necesarias con equipo de empaque actual, año 0 a 2..... | 22 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| VI.     | Sobredemanda de empaque y horas extras necesarias con equipo de empaque actual, año 3 a 6 ..... | 23 |
| VII.    | Merma promedio por presentación y costo total de mermas. ....                                   | 29 |
| VIII.   | Costos de material de empaque por presentación.....   | 30 |
| IX.     | Costos de mano de obra actuales .....   | 31 |
| X.      | Costos totales de empaque .....   | 32 |
| XI.     | Presentaciones equipo PFM ZENITH INOX & MPB 10C2.....   | 38 |
| XII.    | Velocidad por tamaño de paquete PFM.....  | 39 |
| XIII.   | Presentaciones equipo ULMA VTI 400 .....  | 44 |
| XIV.    | Velocidad por tamaño de paquete para equipo ULMA. ....  | 45 |
| XV.     | Matriz comparativa entre sistemas A y B.....  | 49 |
| XVI.    | Costos material de empaque actual vs. propuesto .....   | 50 |
| XVII.   | Flujo de ahorros de material de empaque .....   | 51 |
| XVIII.  | Flujo de ahorros mano de obra.....  | 52 |
| XIX.    | Flujo de ahorros por horas extras .....   | 53 |
| XX.     | Merma promedio por presentación y costo total semanal con sistema propuesto.....                | 54 |
| XXI.    | Flujo de ahorros por reducción de mermas .....  | 55 |
| XXII.   | Flujo de costos de mantenimiento .....  | 56 |
| XXIII.  | Análisis financiero del proyecto .....  | 57 |
| XXIV.   | Cronograma de instalación .....   | 64 |
| XXV.    | Desperdicio total actual.....   | 76 |
| XXVI.   | Reducción de desperdicio.....   | 77 |
| XXVII.  | Merma semanal promedio .....  | 78 |
| XXVIII. | Total de cajas material de empaque actual .....   | 79 |
| XXIX.   | Total de cajas material de empaque sistema propuesto.....                                       | 80 |

## LISTA DE SÍMBOLOS

| <b>Símbolo</b> | <b>Significado</b>   |
|----------------|----------------------|
| <b>Hrs</b>     | Horas                |
| <b>mm</b>      | Milímetros           |
| <b>MU</b>      | Millares de unidades |
| <b>Ppm</b>     | Paquetes por minuto  |



## GLOSARIO

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>Automatización</b> | Aplicación de procedimientos automáticos a un aparato, proceso o sistema. |
| <b>Lácteos</b>        | leche y sus derivados procesados.   |
| <b><i>Pouch</i></b>   | Bolsa con alta barrera al oxígeno, de tres sellos laterales.              |



## RESUMEN

El presente trabajo de graduación estudia el funcionamiento de una línea de empaque de quesos rallados con el objetivo de identificar puntos críticos en los que se estuviera teniendo desperdicios y cuellos de botella. El objetivo del estudio fue encontrar una solución viable para la empresa.

Se analizaron las mermas de producto en el llenado manual de los paquetes, obteniendo resultados significativos en cuanto a costos semanales e impacto en el costo total de empaque. Asimismo, se analizaron los costos de material de empaque actuales para que sirvieran como punto de comparación esencial en la elección de un nuevo sistema.

Se trabajó sobre dos posibles sistemas para la sustitución del método de empaque actual, ambos con equipos de pesado automático que garantizan la reducción de las mermas por debajo del 1 %.

Se desarrollaron planes de instalación, operación y mantenimiento recomendados para la empresa en base a recomendaciones de los fabricantes del equipo seleccionado y del fabricante del material de empaque. Se espera obtener ahorros importantes y que el sistema elegido se pague en un plazo de 5 años.



# OBJETIVOS

## General

Realizar el análisis para la automatización de la línea de empaque de queso rallado en una planta productora de lácteos.

## Específicos

1. Analizar opciones de mejora en toda el área de empaque, enfocando el proyecto en la automatización de la línea de quesos rallados.
2. Establecer el costo actual de operación del área de empaque de quesos rallados.
3. Determinar el sistema más adecuado con base en especificaciones de equipos y materiales.
4. Establecer parámetros generales para la comparación entre la situación actual versus el sistema automatizado.
5. Cuantificar el beneficio de la automatización para optimizar al máximo la utilización de recursos en los procesos de empaque y posteriores.
6. Rediseñar la línea de empaque de quesos rallados para la optimización de espacios, mano de obra y tiempos de proceso.



## INTRODUCCIÓN

En el mundo actual, las grandes empresas están enfocando sus esfuerzos en reducir el impacto que sus operaciones tienen en el medio ambiente global, todos estos esfuerzos buscan el mejor aprovechamiento de los recursos, reduciendo y mejorando su utilización. Siendo la optimización un objetivo industrial prioritario e importante en las pequeñas y medianas empresas de países en desarrollo como Guatemala. Un medio para lograr la optimización de recursos es la automatización.

La automatización busca transferir tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos para mejorar la utilización de los recursos de producción. Para las plantas productoras de alimentos, la automatización ha sido de gran ayuda para la optimización de tiempos de producción y la reducción de mermas y desperdicios, convirtiéndose en un elemento importante en su crecimiento.

En el presente documento se analizarán, los factores clave que se deben tomar en cuenta para la realización de un proyecto de automatización en una línea de empaque de queso rallado en un planta productora de lácteos en Guatemala, considerando su proyección de ventas en el mediano plazo y los ahorros que se espera obtener.



# **1. ANTECEDENTES GENERALES**

## **1.1. Industria láctea en Guatemala**

La economía de Guatemala es una de las más grandes de la región centroamericana. Se calcula que el PIB de Guatemala es de 50 000 millones de dólares anuales, con un crecimiento anual de aproximadamente 3 %. Históricamente, Guatemala se ha dedicado a la exportación de productos tradicionales, que dependen de los principales países exportadores para la fijación de precios. Es hasta los 80, que se rompe este esquema, al surgir el interés en los guatemaltecos por exportar otro tipo de productos diferentes a los tradicionales. Esto ha provocado que ocupen un lugar importante en las exportaciones totales del país.

El sector lechero es uno de los más importantes en Guatemala. El país cuenta con un gran potencial para poder desarrollarse, sin embargo, existen varias limitaciones que no permiten a los productores de leche expandir su negocio. La producción de leche no es suficiente para cubrir las necesidades del mercado nacional y en el país existe una gran afluencia de leche y sus derivados de otros países. Para satisfacer esa demanda, las fincas productoras de leche buscan nuevas maneras de aumentar su producción y mejorar la calidad de la leche. Las plantas procesadoras cada vez son más exigentes en cuanto a estándares de calidad y los precios del mercado se basan en calidad y producción. Las exigencias del mercado obligan a implementar las medidas necesarias para lograr una mayor eficiencia en la producción de leche y sus derivados.

En 1994 se creó el Grupo Subsectorial de Trabajo de la Leche (GSTL), con la misión de mejorar la gestión y ordenamiento de la actividad lechera y sus industrias afines. Este organismo público/privado está conformado por representantes del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), y del sector empresarial lácteo guatemalteco. Entre las principales responsabilidades se asignó a esta organización el diseño de una política para dar mayor dinamismo y presencia del subsector lácteo en la economía nacional. En 1999, mediante Acuerdo Gubernativo No. 310-99, se creó la Comisión Ejecutiva de la Leche (CEL) para apoyar la reactivación de la actividad lechera en Guatemala. Entre las principales acciones desarrolladas por la CEL cabe destacar, las siguientes:

- Desarrollo e implantación del sistema de pago por calidad.
- Laboratorio de referencia para el sector lechero.
- Creación y divulgación del Manual Práctico del Lechero, que explica el sistema de pago por calidad y las técnicas de ordeño más adecuadas.
- Internalización del subsector en el ámbito centroamericano.
- Revisión de la normativa COGUANOR para la producción de leche y derivados, con el fin de prohibir la reconstitución de leche.

## **1.2. Quesos madurados**

El queso es una mezcla elaborada a base de proteínas, grasa y otros componentes lácteos. Esta se separa de la fase acuosa de la leche, después de la coagulación de la caseína y se presenta en forma fresca y madurada.

El queso contiene proteínas, grasas, agua y sales en proporciones diversas dependiendo de los tipos. Las posibilidades de utilización de las proteínas lácteas en la elaboración de quesos dan lugar a una enorme variedad

de quesos, con diferentes características referentes a sabor, contenido en sólidos y vida comercial. A excepción de una producción de quesos coagulados por acidificación, la leche utilizada en la elaboración de la mayor parte de los quesos se coagula con cuajo y otros enzimas proteolíticas. Es difícil clasificar todos los tipos existentes de quesos, ya que existen zonas de solapamiento, normalmente se identifican las siguientes clases: quesos frescos no madurados, como el queso *mozzarella*, queso de pasta blanda, como el *camembert*, queso de pasta firme, como el manchego, queso de pasta dura, como el parmesano, quesos procesados o fundidos.

Los siguientes criterios son los que se adoptan normalmente para efectuar clasificaciones de los quesos: contenido de humedad, método de coagulación, textura del queso, microorganismos utilizados en la maduración.

Contenidos de humedad: se distinguen quesos duros, semiduros y blandos. El contenido de agua son bajos para los quesos duros, tales como el parmesano, *cheddar* y *emmental*. Es mayor, en los blandos tales como el *camembert* y *brie*.

Método de coagulación: forma de coagular la caseína durante el proceso de fabricación. Se distinguen: quesos al cuajo y quesos de coagulación ácida. Algunos tipos de quesos son elaborados mediante coagulación por ambos métodos. A estos se les llama quesos al cuajo y ácidos, el queso *mozzarella* pertenece a esta categoría.

Textura del queso: se distinguen entre quesos de ojos redondeados, granulares y quesos de textura cerrada. Los ojos o agujeros en los quesos se forman por la actividad de ciertas bacterias ácidos lácticos, que durante el

proceso de maduración producen anhídrido carbónico como sub producto de la fermentación. El anhídrido carbónico queda en los interiores del coagulo.

Microorganismos utilizados en la maduración: la mayor parte de los quesos son madurados mediante la acción de bacterias ácidos lácticos. Existen, sin embargo, algunos tipos de quesos que son también madurados por la acción de otros microorganismos. Por ejemplo: los quesos tilsit son sometidos a una maduración final por microorganismos extendidos sobre sus superficies. Los quesos azules como el roquefort utilizan mohos azules, y el camembert, mohos blancos para su maduración.

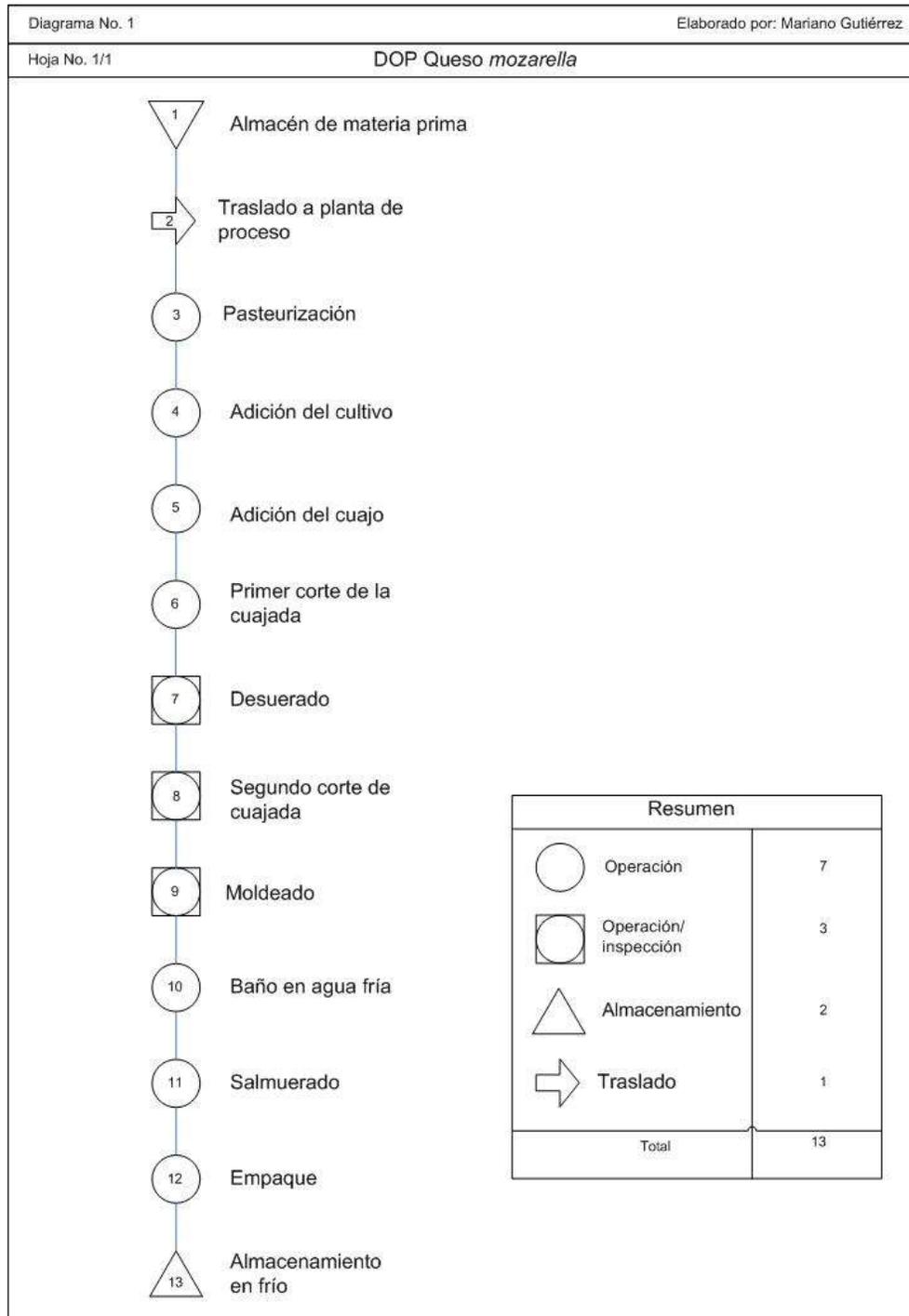
### **1.2.1. Proceso**

En el presente documento se tratará específicamente la producción del queso *mozzarella* ya que el proyecto de automatización se desea implantar en la línea de empaque de dicho queso.

El queso *mozzarella* es un queso fresco de origen italiano. Se obtiene por la coagulación enzimática. La característica de este queso es que se deja remojar la cuajada drenada en agua caliente y luego se amasa y se estira hasta que se vuelva plástica. Esto proporciona a este tipo de queso su textura y consistencia característica.

El siguiente diagrama de operaciones muestra el proceso de obtención del queso *mozzarella*.

Figura 1. Diagrama de operaciones queso *mozarella*



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft VISIO.

- Recepción de la materia prima (operación-inspección): la leche fresca que se recibe en la microplanta, se somete a un control de acidez y densidad para ver si está dentro de los parámetros de aceptación. La leche proveniente del ordeño de la tarde es filtrada, pesada y mezclada con agua oxigenada para su conservación por 12 horas según la dosis. Esta inspección debe ser realizada por el encargado de recepción de leche.
- Pasteurización (operación): consiste en calentar la leche por debajo de su punto de ebullición, pero a una temperatura suficiente para eliminar bacterias y microorganismos patógenos. La temperatura mínima de pasteurización oscila entre los 63 °C por 30 min o 75 °C por 15 min. Normalmente se calienta hasta 82 °C para evitar la contaminación del queso por microorganismos.
- Adición del cultivo (operación): se adiciona el 0,05 % de cultivo de *Streptococcus lactis*, con la finalidad de obtener las características esenciales del queso *mozzarella*. Se adiciona el cultivo moviendo constantemente la leche a 82 °C, que es la temperatura óptima.
- Adición del cuajo (operación): al adicionar el cuajo se obtiene formación de coágulos para la regulación parcial del proceso de desuerado por acción del coagulante; agregado a la leche se produce una precipitación casi inmediata de toda la proteína con la cual se incorpora la mayor parte de la grasa, lo cual constituye la cuajada.
- Primer corte de la cuajada (operación): consiste en separar coágulos formados y el suero se corta con una lira o un marco con hilos a una

distancia aproximada de 1,75 cm. Luego la masa se deja reposar durante 15 minutos removiéndola 3 veces.

- Desuerado (operación-inspección): se saca todo el suero posible sin remover la cuajada para evitar pérdida de sólidos, la temperatura debe mantenerse constante a 82 °C, esta inspección debe llevarse a cabo por el operario.
- Segundo corte de la cuaja (operación-inspección): cuando el cuajo tiene un pH de 5,3 (esta inspección debe realizarla el analista de calidad), se cortan en cubos pequeños de 1,5 cm, luego estos se enjuagan sumergiéndolos en agua fría por 15 minutos, después se deja escurrir el agua.
- Moldeado (operación-inspección): cuando la temperatura de la cuajada alcanza 58 °C (inspección realizada por el operario), se reúnen los trozos agitando la masa con una espátula o un agitador mecánico. Así se sigue amasando y estirando la masa hasta que se forme una masa plástica.
- Baño en agua fría (operación): una vez formado la masa en los moldes, estos se sumergen en agua fría con la finalidad de enfriarla y que tomen forma del molde.
- Salmuerado (operación): los moldes una vez enfriados, se sumergen en salmuera al 23 % del volumen de agua por espacio de 4 horas.
- Empaque (operación): una vez retirado de los moldes se procede al empaque manual en un equipo de vacío, con atmosfera modificada.

- Conservación en frío (almacenaje): el producto ya empacado se recomienda mantenerlo por debajo de los 10 °C durante toda su cadena de distribución para obtener un tiempo de vida aceptable.

### **1.2.2. Tipos más comunes**

Los quesos madurados comercializados en Guatemala tienen distintos orígenes, una parte de estos es importada de Estados Unidos, México y Europa. Adicionalmente se elaboran en el país varios tipos, siendo los más comunes:

- Parmesano
- *Mozzarella*
- *Pecorino*
- *Cheddar*
- Suizo
- *Monterrey Jack*
- *Pepper Jack*
- *Provolone*
- *Emmenthal*
- *Münster*
- *Gouda*
- *Port Salut*

### **1.3. Conservación de los lácteos**

La conservación posproducción es muy importante para que el productor pueda alcanzar mercados cada vez más alejados de su centro de producción.

La exportación es un ejemplo de esto, si el productor desea cubrir mercados internacionales debe mejorar, entre otros, sus procesos de empaque y conservación.

### **1.3.1. Producción y tipos de empaque para quesos madurados y rallados**

Dos métodos utilizados comúnmente en la industria láctea, especialmente para quesos madurados, es el empaque al vacío y el empaque con atmosfera modificada.

#### **1.3.1.1. Empaque al vacío**

El empaque al vacío consiste en la extracción del oxígeno por medios mecánicos (bomba de vacío) de dentro de un paquete hasta un nivel de presión por debajo de los 3 Mbar, para retrasar el proceso de descomposición de los alimentos empacados.

El empaque al vacío, además del sistema de extracción de aire requiere de otros puntos importantes para que sea efectivo y permita prolongar la vida de anaquel del producto empacado. Estos otros puntos importantes son: material de empaque de alta barrera al oxígeno y cadena de frío en distribución.

Materiales: en el caso del queso madurado rallado es importante que el material de empaque tenga una alta barrera de transmisión de oxígeno para evitar la entrada de oxígeno desde fuera del paquete, manteniendo el nivel de vacío dentro del paquete por un tiempo suficientemente prolongado para llegar a los puntos de venta deseados.

Cadena de frío: es importante que la cadena de distribución y presentación al cliente mantenga una temperatura por debajo de los 4 °C. Esto es importante para garantizar la efectividad del empaque al vacío. Desviaciones de la temperatura en la cadena de frío pueden ocasionar caídas en el tiempo de vida de anaquel del producto, presentando descomposición antes del tiempo especificado en la etiqueta.

#### **1.3.1.2. Atmósfera modificada**

Sistema similar al empaque al vacío, en este también se extrae el oxígeno de dentro del paquete, pero se sustituye con un gas inerte (CO<sub>2</sub> o N<sub>2</sub>). En este sistema de empaque es de igual importancia el material de empaque y la cadena de frío para lograr los tiempos de vida deseados por el productor.

#### **1.3.2. Sistemas de empaque para quesos rallados disponibles en el mercado**

Existen diversos materiales de empaque para quesos rallados en el mercado, estos difieren entre sí por sus características de barrera al oxígeno, resistencia e impresión entre otros.

##### **1.3.2.1. Materiales**

En el mercado pueden encontrarse varios tipos de materiales para el empaque de quesos rallados. Entre los más comunes están:

*Pouch* de polietileno: empaque de material con buena resistencia mecánica, costo bajo, pero con muy baja barrera al oxígeno. Bajo buenas

condiciones de cadena de frío no garantiza más de 15 días de vida de anaquel. Impresión hasta 6 colores.

*Pouch* laminado de LLDPE-COX: material con buena resistencia mecánica, buena apariencia, impresión hasta 8 colores. Barrera media al oxígeno, bajo buenas condiciones de cadena de frío puede garantizar vidas de anaquel medias, ideales para cubrir mercados nacionales con productos de bajo costo.

*Pouch* laminado Híbrido H6225B: material con excelente resistencia mecánica, alta barrera al oxígeno, imprimible hasta 8 colores con impresión fotográfica. Ideal para productos de alta calidad, exportables. Garantiza, bajo buenas condiciones de manejo en distribución, larga vida de anaquel.

Bolsas termoencogibles de alta barrera: excelente barrera al oxígeno, ideales para queso en piezas. Pierden eficiencia para los quesos rayados.

### **1.3.2.2. Equipos y sistemas**

Hay varios tipos de sistema disponibles en el mercado para el empaque al vacío y con atmosfera modificada, siendo los más importantes:

- Equipos de campana: equipos pequeños, el producto debe ser cargado manualmente dentro del empaque y luego colocado por los operarios en la máquina. Capacidad de empacar al vacío y con atmosfera modificada.

Figura 2. **Equipo de campana**



Fuente: Ultrasource Equipment.

- Termoformadoras: equipos para altas producciones, el equipo forma el empaque a partir de bobinas. Ideales para plantas de producción con mucha carga de trabajo. Capacidad de empaque al vacío y con atmosfera modificada.

Figura 3. **Termoformadora**



Fuente: Multivac Equipment.

- Equipos de llenado vertical: el equipo forma el empaque a partir de una sola bobina, ideal para quesos rayados y fluidos. Únicamente para empaque con atmósfera modificada.

Figura 4. **Equipo de llenado vertical**



Fuente: Ulma Equipment.



## **2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

Se realizó un análisis de la demanda actual de quesos rallados y su proyección para los próximos 6 años. Asimismo, se realizó lo correspondiente con la capacidad instalada y la proyección para el mismo periodo de tiempo.

### **2.1. Análisis inicial de demanda y oferta de producción de queso rallado para la planta en estudio**

El análisis de demanda se realizó con base en la demanda actual, la proyección de ventas, la capacidad actual de empaque y su comparación. Estos elementos son analizados en los siguientes puntos.

#### **2.1.1. Demanda actual**

La demanda actual se analizó con base en el comportamiento de la misma en los últimos 18 meses. La siguiente tabla muestra la demanda actual promedio de la empresa en dicho período.

Tabla I. **Demanda promedio de los últimos 18 meses**

| <b>Presentación</b>       | <b>Volumen Anual (MU)</b> | <b>Volumen Sem (MU)</b> | <b>Volumen Libras</b> |
|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Mozarella 200 gramos      | 195                       | 3,75                    | 84,78                 |
| Mozarella 113 gramos      | 350                       | 6,73                    | 85,9                  |
| Mozarella 400 gramos      | 200                       | 3,85                    | 13,91                 |
| Mozarella 900 gramos      | 55                        | 1,06                    | 107,61                |
| Cheese Mix 200 gramos     | 65                        | 1,25                    | 28,26                 |
| Mix para Pizza 200 gramos | 55                        | 1,06                    | 23,91                 |
| Mexican Mix 200 gramos    | 60                        | 1,15                    | 26,09                 |
| Cheddar 115 gramos        | 75                        | 1,44                    | 18,75                 |
| Parmesano 100 gramos      | 175                       | 3,37                    | 38,04                 |
| Parmesano 400 gramos      | 55                        | 1,06                    | 47,83                 |
| Parmesano 200 gramos      | 60                        | 1,15                    | 26,09                 |
| <b>Total</b>              | <b>1 345</b>              | <b>25,87</b>            | <b>661,25</b>         |

Fuente: elaboración propia, con información proporcionada por el Departamento de Proyectos

Actualmente el mayor volumen de demanda se encuentra concentrado en los quesos *mozarella* rallados de 400 gramos y 113 gramos, y el parmesano 100 gramos. Adicionalmente se tienen otras presentaciones con volumen importante como los *mix* de 230 gramos (tres presentaciones con las mismas características de peso y dimensiones).

### **2.1.2. Proyección de ventas**

La empresa tiene en proyecto expandirse a toda Centro América en un lapso de 6 años, iniciando en El Salvador en el año 1 e ingresando a los demás países de Centro América gradualmente.

El proyecto de expansión incluye la instalación de bodegas de distribución, tiendas propias en centros comerciales importantes y la ubicación en los supermercados más importantes de cada país.

La expansión se llevará a cabo paso a paso, iniciando en El Salvador y creciendo de la siguiente manera:

- Año 1: mercado local y exportaciones a El Salvador.
- Año 2: ampliación de exportaciones a Honduras, iniciando en el área de San Pedro Sula.
- Año 3: consolidación de mercado Hondureño con la ampliación a todo el país.
- Año 4: ampliación de exportaciones a Nicaragua.
- Año 5: ampliación de exportaciones a Costa Rica.
- Año 6: ampliación de exportaciones a Panamá.

Se considera el mercado hondureño en dos años por ser un mercado amplio, en el que los productos lácteos tienen un alto consumo y que está ocupado por una empresa local que tiene el 90 % del mercado. En el caso de Nicaragua y Costa Rica se consideran mercados más accesibles en los que más empresas comparten el mercado, permitiendo la entrada a nuevas marcas de manera más rápida.

La proyección de ventas de la empresa es presentada en la siguiente tabla:

Tabla II. Proyección de ventas proyecto de expansión año 1 a 3

| Presentación              | 5%             | 7%             | 7%             |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------|
|                           | Vol año 1 (MU) | Vol año 2 (MU) | Vol año 3 (MU) |
| Mozarella 200 gramos      | 190            | 203,3          | 217,53         |
| Mozarella 113 gramos      | 368            | 393,22         | 420,75         |
| Mozarella 400 gramos      | 210            | 224,7          | 240,42         |
| Mozarella 900 gramos      | 58             | 61,79          | 66,11          |
| Cheese Mix 200 gramos     | 68             | 73,02          | 78,14          |
| Mix para Pizza 200 gramos | 58             | 61,79          | 66,12          |
| Mexican Mix 200 gramos    | 63             | 67,41          | 72,13          |
| Cheddar 115 gramos        | 79             | 84,26          | 90,16          |
| Parmesano 100 gramos      | 184            | 196,61         | 210,37         |
| Parmesano 400 gramos      | 58             | 61,79          | 66,12          |
| Parmesano 200 gramos      | 63             | 67,41          | 72,13          |
| <b>TOTAL UNIDADES</b>     | <b>1 398</b>   | <b>1 495</b>   | <b>1 600</b>   |
|                           | 26,87          | 28,75          | 30,76          |

Millares de unidades (MU)

Fuente: elaboración propia, con información proporcionada por el Departamento de Proyectos

Tabla III. **Proyección de ventas proyecto de expansión año 4 a 6**

| Presentación              | Crecimiento Proyectado |                   |                   |
|---------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|
|                           | 5%                     | 6%                | 5%                |
|                           | Vol año 4<br>(MU)      | Vol año 5<br>(MU) | Vol año 6<br>(MU) |
| Mozarella 200 gramos      | 228,41                 | 242,11            | 254,22            |
| Mozarella 113 gramos      | 441,79                 | 468,29            | 491,71            |
| Mozarella 400 gramos      | 252,45                 | 267,60            | 307,74            |
| Mozarella 900 gramos      | 69,42                  | 73,59             | 84,63             |
| Cheese Mix 200 gramos     | 82,05                  | 86,97             | 100,01            |
| Mix para Pizza 200 gramos | 69,42                  | 73,59             | 84,63             |
| Mexican Mix 200 gramos    | 75,73                  | 80,28             | 92,32             |
| Cheddar 115 gramos        | 94,67                  | 100,35            | 115,40            |
| Parmesano 100 gramos      | 220,90                 | 234,15            | 269,27            |
| Parmesano 400 gramos      | 69,42                  | 73,59             | 84,63             |
| Parmesano 200 gramos      | 75,73                  | 80,28             | 84,29             |
| <b>Total</b>              | <b>1 680</b>           | <b>1 781</b>      | <b>1 969</b>      |
|                           | 32,31                  | 34,25             | 37,86             |

Millares de unidades (MU)

Fuente: elaboración propia, con información proporcionada por el Departamento de Proyectos

### 2.1.3. Capacidad actual de empaque

La línea de empaque puede dividirse en dos estaciones principales, la primera es el área de llenado manual, en la que se coloca el producto dentro del paquete. Luego está la estación de empaque al vacío/atmósfera modificada, en la que se completa el empaque.

Estación de llenado manual: actualmente se tienen 8 personas colocando el producto dentro de los paquetes manualmente con una velocidad promedio

de 5 paquetes por minuto. En total una velocidad de llenado de 50 paquetes por minuto.

Estación de empaque al vacío: la planta cuenta con un equipo de vacío de doble campana marca Ultravac 2100. Este equipo tiene una bomba de vacío de 7,5 Hp y capacidad para inyección de gas para crear atmósfera modificada dentro del paquete. El equipo es operado por 3 personas y tiene una velocidad de 1,2 ciclos por minuto, lo que representa una capacidad mensual de empaque de 15 360 paquetes sin realizar horas extras. El cuello de botella del área de empaque se encuentra en este equipo, ya que es utilizado para el empaque de quesos rallados, quesos frescos y presentaciones institucionales de quesos rallados.

Actualmente hay tres ayudantes que reciben el producto para llenado de paquetes, trasladan paquetes ya llenos hacia la estación de empaque al vacío y trasladan el producto ya empacado hacia la bodega de almacenamiento.

Tabla IV. **Capacidad actual de empaque**

| <b>CAPACIDAD ACTUAL DE EMPAQUE</b>              |               |             |
|---|---------------|-------------|
| Una máquina de vacío de campana Ultravac 2,100  |               |             |
| Paquetes empacados por ciclo                    | 4             | paquetes    |
| Ciclos por minuto                               | 1,2           | ciclos/min  |
| Ciclos por hora (50 min)                        | 60            | ciclos/hora |
| Paquetes por hora (4 paquetes x 60 ciclos/hora) | 240           | Paq/hora    |
| Paquetes por turno de 4 horas*                  | 960           | Paq/turno   |
| Paquetes por semana (4 días)**                  | 3 840         | Paq/sem     |
| Capacidad mensual de empaque actual             | <b>15 360</b> | Paq/mes     |

\* El equipo es utilizado durante 4 horas diarias para el empaque de quesos frescos.

\*\*Se dedica un turno a la semana al empaque de presentaciones institucionales de quesos rallados.

Fuente: elaboración propia.

#### **2.1.4. Análisis de demanda vs capacidad de empaque**

Con base en la demanda actual y proyectada, se analizó contra la capacidad de empaque actual, obteniendo la cantidad de horas extras necesarias mensualmente en cada año para cubrir la demanda de empaque.

Actualmente la planta tiene una sobredemanda de empaque alta, necesitando hasta 44 horas extras mensuales para cubrir la demanda. Con el crecimiento de demanda proyectado este déficit se hace más complicado de cubrir con el equipo actual, lo que hace necesaria la evaluación de la línea y de nuevos sistemas de empaque que mejoren la productividad de la línea de producción.

En las siguientes tablas se muestra este déficit y cuanto representa este déficit en términos monetarios. Para la evaluación monetaria se tomó en cuenta únicamente las tres personas que operan el equipo, dos operarios y un ayudante. El salario de los operarios es de Q. 2 940,00 y el del ayudante es de Q. 2 500,00.

El costo total de horas extras mostrado en las siguientes tablas representa el costo mensual que se tendrá en cada año manteniendo el sistema de empaque actual.

Tabla V. **Sobredemanda de empaque y horas extras necesarias con equipo de empaque actual, año 0 a 2**

|                                    | <b>Año 0</b> | <b>Año 1</b> | <b>Año 2</b> |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Volumen mensual                    | 25,87        | 26,87        | 28,6         |
| Capacidad de empaque               | 15,36        | 15,36        | 15,36        |
| Sobre demanda (paq/mes)            | 10,5         | 11,51        | 13,39        |
| Horas Extras mensuales             | 44           | 48           | 56           |
| Costo Mano de Obra/hora extra      | Q. 78,75     | Q. 78,75     | Q. 78,75     |
| Costo Total horas extras mensuales | Q. 3 465,00  | Q. 3 780,00  | Q. 4 410,00  |

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Sobredemanda de empaque y horas extras necesarias con equipo de empaque actual, año 3 a 6**

|                                    | Año 3      | Año 4       | Año 5       | Año 6       |
|------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Volumen mensual                    | 30,77      | 32,31       | 34,25       | 37,86       |
| Capacidad de empaque               | 15,36      | 15,36       | 15,36       | 15,36       |
| Sobre demanda (paq/mes)            | 15,41      | 16,95       | 18,89       | 22,50       |
| Horas Extras mensuales             | 64         | 71          | 79          | 94          |
| Costo Mano de Obra/hora            | Q. 78,75   | Q. 78,75    | Q. 78,75    | Q. 78,75    |
| Costo Total horas extras mensuales | Q 5 040,00 | Q. 5 591,25 | Q. 6 221,25 | Q. 7 402,50 |

Fuente: elaboración propia.

## 2.2. Diagnóstico general de la línea

Se evaluaron la distribución física de operarios, equipos y los costos de mano de obra y empaque.

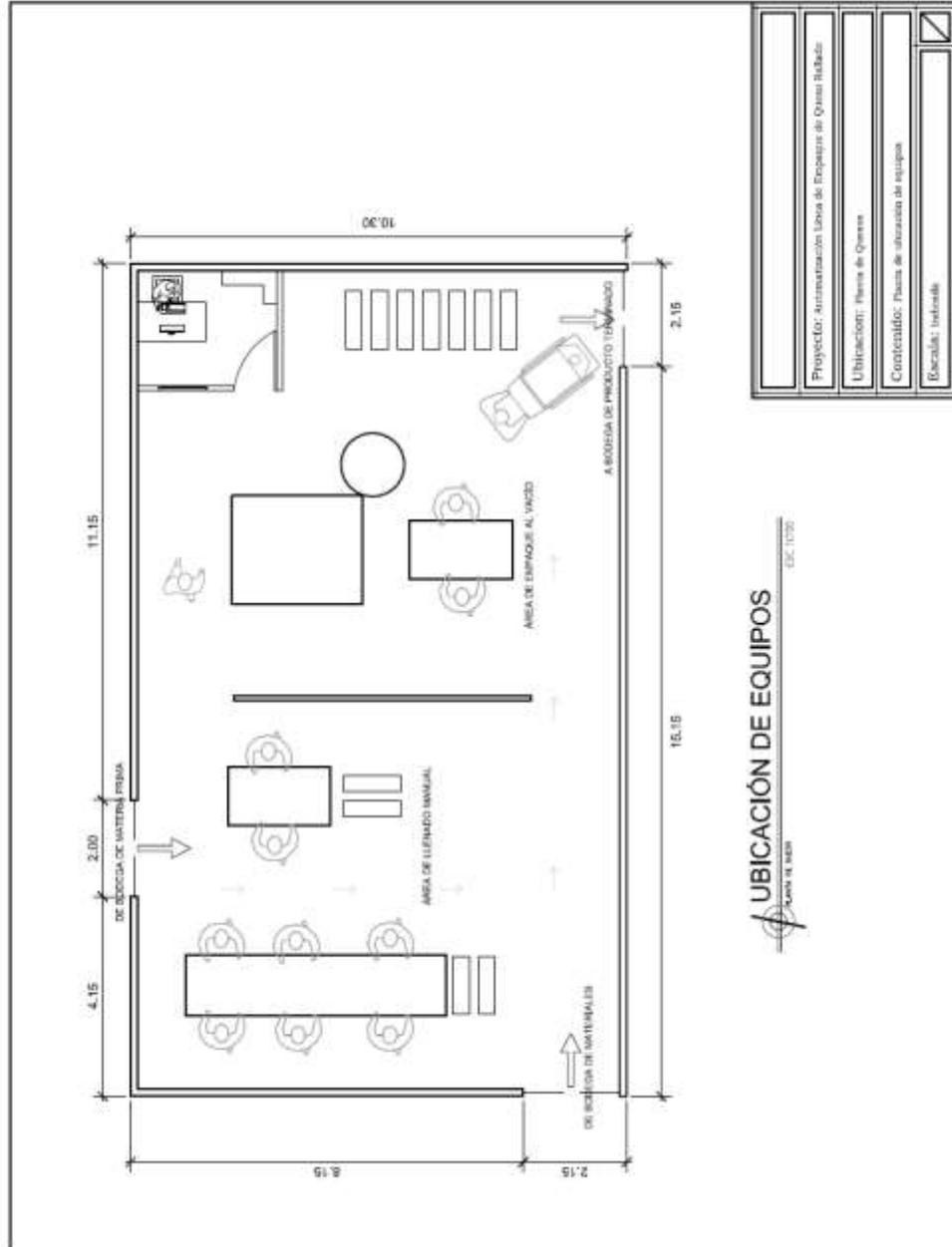
### **2.2.1. Evaluación de instalaciones físicas actuales**

Se analizó la distribución de equipos, operarios y flujo del proceso para determinar el espacio disponible para la instalación del nuevo sistema.

#### **2.2.1.1. Distribución de equipos**

El siguiente diagrama muestra la distribución actual de equipos en la sección de empaque.

Figura 5. **Ubicación actual de equipos**

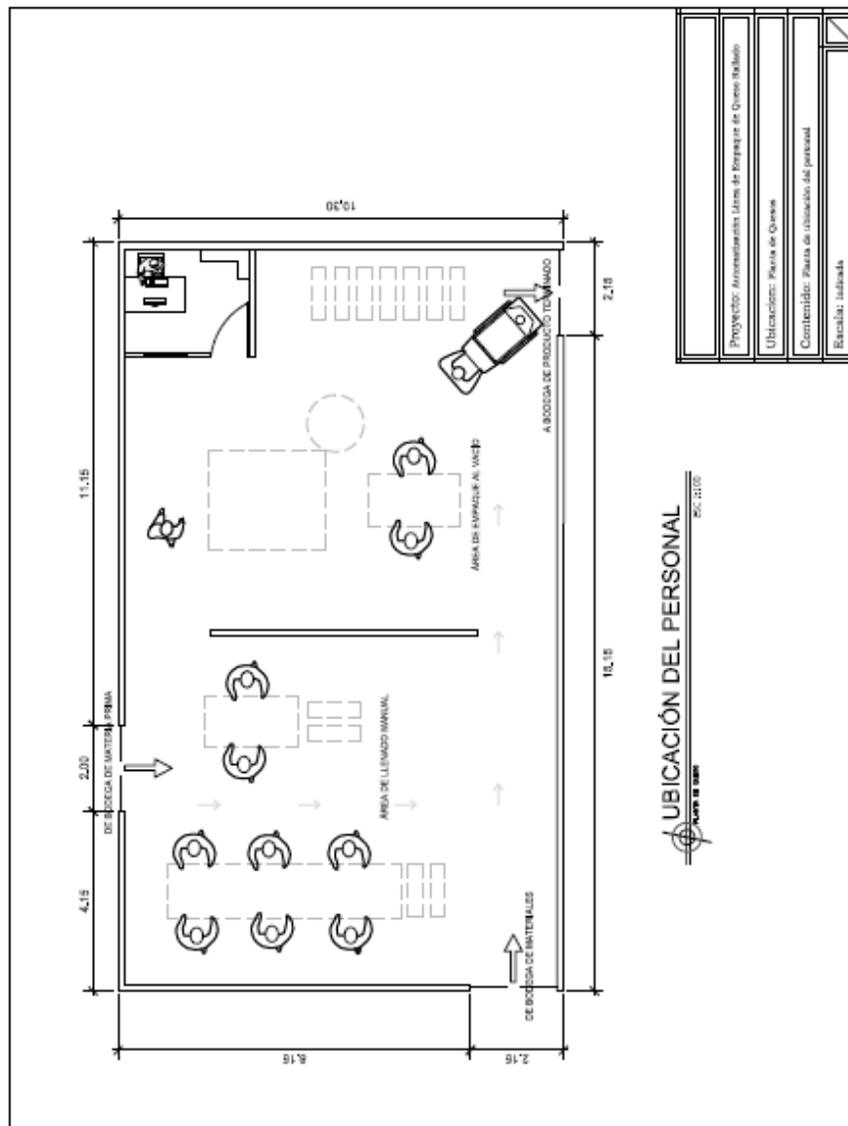


Fuente: Departamento de Proyectos.

### 2.2.1.2. Distribución de operarios

El siguiente diagrama muestra la distribución actual de los operarios en la sección de empaque.

Figura 6. Ubicación actual del personal

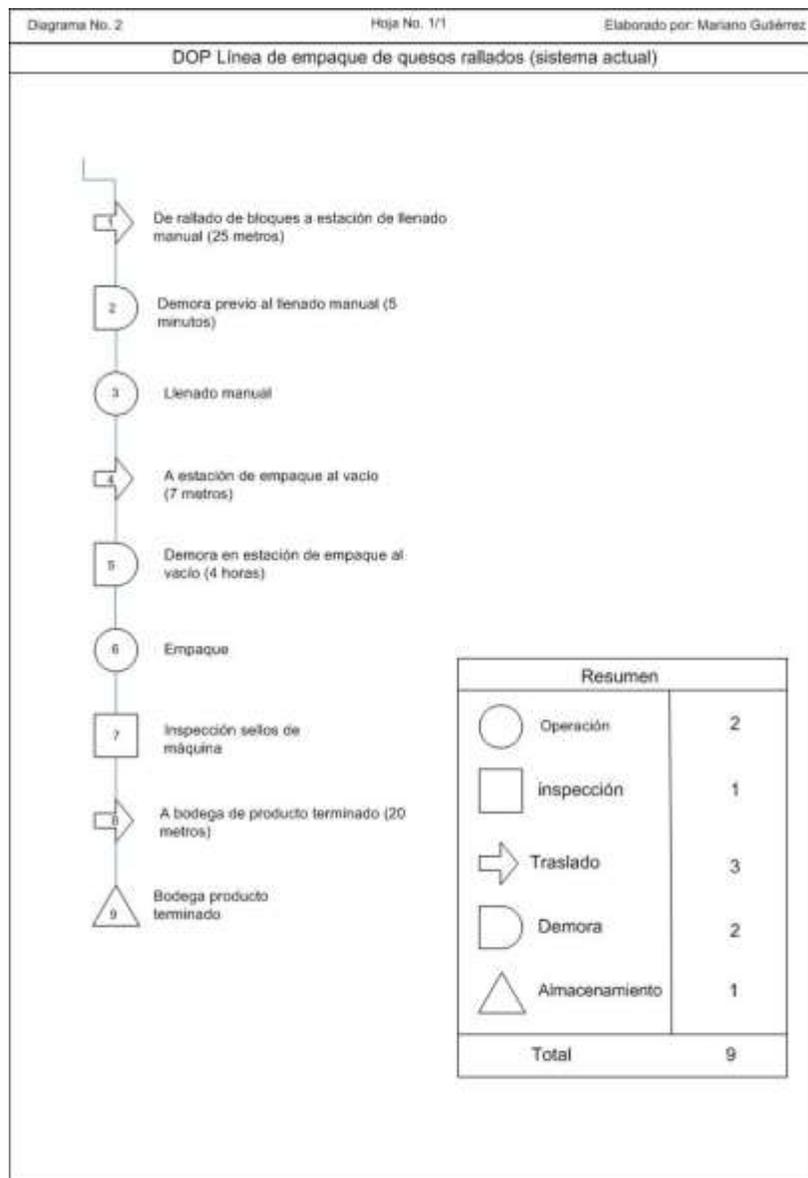


Fuente: Departamento de Proyectos.

### 2.2.1.3. Flujo actual del proceso

A continuación se presenta el diagrama de operaciones del proceso, se observan dos demoras importantes previo al llenado manual y al empaque.

Figura 7. Flujo actual del proceso



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio.

### **2.2.2. Análisis de mermas por cargado manual**

Actualmente, el cargado del producto dentro del paquete se hace de forma manual, generando pérdidas por error humano. La sobredemanda de empaque y la velocidad necesaria para cubrir la producción en el tiempo requerido provoca desperdicios de producto y reempaque. Este trabajo es realizado por ocho personas.

Se realizó un muestreo aleatorio para definir la desviación porcentual en cada presentación y establecer una pérdida neta mensual por mermas.

El muestreo se realizó durante un período de un mes, en el que se tomaron muestras de diferentes operarios. Se obtuvo una desviación promedio porcentual tomando en cuenta las muestras con peso arriba del estipulado y por debajo del estipulado. En promedio todas las presentaciones se empacan con un mayor peso que el estipulado en el empaque.

Para la realización del cálculo de la pérdida se utilizó el precio de venta final por gramo de cada presentación como indicador del flujo de fondos que deja de percibir la empresa por el exceso de peso en los paquetes. El análisis se realizó con el volumen semanal de cada presentación. La pérdida total semanal por mermas se presenta en la siguiente tabla.

Tabla VII. **Merma promedio por presentación y costo total de mermas**

| <b>Presentación</b>                     | <b>Desviación Promedio %</b> | <b>Merma<sup>1</sup> (gramos)</b> | <b>Precio<sup>2</sup> Gramo</b> | <b>Pérdida Semanal</b> |
|---|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| Mozarella 200 gramos                    | 2,7%                         | 5,4                               | Q 0,09                          | Q. 3 365,77            |
| Mozarella 113 gramos                    | 5,40%                        | 6,1                               | Q 0,13                          | Q. 9 466,77            |
| Mozarella 400 gramos                    | 2,15%                        | 8,6                               | Q 0,06                          | Q. 3 788,99            |
| Mozarella 900 gramos                    | 0,94%                        | 8,5                               | Q 0,05                          | Q. 807,73              |
| Cheese Mix 200 gramos                   | 2,75%                        | 5,5                               | Q 0,10                          | Q. 1 235,35            |
| Mix para Pizza 200 gramos               | 2,80%                        | 5,6                               | Q 0,10                          | Q. 1 064,30            |
| Mexican Mix 200 gramos                  | 2,25%                        | 4,5                               | Q 0,10                          | Q. 932,99              |
| Cheddar 115 gramos                      | 3,91%                        | 4,5                               | Q 0,13                          | Q. 1 521,18            |
| Parmesano 100 gramos                    | 4,00%                        | 4                                 | Q 0,20                          | Q. 4 837,74            |
| Parmesano 400 gramos                    | 1,90%                        | 7,6                               | Q 0,15                          | Q. 2 166,61            |
| Parmesano 200 gramos                    | 2,50%                        | 5                                 | Q 0,16                          | Q. 1 684,57            |
| <b>Pérdida total semanal por mermas</b> |                              |                                   |                                 | <b>Q. 30 872,02</b>    |

1. Merma promedio según peso del paquete

2. Precio de venta de gramo empacado

Fuente: elaboración propia.

Actualmente se tienen pérdidas semanales, no contabilizadas, por mermas de Q. 30 872,02, obteniendo un monto mensual de Q. 123 248,08.

### 2.2.3. Evaluación de costos de materiales de empaque

La evaluación de los costos de material de empaque se realizó con base en el precio de compra actual de cada presentación, los precios ya consideran gastos de internación e impuestos. Estos costos de materiales de empaque se resumen en la siguiente tabla.

Tabla VIII. Costos de material de empaque por presentación

| <b>Presentación</b>       | <b>Costo MU<br/>Quetzales</b> | <b>Costo<br/>Unitario</b> |
|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Mozarella 200 gramos      | Q. 1 169,2                    | Q. 1,17                   |
| Mozarella 113 gramos      | Q. 632,94                     | Q. 0,63                   |
| Mozarella 400 gramos      | Q. 1 412,52                   | Q. 1,41                   |
| Mozarella 900 gramos      | Q. 1 607,65                   | Q. 1,41                   |
| Cheese Mix 200 gramos     | Q. 1 176,31                   | Q. 1,17                   |
| Mix para Pizza 200 gramos | Q. 1 176,31                   | Q. 1,18                   |
| Mexican Mix 200 gramos    | Q. 1 176,31                   | Q. 1,18                   |
| Cheddar 115 gramos        | Q. 676,16                     | Q. 0,68                   |
| Parmesano 100 gramos      | Q. 854,46                     | Q. 0,85                   |
| Parmesano 400 gramos      | Q. 1 794,56                   | Q. 1,79                   |
| Parmesano 200 gramos      | Q. 1 171,57                   | Q. 1,17                   |

Fuente: elaboración propia, con información proporcionada por el Departamento de Compras

El costo total actual de material de empaque mensual Q. 431 207,64.

### 2.2.4. Mano de obra

El análisis de costos de mano de obra se realizó tomando en cuenta las dos estaciones actuales, el llenado manual y el empaque al vacío.

En la estación de llenado manual se toman en cuenta ocho llenadores, esta estación no tiene horas extras, ya que con es cantidad de personas se cubre la demanda de la línea.

En la estación de llenado se realizó el análisis con tres operadores y tres ayudantes, que sí cumplen con las horas extras, ya que es en esta estación en la que se tiene el cuello de botella de la línea.

Tabla IX. **Costos de mano de obra actuales**

|                  | <b>Cantidad</b> | <b>Salario base</b> | <b>Sub -Total Salario base</b> | <b>Sub-Total Extras</b> |
|------------------|-----------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Operarios Equipo | 3               | Q. 2 950,00         | Q. 8 850,00                    | Q. 2 433,75             |
| Llenadores       | 10              | Q. 2 500,00         | Q. 25 000,00                   | Q -                     |
| Ayudantes        | 3               | Q. 2 500,00         | Q. 7 500,00                    | Q. 1 1031,25            |
|                  |                 | Subtotal            | Q. 41 350,00                   | Q. 3 465,00             |
|                  |                 |                     | <b>M.O. Total</b>              | <b>Q. 44 815,00</b>     |

Fuente: elaboración propia.

El costo total de de mano de obra mensual es de de Q. 44 815,00. (Q. 496 200,00 anuales).

### **2.3. Integración de costos actuales de empaque**

En la integración de costos se tomaron en cuenta el costo del material de empaque, los costos por mermas en cada presentación y los costos de mano de obra. Estos costos se sintetizan en la siguiente tabla.

Tabla X. Costos totales de empaque

| Presentación                    | Costos Unitarios    |              |         |             | Costo Mensual          |
|---------------------------------|---------------------|--------------|---------|-------------|------------------------|
|                                 | Material de Empaque | Mano de Obra | Mermas  | Costo Total |                        |
| Mozarella 200 gramos            | Q. 1,17             | Q. 0,40      | Q. 9,90 | Q. 2,47     | Q. 148 004,34          |
| Mozarella 113 gramos            | Q. 0,63             | Q. 0,40      | Q. 1,41 | Q. 2,44     | Q. 262 708,92          |
| Mozarella 400 gramos            | Q. 1,41             | Q. 0,40      | Q. 0,99 | Q. 2,80     | Q. 172 163,49          |
| Mozarella 900 gramos            | Q. 1,61             | Q. 0,40      | Q. 0,76 | Q. 2,77     | Q. 46 899,29           |
| Cheese Mix 200 gramos           | Q. 1,18             | Q. 0,40      | Q. 0,99 | Q. 2,56     | Q. 51 291,29           |
| Mix para Pizza 200 gramos       | Q. 1,18             | Q. 0,40      | Q. 1,01 | Q. 2,58     | Q. 43 899,29           |
| Mexican Mix 200 gramos          | Q. 1,18             | Q. 0,40      | Q. 0,81 | Q. 2,38     | Q. 44 028,99           |
| Cheddar 115 gramos              | Q. 0,68             | Q. 0,40      | Q. 1,05 | Q. 2,13     | Q. 49 173,43           |
| Parmesano 100 gramos            | Q. 0,85             | Q. 0,40      | Q. 1,44 | Q. 2,69     | Q. 144 951,91          |
| Parmesano 400 gramos            | Q. 1,79             | Q. 0,40      | Q. 2,05 | Q. 4,24     | Q. 71 804,64           |
| Parmesano 200 gramos            | Q. 1,17             | Q. 0,40      | Q. 1,46 | Q. 3,03     | Q. 55 966,73           |
| <b>Costo Mensual de empaque</b> |                     |              |         |             | <b>Q. 1 090 698,43</b> |

Fuente: elaboración propia.

Actualmente se tienen un costo total de empaque mensual de Q. 1 090 648,43.

### **3. EVALUACIÓN DEL SISTEMA A IMPLEMENTAR**

#### **3.1. Descripción general de sistema a implementar**

El sistema recomendado y que se evaluará, consta de una banda de elevación del producto, un cabezal pesador, un equipo formador / llenador de *pouches* vertical, el cual adicionalmente inyecta el gas inerte dentro del paquete para la creación de la atmósfera modificada, y un sistema de sellado para garantizar la inocuidad dentro del mismo.

El proceso obtenido de este sistema es el siguiente:

- Cargado de producto en banda elevadora: esta operación es realizada por una persona.
- Empaque: en este proceso el producto pasa por el un sistema de pesado automático (multicabezal pesador), luego es depositado en el empaque, el cual es preformado por la máquina y luego del llenado automático sellado herméticamente.
- Almacenamiento.

En el siguiente capítulo se muestra el diagrama de operaciones del proceso para el sistema elegido.

##### **3.1.1. Tipo de empaque**

Se desea mantener el empaque tipo *pouch*, actualmente se utilizan un *pouch* impreso preformado con cuatro sellos, uno en cada lado. El empaque

que se desea implementar es un *pouch* de almohada con un sello longitudinal atrás que será formado por el equipo a partir de una bobina impresa.

Figura 8. **Croquis del empaque y diagrama de soldadura longitudinal (lengua derecha sobre izquierda)**



Fuente: Ultrasource Equipment.

### 3.1.2. **Material de empaque utilizado**

El tipo de material de empaque será un laminado de LLDPE (Low Density Polietilene) con una capa de alta barrera de EVOH (Ethylene Vinil Alcohol).

El material de empaque será impreso a 8 colores, con impresión fotográfica (esto hace que el equipo deba tener un lector de impresión para centrar los paquetes al momento del corte).

### 3.1.3. **Reducción de desperdicios**

Con la implementación del sistema se reducirá la pérdida de paquetes por errores de operario (peso fuera de especificación, sellos con arrugas, mala colocación en equipo de vacío, mal manejo de llenado a sellado). Se espera reducir el re empaque a un nivel por debajo del 1 %.

### **3.1.4. Multicabezal pesador**

Adicionalmente el equipo deberá contar con un cabezal pesador, para eliminar de la línea de empaque el llenado manual. El cabezal pesador permitirá reducir el margen de error en el peso por cada paquete. Se implementarán al final de la línea controles de peso para el adecuado ajuste del cabezal.

## **3.2. Evaluación de equipos disponibles**

Luego de una evaluación de varios sistemas, se redujo la selección a dos marcas de equipos. El sistema A es un sistema marca PFM, de fabricación alemana y el sistema B es marca Ulma de fabricación española.

### **3.2.1. Sistema A**

Sistema marca PFM, de fabricación alemana.

- Marca: PFM
- Modelo: Zenith INOX & MPB 10C2
- Altura: 4,730 m
- Largo: 9,499 m
- Ancho: 3,124 m

Gabinete de control principal:

- *Switch* de encendido / apagado
- Control de velocidad
- Paro de emergencia
- Controles de modo de operación

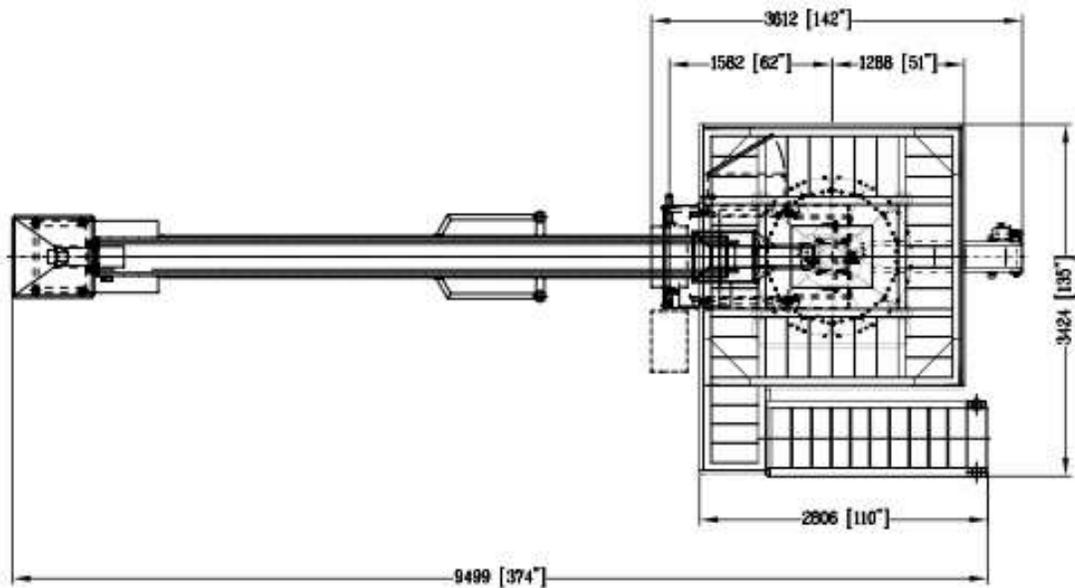
- Controles de temperatura de sellado
- Memoria de parámetros de producto
- Centro de diagnóstico de equipo
- Marco principal de aluminio anodizado y patas de soporte en acero inoxidable.

Especificaciones técnicas básicas:

- Tres collares formadores
- Multicabezal pesador marca MPB
- Sistema de alimentación de material de empaque
- Lector de registro de impresión
- Teclado y pantalla digital
- PLC Siemens para controlar el equipo y los autodiagnósticos
- Tres controladores de temperatura electrónicos
- *Switches* de seguridad en todas las puertas y guardas
- Todas las piezas de contacto están fabricadas en acero inoxidable o plástico de grado alimenticio.
- Kit de repuestos básico
- Manual de operación y manual de pieza
- Equipo fabricado bajo los siguientes estándares: OSHA, UL508A y CSA Z432-04.

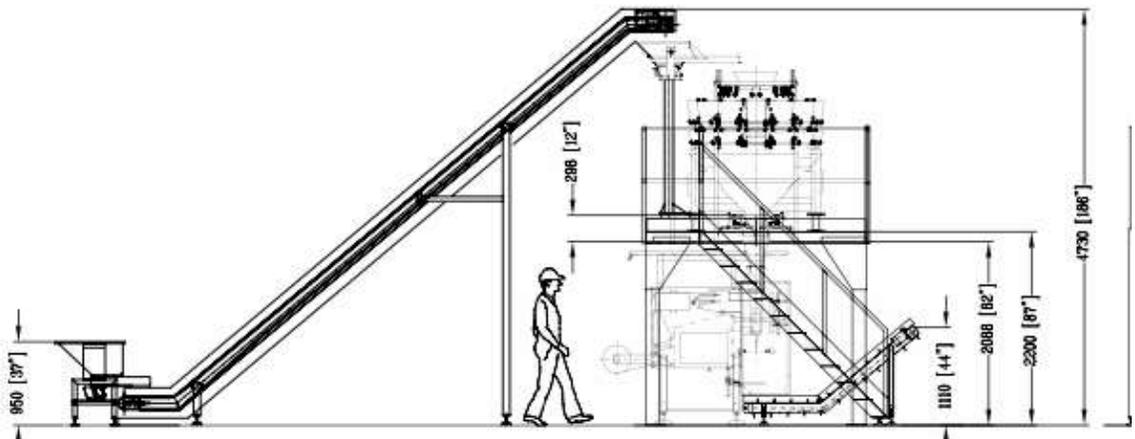
Diagrama del equipo:

Figura 9. **Planta equipo PFM Zenith**



Fuente: PFM Machinery.

Figura 10. **Vista lateral PFM Zenith**



Fuente: PFM Machinery.

### 3.2.1.1. Presentaciones

Este equipo es capaz de replicar las presentaciones actuales con la utilización de diferentes aditamentos, los cuales se incluyen en el precio del equipo. Son necesarios 3 aditamentos para poder producir todas las presentaciones.

- Aditamento A: para presentaciones desde 135 mm hasta 155 mm de ancho.
- Aditamento B: para presentaciones desde 155 mm hasta 175 mm de ancho.
- Aditamento C: para presentaciones de 200 mm hasta 20 mm de ancho.

Tabla XI. Presentaciones equipo PFM ZENITH INOX & MPB 10C2

| Presentación              | Dimensiones |            | Aditamento |
|---------------------------|-------------|------------|------------|
|                           | Largo (mm)  | Ancho (mm) |            |
| Mozarella 200 gramos      | 160         | 230        | B          |
| Mozarella 113 gramos      | 145         | 220        | A          |
| Mozarella 400 gramos      | 165         | 300        | B          |
| Mozarella 900 gramos      | 205         | 355        | C          |
| Cheese Mix 200 gramos     | 160         | 230        | B          |
| Mix para Pizza 200 gramos | 160         | 230        | B          |
| Mexican Mix 200 gramos    | 160         | 230        | B          |
| Cheddar 115 gramos        | 145         | 220        | A          |
| Parmesano 100 gramos      | 145         | 220        | A          |
| Parmesano 400 gramos      | 165         | 300        | A          |
| Parmesano 200 gramos      | 160         | 230        | B          |

Fuente: PFM Machinery.

### 3.2.1.2. Velocidad

La siguiente tabla muestra la velocidad por cada presentación que se puede alcanzar con el equipo evaluado.

Tabla XII. **Velocidad por tamaño de paquete PFM**

| <b>Presentación</b>       | <b>Velocidad</b> |
|---------------------------|------------------|
| Mozarella 200 gramos      | 40 - 50 ppm      |
| Mozarella 113 gramos      | 40 - 50 ppm      |
| Mozarella 400 gramos      | 20 - 30 ppm      |
| Mozarella 900 gramos      | 10- 20 ppm       |
| Cheese Mix 200 gramos     | 40 - 50 ppm      |
| Mix para Pizza 200 gramos | 40 - 50 ppm      |
| Mexican Mix 200 gramos    | 40 - 50 ppm      |
| Cheddar 115 gramos        | 40 - 50 ppm      |
| Parmesano 100 gramos      | 40 - 50 ppm      |
| Parmesano 400 gramos      | 20 - 30 ppm      |
| Parmesano 200 gramos      | 40 - 50 ppm      |

ppm: paquetes por minuto

Fuente: PFM Machinery.

### 3.2.1.3. Equipos auxiliares

El equipo cuenta con varios equipos auxiliares que optimizan el funcionamiento del mismo:

- Multicabezal pesador: equipo marca MPB, permite descargar dentro del paquete el peso exacto deseado, automatizando el cargado por paquete. Tiene una desviación de peso de +/- 0,5 gramos. Consta de 10 cabezales giratorios.

- Base vibratoria inferior: alimenta la banda elevadora de producto con el producto rallado para tener una alimentación constante.
- Banda elevadora de producto: lleva el producto desde el punto de carga del queso rallado hasta la parte superior del cabezal (a una altura de 4,730 metros).
- Banda de recepción de producto: lleva el producto terminado de un nivel de 0,30 cm a la altura de la mesa de recepción.
- Mesa giratoria de recepción: mesa giratoria que permite recibir el producto terminado sin generar aglomeraciones y posibles desperfectos en los paquetes terminados.

#### **3.2.1.4. Mano de obra**

El sistema PFM Zenith requiere de dos operarios capacitados en la programación del cabezal y la operación general del formador / llenador. Estos dos operarios serán además suficientes para el cargado del producto a la base vibratoria y para recibir y colocar en cajas el producto terminado. Adicionalmente se necesita un ayudante en la línea para cargado de producto al inicio del sistema y despacho de producto terminado.

#### **3.2.1.5. Mantenimiento**

El costo del equipo incluye el mantenimiento preventivo mensual durante un año y un *kit* de repuestos básico. Más adelante se considerará el costo mensual de ser elegido el sistema.

Las actividades de mantenimiento preventivo se detallan a continuación:

- Semanal:
  - Limpieza general del equipo

- Revisión visual de conectores en panel eléctrico
  - Ejecución de sistema básico de revisión del equipo (incluido en el Software).
  - Revisión de tensión de cadenas y bandas
  - Revisión de conexión de mangueras neumáticas
  - Revisión de sensores principales de seguridad
- Mensual:
    - Revisión de línea de alimentación eléctrica
    - Revisión de línea de presión de aire comprimido
    - Revisión de línea de inyección de gas
    - Revisión de resistencias eléctricas
    - Revisión de cilindros de sellado
    - Revisión de empaques y resortes sistema de sellado
    - Ejecución del sistema intermedio de revisión del equipo (incluido en software).
    - Realización de circuito de lubricación

Los cambios de piezas y mantenimiento de cilindros neumáticos y cadenas deberán realizarse según las revisiones mensuales. Es recomendado realizar los cambios de empaques de cilindros de sellado semestralmente para mantener el sello de los paquetes en estado óptimo.

### **3.2.1.6. Instalación**

Para la instalación es necesario contar con:

- Una línea de alimentación eléctrica de 208 – 240 VAC, 3 fases, delta 20 amps, 60 HZ y toma de tierra.

- Línea de alimentación de aire comprimido de 6 bar (secador de aire y unidad de mantenimiento incluidas en el equipo).
- Completa protección térmica y magnética de los circuitos eléctricos mediante interruptores automáticos.
- Área disponible limpia y cimentación adecuada.

### **3.2.1.7. Costo CIF Guatemala**

El costo del equipo, con todas las opciones descritas, embalaje de exportación, fumigación, seguro y flete a Guatemala (CIF Guatemala) es:  
Q. 2 105 500,00.

### **3.2.2. Sistema B**

Sistema marca ULMA, de fabricación española.

- Marca: ULMA
- Modelo: VTI 400
- Altura: 4,550 m
- Largo: 8,55 m
- Ancho: 3,00 m
- Gabinete de control principal:
- Switch de encendido / apagado
- Control de velocidad
- Pantalla táctil TFT de 5"
- Paro de emergencia
- Marco principal de aluminio anodizado y patas de soporte en acero inoxidable.

Especificaciones técnicas básicas:

- Diseñado con acero inoxidable y plástico grado alimenticio
- Multicabezal pesador marca YAMATO
- Envolvedora controlada mediante PLC Industrial Siemens para visualización y control del sistema.
- Conectividad y sincronismo con las diferentes máquinas, precedentes y subsiguientes, que componen la línea de empaque,
- Control de temperatura de precisión integrado en la pantalla táctil. Dispone de tres regulaciones independientes, dos para las mordazas de sellado y corte transversal del paquete, así como una para el módulo de sellado longitudinal.
- Detección automática de producto atascado
- Sellado vertical accionado mediante cilindro neumático
- Tres collares formadores
- Lector de registro de impresión
- *Switches* de seguridad en todas las puertas y guardas
- Todas las piezas de contacto están fabricadas en acero inoxidable o plástico de grado alimenticio.
- *Kit* de repuestos básico
- Manual de operación y manual de piezas
- Equipo fabricado bajo estándar de seguridad de la CE

#### **3.2.2.1. Presentaciones**

El equipo ULMA está en capacidad de producir todas las presentaciones actuales en las mismas dimensiones, utilizando un aditamento ajustable para todas.

El siguiente cuadro muestra las presentaciones disponibles con este equipo:

Tabla XIII. **Presentaciones equipo ULMA VTI 400**

| <b>Presentación</b>       | <b>Dimensiones</b> |                   |
|---------------------------|--------------------|-------------------|
|                           | <b>Largo (mm)</b>  | <b>Ancho (mm)</b> |
| Mozarella 200 gramos      | 160                | 230               |
| Mozarella 113 gramos      | 145                | 220               |
| Mozarella 400 gramos      | 165                | 300               |
| Mozarella 900 gramos      | 205                | 355               |
| Cheese Mix 200 gramos     | 160                | 230               |
| Mix para Pizza 200 gramos | 160                | 230               |
| Mexican Mix 200 gramos    | 160                | 230               |
| Cheddar 115 gramos        | 145                | 220               |
| Parmesano 100 gramos      | 145                | 220               |
| Parmesano 400 gramos      | 165                | 300               |
| Parmesano 200 gramos      | 160                | 230               |

Fuente: ULMA Packing.

### **3.2.2.2. Velocidad**

La siguiente tabla muestra la velocidad por cada presentación que se puede alcanzar con el equipo evaluado.

Tabla XIV. **Velocidad por tamaño de paquete para equipo ULMA**

| <b>Presentación</b>       | <b>Velocidad</b> |
|---------------------------|------------------|
| Mozarella 200 gramos      | 40 - 45 ppm      |
| Mozarella 113 gramos      | 45 - 50 ppm      |
| Mozarella 400 gramos      | 35 - 40 ppm      |
| Mozarella 900 gramos      | 15 - 20 ppm      |
| Cheese Mix 200 gramos     | 40 - 45 ppm      |
| Mix para Pizza 200 gramos | 40 - 45 ppm      |
| Mexican Mix 200 gramos    | 40 - 45 ppm      |
| Cheddar 115 gramos        | 45 - 50 ppm      |
| Parmesano 100 gramos      | 45 - 50 ppm      |
| Parmesano 400 gramos      | 35 - 40 ppm      |
| Parmesano 200 gramos      | 40 - 45 ppm      |

ppm: paquetes por minuto

Fuente: ULMA Packing.

### **3.2.2.3. Equipos auxiliares**

El equipo cuenta con varios equipos auxiliares que optimizan el funcionamiento del mismo:

- Multicabezal pesador marca YAMATO: permite la automatización del cargado de producto dentro del paquete. Tiene una precisión de +/- 0,5 gramos. Consta de 8 cabezales giratorios.
- Cinta elevadora de carga: estructura fabricada en acero inoxidable, con banda de cadena plástica que receptiona el producto en la tolva inferior de la cinta y mediante las palas de la cinta elevadora elevan el producto hasta la pesadora.

- Banda de recepción de producto: eleva el producto desde la parte inferior de la máquina hasta una altura de trabajo regulable entre 0,8 a 0,9 m. Chasis fabricado en acero inoxidable.
- Mesa giratoria de recepción: mesa giratoria que permite recibir el producto terminado sin generar aglomeraciones y posibles desperfectos en los paquetes terminados.

#### **3.2.2.4. Mano de obra**

El equipo ULMA requiere de 2 operarios y un ayudante. Los dos operarios serán capacitados en la programación del cabezal y la operación general del formador / llenador. Estos dos operarios serán además suficientes para la operación del equipo y la recepción del producto, el tercer operario será necesario para el cargado del producto al inicio de la cinta elevadora de carga.

#### **3.2.2.5. Mantenimiento**

El costo del equipo incluye asistencia técnica cuando sea necesaria durante un año y un *kit* de repuestos básico, más adelante se considerará el costo mensual de ser elegido el sistema.

Las actividades de mantenimiento preventivo recomendadas se detallan a continuación:

- Semanal:
  - Limpieza general del equipo
  - Revisión visual de panel eléctrico
  - Ejecución de sistema de diagnóstico semanal incluido en el Software.

- Revisión de tensión de cadenas y bandas
- Revisión de conexión de mangueras neumáticas
- Revisión de sensores principales de seguridad
- Mensual:
  - Revisión de línea de alimentación eléctrica
  - Revisión de línea de presión de aire comprimido
  - Revisión de línea de inyección de gas
  - Revisión de resistencias eléctricas
  - Revisión de cilindros de sellado
  - Revisión de empaques y resortes sistema de sellado
  - Ejecución del sistema de diagnóstico mensual incluido en el software.
  - Realización de circuito de lubricación

Los cambios de piezas y mantenimiento de cilindros neumáticos y cadenas deberán realizarse según las revisiones mensuales. Es recomendado realizar los cambios de empaques de cilindros de sellado semestralmente para mantener el sello de los paquetes en estado óptimo. Es importante la instalación de un secador de aire y una unidad de mantenimiento para evitar que la humedad del aire comprimido pueda dañar las válvulas y elementos neumáticos.

### **3.2.2.6. Instalación**

Para la instalación es necesario contar con:

- Una línea de alimentación eléctrica de 208 – 240 VAC, 3 fases, delta 20 amps, 60 HZ y toma de tierra.

- Línea de alimentación de aire comprimido de 6 bar
- Secador de aire y unidad de mantenimiento independientes para el equipo.
- Completa protección térmica y magnética de los circuitos eléctricos mediante interruptores automáticos.
- Área disponible limpia y cimentación adecuada

### **3.2.2.7. Costo CIF Guatemala**

El costo del equipo, con todas las opciones descritas, embalaje de exportación, fumigación, seguro y flete a Guatemala (CIF Guatemala) es: Q. 2 685 000.

### **3.2.3. Matriz comparativa de costos entre A y B**

En la siguiente matriz se comparan los puntos más importantes descritos en las dos secciones anteriores, siendo un punto importante el costo en Guatemala del equipo.

Tabla XV. **Matriz comparativa entre sistemas A y B**

|                               | <b>PFM ZENITH</b>      | <b>ULMA VTI 400</b>    |
|-------------------------------|------------------------|------------------------|
| Presentaciones                | Todas las requeridas   | Todas las requeridas   |
| Velocidad                     | Mínima de 10 ppm       | Mínima de 20 ppm       |
| PLC                           | Siemens                | Siemens                |
| Cargado de producto           | Base vibratoria        | Manual                 |
| Multicabezal Pesador          | MPB 10C2               | YAMATO                 |
| Precisión Multicabezal (+/-)  | 0,5 gramos             | 0,5 gramos             |
| Mano de Obra                  | 2 operarios            | 3 operarios            |
| Mantenimiento                 | Soporte 1 año          | Soporte 1 año          |
| Instalación                   | No incluida            | Incluida               |
| <b>Equipos Auxiliares</b>     |                        |                        |
| Cinta elevadora               | Incluido               | Incluido               |
| Cinta de recepción            | Incluido               | Incluido               |
| Mesa de recepción de producto | Incluido               | Incluido               |
| Cargado Automático            | Incluido               | No incluido            |
| <b>COSTO CIF GUATEMALA</b>    | <b>Q. 2 105 500,00</b> | <b>Q. 2 685 000,00</b> |

Fuente: elaboración propia.

### 3.3. Análisis de decisión entre propuestas A y B

Se evaluaron varios parámetros para la toma de decisión del equipo a instalar, entre ellos los ahorros en material de empaque, mano de obra, horas extras y se tomó en cuenta el incremento de costo del mantenimiento.

#### 3.3.1. Parámetros evaluados

Se realizó la evaluación de cinco parámetros que presentarán cambios relevantes respecto a la situación actual de la línea de empaque: el material de empaque, la mano de obra, las horas extras, la reducción de mermas y el costo de mantenimiento.

### 3.3.1.1. Material de empaque

Situación actual: como se evaluó en capítulos anteriores, actualmente se tiene un costo mensual de material de empaque de Q. 431 207,64, teniendo un costo anual de Q. 5 174 491,68. Se partió de este valor para evaluar el flujo del costo de material de empaque actual.

Sistema propuesto: en el sistema propuesto el material de empaque tendrá un costo menor, ya que se utilizará material sin terminar, el cuál será formado por el equipo. Los costos comparativos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla XVI. **Costos material de empaque actual vs propuesto**

| <b>Presentación</b>       | <b>Costo Unitario</b> |                  |
|---------------------------|-----------------------|------------------|
|                           | <b>Actual</b>         | <b>Propuesto</b> |
| Mozarella 200 gramos      | Q. 1,17               | Q. 0,69          |
| Mozarella 113 gramos      | Q. 0,63               | Q. 0,69          |
| Mozarella 400 gramos      | Q. 1,41               | Q. 0,69          |
| Mozarella 900 gramos      | Q. 1,61               | Q. 0,58          |
| Cheese Mix 200 gramos     | Q. 1,18               | Q. 1,35          |
| Mix para Pizza 200 gramos | Q. 1,18               | Q. 0,93          |
| Mexican Mix 200 gramos    | Q. 1,18               | Q. 0,69          |
| Cheddar 115 gramos        | Q. 0,68               | Q. 0,59          |
| Parmesano 100 gramos      | Q. 0,85               | Q. 0,53          |
| Parmesano 400 gramos      | Q. 1,79               | Q. 0,76          |
| Parmesano 200 gramos      | Q. 1,17               | Q. 0,79          |

Fuente: proveedor material de empaque.

Con estos costos propuestos se obtendrán ahorros de 30 % en materiales de empaque, utilizando la proyección de ventas como base, el flujo de estos ahorros durante el proyecto se presentan en la siguiente tabla.

Tabla XVII. **Flujo de ahorros de material de empaque**

| <b>Costo</b>             | <b>Año 1</b>    | <b>Año 2</b>    | <b>Año 3</b>    | <b>Año 4</b>    |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Sistema Actual           | Q. 5 174 491,68 | Q. 5 433 216,26 | Q. 5 813 541,40 | Q. 6 220 489,30 |
| Sistema Propuesto (-)    | Q. 3 510 626,46 | Q. 3 686 157,78 | Q. 3 944 188,83 | Q. 4 220 282,05 |
| <b>Ahorro neto anual</b> | Q. 1 663 865,22 | Q. 1 747 058,48 | Q. 1 869 352,57 | Q. 2 000 207,25 |
| <b>Costo</b>             | <b>Año 5</b>    | <b>Año 6</b>    | <b>Año 7</b>    |                 |
| Sistema Actual           | Q. 6 531 513,76 | Q. 6 923 404,59 | Q. 7 269 574,82 |                 |
| Sistema Propuesto (-)    | Q. 4 431 296,14 | Q. 4 697 173,91 | Q. 4 932 032,61 |                 |
| <b>Ahorro neto anual</b> | Q. 2 100 217,61 | Q. 2 226 230,67 | Q. 2 337 542,20 |                 |

Fuente: elaboración propia.

### **3.3.1.2. Mano de obra**

En este apartado se analizan los ahorros en mano de obra por disminución de operarios en la línea. Se considera la eliminación de la estación de llenado manual, la cuál será sustituida por una cinta elevadora y el multicabezal pesador.

Actualmente la línea cuenta con un total de 16 personas: 10 llenadores, 3 operadores y 3 ayudantes. El costo anual de mano de obra con el que se inició

el análisis del flujo del costo de mano de obra con el sistema actual fue de Q 496 200,00 anuales. Se consideró un aumento anual de 5 % en los salarios, manteniendo el mismo personal.

Con el sistema propuesto la línea contará con un total de 3 personas (indistintamente de que marca de sistema se elija): dos operarios y un ayudante. Se eliminará la estación de llenado manual. El flujo de costos de mano de obra comparados con el sistema actual se presenta en la siguiente tabla.

Tabla XVIII. **Flujo de ahorros mano de obra**

| <b>Costo</b>             | <b>Año 1</b>  | <b>Año 2</b>  | <b>Año 3</b>  | <b>Año 4</b>  |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Sistema Actual           | Q. 496 200,00 | Q. 521 010,00 | Q. 547 060,50 | Q. 574 413,52 |
| Sistema Propuesto (-)    | Q. 100 800,00 | Q. 105 840,00 | Q. 111 132,00 | Q. 116 688,60 |
| <b>Ahorro neto anual</b> | Q. 395 400,00 | Q. 415 170,00 | Q. 435 928,50 | Q. 457 724,92 |
| <b>Costo</b>             | <b>Año 5</b>  | <b>Año 6</b>  | <b>Año 7</b>  |               |
| Sistema Actual           | Q. 603 134,20 | Q. 633 290,91 | Q. 664 955,45 |               |
| Sistema Propuesto (-)    | Q. 122 523,03 | Q. 128 649,18 | Q. 135 081,64 |               |
| <b>Ahorro neto anual</b> | Q. 480 611,17 | Q. 504 641,72 | Q. 529 873,81 |               |

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.1.3. Horas extras

Actualmente la estación de empaque al vacío tiene una alta demanda de horas extras teniendo en esta estación el cuello de botella de la línea. La estación de llenado manual tiene actualmente la capacidad para cumplir con la demanda, aunque con un costo relacionado de merma, que se analiza más adelante.

Con el sistema propuesto se logrará eliminar las horas extras en todo el tiempo del proyecto, ya que el equipo está en la capacidad de cubrir la demanda de los 7 años contemplados.

La siguiente tabla muestra el flujo de costos actuales y propuestos de horas extras y muestra el flujo de ahorros anuales por horas extras.

Tabla XIX. **Flujo de ahorros por horas extras**

| <b>Costo</b>             | <b>Año 1</b> | <b>Año 2</b> | <b>Año 3</b> | <b>Año 4</b> |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Sistema Actual           | Q. 3 465,00  | Q. 3 780,00  | Q. 4 410,00  | Q. 5 040,00  |
| Sistema Propuesto (-)    | Q -          | Q -          | Q -          | Q -          |
| <b>Ahorro neto anual</b> | Q. 3 465,00  | Q. 3 780,00  | Q. 4 410,00  | Q. 5 040,00  |
| <b>Costo</b>             | <b>Año 5</b> | <b>Año 6</b> | <b>Año 7</b> |              |
| Sistema Actual           | Q. 5 591,25  | Q. 6 221,25  | Q. 7 402,50  |              |
| Sistema Propuesto (-)    | Q -          | Q -          | Q -          |              |
| <b>Ahorro neto anual</b> | Q. 5 591,25  | Q. 6 221,25  | Q. 7 402,50  |              |

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.1.4. Mermas

Como se analizó en capítulos anteriores, el costo de mermas actualmente es de Q. 30 872,02, estos costos no son tomados en cuenta, y parecieran ser costos ocultos, pero que en realidad generan grandes pérdidas para la empresa. En la siguiente tabla se muestra la reducción de las mermas hasta los 0,5 %, esta es la especificación de los multicabzales propuestos por ambos fabricantes.

Tabla XX. **Merma promedio por presentación y costo total semanal con sistema propuesto**

| <b>Presentación</b>       | Desviación Promedio % | Merma <sup>1</sup> (gramos) | Precio <sup>2</sup> (gramo) | Pérdida Semanal |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|
| Mozarella 200 gramos      | 0,5%                  | 1                           | Q. 0,09                     | Q. 623,29       |
| Mozarella 113 gramos      | 0,5%                  | 0,57                        | Q. 0,13                     | Q. 876,84       |
| Mozarella 400 gramos      | 0,5%                  | 2                           | Q. 0,06                     | Q. 881,15       |
| Mozarella 900 gramos      | 0,5%                  | 4,5                         | Q. 0,05                     | Q. 427,62       |
| Cheese Mix 200 gramos     | 0,5%                  | 1                           | Q. 0,10                     | Q. 224,60       |
| Mix para Pizza 200 gramos | 0,5%                  | 1                           | Q. 0,10                     | Q. 190,05       |
| Mexican Mix 200 gramos    | 0,5%                  | 1                           | Q. 0,10                     | Q. 207,33       |
| Cheddar 115 gramos        | 0,5%                  | 0,58                        | Q. 0,13                     | Q. 194,37       |
| Parmesano 100 gramos      | 0,5%                  | 0,5                         | Q. 0,20                     | Q. 604,71       |
| Parmesano 400 gramos      | 0,5%                  | 2                           | Q. 0,20                     | Q. 570,16       |
| Parmesano 200 gramos      | 0,5%                  | 1                           | Q. 0,16                     | Q. 336,91       |
|                           |                       |                             |                             | Q. 5 137,07     |

1. Merma promedio según peso del paquete

2. Precio de venta de gramo empacado

Fuente: elaboración propia.

A partir de la información de ambas pérdidas semanales se realizó el análisis del flujo de los ahorros por reducción de mermas obtenidos por el proyecto. Este se presenta en la siguiente tabla.

Tabla XXI. **Flujo de ahorros por reducción de mermas**

| <b>Costo</b>             | <b>Año 1</b>    | <b>Año 2</b>    | <b>Año 3</b>    | <b>Año 4</b>    |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Sistema Actual           | Q. 1 605 344,00 | Q. 1 685 611,20 | Q. 1 803 603,98 | Q. 1 929 856,26 |
| Sistema Propuesto (-)    | Q. 267 128,16   | Q. 280 484,58   | Q. 300 118,48   | Q. 321 126,78   |
| <b>Ahorro neto anual</b> | Q. 1 338 215,84 | Q. 1 405 126,63 | Q. 1 503 485,49 | Q. 1 608 729,48 |
| <b>Costo</b>             | <b>Año 5</b>    | <b>Año 6</b>    | <b>Año 7</b>    |                 |
| Sistema Actual           | Q. 2 026 349,07 | Q. 2 147 930,02 | Q. 2 255 326,52 |                 |
| Sistema Propuesto (-)    | Q. 337 183,12   | Q. 357 414,10   | Q. 375 284,81   |                 |
| <b>Ahorro neto anual</b> | Q. 1 689 165,95 | Q. 1 790 515,91 | Q. 1 880 041,70 |                 |

Fuente: elaboración propia.

### **3.3.1.5. Mantenimiento**

Se tomó en cuenta el mantenimiento como parámetro de evaluación, porque presentará un incremento significativo. Actualmente se tiene una asignación presupuestaria de Q. 1 000,00 mensuales para mantenimiento del equipo de empaque al vacío. Esta asignación está prevista para cubrir los repuestos necesarios y renovación del *stock* existente de repuestos.

Con el nuevo sistema el costo mensual de mantenimiento que se programará será de Q. 2 000,00 para cubrir repuestos consumibles y creación y renovación del *stock* permanente.

El flujo de la siguiente tabla presenta este incremento en el costo, que se presenta como negativo por su impacto reductor del beneficio del proyecto.

Tabla XXII. **Flujo de costos de mantenimiento**

| <b>Costo</b>             | <b>Año 1</b>   | <b>Año 2</b>   | <b>Año 3</b>   | <b>Año 4</b>   |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Sistema Actual           | Q. 12 000,00   | Q. 12 600,00   | Q. 13 230,00   | Q. 13 891,50   |
| Sistema Propuesto (-)    | Q. 24 000,00   | Q. 25 200,00   | Q. 26 460,00   | Q. 27 783,00   |
| <b>Ahorro neto anual</b> | - Q. 12 000,00 | - Q. 12 600,00 | - Q. 13 230,00 | - Q. 13 891,50 |
| <b>Costo</b>             | <b>Año 5</b>   | <b>Año 6</b>   | <b>Año 7</b>   |                |
| Sistema Actual           | Q. 14 586,07   | Q. 15 315,37   | Q. 16 081,14   |                |
| Sistema Propuesto (-)    | Q. 29 172,15   | Q. 30 630,75   | Q. 32 162,29   |                |
| <b>Ahorro neto anual</b> | - Q. 14 586,07 | - Q. 15 315,37 | - Q. 16 081,14 |                |

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.2. Análisis final de decisión

Luego de analizar las características de ambos equipos, su costo inicial y los parámetros de decisión, se realizó el análisis de los flujos de ahorros y costos para la toma de decisión final.

Se evaluó el valor descontado al año uno del proyecto de los diferentes flujos de ahorros y costos. Para esta evaluación se utilizaron dos tasas de descuento diferentes: 5,8 % anual para los ahorros de material de empaque, horas extras y mermas, que es la tasa de crecimiento promedio de la producción en el periodo que se evalúa el proyecto. Para la mano de obra y el mantenimiento se utilizó una tasa del 5 % anual, que considera la aumentos de salario y de precios de repuestos por inflación y otros factores que puedan afectar (variaciones del tipo de cambio, aumentos de salario por decreto gubernamental, etc.).

La siguiente tabla muestra el valor actual de los flujos netos del proyecto y los compara con la inversión inicial en ambos casos, obteniendo un valor actual neto para ambas opciones de equipo.

Tabla XXIII. **Análisis financiero del proyecto**

| <b>Valor actuales</b>              | <b>ULMA VTI</b>         | <b>PFM ZENITH</b>       |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| (-) Inversión inicial              | - Q. 2 685 000,00       | - Q. 2 105 000,00       |
| (+) Ahorro material de empaque     | Q. 11 042 563,57        | Q. 11 042 563,57        |
| (+) Ahorro mano de obra            | Q. 2 636 000,00         | Q. 2 636 000,00         |
| (+) Ahorro horas extras            | Q. 28 006,23            | Q. 28 006,23            |
| (+) Ahorro reducción mermas        | Q. 8 881 328,44         | Q. 8 881 328,44         |
| (-) Incremento costo mantenimiento | - Q. 80 000,00          | - Q. 80 000,00          |
| <b>Valor actual proyecto</b>       | <b>Q. 19 822 898,25</b> | <b>Q. 20 402 898,25</b> |

Fuente: elaboración propia.

El análisis de valor actual del proyecto es muy bueno para ambas opciones, ya que se obtendrán ahorros considerables en material de empaque, mano de obra y reducción de mermas.

Con base en la tabla XXIII, se elige el equipo PFM Zenith, ya que la inversión inicial es menor y el valor actualizado del proyecto tiene un retorno mayor al retorno obtenido por el equipo ULMA VTI.

## **4. INSTALACIÓN DEL SISTEMA**

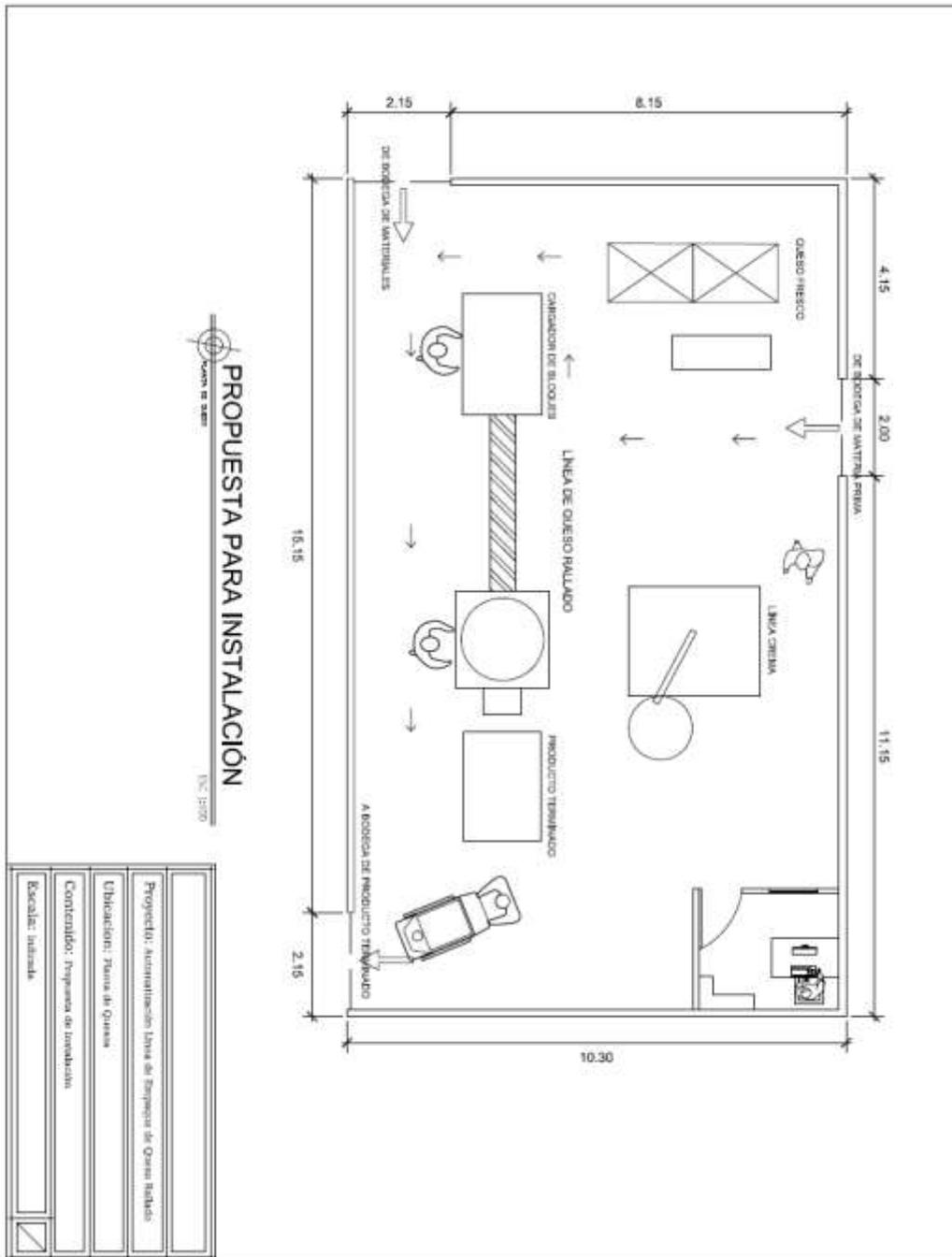
### **4.1. Rediseño de área de empaque para instalación de sistema elegido**

Para la instalación del sistema propuesto es necesaria la reestructuración del área de empaque. Esto implica la movilización de los equipos actual, demolición de prefabricados e instalación de nuevas acometidas de agua y energía eléctrica.

#### **4.1.1. Propuesta para instalación de sistema**

El siguiente plano muestra la propuesta de redistribución de equipos para la instalación. Debido a la eliminación de la estación de cargado manual, se aprovecha ese espacio para la reubicación de otros equipos y adecuar correctamente el área.

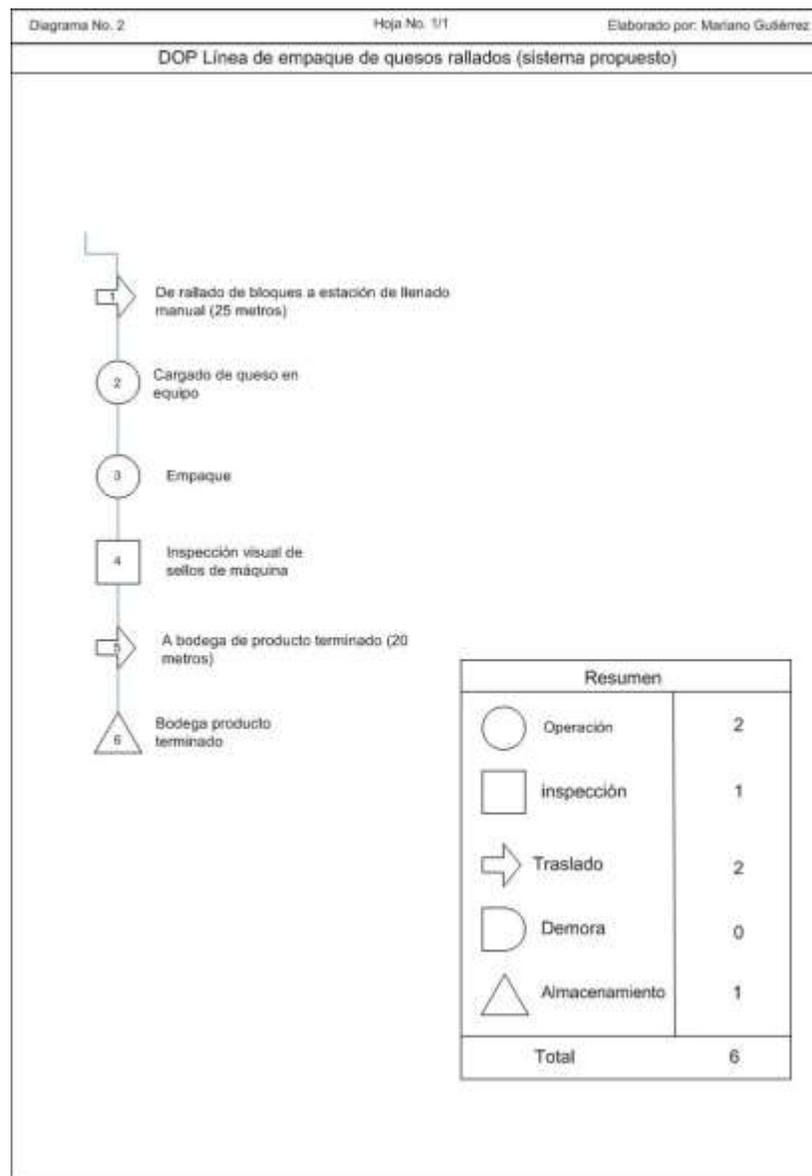
Figura 11. Propuesta redistribución de equipos



Fuente: elaboración propia, con programa de AUTOCAD.

El proceso contará con una menor cantidad de operaciones, como se describió en el capítulo anterior, a continuación se muestra el diagrama de flujo de operaciones del proceso.

Figura 12. **Diagrama de operaciones sistema propuesto**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio.

## **4.2. Asignación de responsables**

El proyecto debe tener encargados responsables de su instalación, seguimiento y operación, que se encarguen de hacer cumplir a cabalidad los requerimientos de producción y mantenimiento para garantizar que los ahorros buscados con la automatización sean alcanzados. Estos responsables serán elegidos entre los empleados actuales, no será necesaria la contratación de ninguna persona para la operación y el seguimiento del proyecto.

Se definirán encargados para las áreas de producción y operación y de mantenimiento e ingeniería.

### **4.2.1. Producción y operación**

Se nombrará a los siguientes encargados:

- Supervisor de línea de empaque: su función será el control diario de los indicadores de seguimiento (definidos más adelante). También será el jefe directo del personal de operación y ayudantes que se asignen a la línea. Estará capacitado en la operación y mantenimiento básico del equipo. Será el mismo supervisor de línea existente.
- Operación: se capacitará a dos personas en la operación y mantenimiento básico, serán encargados de la producción y revisión diaria de los equipos de trabajo y auxiliares. Se capacitará a los mismos operadores del equipo que se descartará.

#### **4.2.2. Mantenimiento e ingeniería**

Se tendrá a los siguientes encargados en los departamentos de Mantenimiento e Ingeniería.

- Supervisor ingeniería: encargado de consolidar la información de los indicadores de seguimiento y analizar su comportamiento para diseñar los planes de producción que optimicen la línea. Se nombrará supervisor de ingeniería al subjefe de mantenimiento actual de la planta, capacitado por el fabricante del equipo.
- Encargados de mantenimiento: se capacitará a dos de los mecánicos actuales en operación y mantenimiento intermedio para que se encarguen de realizar las rutas de mantenimiento semanal y mensual en la línea instalada. Serán encargados de realizar diagnósticos en caso de problemas de índole mayor.

#### **4.3. Cronograma de instalación**

Se estima un tiempo de instalación de 3 semanas, en las que se espera realizar las actividades de retiro de equipos e instalaciones actuales, reacondicionamiento del área para instalación del equipo nuevo, capacitación e inicio de operación. El cronograma se establecería de la siguiente manera:

Tabla XXIV. **Cronograma de instalación**

| <b>SEMANA 1</b>  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza y cambio de ubicación de equipos antiguos</li> </ul>               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demolición de paredes intermedias</li> </ul>                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundición de nuevas cimentaciones</li> </ul>                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de líneas de alimentación equipos antiguos.</li> </ul>               |
| <b>SEMANA 2</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de quipos de crema y queso fresco en nueva ubicación</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de nuevas líneas de insumos para equipo nuevo.</li> </ul>       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de equipo nuevo.</li> </ul>                                     |
| <b>SEMANA 3</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación de personal de operación</li> </ul>                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación de personal de Mantenimiento</li> </ul>                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación de personal de producción.</li> </ul>                          |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibración y ajuste de equipo por cada presentación.</li> </ul>            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrega de equipo de parte del fabricante</li> </ul>                        |

Fuente: elaboración propia.

#### **4.4. Evaluación de insumos necesarios para instalación de equipo**

La instalación del sistema elegido tiene relacionada la instalación de líneas de insumos necesarios para su operación, a continuación se detallan estos insumos.

#### **4.4.1. Energía eléctrica**

El sistema requiere una acometida eléctrica fabricada con tubería de acero inoxidable (grado alimenticio). La alimentación eléctrica debe tener el siguiente requerimiento: 208 - 240 VAC, 3 fases delta, 20 amps, 60 Hz. También se necesita la instalación de una toma a tierra específica para el equipo.

Asimismo, es necesaria la protección de los circuitos de potencia del sistema, por medio de *breakers* de seguridad y baterías de emergencia para el PLC y los servomotores.

#### **4.4.2. Aire comprimido**

El equipo requiere una alimentación constante de aire comprimido para la activación de los sistemas de transporte de film y sellado.

La alimentación mínima debe ser de 6 bar y es necesaria la colocación de una batería de filtros y unidad de mantenimiento a la entrada del equipo, antes del set de válvulas neumáticas. También es necesaria la colocación de un secador de aire a la salida del compresor para atrapar la humedad del aire atmosférico.

Es recomendable la instalación de un tanque de almacenamiento de aire comprimido cerca del equipo en caso de que se tenga compresores de baja capacidad o muy alejados del área de empaque.

#### **4.4.3. Agua**

Es necesario un caudal de 15 m<sup>3</sup>/min de agua a 15 °C para optimizar el funcionamiento de los sistemas de enfriamiento sellado. Este debe ser alimentado por medio de tubería de ½ pulgada de acero inoxidable grado alimenticio.

#### **4.4.4. Ventilación**

Es necesaria una adecuada ventilación en el área de empaque para la correcta evacuación de los gases que puedan generarse por el sistema de sellado. Se recomienda tener un sistema de ventilación que garantice al menos 5 renovaciones por hora.

### **4.5. Plan de mantenimiento preventivo para sistema instalado**

Debe cumplirse un plan de mantenimiento preventivo estricto para controlar los costos derivados de posibles fallos y para mantener el funcionamiento del equipo en un nivel óptimo. Se definirán actividades de mantenimiento preventivo diarias, semanales, mensuales, trimestrales y anuales.

#### **4.5.1. Actividades de mantenimiento preventivo**

- Diarias:
  - Revisión visual de puertas y guardas de seguridad
  - Revisión visual de cadenas, *sprockets* y elementos de transporte
  - Revisión visual de interruptores de seguridad y paros de seguridad.

- Revisión visual de interruptores de encendido y apagado
- Revisión visual de panel de control
- Revisión visual de panel eléctrico
- Revisión visual de panel neumático
- Limpieza básica general del equipo recomendada en el manual de usuario.
- Revisión de barras de sellado
- Revisión de sistemas de corte
  
- **Semanales:**
  - Ruta de lubricación
  - Limpieza de barras de sellado
  - Limpieza de cuchillas de corte
  - Limpieza de sistema de formado de paquetes
  - Prueba de diagnóstico No. 1 en software de equipo
  - Revisión de resistencias de sellado
  - Revisión de mangueras de aire comprimido
  - Cambio cinta de teflón barras de sellado
  
- **Mensuales:**
  - Revisión de cojinetes
  - Revisión de resortes sistema de sellado y corte
  - Revisión de cilindros neumáticos
  - Revisión de panel neumático
  - Revisión de panel eléctrico
  - Limpieza Intermedia de equipo recomendada en manual de usuario.
  - Ajuste de tensión de cadenas y *sprockets*

- Trimestrales:
  - Reemplazo de *kits* de empaques cilindros de sellado
  - Reemplazo de mangueras de aire comprimido defectuosas
  - Revisión de control de caudal de entrada de agua
  - Revisión de batería de filtros de aire comprimido
  - Revisión y reemplazo de válvulas neumáticas defectuosas
  - Revisión y reemplazo de barras de sellado para mantenimiento individual.
  - Reemplazo de goma de contrasello
  - Reemplazo de cuchillas de sellado
  - Revisión de parámetros servomotores
  
- Anuales:
  - Limpieza profunda de equipo recomendada en manual de usuario
  - *Reset* de mantenimiento (software)
  - Reemplazo de batería de PLC
  - Mantenimiento sistema de desembobinado de film
  - Revisión de alineación general del equipo

#### **4.5.2. Inventario básico de repuestos**

Se recomienda mantener un *stock* de repuestos que tenga todos aquellos elementos necesarios para evitar paros prolongados y que no tenga un alto costo. Se recomiendan los siguientes repuestos:

- 1 cinta de teflón de ½ pulgada x 50 metros
- 6 resortes sistema de corte y sellado
- 2 cuchillas de corte
- 2 resistencias de sellado vertical y transversal

- 1 válvula neumática 5/2
- 1 válvula neumática 3/2
- 3 metros de manguera neumática de ¼
- 2 fusibles de 30 amperios
- 1 contactor Siemens
- 1 servomotor
- 2 interruptores de seguridad
- 2 *kits* de empaques para cilindros de sellado
- 2 *kits* de empaques para cilindros de corte
- 10 eslabones de cadena sistema de transporte

#### **4.6. Plan de capacitación para personal de mantenimiento y operación**

El personal a cargo de la nueva área de mantenimiento de los diferentes departamentos deberá conocer bien el equipo para que en conjunto garanticen el óptimo desempeño del mismo.

- Operación: al momento de la instalación el fabricante del equipo capacitará a dos personas de operación, un supervisor de producción y un mecánico en el manejo y operación del equipo base y equipos auxiliares. Las personas capacitadas serán encargadas de transmitir a los demás integrantes del equipo de empaque lo aprendido en dicha capacitación. Durante los primeros seis meses de operación se tendrán visitas técnicas quincenales de parte del fabricante para el seguimiento del arranque del proyecto.
- Mantenimiento: se capacitará a dos personas en mantenimiento general profundo del equipo, con una capacitación básica en la instalación y

capacitaciones quincenales durante los primeros dos meses de operación.

- Supervisión e ingeniería: se realizarán dos cursos de capacitación para el personal de supervisión e Ingeniería. El objetivo será que el fabricante de sus recomendaciones para el control de los parámetros más importantes que permitan optimizar el funcionamiento del sistema.

## **5. SEGUIMIENTO, MEJORA CONTINUA**

Cada departamento involucrado en el proyecto (Ingeniería, Producción y Mantenimiento) debe tener un estricto control sobre ciertos parámetros que permitirán que el sistema tenga un óptimo rendimiento y que así aporte a la empresa los ahorros esperados.

### **5.1. Parámetros de seguimiento y evaluación periódicos**

Se dividirán en dos períodos de evaluación: mensual y semestral. Con seguimiento diario para la realización de ajustes necesarios para mantener el funcionamiento óptimo del equipo. Se deberá llevar una bitácora con aquellos ajustes realizados y la persona encargada.

#### **5.1.1. Mensual**

Al finalizar cada mes se evaluará el comportamiento de los siguientes parámetros y se revisarán las bitácoras semanales de ajuste.

##### **5.1.1.1. Control de peso aleatorio**

Se deberán realizar revisiones aleatorias de peso a la salida de la máquina de empaque. El peso debe no debe estar desviado en más de 1 % del peso en cada presentación.

#### **5.1.1.2. Revisión de resistencia en paquetes**

Esta será una revisión cualitativa. Se revisará la resistencia de los sellos de los paquetes cortando un pequeño tramo de cada uno de los sellos de un paquete y forzándolo manualmente para revisar su resistencia. Esta revisión deberá realizarse una vez cada hora.

#### **5.1.1.3. Control peso entrada vs peso salida**

Por cada lote de producción deberá controlarse el peso de entrada en la banda alimentadora del producto rallado y el peso total empacado para mantener las mermas al nivel mínimo.

#### **5.1.1.4. Control velocidad equipo (producción diaria)**

Esta se controlará en base a la recomendación de velocidad dada por el fabricante y presentada en capítulos anteriores. Deberá trabajarse a la mayor velocidad posible que permita mantener las mermas al mínimo. Se registrará la velocidad de empaque cada hora.

#### **5.1.2. Semestral**

Al finalizar cada semestre se evaluará el comportamiento de los siguientes parámetros y se revisarán las bitácoras semanales y mensuales de ajuste.

#### **5.1.2.1. Consolidado de pesos promedio**

El encargado del Departamento de Ingeniería deberá tener un control consolidado de los pesos diarios. Su función será tener el control de variación mensual para que el proyecto se mantenga dentro de los parámetros deseados.

#### **5.1.2.2. Consolidado de control de pesos de entrada y salida a la línea**

Este control será útil también para evitar desperdicio y pérdidas no solo en el llenado si no en el transporte del producto y cargado de la banda de alimentación.

#### **5.1.2.3. Consolidado de velocidad promedio del equipo**

Este control tendrá como objetivo manejar la evolución de la velocidad del equipo en el tiempo para la programación de los mantenimientos mayores.

#### **5.1.2.4. Consolidado de ahorro de costos semestral**

Se manejará un control de costos comparados con los costos promedio de los últimos seis meses, su objetivo es optimizar al máximo el desarrollo del proyecto.



## **6. MEDIO AMBIENTE**

### **6.1. Beneficios ambientales relacionados**

El proyecto tendrá beneficios ambientales que podrán tomarse en cuenta, entre ellos se puede contar la reducción de material de empaque, la reducción de las pérdidas de materia prima por la reducción de mermas por empaque manual y la reducción de fletes y cartón como empaque de transporte del material de empaque.

#### **6.1.1. Reducción en utilización de materiales de empaque**

Uno de los beneficios mencionados es la reducción de materiales de empaque, la cual incluye no solo material de empaque directo sino también material de empaque secundario.

##### **6.1.1.1. Utilización actual**

Actualmente se tiene un reempaque del 5 % por errores de operario y fallos en equipo. En total se tienen las siguientes pérdidas en metros cuadrados de material de empaque por cada presentación.

Tabla XXV. **Desperdicio total actual**

| <b>Presentación</b>       | <b>Vol Actual<br/>Unidades</b> | <b>Desperdicio<br/>Total M2</b> |
|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Mozarella 200 gramos      | 250 000                        | 273,08                          |
| Mozarella 113 gramos      | 450 000                        | 430,65                          |
| Mozarella 400 gramos      | 260 000                        | 3 861,00                        |
| Mozarella 900 gramos      | 130 000                        | 277,10                          |
| Cheese Mix 200 gramos     | 100 000                        | 109,23                          |
| Mix para Pizza 200 gramos | 95 000                         | 103,77                          |
| Mexican Mix 200 gramos    | 130 000                        | 142,00                          |
| Cheddar 115 gramos        | 90 000                         | 81,65                           |
| Parmesano 100 gramos      | 165 000                        | 104,25                          |
| Parmesano 400 gramos      | 90 000                         | 109,04                          |
| Parmesano 200 gramos      | 95 000                         | 87,59                           |
| <b>TOTAL</b>              | <b>1 855 000</b>               | <b>5 579,35</b>                 |

Fuente: elaboración propia.

Anualmente se desperdician 5 579,35 metros cuadrados de material de empaque.

#### **6.1.1.2. Utilización con sistema elegido**

Con el sistema elegido el reempaque se reducirá a un 0,05 % por ajustes y cambios de presentación, lo cual dará una reducción mostrada en la siguiente tabla.

Tabla XXVI. **Reducción de desperdicio**

| <b>Presentación</b>       | <b>Desperdicio Actual (m2)</b> | <b>Desperdicio Proyecto (m2)</b> | <b>Reducción Anual desperdicio</b> |
|---------------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Mozarella 200 gramos      | 273,08                         | 91,0                             | 182,055                            |
| Mozarella 113 gramos      | 430,65                         | 143,6                            | 287,1                              |
| Mozarella 400 gramos      | 3 861,00                       | 1 287,0                          | 2574                               |
| Mozarella 900 gramos      | 277,10                         | 92,4                             | 184,73                             |
| Cheese Mix 200 gramos     | 109,23                         | 36,4                             | 72,82                              |
| Mix para Pizza 200 gramos | 103,77                         | 34,6                             | 69,179                             |
| Mexican Mix 200 gramos    | 142,00                         | 47,3                             | 94,666                             |
| Cheddar 115 gramos        | 81,65                          | 27,2                             | 54,432                             |
| Parmesano 100 gramos      | 104,25                         | 34,7                             | 69,498                             |
| Parmesano 400 gramos      | 109,04                         | 36,3                             | 72,6948                            |
| Parmesano 200 gramos      | 87,59                          | 29,2                             | 58,3946                            |
| <b>TOTAL</b>              | <b>5 579,35</b>                | <b>1 859,78</b>                  | <b>3 719,57</b>                    |

Fuente: elaboración propia.

Habrá una reducci3n anual de 3 719,57 metros cuadrados de material de empaque.

### **6.1.2. Reducci3n de mermas, optimizaci3n en uso de materia prima**

Tambi3n se tendrán reducciones en las mermas por cargado manual, reduciendo los desperdicios de producto terminado y materia prima.

### 6.1.2.1. Mermas en peso por paquete

La siguiente tabla presenta la reducción en libras de las mermas por el cambio del sistema.

Tabla XXVII. Merma semanal promedio

| Presentación              | Sistema Actual   |                   | Sistema propuesto |                      |
|---------------------------|------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
|                           | Merma Promedio % | Merma Actual (lb) | Merma Promedio %  | Merma Propuesto (lb) |
| Mozarella 200 gramos      | 2,70%            | 79,10             | 1,00%             | 29,30                |
| Mozarella 113 gramos      | 5,40%            | 160,38            | 1,00%             | 29,71                |
| Mozarella 400 gramos      | 2,15%            | 129,21            | 1,00%             | 60,10                |
| Mozarella 900 gramos      | 0,94%            | 35,12             | 1,00%             | 37,18                |
| Cheese Mix 200 gramos     | 2,75%            | 26,86             | 1,00%             | 9,77                 |
| Mix para Pizza 200 gramos | 2,80%            | 23,14             | 1,00%             | 8,26                 |
| Mexican Mix 200 gramos    | 2,25%            | 20,28             | 1,00%             | 9,01                 |
| Cheddar 115 gramos        | 3,91%            | 25,35             | 1,00%             | 6,48                 |
| Parmesano 100 gramos      | 4,00%            | 52,58             | 1,00%             | 13,15                |
| Parmesano 400 gramos      | 1,90%            | 31,40             | 1,00%             | 16,53                |
| Parmesano 200 gramos      | 2,50%            | 22,54             | 1,00%             | 9,01                 |
| <b>Totales</b>            |                  | <b>605,96</b>     |                   | <b>228,50</b>        |

Fuente: elaboración propia.

Actualmente se tienen mermas semanales de 605,96 libras de producto, las cuales se reducirán hasta 228,50 libras.

### 6.1.3. Reducción en insumos relacionados

Adicionalmente se obtendrán ahorros y beneficios ambientales indirectos en los fletes y material de empaque de los rollos utilizados en el equipo de empaque.

#### 6.1.3.1. Cartón (empaque secundario material de empaque)

Se reducirá la utilización del material de empaque secundario, las cajas de cartón.

Tabla XXVIII. Total de cajas material de empaque actual

| Presentación                 | Vol Actual<br>Unidades | Unidades x<br>Caja | Total anual<br>cajas |
|------------------------------|------------------------|--------------------|----------------------|
| Mozarella 200 gramos         | 250 000                | 1 500              | 167                  |
| Mozarella 113 gramos         | 450 000                | 1 500              | 300                  |
| Mozarella 400 gramos         | 260 000                | 1 000              | 260                  |
| Mozarella 900 gramos         | 130 000                | 1 000              | 130                  |
| Cheese Mix 200 gramos        | 100 000                | 1 500              | 67                   |
| Mix para Pizza 200<br>gramos | 95 000                 | 1 500              | 63                   |
| Mexican Mix 200 gramos       | 130 000                | 1 500              | 87                   |
| Cheddar 115 gramos           | 90 000                 | 1 500              | 60                   |
| Parmesano 100 gramos         | 165 000                | 2 000              | 83                   |
| Parmesano 400 gramos         | 90 000                 | 1 500              | 60                   |
| Parmesano 200 gramos         | 95 000                 | 2 000              | 48                   |
| TOTAL CAJAS                  |                        |                    | 1323                 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Total de cajas material de empaque sistema propuesto**

| <b>Presentación</b>       | <b>Vol Actual Unidades</b> | <b>Unidades por rollo</b> | <b>Total Rollos (cajas/anual)</b> |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Mozarella 200 gramos      | 250 000                    | 4 100                     | 61                                |
| Mozarella 113 gramos      | 450 000                    | 4 245                     | 106                               |
| Mozarella 400 gramos      | 260 000                    | 3 113                     | 84                                |
| Mozarella 900 gramos      | 130 000                    | 2 623                     | 50                                |
| Cheese Mix 200 gramos     | 100 000                    | 4 100                     | 24                                |
| Mix para Pizza 200 gramos | 95 000                     | 4 100                     | 23                                |
| Mexican Mix 200 gramos    | 130 000                    | 4 100                     | 32                                |
| Cheddar 115 gramos        | 90 000                     | 4 324                     | 21                                |
| Parmesano 100 gramos      | 165 000                    | 4 800                     | 34                                |
| Parmesano 400 gramos      | 90 000                     | 3 670                     | 25                                |
| Parmesano 200 gramos      | 95 000                     | 3 670                     | 26                                |
| <b>TOTAL</b>              |                            |                           | <b>485</b>                        |

Fuente: elaboración propia.

Con la implementación del nuevo sistema de empaque se utilizará una caja por cada rollo de material de empaque. En total se tendrá una reducción anual de 838 cajas.

### **6.1.3.2. Fletes**

Con base en estudio de utilización actual y proyectada de cajas, y en base a el formato de palletización de cada presentación se calculó el número de contenedores de 20 pies que actualmente se utilizan y el número de contenedores de 20 pies que se espera con el proyecto.

Actualmente en cada pallet (1,20 m x 1,00 m) se colocan tres estibas de 8 cajas, teniendo 24 cajas por cada pallet. Para la una configuración de 20 pallets

en un contenedor de 20 pies, se utilizarían 3 contenedores anuales para la importación del material de empaque.

Con el proyecto en estudio se colocan 22 rollos en cada pallet. Para la configuración de 20 pallets en un contenedor de 20 pies, se utilizará únicamente un contenedor anual para la importación del material de empaque.

Se obtendrá una reducción de dos fletes al año, incluyendo fletes terrestres de la planta de producción a puerto, flete marítimo y flete terrestre de puerto a planta de producción.



## CONCLUSIONES

1. Se realizó un análisis en el Área de Empaque de una planta productora de lácteos, en específico del Área de Empaque de quesos rallados. Se obtuvo varios puntos de atención en los cuáles había oportunidades de mejora:
  - Área de llenado manual: se encontraron mermas significativas en el cargado del queso rallado dentro de los paquetes. Se estimó una pérdida semanal de aproximadamente Q. 30 900,00.
  - Área de empaque: En base a la proyección de ventas para los próximos 6 años se estima que la capacidad de empaque del equipo actual se verá sobrepasada en los primeros seis meses de producción del primer año.
2. Se evaluó el costo actual del Área de Empaque de quesos rallados basados en tres rubros principales: mano de obra, material de empaque y mermas. Se obtuvo un costo semanal aproximado de Q. 271 639,25.
3. Se evaluaron dos sistemas de empaque automatizados, que incluyen un pesador de cabezales llenadores múltiples, uno de fabricación española y uno de fabricación alemana. Ambos sistemas tienen características similares, incluyendo equipos auxiliares. Luego de la evaluación de ahorros en material de empaque y mermas se determinó que el sistema más adecuado era el de fabricación española (ULMA VT1400), ya que este incluye dentro de su costo CIF la instalación y capacitación al personal de parte del fabricante.

4. Se establecieron varios parámetros de control para verificar que los ahorros proyectados fueron los esperados. Estos son recomendados de manera permanente. Los parámetros a evaluar son:
  - Control de peso aleatorio permanente.
  - Revisión de resistencia en paquetes.
  - Control de peso entrada vs peso salida.
  - Control de velocidad de empaque.
  
5. Se deberá realizar un consolidación mensual de los controles de peso y reempaque para cuantificar los beneficios de la instalación del sistema automatizado y mantener un nivel óptimo de utilización de los recursos.
  
6. Se propone el rediseño del área de empaque, redistribuyendo equipos y personal para un mejor aprovechamiento del espacio disponible. En el área actual se propone una mejor distribución de los equipos de empaque de crema, quesos frescos y quesos rallados.
  
7. Se elaboró un cronograma de instalación que incluye la extracción de equipos, el cambio de líneas de alimentación, la demolición de paredes, fundición de cimentaciones para el nuevo equipo, instalación y capacitación a los diferentes niveles operativos. Asimismo, se diseñó un *layout* recomendado para la instalación de la línea de empaque, optimizando el flujo del proceso.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda mantener un estricto control sobre los parámetros establecidos como importantes, así como la permanente revisión de estos parámetros iniciales y la inclusión de otros que pudieran ser importantes en el transcurso del proyecto.
2. Se debe tener un programa de mantenimiento permanente y eficiente, para evitar paros del equipo por motivos que pueden ser tomados en cuenta en el mantenimiento preventivo.
3. Debe tenerse especial atención en la limpieza del equipo ya que cuenta con piezas sensibles a la corrosión y a la suciedad, esto para garantizar el óptimo funcionamiento del mismo.
4. La constante capacitación del personal es de especial importancia, ya que por ser un equipo automatizado es sensible a los daños por mala utilización.
5. Mantener los controles de inventario en constante revisión es importante para la optimización de los costos de empaque, estos deben controlarse para evitar sobreutilización.
6. Es necesario el constante control de la eficiencia del espacio en planta, con la redistribución propuesta se mejorará la utilización del espacio en el área de empaque pero deber controlarse para evitar operaciones innecesarias.



## BIBLIOGRAFÍA

1. BELLADONA BERNAL, Salvador. *Introducción a la tecnología de alimentos*. 2a. ed. México: Limusa, 2005. 148 p. ISBN: 96-818-6368-2.
2. BLOCHER, Edward. *Administración de costos: un enfoque estratégico*. 4a. ed. México: McGraw-Hill, 2008. 728 p. ISBN: 97-897-016646-1.
3. CARDONA ESPINO, Jorge Fernando. *Automatización de máquina llenadora de envases*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ingeniería. 2009. 123 p.
4. CORDON CHACÓN, Marco Alfredo. *Optimización y control por programación lineal de la producción de queso rallado para pizza*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería. 1995. 143 p.
5. DÍAS MONTES, María Fernanda. *Manual del ingeniero de alimentos*. Colombia: D'vinni, 2007. 483 p. ISBN: 95-882-0323-6.
6. INDA CUNNINGHAM, Arturo Enrique. *Optimización de rendimiento y aseguramiento de inocuidad en la industria de quesería: una guía en la pequeña y mediana empresa*. Guatemala: Piedra Santa, 2000. 157 p. ISBN: 338-1714-138.

7. JURADO GODOY, Oscar. *Diseño de un plan de mantenimiento productivo total para una máquina empacadora de cereales*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería. 2007. 205 p.
8. MADRID VICENTE, Antonio. *Curso de industrias lácteas*. España: Mundi-Prensa Libros, 1996. 604 p. ISBN: 47-016-0759-2.
9. PAREDES BRIONES, Berny. *Automatización del proceso de llenado de mermelada*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ingeniería. 2001. 95 p.
10. SOTO MORA RICCI, Roberto. *La organización del empaque*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería. 1980. 123 p.
11. TORIBIO ORANTES, Eddy Ricardo. *Diseño electro neumático para la automatización de máquina de termoformado*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ingeniería. 2006. 83 p.