

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



### **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“DISEÑO DE UN TRANSPORTADOR DE DISTRIBUCIÓN POR ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO DEL PROCESO DE EMBOLSADO DE PANETONES PARA REDUCIR COSTOS OPERATIVOS EN EMPRESAS DEL SECTOR PANIFICADOR”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO**

**ELABORADO POR:**

**JUAN PABLO VIRREYRA TRIGUEROS**

**ASESOR:**

**MSc. BERNABÉ TARAZONA BERMUDEZ**

**LIMA – PERÚ**

**2023**

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación comprende el diseño de un transportador de distribución por accionamiento neumático para reducir los costos operativos en el proceso de embolsado de panetones en empresas del sector panificador.

Los panetones son productos alimenticios procesados para el consumo humano, se caracterizan por ser elaborados y comercializados durante los últimos meses del año, fechas en las cuales la demanda del producto aumenta. El proceso de elaboración y embolsado de panetones posee etapas ejecutadas manualmente por personal operador, lo cual, eleva los costos operativos por mano de obra interna contratada, así como también, arriesga la inocuidad alimentaria de estos productos.

El diseño del transportador de distribución por accionamiento neumático propuesto en la investigación se fundamenta en las características requeridas por la unidad de investigación, en cuanto a su capacidad de producción de línea, las características del producto a transportar y las características del medio en el cual se operará el transportador. Asimismo, se realiza el análisis sobre el diseño del transportador de bandas y el sistema neumático de accionamiento, la selección de componentes del sistema y el proceso de implementación en campo.

El estudio abarca un análisis costo/beneficio de la inversión requerida para la implementación del diseño propuesto. Al sustituir parcialmente el proceso manual de embolsado por un proceso automatizado, se reduce el costo operativo por mano de obra interna. La sustitución del proceso genera en la organización ahorro económico debido a la reducción del costo operativo, representando a su vez, el beneficio de la inversión ejecutada.

Palabras claves: panetón, transportador de bandas, inocuidad alimentaria, costo operativo, sistema neumático.

## ABSTRACT

The current research includes the design of a distribution conveyor by pneumatic drive to reduce operating costs in the process of bagging panettone in companies in the bakery industry.

Panettones are processed food products for human consumption, they are typically made and marketed during the last months of the year, dates in which market demand increases. The process of making and bagging panettone has stages executed manually by operating staff, which raises operating costs for internal hired labor, as well as risks the food safety of these products.

The design of the pneumatic drive distribution conveyor proposed in the research is based on the characteristics required by the research unit, in terms of its line production capacity, the characteristics of the product transported and the characteristics of the medium the transporter will operate. Likewise, the analysis is conducted on the design of the belt conveyor and the pneumatic drive system, the selection of system components and the field implementation process.

The research includes a cost/benefit analysis of the investment required for the implementation of the proposed design. By partially substituting the manual bagging process for an automated process the operating cost for internal labor is reduced, which means for the organization economic savings due to the reduction of the operating cost. It means to the organization the benefit of the investment made.

Key words: Panettone, belt conveyor, food safety, operating cost, pneumatic system.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	II
ABSTRACT .....	III
ÍNDICE .....	IV
PRÓLOGO .....	1
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Generalidades .....	3
1.2 Descripción del problema de investigación.....	4
1.3 Objetivo del estudio .....	9
1.3.1 Objetivo general .....	9
1.4 Antecedentes investigativos .....	10
1.4.1 Investigaciones internacionales .....	10
1.4.2 Investigaciones nacionales .....	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	15
2.1 Marco teórico .....	15
2.1.1 Transportador de bandas .....	15
2.1.2 Banda transportadora.....	16
2.1.3 Motores eléctricos .....	17
2.1.4 Reductor de velocidad.....	19
2.1.5 Poleas de bandas transportadoras.....	20
2.1.6 Sistemas neumáticos .....	23
2.1.7 Costos operativos.....	25
2.2 Marco conceptual .....	26
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES...27	
3.1 Hipótesis general .....	27
3.2 Operacionalización de variables .....	27
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....28	
4.1 Tipo y diseño de la investigación .....	28
4.1.1 Tipo de investigación.....	28

4.1.2	Diseño de la investigación.....	29
4.1.3	Unidad de análisis .....	29
4.2	Matriz de consistencia .....	30
CAPÍTULO V: DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....		31
5.1	Estado situacional.....	31
5.2	Recolección de datos.....	33
5.3	Procesamiento de la información.....	38
5.3.1	Diseño de transportador lineal .....	38
5.3.2	Diseño del distribuidor de panetones .....	57
5.3.3	Diseño del sistema de descarga de panetones.....	61
5.3.4	Diseño del sistema de accionamiento neumático .....	62
5.3.4	Evaluación de propuestas económicas para la fabricación.....	63
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		67
6.1	Fabricación e implementación de propuesta en línea productiva ...	67
6.2	Evaluación económica de implementación de propuesta .....	69
6.3	Puesta en marcha en línea - Pruebas de control de calidad.....	70
6.4	Contrastación de la Hipótesis .....	72
CONCLUSIONES .....		73
RECOMENDACIONES.....		74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		76
ANEXOS .....		79

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Esquema de elaboración de panetones.....	4
Figura 1.2	Traslado e introducción de panetones a su empaque final.....	5
Figura 1.3	Causas de los incidentes laborales que tuvieron los trabajadores en catorce ciudades del Perú.....	8
Figura 1.4	Percepción de la responsabilidad de los incidentes laborales que tuvieron los trabajadores en catorce ciudades del Perú.....	9
Figura 2.1	Banda transportadora de perfil bajo.....	15
Figura 2.2	Motor eléctrico.....	18
Figura 2.3	Reductor de velocidad.....	20
Figura 2.4	Polea de cabeza.....	21
Figura 2.5	Diagrama básico de un sistema neumático.....	25
Figura 5.1	Etapas del proceso de elaboración y embolsado de panetones en unidad de análisis.....	31
Figura 5.2	Tareas de la etapa de embolsado de panetones.....	32
Figura 5.3	Tarea de embolsado manual de panetones.....	33
Figura 5.4	Zona de embolsado de panetones.....	37
Figura 5.5	Transportador de banda lineal.....	39
Figura 5.6	Transportador de banda lineal inclinada.....	39
Figura 5.7	Esquema paso-a-paso para el diseño del transportador.....	41
Figura 5.8	Diagrama de cuerpo libre-Panetón/Transportador.....	43
Figura 5.9	Esquema de propuesta de transportador de banda.....	45
Figura 5.10	Longitudes de polín-eje de retorno.....	47
Figura 5.11	Diagrama de cuerpo libre - Polea motriz.....	49
Figura 5.12	Esquema de fuerzas y resultante de fuerzas-Polea motriz.....	52

Figura 5.13	Esquema de fuerzas y resultante de fuerzas-Polea tensora.....	54
Figura 5.14	Estructura metálica de sistema distribuidor de panetones.....	58
Figura 5.15	Mecanismo de movimiento de placas metálicas.....	59
Figura 5.16	Estructura propuesta-Sistema de descarga de panetones.....	61
Figura 5.17	Esquema de accionamiento neumático.....	63
Figura 6.1	Transportador de distribución neumática de panetones.....	67
Figura 6.2	Sistema de distribución de panetones por accionamiento neumático.....	68
Figura 6.3	Sistema de descarga de panetones por accionamiento neumático.....	68
Figura 6.4	Prueba control de calidad de operatividad de transportador.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Ingreso promedio mensual de la población ocupada por ramas de actividad.....6	6
Tabla 1.2	Costos laborales no salariales en empresas del sector privado como porcentaje del salario referencial.....6	6
Tabla 2.1	Tabla de designación de bandas transportadoras según características.....16	16
Tabla 4.1	Matriz de consistencia.....30	30
Tabla 5.1	Cálculo de personal operador requerido por día.....32	32
Tabla 5.2	Cumplimiento de producción por turno.....34	34
Tabla 5.3	Control de tiempo neto de producción.....35	35
Tabla 5.4	Histórico de gasto operativo por personal interno.....36	36
Tabla 5.5	Comparativo de materiales de bandas transportadoras.....42	42
Tabla 5.6	Comparativo de bandas transportadoras-Inclinación máxima..43	43
Tabla 5.7	Factor de fricción según tipo de banda-componente.....46	46
Tabla 5.8	Resumen de componentes seleccionados - Transportador de banda.....57	57
Tabla 5.9	Resumen de componentes seleccionados - Distribuidor de panetones.....60	60
Tabla 5.10	Resumen de componentes seleccionados - Descarga de panetones.....62	62
Tabla 5.11	Propuesta económica - Fabricación de estructura del transportador.....63	63
Tabla 5.12	Propuesta económica - Suministro de banda transportadora...63	63



Tabla 5.13	Propuesta económica - Suministro de cilindros neumáticos/accesorios.....	63
Tabla 5.14	Propuesta económica - Fabricación de guardas de seguridad.....	64
Tabla 5.15	Propuesta económica - Fabricación de tablero de control automático.....	65
Tabla 5.16	Resumen de propuesta económica.....	66
Tabla 6.1	Evaluación económica - Implementación de transportador de panetones.....	69

## PRÓLOGO

El presente trabajo de investigación consiste en el diseño de un transportador de distribución por accionamiento neumático del proceso de embolsado de panetones para reducir los costos operativos en empresas del sector panificador.

La investigación consta de seis capítulos, los cuales serán descritos a continuación:

El capítulo I, describe las generalidades presentes en el marco contextual del trabajo de investigación. Describe la problemática relacionada a la ejecución manual del proceso de embolsado de panetones en industrias del sector alimenticio, lo cual influye en los costos operativos por mano de obra interna, la inocuidad alimentaria de estos productos y la seguridad en el trabajo.

Asimismo, se presenta el objetivo del estudio del presente trabajo de investigación. Finalmente, se presentan antecedentes internacionales y nacionales relacionados con el tema de investigación, con la finalidad de ser estudiados para el desarrollo del presente trabajo.

En el capítulo II, en el marco teórico, se describen los conceptos científicos y técnicos relacionados al diseño de transportadores de bandas y sus componentes, aplicación de sistemas neumáticos y los costos operativos involucrados en la elaboración de bienes y prestación de servicios. Asimismo, en el marco teórico conceptual, se especifican y definen términos especializados, relacionados al tema de investigación.

En el capítulo III, se desarrolla la hipótesis formulada en la investigación, las variables dependiente e independiente y los indicadores relacionados.

En el capítulo IV, se desarrolla la metodología de la investigación, así como también el tipo y diseño de la investigación. Asimismo, se describe la unidad de análisis en la cual se desarrolla la investigación del presente trabajo.

Finalmente se presenta la matriz de consistencia, la cual, sintetiza el análisis metodológico del presente trabajo.

En el capítulo V, se muestra el desarrollo del trabajo de investigación. Se describe el estado situacional de la unidad de análisis, se explica el proceso de elaboración y embolsado de panetones. Asimismo, se muestran los datos recolectados de la unidad de análisis, para posteriormente, ser analizados y procesados con la finalidad de ser utilizados para el diseño y desarrollo de los sistemas principales del transportador de distribución.

En el capítulo VI, se desarrolla el análisis de la implementación del transportador y se discuten los resultados obtenidos. Se analiza el proceso de fabricación e implementación en la línea de producción de panetones. Asimismo, se evalúa la inversión requerida, la tasa de retorno de la inversión y el tiempo requerido por la unidad de análisis para obtener ahorro proveniente de la implementación del transportador. Se desarrolla la contrastación de la hipótesis, con el objetivo de determinar si la hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación es verdadera o falsa.

Las conclusiones y recomendaciones son presentadas para finalizar el presente trabajo de investigación. Asimismo, se presentan las referencias bibliográficas y anexos utilizados para el desarrollo del presente trabajo.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 Generalidades**

En el año 2021, Perú se posicionó como uno de los países con mayor consumo per cápita de panetón. Durante el mismo año, en Perú se consumió en promedio 1,1 kg de panetón por persona y de acuerdo con la Asociación de Exportadores del Perú (ADEX), la exportación de panetones alcanzó un valor aproximado de US\$ 4 435 000. Estados Unidos, Chile, Bolivia y Japón fueron los principales importadores de panetones y, en total, se exportó el producto alimenticio a un total de 20 mercados extranjeros. Se proyecta que, en el año 2022, el mercado de elaboración y venta de panetones en Perú aumente entre 3% a 4%, por lo cual, es un mercado en constante crecimiento.

La elaboración de panetones comprende diversas etapas, las cuales son ejecutadas manualmente por personal operador. La demanda de panetones en el Perú se encuentra en crecimiento, por lo cual, las empresas requieren incrementar la capacidad de producción de sus líneas productivas, en consecuencia, la capacidad productiva de la mano de obra interna contratada debe incrementar para cubrir el aumento de la demanda.

El presente trabajo de investigación comprende el diseño de un transportador de distribución por accionamiento neumático, que elimina parcialmente el proceso manual de embolsado de panetones. La finalidad del presente trabajo de investigación es reducir los costos operativos por mano de obra interna, mediante la implementación del diseño propuesto. Asimismo, el diseño estará en la capacidad de cubrir el aumento de la demanda de producción para futuras campañas anuales de panetones, si así lo requiera la unidad de análisis.

La existencia de procesos manuales en la elaboración de panetones, arriesga la seguridad alimentaria del producto. De igual manera, el factor humano

existente en los procesos manuales aumenta la probabilidad de ocurrencia de accidentes. La eliminación de procesos manuales en la línea de elaboración de panetones eliminan los factores mencionados, los cuales exponen la productividad a eventuales pérdidas de capacidad en las empresas. En consecuencia, se reducen los costos operativos de las organizaciones, lo cual es la finalidad del presente trabajo de investigación.

El trabajo de investigación es un modelo de referencia para la elaboración de estudios relacionados a la automatización de procesos manuales en el embolsado de panetones. El proceso mencionado, a nivel industrial, si bien es similar en su gran mayoría, la aplicación para cada caso particular debe ser analizado en diferentes características, como la capacidad de producción de la línea, características del entorno y del producto, y la evaluación técnico-económica de la implementación del diseño.

## 1.2 Descripción del problema de investigación

La campaña de elaboración de panetones a nivel industrial es ejecutada en el periodo comprendido entre los meses de junio y diciembre, aproximadamente 7 meses [14]. Sin embargo, las etapas del proceso que se desarrolla en la elaboración de panetones, los cuales, se muestran en la Figura 1.1, se realizan manualmente, lo cual, genera riesgos para la salud de los trabajadores, riesgos en la producción de panetones y riesgos en la productividad de las organizaciones [21].

**Figura 1.1** - Esquema de elaboración de panetones



**Fuente:** Saavedra et al., (2017). Determinación de parámetros óptimos en la elaboración de panetón sustituido parcialmente con harina de banano

Estas etapas del proceso realizados manualmente son ejecutadas por técnicos operadores, siendo el proceso de embolsado una de las etapas donde existe mayor intervención manual. Para la etapa de embolsado, los panetones son trasladados desde el final de la línea de enfriado a la zona de empacado, donde son introducidos en empaques plásticos, para luego sellarse herméticamente, tal como se muestra en la Figura 1.2. Al no existir un método por el cual se trasladen los panetones entre estos puntos, como, por ejemplo, cintas transportadoras o transportadores modulares, es necesaria la intervención humana, para lo cual, las organizaciones incrementan su mano de obra interna durante el periodo de elaboración de panetones.

**Figura 1.2** - Traslado e introducción de panetones a su empaque final



**Fuente:** Planta de elaboración de panetones Ate-Vitarte (2022). Traslado e introducción de panetones a su empaque final

La contratación del personal requerido en el proceso de elaboración de panetones genera un impacto en los costos operativos de las organizaciones. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el ingreso promedio mensual de la población ocupada por actividad manufacturera en el trimestre junio-julio-agosto en Lima Metropolitana durante el 2021, fue de S/ 1 539.80 al mes [12], tal como se observa en la Tabla 1.1. El ingreso percibido por el personal es el costo laboral que las organizaciones asumen por la contratación del personal para el requerimiento de su producción.

**Tabla 1.1** - Ingreso promedio mensual de la población ocupada por ramas de actividad

Año/ Trimestre móvil	Total	Ramas de Actividad			
		Manufactura	Construcción	Comercio	Servicios
<b>2021</b>					
Nov-Dic20-Ene21	1 576,0	1 449,9	1 711,8	1 176,7	1 723,4
Dic20-Ene-Feb21	1 538,3	1 441,2	1 707,3	1 167,1	1 670,6
Ene-Feb-Mar	1 552,0	1 431,5	1 690,0	1 154,6	1 702,2
Feb-Mar-Abr	1 557,2	1 480,1	1 644,2	1 104,9	1 720,2
Mar-Abr-May	1 558,4	1 490,6	1 648,9	1 129,3	1 712,8
Abr-May-Jun	1 568,5	1 501,8	1 633,8	1 119,5	1 743,3
May-Jun-Jul	1 590,0	1 543,7	1 660,8	1 161,5	1 751,6
Jun-Jul-Ago	1 601,3	1 539,8	1 618,1	1 178,7	1 776,0

**Fuente:** Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2021). Situación del mercado laboral en Lima Metropolitana

Adicional al monto mencionado en el párrafo anterior, las organizaciones contraen responsabilidades derivadas de la normativa vigente [9], amparadas por la Constitución Política del Perú de 1993, siendo estos beneficios: gratificaciones, seguro de salud, compensación por tiempo de servicio, vacaciones, asignación familiar, entre otros. El conjunto de estos beneficios sociales denominados "costos laborales no salariales" representan para las empresas un aumento en el costo operativo, tal como se observa en la Tabla 1.2:

**Tabla 1.2** - Costos laborales no salariales en empresas del sector privado como porcentaje del salario referencial

Concepto	Régimen General Laboral	Régimen de Pequeña Empresa	Régimen de Micro Empresa
Gratificación	17.3%	8.3%	-
CTS	10%	4.9%	-
Seguro de Salud	9.3%	9%	0.8%
Seguro de Vida	0.6%	0.6%	-
SENATI	0.8%	-	-
Asignación familiar	3.8%	-	-
Vacaciones	8.6%	4.2%	4.2%
<b>Total</b>	<b>50.4%</b>	<b>27.0%</b>	<b>5.0%</b>

**Fuente:** Organización Internacional del Trabajo - OIT (2018). Remuneraciones, costos extrasalariales y renta imponible en los países andinos

Los costos operativos involucrados en la contratación de personal representan para la empresa 50,4% adicional al ingreso bruto del empleado, considerando el régimen general laboral. De acuerdo con la Tabla 1.2, durante el trimestre junio-julio-agosto del 2021, el costo por empleado ascendió a S/ 2 315,86 mensual, lo que corresponde un costo total por campaña de S/ 13 895,16 por cada empleado contratado.

Asimismo, la contratación de personal para la ejecución de procesos manuales genera un aumento en el riesgo de contaminación cruzada en la elaboración de panetones. De acuerdo con datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), al año 2020, la tasa mundial de enfermedad adquirida por falta de inocuidad en los alimentos fue de 600 millones de personas (1 de cada 10 habitantes) [18]. Una de las principales causas de enfermedad adquirida por falta de inocuidad en alimentos es la manipulación del producto durante su elaboración. El factor humano involucrado en el proceso de elaboración y almacenamiento de panetones arriesga el cumplimiento de los estándares de seguridad alimentaria.

Finalmente, la carencia de procesos automatizados en la producción industrial de alimentos genera en las organizaciones la necesidad de contratar capital humano, bajo el riesgo de ocurrencia de accidentes. El factor humano en la industria es una de las causas principales de la ocurrencia de accidentes en el trabajo. De acuerdo con la Figura 1.3, los accidentes laborales ocurren por motivos derivados de actitudes del ser humano como distracción, preocupación, entre otros.



**Figura 1.3** - Causas de los incidentes laborales que tuvieron los trabajadores en catorce ciudades del Perú



**Fuente:** CH R Mejía et al. (2019). Incidentes laborales en trabajadores de catorce ciudades del Perú: Causas y posibles consecuencias

De acuerdo con la Figura 1.4, la percepción de la responsabilidad por accidentes laborales se encuentra relacionado con actitudes propias del ser humano, originando una tasa de ocurrencia de accidentes del 46,2%. Además, los accidentes laborales generan pérdidas económicas para las organizaciones [16] como, por ejemplo, paralización de actividades económicas y/o multas administrativas. La falta de automatización de líneas productivas aumenta el riesgo de accidentes, en la medida en que se requiera mayor mano de obra interna para la ejecución de actividades manuales.

**Figura 1.4** - Percepción de la responsabilidad de los incidentes laborales que tuvieron los trabajadores en catorce ciudades del Perú.



**Fuente:** CH R Mejía et al. (2019). Incidentes laborales en trabajadores de catorce ciudades del Perú: Causas y posibles consecuencias

Por lo tanto, la formulación del problema del presente trabajo de investigación corresponde a la siguiente pregunta: ¿En qué medida la ejecución de actividades manuales en el proceso manual de embolsado de panetones afecta negativamente a los costos operativos en empresas del sector panificador?

### 1.3 Objetivo del estudio

#### 1.3.1 Objetivo general

Diseñar un transportador de distribución por accionamiento neumático del proceso de embolsado de panetones, para reducir los costos operativos en empresas del sector panificador.

## 1.4 Antecedentes investigativos

### 1.4.1 Investigaciones internacionales

- **Amigo, O.; Lagos, P. y Muñoz C. (2013)** en su tesis de grado "Diseño de cinta transportadora Intralox para Pesquera Bahía Caldera S.A." [1], presenta como objetivo el diseño de un transportador de grado alimenticio para la pesca pelágica con tratamiento de frío proveniente de la captura de una flota industrial.

Los autores detallan alternativas en el diseño y selección de las cintas, entre los cuales mencionan las cintas textiles o de goma, modulares, planas y metálicas.

La evaluación realizada para la selección del tipo de cinta fue basada en el tipo de aplicación y criterios de diseño para cintas transportadoras, tales como aplicabilidad a la industria alimentaria, costo, resistencia al desgaste, vida útil, entre otros.

Asimismo, los autores realizan un estudio de ventajas y desventajas entre las alternativas con mayor ponderación en la evaluación mencionada en el párrafo anterior. Criterios como higiene, fatiga de la banda, seguridad, mantenimiento, entre otros, fueron utilizados para la selección de la cinta transportadora.

Finalmente, los autores mencionan que la utilización de este método de transporte para productos alimenticios beneficia a las empresas en los siguientes aspectos: menor número de operadores técnicos, tiempos de reparación cortos y lapsos prolongados entre mantenimientos preventivos, costo por operación reducido e independencia entre equipos de la línea de producción.

- **Bayas Calero, M. (2020)** en su tesis de grado "Análisis de los procesos productivos y su incidencia en la prevención de accidentes laborales en industrias grandes y medianas, procesadoras de productos lácteos en los

cantones Quito Rumiñahui y Mejía" [3], presenta como objetivo analizar los procesos productivos, en industrias medianas y grandes, procesadoras de productos lácteos y su incidencia en la prevención de accidentes laborales, proponiendo alternativas de solución para reducir dicha tasa de incidencia.

El autor realizó un estudio mixto, descriptivo, transversal y de campo en diversas empresas, en el cual determinó que uno de los principales problemas que inciden de manera directa en los accidentes laborales, es la existencia de procesos manuales.

Asimismo, indica que, el factor humano en los procesos productivos es el factor predominante en la ocurrencia de accidentes. Finalmente, propone el cambio de procesos manuales a procesos automatizados, disminuyendo la probabilidad de incidencia de accidentes.

- **Beunza Navarro, I. (2018)** en su trabajo especial de grado "Automatización de una línea de montaje con cinta transportadora" [4], presenta como objetivo el diseño de una línea de montaje de un transportador de banda, enfocándose en dos sistemas principales que gobiernan el funcionamiento del transportador: el sistema mecánico y el sistema eléctrico/electrónico.

El autor realizó, para el diseño de los sistemas del transportador, un análisis para la selección de cada componente mecánico, eléctrico y de control del sistema, considerando la aplicación de la norma ISO 13849-1:2006, el cual proporciona directivas sobre la seguridad en maquinarias y principios generales para el diseño, relativos a la seguridad.

El autor consideró, para su diseño propuesto, componentes y funciones fundamentales para la seguridad del equipo, los operadores e infraestructura, tales como: pulsador de parada de emergencia, cuadro eléctrico con grado de protección IP66, interruptor termomagnético y diferencial, y conectores con grado de protección IP20. Al implementar los componentes mencionados al sistema eléctrico y de control, el diseño

elaborado por el autor proporciona barreras de seguridad que reducen la probabilidad de ocurrencia de accidentes.

#### 1.4.2 Investigaciones nacionales

- **Villacorta Corcuera, M. (2019)** en su tesis de grado "Diseño de una faja transportadora de 150 m para 60 t/h de Bagazo de Caña de Azúcar" [26], presenta como objetivo el diseño de una faja transportadora de 150 m de longitud, para transporte de bagazo de caña de azúcar a una capacidad de 60 t/h en una empresa del sector agroindustrial utilizando el método de la Asociación de Fabricantes de Equipos Transportadores ("CEMA", por sus siglas en inglés).

Para el diseño de este transportador, el autor considera los siguientes parámetros de entrada: capacidad de transporte requerida, material a transportar, altura y longitud de faja. La información mencionada anteriormente es solicitada por la metodología CEMA.

Utilizando esta metodología, se determinan los parámetros necesarios para el diseño (ancho de faja, dimensiones de polines, dimensiones de polea motriz y de cola, potencia de accionamiento y estructura). Asimismo, apoyándose en herramientas modernas para realizar un estudio estructural del diseño elaborado mediante análisis de elementos finitos, se determina el factor de seguridad del diseño, con lo que se concluye que la viabilidad del transportador es aceptable.

- **Bustamante Tello, L. (2018)** en su tesis de grado "Diseño de un sistema automatizado en la etapa de ensacado para incrementar la productividad en la empresa MOLISAM I E.I.R.L." [6], presenta como objetivo incrementar la productividad en el proceso de ensacado de arroz a través del diseño de un sistema automatizado. El sistema comprende de un subsistema de transporte por fajas transportadoras y un subsistema de llenado y cosido de sacos.

El autor realiza un análisis inicial de la productividad de la unidad de análisis de su investigación, específicamente, el proceso manual de ensacado. Evalúa la productividad de la mano de obra y su eficiencia, así como el pago de salarios por operadores. En el análisis realizado, el autor sustenta la existencia de baja productividad debido al ausentismos en el personal operador, tiempos empleados en procesos manuales y tiempos muertos del operador.

Una vez evaluada la situación de los indicadores de productividad, el autor propone el diseño de un sistema automatizado, iniciando por la descripción de una secuencia lógica para el proceso de ensacado, continuando por el diseño estructural, apoyado de un software de diseño y análisis estructural, finalizando en los mecanismos de automatización y la definición de la lógica programable.

Finalmente, el autor realiza un análisis costo-beneficio para determinar la rentabilidad del proyecto, obteniendo resultados favorables para la organización. Implementado el proyecto de automatización del proceso de ensacado, se incrementó la productividad de línea en 91,61%, se redujo el tiempo ocioso en 47,78% y se obtuvo una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 314%.

- **Paz Salazar, R.; Valerio Broncano, D. (2019)** en su tesis de grado "Diseño de un transportador electromecánico recto de una hilera con banda para botellas con bebidas gasificadas." [20], presentan como objetivo el diseño de un transportador electromecánico, utilizando un método esquematizado para el cálculo y selección de componentes de los 3 principales sistemas que conforman el transportador electromecánico: la banda transportadora, la estructura del transportador y el sistema eléctrico y de control.

Los autores proponen, para el cálculo y selección de componentes de cada sistema, un esquema detallado de pasos a seguir para obtener la elección óptima de componentes por cada sistema. Inician por la selección de la

banda transportadora, en función de los parámetros de operación requeridos por la línea de envasado de bebidas gasificadas. El siguiente paso en su esquema es el diseño de la estructura del transportador, en función de los esfuerzos calculados por los parámetros de operación. Su esquema finaliza con el diseño del sistema eléctrico y de control del transportador.

Finalmente, para el cálculo y diseño de la estructura del transportador, los autores realizaron una simulación de análisis estructural, utilizando un software de diseño asistido por computadora CAD, con la finalidad de corroborar el cálculo y selección de componentes de la estructura y garantizar su seguridad estructural.

## CAPÍTULO II

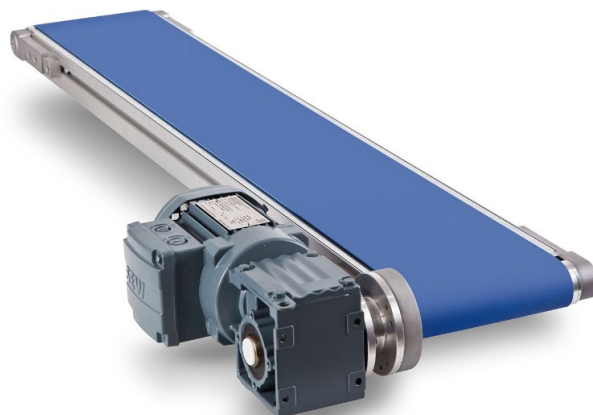
### MARCOS TEÓRICO Y CONCEPTUAL

#### 2.1 Marco teórico

##### 2.1.1 Transportador de bandas

Según el Estándar B20.1 "Estándar de Seguridad para Transportadores y Equipos Relacionados" [25] de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos ASME (2021), los transportadores son dispositivos dispuestos en diferentes configuraciones (verticales, horizontales o inclinados) diseñados con el fin de transportar o movilizar, de puntos distintos, materiales, objetos o pasajeros. Particularmente, los transportadores de bandas son aquellos dispositivos que utilizan un material flexible (tela, caucho, cuero, etc.) como superficie de contacto directo para el transporte. Los transportadores de bandas utilizan, como sistema de conducción y dirección, polines distribuidos a lo largo del transportador que, a su vez, mantienen la tensión sobre la banda flexible. De acuerdo con la figura 2.1, observamos la configuración básica de un transportador de banda.

**Figura 2.1** - Banda transportadora de perfil bajo



**Fuente:** IRP Intralogística (2018). Transportadores



### 2.1.2 Banda transportadora

Según la guía de ingeniería de Hasabit AG (2011) [10] "Cintas Transportadoras con Estructura de Tejido", las bandas transportadoras, también conocidas como cintas o correas, es uno de los componentes principales de un transportador de bandas, cumpliendo la función de transportar los materiales/productos de un punto inicial a un punto final. Este componente está diseñado para soportar los esfuerzos ejercidos por los elementos tensores del transportador, así como también el desgaste superficial que ejerce el material a transportar. Las bandas transportadoras están constituidas por 2 componentes principales:

- Tejido interior, con alto grado de resistencia mecánica, cuya función es soportar los esfuerzos ejercidos por los componentes tensores.
- Recubrimiento exterior, con alto grado de resistencia a la erosión, cuya función es soportar la erosión causada por el contacto con el material a transportar.

Para la selección del tipo de banda transportadora a emplear se toman en cuenta los siguientes criterios:

- Características del material a transportar

Dependiendo de las características físicas y químicas del material a transportar, las cintas deben poseer propiedades que otorguen confiabilidad a la operación de los transportadores, para lo cual se encuentran catalogadas a nivel comercial, de acuerdo con la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1** - Tabla de designación de bandas transportadoras según características

Designación	Características de la banda
E	Propiedades antiestáticas
K	Propiedades antiestáticas y resistencia a la llama
S	Resistencia a la llama con o sin propiedades antiestáticas
T	Resistencia al calor
R	Resistencia al frío
G	Resistencia a la presencia de grasa y aceite
A	Apto para el transporte de alimentos
C	Destinada al transporte de productos químicos

**Fuente:** Hasabit AG (2011). Cintas Transportadoras con Estructura de Tejido

- Carga ejercida por material a transportar (peso)

El esfuerzo que ejerce el material a transportar determina las características del tipo de banda a utilizar. La banda transportadora está sometida a un esfuerzo de tracción debido a la fricción generada por el peso de la carga a transportar y la masa total de la banda. En la Ecuación 2.1, se observa la expresión para el cálculo del esfuerzo de tracción que se ejerce sobre la banda transportadora.

$$F_T = \mu_s * g * (W_{carga} + W_{banda}) \dots (Ec. 2.1)$$

**Fuente:** Hasabit AG (2011). Cintas Transportadoras con Estructura de Tejido. [10]

Donde:  $\mu_s$ : Coeficiente de fricción banda-superficie deslizante  
 $g$ : Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)  
 $W_{carga}$ : Masa del material a transportar (kg)  
 $W_{banda}$ : Masa total de la banda (kg)

El esfuerzo de tracción ejercido sobre la banda no debe superar el esfuerzo admisible propio del tipo de banda a seleccionar. Si el esfuerzo de tracción supera al 80% del esfuerzo admisible de la banda, debe optarse por otro tipo material o aumentar el espesor del tejido interior.

- Condiciones ambientales

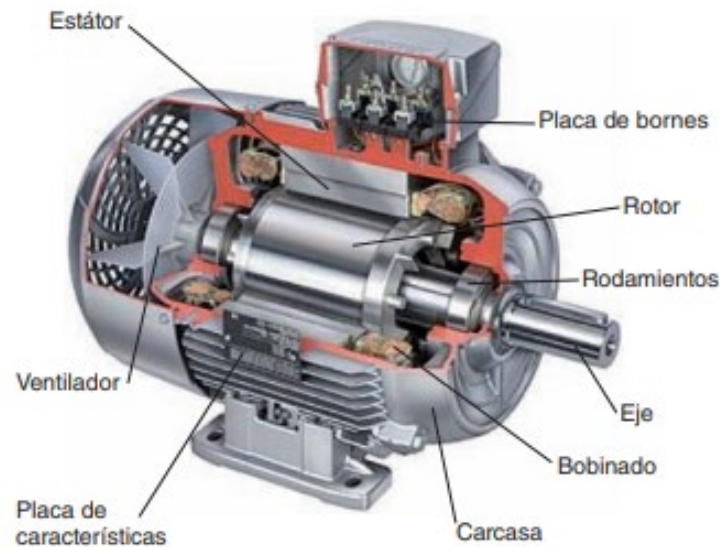
Las condiciones ambientales como la temperatura de operación, exposición a agentes químicos, humedad, exposición al sol, entre otros, influyen en la selección de la banda. Las condiciones ambientales deben ser estudiadas previo a la selección de la banda transportadora y en base a las fichas técnicas proporcionadas por los fabricantes se optará por el material que cumpla con el requerimiento de la aplicación.

### 2.1.3 Motores eléctricos

Según se explica en el libro de Castillo, J. y Marrufo, E. (2018) [7] "Instalaciones eléctricas básicas", son máquinas eléctricas conformadas

principalmente por una parte estática o inmóvil llamada estator y una parte móvil llamada rotor, que transforman la energía eléctrica, suministrada a través de un circuito eléctrico, en energía mecánica rotativa. En la figura 2.2 se observan los componentes principales de un motor eléctrico.

**Figura 2.2** - Motor eléctrico



**Fuente:** Castillo, J. et al (2018). Instalaciones eléctricas básicas

El funcionamiento de este tipo de máquina eléctrica se basa en las fuerzas de repulsión y atracción generadas en una configuración de imán - circuito eléctrico por el cual circula una corriente eléctrica, generando así el movimiento rotatorio del eje, así como también una fuerza de giro (par o torque). En la Ecuación 2.2, se observa la expresión para el cálculo del torque entregado por el eje de un motor eléctrico en función de su velocidad de giro y la potencia de placa.

$$T_M = \frac{hp_M * 716}{RPM} \dots (Ec. 2.2)$$

**Fuente:** Hasabit AG (2011). Cintas Transportadoras con Estructura de Tejido.

Donde:  $T_M$ : Torque (kg.m)  
 $hp_M$ : Potencia del motor (HP)  
 $RPM$ : Velocidad de giro del motor

Asimismo, en la Ecuación 2.3, se observa la expresión para el cálculo de la potencia requerida por el sistema motriz de un transportador de banda, en función de la carga efectiva ejercida sobre la polea motriz, la velocidad de transporte y la eficiencia del sistema motriz.

$$hp_{motriz} = \frac{F_e * Veloc. Transp.}{E_0 * 33\ 000} \dots (Ec. 2.3)$$

**Fuente:** Asociación de Fabricantes de equipos transportadores (2015). Estándar B105.1 Especificaciones para poleas metálicas soldadas.

Donde:  $hp_{motriz}$ : Potencia sistema motriz (hp)  
 $F_e$ : Carga efectiva sobre polea motriz (lb)  
 $Veloc. Transp$ : Velocidad de transporte (pie/min)  
 $E_0$ : Eficiencia de sistema motriz

El sistema motriz requiere, adicional a la potencia motriz mencionada anteriormente, una potencia adicional, debido a las pérdidas generadas por la fricción entre el polín motriz y la banda transportadora. La potencia adicional requerida se calcula empleando la Ecuación 2.4, la cual se determina en función de la tensión generada por la fricción entre el polín motriz y la banda transportadora, y la velocidad de transporte

$$hp_{adicional} = \frac{F_{polin\ motriz} * Veloc. Transp.}{33\ 000} \dots (Ec. 2.4)$$

**Fuente:** Asociación de Fabricantes de equipos transportadores (2015). Estándar B105.1 Especificaciones para poleas metálicas soldadas.

Donde:  $hp_{adicional}$ : Potencia adicional requerida (hp)  
 $F_{polin\ motriz}$ : Tensión por fricción sobre polea (lb)  
 $Veloc. Transp$ : Velocidad de transporte (pie/min)

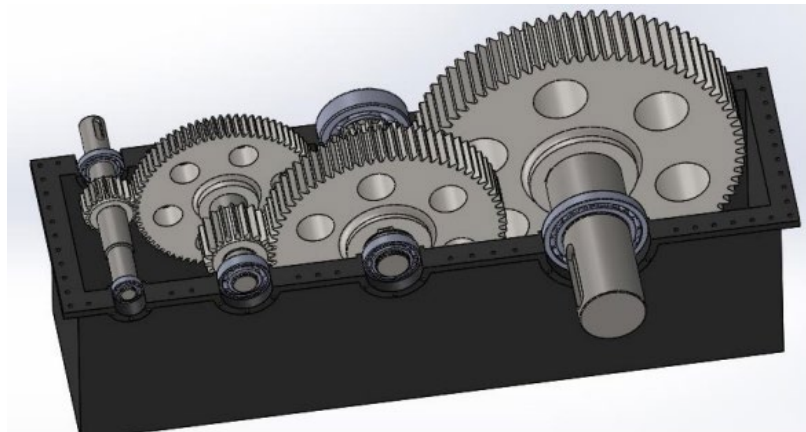
#### 2.1.4 Reductor de velocidad

Según se explica en el libro de Budynas, R. y Nisbett, J. (2020) [5] "Diseño en Ingeniería Mecánica", los reductores de velocidad son sistemas de transmisión de potencia, cuya característica principal es la reducción de la velocidad rotativa de ingreso a través de sus componentes mecánicos, mientras que el par o torque de ingreso se incrementa en la salida del

reductor de velocidad. La utilización de estos sistemas optimiza la operación de los motores, mejorando su eficiencia, prolongando su vida útil y entregando seguridad a la operación.

Según el requerimiento de la operación (tipo de movimiento a transmitir, potencia requerida del equipo y ubicación/espacio disponible para la instalación) se da la elección de la capacidad y tipo de motorreductor dentro de los cuales se encuentran los reductores planetarios y de engranajes, siendo estos últimos los de mayor comercialización en el mercado actual. En la Figura 2.3. observamos un reductor de velocidad constituido por un tren de engranajes de 3 etapas.

**Figura 2.3** - Reductor de velocidad



**Fuente:** Sanchez, D. (2018). Diseño y cálculo de un reductor de velocidad para cinta transportadora

### 2.1.5 Poleas de bandas transportadoras

Según el Estándar B20.1 "Estándar de Seguridad para Transportadores y Equipos Relacionados" [25] de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos ASME (2021), las poleas son componentes principales de los transportadores de banda, cumplen la función de transmitir el movimiento rotatorio entregado por la fuente motriz principal (motor, motorreductor,

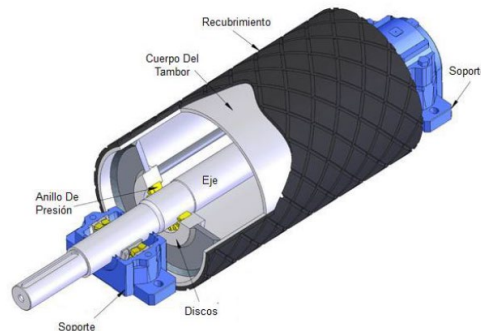
catarinas, etc.) hacia la banda transportadora, al mismo tiempo, ejercen tensión sobre la banda transportadora a fin de mantenerla en forma recta entre cualquier punto de apoyo. Soportan indirectamente el esfuerzo ejercido del material a transportar.

De acuerdo con su función específica que cumplen en el transportador de banda, se clasifican de la siguiente forma:

- Polea de cabeza

La polea de cabeza se ubica en el extremo final del transportador de banda (en el punto de descarga). Cumple la función de polea motriz, es decir, se encuentra conectada a la fuente motriz y transmite el movimiento a la banda. Es recubierta en su exterior por un material antideslizante y resistente a la abrasión. En la figura 2.4 se visualizan los componentes que constituyen una polea de cabeza.

**Figura 2.4 - Polea de cabeza**



**Fuente:** Casto, J. et al (2011). Diseño de una banda transportadora semiautomática para la fabricación de tanques de combustible de vehículos de carga

- Polea tensora

La polea tensora se ubica en la parte inferior del transportador de banda. Las funciones de la polea tensora es compensar la variación de la longitud de la banda transportadora y mantener la tensión adecuada en

el sistema, para cumplir dicha función, la polea tensora se ubica sobre un sistema regulable que permite su desplazamiento lineal.

- Polea de cola

La posición del componente, en el transportador de banda, es en el extremo opuesto a la polea de cabeza. Su función es dirigir la banda transportadora hacia la polea de cabeza, asimismo mantiene la tensión sobre el sistema. En algunos casos, posee un sistema regulable, similar a la polea tensora, que le permite su desplazamiento para mantener la tensión sobre la banda.

Independiente del tipo de polea, estos componentes se encuentran sometidos a los mismos tipos de esfuerzos los cuales son:

- Carga efectiva de polea motriz

Para determinar la carga efectiva que se ejerce sobre la polea motriz, se utilizó la Ecuación 2.5. La carga efectiva es aquella fuerza que produce el momento requerido para el movimiento de la banda, es decir, el movimiento rotacional el eje motriz, con la carga a la que se diseña.

$$F_e = \frac{(f_c * L * (W_{carga} + W_{banda})) + (f_p * L * (W_{banda} + (R_i * C_i))) + W_{carga} * h}{f_s} \dots (Ec. 2.5)$$

**Fuente:** Asociación de Fabricantes de equipos transportadores (2015). Estándar B105.1 Especificaciones para poleas metálicas soldadas.

Donde:

- $F_e$ : Carga efectiva (lb)
- $f_c$ : Factor de fricción para cama de banda
- $f_p$ : Factor de fricción para polines
- $f_s$ : Factor de fricción de transporte
- $W_{carga}$ : Carga de material por metro (lb/pie)
- $W_{banda}$ : Peso lineal de la banda (lb/pie)
- $L$ : Longitud de transporte de material (pies)
- $R_i$ : Peso unitario de polín de retorno (lb)
- $C_i$ : Número de polines de retorno (por pie)

$h$ : Elevación total del transportador (pies)

- Esfuerzo de flexión

Expresado por la Ecuación 2.6, la cual se muestra a continuación:

$$S_F = \frac{32 * M_{max}}{\pi * d^3} \dots (Ec. 2.6)$$

**Fuente:** Budynas, R. y Nisbett, J. (2021). Diseño en Ingeniería Mecánica. [5]

Donde:  $S_F$ : Esfuerzo de flexión  
 $M_{MAX}$ : Momento flector máximo  
 $d$ : Diámetro del eje

- Esfuerzo de torsión

Expresado por la Ecuación 2.7, la cual se muestra a continuación:

$$S_T = \frac{32 * T_{max}}{2 * \pi * d^3} \dots (Ec. 2.7)$$

**Fuente:** Budynas, R. y Nisbett, J. (2021). Diseño en Ingeniería Mecánica [5]

Donde:  $S_T$ : Esfuerzo de torsión  
 $T_{MAX}$ : Torque máximo  
 $d$ : Diámetro del eje

### 2.1.6 Sistemas neumáticos

Según se explica en el libro de Ebel, F. et al (2009) [24] "Neumática Electroneumática Fundamentos", la neumática, como rama de la mecánica, es el estudio de flujos gaseosos, sea en estado de equilibrio o de movimiento. En el ámbito industrial, la neumática hace referencia a todos aquellos sistemas, componentes, instrumentos, etc. que aprovechan la energía proveniente del aire comprimido para el movimiento o funcionamiento de los elementos mencionados anteriormente.



Los sistemas neumáticos en la industria están constituidos por los siguientes subsistemas:

- Generación de energía en forma de aire comprimido

Comprende a los elementos utilizados para generar, almacenar, transportar y mantener en óptimas condiciones el aire comprimido en un sistema neumático. Los elementos principales son:

- Compresor de aire
- Acumulador de aire (o tanque pulmón)
- Tuberías/Elementos de unión/Accesorios
- Unidad de mantenimiento

- Captación y procesamiento de señales de entrada

La captación de señales de entrada es realizada por pulsadores o sensores distribuidos en diferentes puntos del sistema neumático. Reciben la señal de entrada del sistema, ya sea por el accionamiento físico del pulsador o la presencia de un objeto o elemento frente a los sensores. La señal recibida es transmitida a los procesadores, los cuales regulan o finalizan el movimiento del sistema. Los procesadores consisten en válvulas neumáticas accionadas por el circuito de aire comprimido.

- Accionamiento/movimiento de actuadores neumáticos

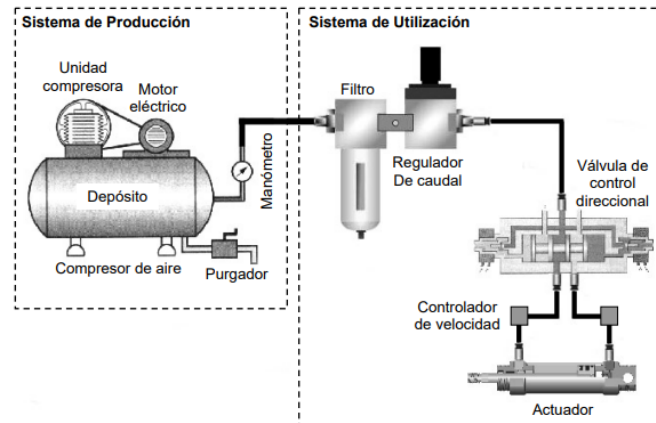
Los actuadores neumáticos son dispositivos que, mediante el suministro de energía neumática, generan un movimiento lineal o giratorio. Los actuadores neumáticos que generan movimiento lineal son los cilindros neumáticos de simple o doble efecto, mientras que, los actuadores que generan movimiento giratorio son los motores neumáticos.

La señal de entrada, al ser procesada a través de una lógica programada en el sistema neumático, acciona los actuadores neumáticos que

correspondan, ya sea cambiando la posición de los actuadores o deteniendo el proceso de realizan.

En la Figura 2.5 se observa un diagrama básico de un sistema neumático:

**Figura 2.5 - Diagrama básico de un sistema neumático**



**Fuente:** Hernandez, F. (2008). Diseño y construcción de prototipo neumático de prótesis de pierna humana

### 2.1.7 Costos operativos

Según se explica en el libro de Ramirez, C. et al (2010) [19] "Fundamentos y Técnicas de Costos", los costos operativos son los recursos financieros que posee una organización o empresa que son invertidos en la elaboración o producción de bienes o servicios. La inversión de estos recursos comprende 3 elementos principales:

- Materias primas

Aquellos bienes que, por medio de procesos de transformación, se convierten en productos intermedios o finales. El valor económico final de los productos es mayor al valor económico inicial de las materias primas.

- Mano de obra

Consiste en la retribución económica que perciben los trabajadores contratados por las organizaciones, a cambio de brindar sus servicios para la ejecución de los procesos de transformación de las materias

primas.

- Costos indirectos

Son aquellos costos excluyentes de los elementos mencionados anteriormente, por ejemplo: alquiler de equipos e instalaciones, contratación de trabajadores indirectos (externos), utilización de servicios internos, entre otros. Los costos indirectos son requeridos para realizar los procesos productivos de las organizaciones.

## 2.2 Marco conceptual

- **Motorreductor:** equipo que une la funcionalidad de un reductor de engranajes y un motor eléctrico. Es utilizado para transmitir la energía entregada del motor al mecanismo o equipo a operar.
- **Tambor:** Rodillo o polea que transmiten el movimiento de la banda a lo largo del transportador.
- **Capacidad:** Nivel de actividad o productividad máxima que puede alcanzar una línea de producción o unidad de producción.
- **Inocuidad:** característica en la producción, embazado, almacenado y distribuido, que elimina cualquier peligro que puede generar daño a la salud del consumidor final.
- **Campaña:** periodo de producción ejecutada durante parte del año influenciada directamente por la característica y demanda del mercado.
- **Contaminación:** proceso en el cual, los alimentos entran en contacto directo con elementos no desinfectados, generándose la transferencia de microorganismos infecciosos.
- **Actuador:** Dispositivo neumático que realiza movimientos alternos en su vástago, al realizar el cambio de aplicación de aire comprimido en su interior.

## CAPÍTULO III

### HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### 3.1 Hipótesis general

El diseño de un transportador de distribución por accionamiento neumático del proceso de embolsado de panetones, reducirá los costos operativos en empresas del sector panificador.

#### 3.2 Operacionalización de variables

##### Variable independiente

X: Diseño de un transportador de distribución de panetones accionado por un sistema neumático

##### Indicadores

X1: Número de personal contratado para el proceso

X2: Capacidad de producción de línea

X3: Producto no conforme o Producto defectuoso

##### Variable dependiente

Y: Costos operativos en empresas del sector panificador

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 4.1 Tipo y diseño de la investigación

##### 4.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación con respecto al enfoque es de naturaleza cuantitativa, definido en base a las siguientes características epistemológicas:

- **Percepción de la realidad:** el trabajo de investigación es objetivo, puesto que, se cuantificaron datos de entrada y de salida, como, por ejemplo, capacidad de producción de línea, número de personal contratado, entre otros.
- **Razonamiento:** el trabajo de investigación es deductivo, debido a que la hipótesis planteada fue contrastada en base a los resultados obtenidos que fueron recopilados.
- **Finalidad:** la investigación comprobó la hipótesis planteada, en base a los resultados finales de los indicadores mencionados anteriormente.
- **Orientada:** el trabajo de investigación está orientado hacia el proceso, dado que el objetivo es la reducción de los costos operativos en la elaboración de panetones.
- **Principio de verdad:** la investigación se particularizó en los datos de entrada e indicadores de la etapa de embolsado del proceso de elaboración de panetones.
- **Perspectiva de investigador:** el análisis que se realizó fue al margen de los datos recopilados.
- **Casualidad:** el trabajo de investigación estuvo basado en antecedentes, en registros históricos existentes del proceso.

Con respecto al alcance del presente trabajo de investigación, es del tipo exploratorio, dado que, se considera como punto de control, el costo operativo en el embolsado de panetones, el cual experimenta variación al

modificar la variable de número de operadores involucrados en el proceso, al implementar el transportador diseñado.

#### **4.1.2 Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación es del tipo experimental. Se evaluó la variación generada sobre la variable dependiente, al introducir la variable independiente al proceso de embolsado de panetones. El control de la variación generada se realizó a través de los indicadores mencionados anteriormente.

#### **4.1.3 Unidad de análisis**

La unidad de análisis del trabajo de investigación es la línea de embolsado de panetones ubicado en una planta industrial de elaboración, embolsado y distribución de alimentos para consumo masivo de una empresa del sector panificador ubicada en el distrito de Ate-Vitarte, en la provincia de Lima, departamento de Lima, Perú. La altitud promedio de la planta industrial es de 215 m s.n.m.

En la planta industrial mencionada anteriormente se elaboran diferentes productos alimenticios para el consumo masivo, tanto para el mercado local y para mercados internacionales. Dentro de sus principales productos elaborados se encuentran: galletas, caramelos duros y blandos, panetones, chocolates grajeados y harina para consumo industrial y consumo del hogar.

La línea de elaboración de panetones está constituida por las etapas de: amasado y boleado de masa madre, fermentado de masa, horneado en horno continuo o de túnel de 6 etapas, circuito de enfriado, embolsado, paletizado y almacenado.

## 4.2 Matriz de consistencia

Título: "DISEÑO DE UN TRANSPORTADOR DE DISTRIBUCIÓN POR ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO DEL PROCESO DE EMBOLSADO DE PANETONES PARA REDUCIR COSTOS OPERATIVOS EN EMPRESAS DEL SECTOR PANIFICADOR"

**Tabla 4.1** - Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES		INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS
			DEPENDIENTE	INDEPENDIENTE		
¿En qué medida la ejecución de actividades manuales en el proceso manual de embolsado de panetones afecta negativamente a los costos operativos en empresas del sector panificador?	Diseñar un transportador de distribución por accionamiento neumático del proceso de embolsado de panetones, para reducir los costos operativos en empresas del sector alimenticio.	El diseño de un transportador de distribución por accionamiento neumático del proceso de embolsado de panetones, reducirá los costos operativos en empresas del sector alimenticio.	Costos operativos en empresas del sector alimenticio.	Diseño de un transportador de distribución por accionamiento neumático de panetones.	Número de personal contratado para el proceso.  Capacidad de producción de línea (Tn/h)  Producto no conforme o Producto defectuoso	Formato de control de producción de línea/número de trabajadores/producto no conforme, cada uno controlado por turno.  Recolección de datos históricos por costos operativos por empleados contratados.

**Fuente:** Elaboración propia

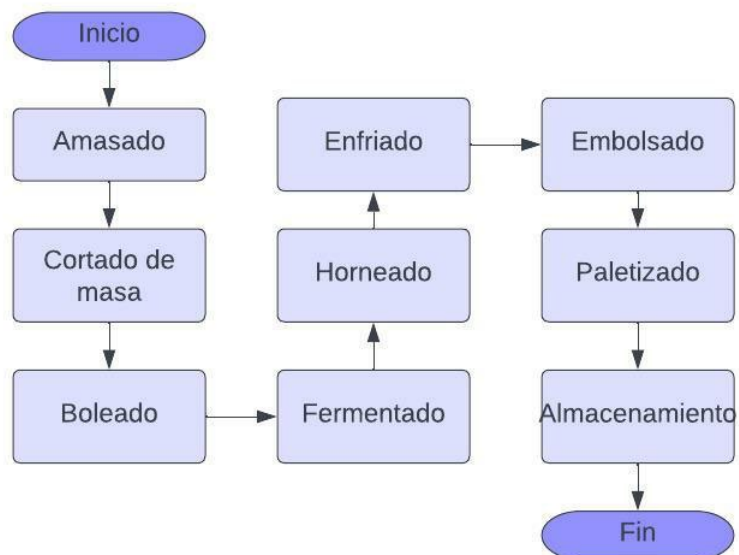
## CAPÍTULO V

### DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

#### 5.1 Estado situacional

El proceso de elaboración y embolsado de panetones que se realiza en la planta industrial mencionada en la unidad de análisis del presente trabajo de investigación se visualiza en la Figura 5.1:

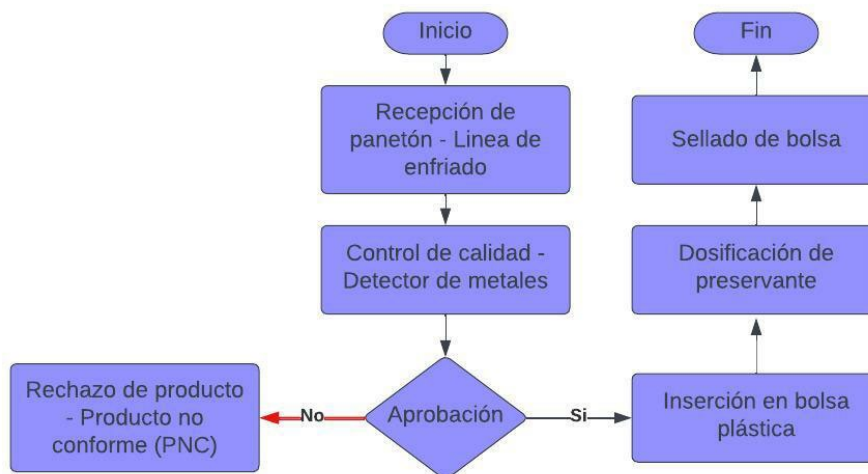
**Figura 5.1** - Etapas del proceso de elaboración y embolsado de panetones en unidad de análisis



**Fuente:** Elaboración propia

La etapa en la cual se desarrolló la investigación es la etapa de embolsado. El embolsado comprende, en total, 6 tareas, las cuales se detallan en la Figura 5.2. Las tareas de: recepción de panetón, rechazo de producto, inserción en bolsa plástica, dosificación de preservante y sellado de bolsa; son ejecutadas manualmente por técnicos operadores.



**Figura 5.2** - Tareas de la etapa de embolsado de panetones

**Fuente:** Elaboración propia

Las tareas de dosificación de preservante y sellado de bolsa; son ejecutadas por 2 operadores (1 en cada tarea). La tarea de recepción de panetón de la línea de enfriado es ejecutada por 2 operadores y la tarea de inserción en bolsa plástica es ejecutada por 5 operadores. Las operaciones productivas de la línea de elaboración y embolsado de panetones, debido a la demanda del mercado, se ejecutan en 3 turnos por día, cada turno con una duración de 8 horas. Como se visualiza en la Tabla 5.1, la unidad de análisis requiere, en total, 27 operadores para su requerimiento de producción por día:

**Tabla 5.1** - Cálculo de personal operador requerido por día

Tarea	# personal requerido	#Turnos/día	Total personal por día
Recepción de paneton	2	3	6
Inserción en bolsa	5	3	15
Dosificación de preservante	1	3	3
Sellado de bolsa	1	3	3
	<b>Total</b>		<b>27</b>

**Fuente:** Elaboración propia

La tarea de inserción de panetones en bolsas plásticas, como se observa en la Figura 5.3, requiere de la manipulación directa del panetón, al ser manipulado por 1 operador que retira el panetón que presente alguna anomalía en el detector de metales y, a su vez, distribuye los panetones en dos filas que serán recibidos por 2 operadores, los cuales, colocan los panetones en una rampa de aproximadamente 30 cm de largo, para que se deslicen e ingresen a la bolsa plástica, la cual esta sujeta por otros 2 operadores. Al introducirse en las bolsas, los panetones se colocan en un transportador lineal, el cual dirige los panetones hacia el dosificador de preservantes.

**Figura 5.3** - Tarea de embolsado manual de panetones



**Fuente:** Elaboración propia

## 5.2 Recolección de datos

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se realizó la recopilación de datos relacionados a la productividad de la línea de elaboración de panetones, así como también, los datos relacionados a los costos operativos por mano de obra. Los datos relacionados a la

productividad de la línea se muestran en la Tabla 5.2. La información se recopiló durante las fechas del 29/08/2022 hasta el 11/09/2022.

**Tabla 5.2 - Cumplimiento de producción por turno**

Recolección de datos - Cumplimiento de producción por Turno - Embolsado de panetones							
Fecha	Turno	Producto	Producc. planificada (Tn)	Producción real (Tn)	Rechazados - PNC (kg)	# operadores	Cumplimiento (%)
29/08/2022	1	P	12.53	12.7	5.1	5	101%
29/08/2022	2	P	13.31	13.5	5.95	5	101%
29/08/2022	3	P	15.97	16.2	4.25	5	101%
30/08/2022	1	C	13.31	13.8	-	5	104%
30/08/2022	2	C	13.31	13.1	2.55	5	98%
30/08/2022	3	P/C	15.97	16.1	3.4	5	101%
31/08/2022	1	P	13.31	13.7	2.55	5	103%
31/08/2022	2	P	13.31	13.4	0.85	5	101%
31/08/2022	3	P	15.97	15.9	5.1	5	100%
1/09/2022	1	P	13.31	13.5	4.25	5	101%
1/09/2022	2	P	13.31	13.6	0.85	5	102%
1/09/2022	3	P	15.97	16	5.95	5	100%
2/09/2022	1	P	13.31	13.5	1.7	5	101%
2/09/2022	2	L/P	9.11	9.6	1.7	5	105%
2/09/2022	3	L	15.18	15.7	5.95	5	103%
3/09/2022	1	L	12.66	13.1	0.85	5	103%
3/09/2022	2	L	12.66	12.9	5.95	5	102%
3/09/2022	3	L	15.18	15.2	2.55	5	100%
4/09/2022	1	L	12.66	12.2	1.7	5	96%
4/09/2022	2	L	6.78	6.9	5.1	5	102%
4/09/2022	3	-	0	0	4.25	5	-
5/09/2022	1	P	12.53	12.9	0.85	5	103%
5/09/2022	2	P	13.31	13.1	5.1	5	98%
5/09/2022	3	P	15.97	15.7	5.95	5	98%
6/09/2022	1	P	13.31	14	2.55	5	105%
6/09/2022	2	P	13.31	13.5	0	5	101%
6/09/2022	3	P	15.97	16.1	2.55	5	101%
7/09/2022	1	P	13.31	13.2	5.95	5	99%
7/09/2022	2	P	13.31	13.3	5.1	5	100%
7/09/2022	3	P	15.97	15.9	0	5	100%
8/09/2022	1	P	13.31	13.5	5.95	5	101%
8/09/2022	2	P	13.31	13.4	0	5	101%
8/09/2022	3	P	15.97	16	0	5	100%
9/09/2022	1	P	13.31	13.5	2.55	5	101%
9/09/2022	2	L/P	6.72	6.9	0.85	5	103%
9/09/2022	3	L	11.88	12.5	5.1	5	105%
10/09/2022	1	L	12.66	13.1	0.85	5	103%
10/09/2022	2	L	12.66	13.2	3.4	5	104%
10/09/2022	3	L	15.18	15.5	0	5	102%
11/09/2022	1	L	12.66	13.0	3.4	5	103%
11/09/2022	2	L	6.78	7	5.1	5	103%
11/09/2022	3	-	0	0	5.95	5	-
<b>Total</b>	-	-	528.55	535.9	131.75	-	101.4%

Turnos:	1	1° Turno (07:00 am - 15:00 p.m.)
	2	2° Turno (15:00 pm - 23:00 p.m.)
	3	3° Turno (23:00 pm - 07:00 a.m.)

Producto:	L	Presentación "de lujo"
	P	Presentación premium
	C	Presentación clásica

Fuente: Elaboración propia

A partir de la información recopilada, se concluye la siguiente información relevante para el diseño del transportador de panetones:

- Producción promedio de línea: 12,76 Tn/Turno
- Producción máxima de línea: 16,2 Tn/Turno
- Peso de producto rechazado (PNC): 2,8 Kg/Turno

Asimismo, se recopiló información de aquellas actividades que, durante los turnos de producción, restringen el tiempo de producción real. Con la información recopilada, se determinó la eficiencia de producción, el cual se muestra en la Tabla 5.3:

**Tabla 5.3 - Control de tiempo neto de producción**

	<b>Tiempo (hr)</b>
<b>Duración del turno</b>	08:00
<b>Horario de almuerzo</b>	01:00
<b>Charla de seguridad</b>	00:05
<b>Regulaciones de línea</b>	00:10
<b>Traslados/T. muertos</b>	00:15
<b>Productividad real</b>	06:30
<b>Eficiencia de producción</b>	81%

**Fuente:** Elaboración propia

Con la información recopilada, mostrada en la Tabla 5.2 y la Tabla 5.3, se obtuvo la capacidad de transporte requerido para el diseño del transportador de panetones:

- Peso de panetón: 0,85 Kg
- Producción promedio por minuto: 38,49 Panetones/min
- Producción máxima por minuto: 48,86 Panetones/min

El gasto operativo histórico por personal interno se recopiló, considerando un intervalo de 5 años, dentro del rango de los años 2018 hasta el año 2022, como se visualiza en la Tabla 5.4. Se concluye que, en los últimos 5 años, el costo por operador aumentó, además, en el año 2022 el costo por operador es de S/ 1 985,28. Asimismo, la duración promedio de la campaña de producción de panetones es de 6 meses, además, en cada campaña se contó con un total de 9 operadores para la ejecución de tarea de embolsado de panetones, los operadores fueron distribuidos en 3 turnos diarios de 8 horas cada turno.

**Tabla 5.4 - Histórico de gasto operativo por personal interno**

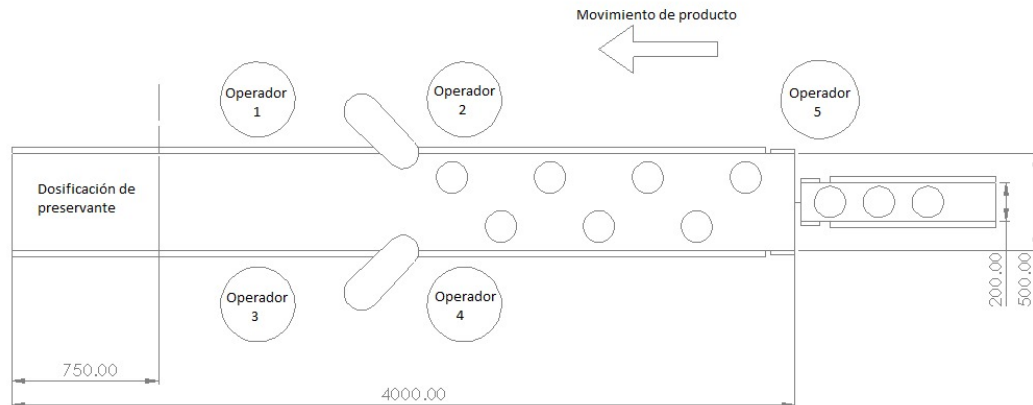
Recolección datos - Historico de gasto operativo por personal interno - Embolsado Panetones							
Año	Campaña de produccion		# operadores	Puesto trabajo	Ingresos por operador		
	Inicio	Fin			Bruto	No salariales	Total
2022	Junio	Diciembre	9	Operario	1 320	665,28	1 985,28
2021	Junio	Diciembre	9	Operario	1 209	609,33	1 818,33
2020	Junio	Diciembre	9	Operario	1 209	609,33	1 818,33
2019	Junio	Diciembre	9	Operario	1 116	562,46	1 678,46
2018	Julio	Diciembre	9	Operario	1 020	514,08	1 534,08

**Fuente:** Elaboración propia

Por lo tanto, en la unidad de análisis del presente trabajo de investigación, durante el año 2022, se tuvo un gasto mensual por mano de obra interna para la tarea de embolsado de panetones de: S/ 17 867,52, mientras que, durante la campaña anual el gasto por mano de obra interna para la tarea mencionada fue S/ 107 205,12.

En la Figura 5.4, se observa el plano de la zona de embolsado de panetones, el cual comprende de 01 transportador de banda lineal de 04 metros de longitud y 500 mm de ancho de banda, el cual recibe los panetones de un transportador de banda modular de 200 mm de ancho y 2 500 mm de longitud.

**Figura 5.4 - Zona de embolsado de panetones**



**Fuente:** Elaboración propia

La tarea de dosificación de preservante es realizada utilizando el transportador de banda lineal, mencionado anteriormente, para movilizar el panetón embolsado. Utiliza, aproximadamente, un espacio de 750 mm de largo para realizar la tarea, por lo cual, el diseño del transportador tiene un espacio máximo de 3 250 mm de largo. Se consideró como ancho de la banda del transportador, el ancho que posee el transportador de banda lineal, es decir, 500 mm de ancho.

Se resume, a continuación, los datos principales requeridos para el diseño del transportador propuesto por el presente trabajo de investigación:

- Producto a transportar: Panetón (alimento procesado)
- Peso de producto: .85 kg
- Dimensiones del producto: 18 cm altura,  $\varnothing$ 16 cm
- Ancho de banda: 500 mm
- Producción promedio por min.: 38 panetones/min
- Producción máxima por min.: 49 panetones /min
- Altura de recepción de producto: 904 mm

- Altura de entrega de producto: 940 mm
- Condiciones ambientales: T°: 25°C - 30°C  
HR: 40%

### 5.3 Procesamiento de la información

Una vez recolectada la información mostrada, se analizaron alternativas que sustituyan las tareas que eran ejecutadas por los operadores para el embolsado de panetones. Para el desarrollo del transportador distribuidor de panetones, se dividió el diseño en 3 sistemas principales: transportador lineal, distribuidor de panetón y sistema de descarga. Asimismo, se realizó la evaluación económica para la fabricación de los sistemas mencionados, las propuestas económicas fueron presentadas por proveedores directos de la unidad de análisis. El diseño de los sistemas y las propuestas económicas para la fabricación de los sistemas serán mostrados a continuación:

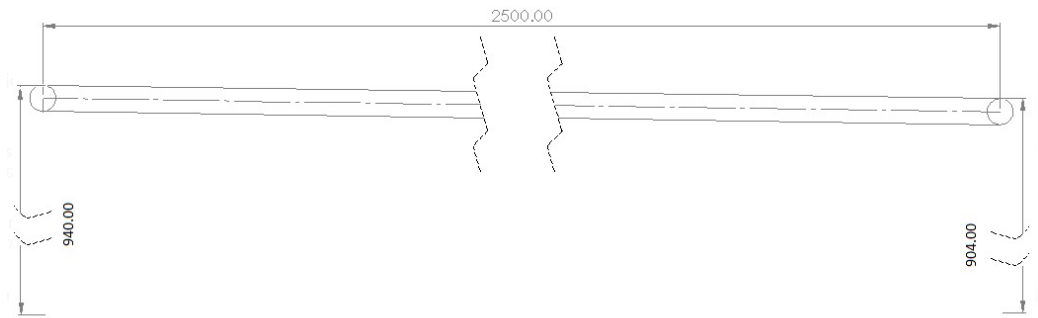
#### 5.3.1 Diseño de transportador lineal

Para el desarrollo del nuevo transportador de panetones, se realizó la división del transportador empleado para el embolsado de panetones y para la dosificación de preservante. El espacio empleado para ambas tareas es de 4 000 mm, para la dosificación de preservante se requiere de un espacio de 750 mm, por consiguiente, el espacio máximo disponible para el diseño del transportador es de 3 250 mm. Se utilizó 2 500 mm para la implementación del transportador de panetones, con el objetivo de reducir la longitud total de la línea de embolsado de panetones. Se propusieron, para el diseño del transportador, 2 alternativas mostradas a continuación:

- **Alternativa #1:** Transportador de banda lineal, con una inclinación

mínima, como se visualiza en la Figura 5.5.

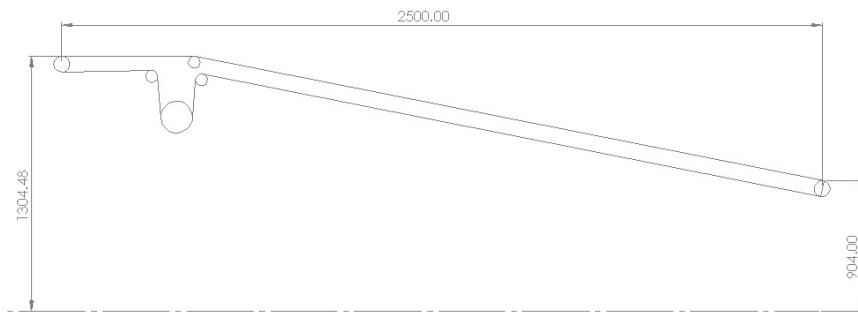
**Figura 5.5 - Transportador de banda línea**



**Fuente:** Elaboración propia

- **Alternativa #2:** Transportador de banda lineal inclinada, como se visualiza en la Figura 5.6.

**Figura 5.6 - Transportador de banda lineal inclinada**



**Fuente:** Elaboración propia

En ambos casos, deben considerarse dos sistemas adicionales que serán implementados en el transportador: el sistema de distribución de panetones y la descarga de los panetones a su empaque. El sistema de distribución de panetones se encuentra ubicado al inicio del transportador, dentro de los 500 mm iniciales de transporte de la banda, por lo cual, para ambos casos, resulta factible su montaje y operación. Sin embargo, el sistema de



descarga de panetones emplea rampas para introducir los panetones. Los panetones se deslizan a través de las rampas debido a la gravedad, mientras que dos operadores sostienen las bolsas plásticas.

Debido a lo mencionado anteriormente, la Alternativa #1 no resulta factible puesto que, en el lado extremo izquierdo, la altura del transportador es de 940 mm, lo que dificulta el trabajo de los operadores de sostener las bolsas plásticas. La Alternativa #1 genera riesgo ergonómico sobre los operadores.

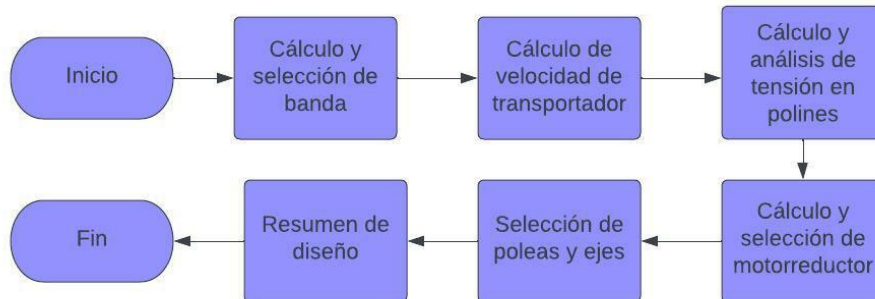
Por otro lado, la Alternativa #2, debido a que el transportador se eleva hasta una altura aproximada de 1 300 mm. No genera riesgo ergonómico sobre los operadores, por el contrario, permite tener un espacio aproximado de 500 mm para sostener la bolsa plástica y colocarla en el próximo transportador. Asimismo, al encontrarse en la altura mencionada, permitirá el montaje del sistema de descarga de panetones sin interferir sobre el transportador de dosificación de preservante.

Para ambas alternativas, cumplen con las características de ser funcionales, fabricables y de costo de inversión razonable. La diferencia principal entre ambas alternativas radica en el número de polines que poseen, la Alternativa #1 cuenta con 02 polines, mientras que la Alternativa #2 cuenta con 06 polines. En cuanto a su operatividad y mantenibilidad, ambas alternativas poseen complejidad baja.

Luego del análisis realizado, se seleccionó la **Alternativa #2**.

A continuación, se mostrarán los parámetros determinados para el diseño del transportador de banda, siguiendo los pasos del esquema mostrado en la Figura 5.7:

**Figura 5.7** - Esquema paso-a-paso para diseño del transportador



**Fuente:** Elaboración propia

- **Cálculo y selección de la banda transportadora**

Como se mencionó anteriormente, se consideró el ancho de la banda transportadora similar al utilizado en el transportador del dosificador de panetones. Adicionalmente, se tomó en consideración que, el ancho del pirotín de un panetón es de 160 mm y el transportador opera con dos filas de panetones, asimismo, se dispone de un espacio entre el borde de la banda y los panetones de 60 mm, así como también se dispone de un espacio entre panetones de 60 mm. Se corrobora de esta manera la consideración mencionada.

Ancho de banda de transportador: **500 mm**

Respecto al material empleado, la unidad de análisis, como parte de su proceso de estandarización de bandas transportadoras, emplea dos tipos de bandas en su línea de producción de panetones: bandas sanitarias de poliuretano (PU) y bandas sanitarias de policloruro de vinilo (PVC), ambas, bajo la certificación de la norma de la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA).

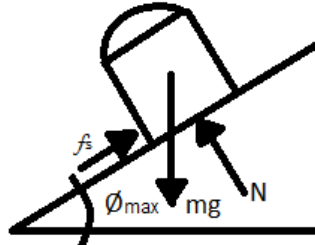
Para la selección del tipo de banda para el transportador, se consideraron dos factores críticos: Costo por metro lineal y coeficiente de fricción. En la Tabla 5.5 se presentan las características principales de 02 opciones de bandas transportadoras comerciales empleadas en las líneas de elaboración de panetones:

**Tabla 5.5** - Comparativo de materiales de fajas transportadoras

	<b>Faja Transp. PVC</b>	<b>Faja Transp. PU</b>
<b>Fabricante</b>	Esbelt	Sampla
<b>Procedencia</b>	España	Italia
<b>Modelo</b>	Febor 15CF	P9Z
<b>Tipo</b>	Piramidal (2 pliegues)	Piramidal (2 pliegues)
<b>Coef. Friccion (Estatico)</b>	0,32	0,21
<b>Costo por metro lineal (S/)</b>	214,88	388,78

**Fuente:** Elaboración propia

Respecto a los factores críticos mencionados, la faja transportadora de material PVC posee mejores características. El coeficiente de fricción estático de la faja de PVC es mayor al de la faja de PU, en consecuencia, es posible diseñar un transportador con mayor ángulo de inclinación. La máxima inclinación de un cuerpo antes de resbalar sobre una superficie está relacionado al coeficiente de fricción, tal como se visualiza en la Figura 5.8:

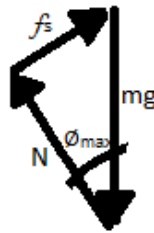
**Figura 5.8** - Diagrama de cuerpo libre - Panetón/Transportador

Fuente: Elaboración propia

Entre la banda transportadora y el panetón no existe movimiento relativo, por lo tanto, la sumatoria de fuerzas ejercidas sobre el panetón es 0:

$$\sum \vec{F} = 0$$

$$\vec{f}_s + \vec{N} + \vec{mg} = 0$$



$$\phi_{max} = \arctg\left(\frac{f_s}{N}\right) = \arctg\left(\frac{\mu_s * N}{N}\right) = \arctg(\mu_s)$$

Se detalla, en la Tabla 5.6, la máxima inclinación posible para el transportador de acuerdo con el tipo de faja transportadora escogida.

**Tabla 5.6** - Comparativo Fajas transportadoras - Inclinación máxima

	Faja Transp. PVC	Faja Transp. PU
<b>Modelo</b>	Febor 15CF	P9Z
<b>Coef. Friccion</b>	0,32	0,21
<b>Angulo de</b>	17,74°	11,86°

Fuente: Elaboración propia

La máxima inclinación posible se alcanza con la faja de PVC, asimismo, el menor costo por metro lineal es de la faja de PVC, por lo tanto, se seleccionó la faja transportadora de material PVC.

- **Cálculo de velocidad de transportador**

La producción máxima de la línea de panetones de la unidad de análisis es de 49 panetones por minuto. Se consideró un aumento en el volumen de producción de 20% a fin de cubrir en futuras campañas de producción el aumento de la demanda del mercado. La capacidad de producción a considerar para el diseño del transportador es 58,8 panetones por minuto.

$$58,8 \frac{\text{pan}}{\text{min}} = 49,98 \frac{\text{kg}}{\text{min}} = 2\,998,80 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} \approx 3 \frac{\text{ton}}{\text{hr}}$$

Para el cálculo de la velocidad de transporte, se consideró, por cada panetón que se transporte, un largo adicional de 100 mm, a fin de que el sistema distribuidor pueda trabajar efectivamente, por lo tanto, la velocidad de transporte será:

$$\text{Vel. Transp.} = \text{Long. Carga} \times \text{Capacidad}$$

$$\text{Vel. Transp.} = (160 + 100) \frac{\text{mm}}{\text{pan}} \times 58,8 \frac{\text{pan}}{\text{min}} = 15,288 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \approx \mathbf{15,3 \frac{m}{min}}$$

- **Cálculo y análisis de tensión en polines**

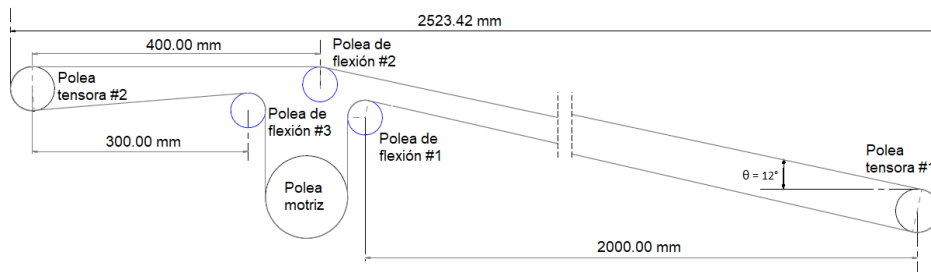
La alternativa propuesta para el diseño del transportador cuenta con 6 polines, los cuales se distribuyen en la siguiente cantidad:

- Número de poleas motrices: **1**
- Número de poleas tensoras: **2**
- Número de poleas de flexión: **3**

Se seleccionó el tipo de cama del transportador como deslizante, dado que se trata de la manipulación de carga liviana, a través de un tramo corto de transporte. Asimismo, al no poseer polines de apoyo, reduce el costo de mantenimiento y el costo de ensamblaje.

Basado en las consideraciones mencionadas, se propone el esquema de transportador de banda mostrado en la Figura 5.9:

**Figura 5.9** - Esquema de propuesta de transportador de banda



**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo con la propuesta mostrada, la longitud total de transporte es de 2 515 mm. Asimismo, de acuerdo con la configuración del transportador propuesto, se seleccionó los factores de fricción que se presentan entre la banda transportadora y los polines, así como también entre la banda y la cama del transportador, para este caso, cama deslizante. En la Tabla 5.7, se visualizan los factores de fricción presentes por tipo de banda transportadora. La banda transportadora propuesta presenta superficie con recubrimiento.

**Tabla 5.7** - Factor de fricción según tipo de banda-componente

$F_C$	$F_P$	$F_S$	
Tipo de banda transportadora	Cama de banda	Polines deslizantes	Transporte
Superficie sin	0,3	0,05	0,85
Superficie con	0,35		
Superficie con recubrimiento (Caucho)	0,45		

**Fuente:** Asociación de Fabricantes de equipos transportadores (2015). Estándar B105.1 Especificaciones para poleas metálicas soldadas.

Los factores de fricción seleccionados son:

- $f_c = 0,35$
- $f_p = 0,05$
- $f_s = 0,85$

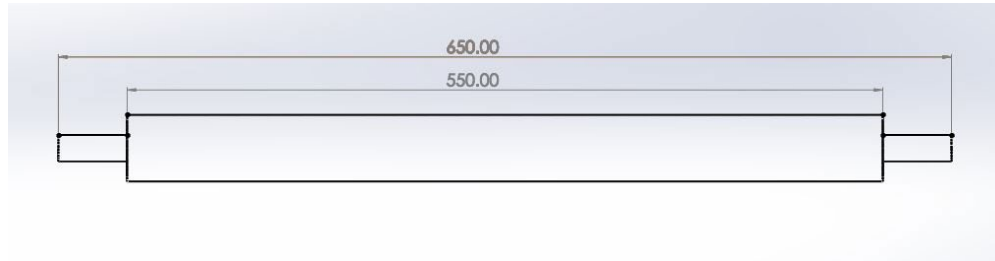
De acuerdo con la longitud del transportador propuesto, la cantidad de panetones que se transportan al mismo tiempo sobre el transportador es de, aproximadamente, 10 panetones, por lo tanto, la carga de material por metro del transportador es:

$$W_{carga} = \frac{10 * 0,85}{2,5} (kg/m) = 3,4 kg/m = 2,279 lb/pie$$

Asimismo, la información proporcionada por el fabricante de la banda transportadora seleccionada indica la densidad superficial de la banda, tal como se muestra en el Anexo 3. Para obtener el valor de la densidad lineal, se consideró el ancho de banda 500 mm, como se mencionó anteriormente:

$$W_{banda} = 3,50 \frac{kg}{m^2} * 0,5m = 1,75 kg/m = 1,1759 lb/pie$$

Para el cálculo del peso unitario del polín de retorno, se consideraron las longitudes mostradas en la Figura 5.10.

**Figura 5.10** - Longitudes de polín-eje de retorno

**Fuente:** Elaboración propia

Asimismo, se consideró el diámetro de polín de  $\varnothing 1\text{-}1/2\text{"}$  cédula 40, material Acero A53 Gr. B. La consideración fue tomada en base a que, comercialmente, el diámetro y material del polín es empleado ampliamente en este tipo de aplicaciones, asimismo, el transportador diseñado soporta cargas muy bajas, la carga máxima que transporta la banda es 8,5 kg en una longitud de 2 515 mm. Los esfuerzos generados sobre los polines son despreciables, por consecuencia, se optó por utilizar el material y diámetro mencionado. Por lo tanto, el peso unitario de los polines es:

$$R_i = \text{Peso lineal del polin} \times \text{Long.Total} + \text{Peso prom. rodamiento} \times 2$$

$$R_i = 4,05 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 0,65\text{m} + 0,1\text{kg} * 2$$

$$R_i = 2,8325 \frac{\text{kg}}{\text{rod.}} = 6,2445 \frac{\text{lb}}{\text{rod.}}$$

El número de polines de carga, de acuerdo con la Figura 5.10, mostrada líneas arriba es:

$$C_i = 3 \text{ rod.}$$

La elevación total del transportador, de acuerdo con la Figura 5.10, es:

$$h = 0,4 \text{ m} = 1,3123 \text{ pies}$$



Se resumen a continuación, los factores requeridos para el cálculo de la tensión efectiva sobre la polea motriz:

- $f_c = 0,35$
- $f_p = 0,05$
- $f_s = 0,85$
- $W_{carga} = 3,4 \text{ kg/m} = 2,279 \text{ lb/pie}$
- $W_{banda} = 1,75 \text{ kg/m} = 1,1759 \text{ lb/pie}$
- $L = 2\,515 \text{ mm} = 8,2513 \text{ pies}$
- $R_i = 2,8325 \text{ kg/rod.} = 6,2445 \text{ lb/rod.}$
- $C_i = 3 \text{ rod.}$
- $h = 400 \text{ mm} = 1,3123 \text{ pies}$

Para el cálculo de la tensión efectiva, se consideraron dos escenarios en los cuales el transportar trabaja, en vacío y en plena carga. Para el escenario de trabajo en vacío se consideró  $W_{carga} = 0$ . Utilizando la Ecuación 2.5, se calcularon las tensiones efectivas existentes en la polea motriz:

$$F_{e1} = \frac{0,35 * 8,25 * (2,28 + 1,18) + 0,05 * 8,25 * (1,18 + (6,25 * 3)) + 2,28 * 1,3}{0,85}$$

$$F_{e1} = \frac{21,1701}{0,85} = 24,9060 \text{ lb } (W_{carga} \neq 0)$$

$$F_{e2} = \frac{0,35 * 8,25 * (0 + 1,18) + 0,05 * 8,25 * (1,18 + (6,25 * 3)) + 0 * 1,3}{0,85}$$

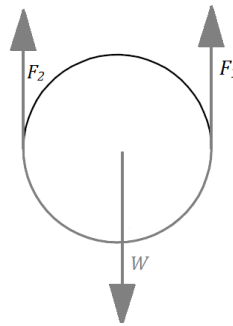
$$F_{e2} = \frac{11,598}{0,85} = 13,6447 \text{ lb } (W_{carga} = 0)$$

Por lo tanto, la tensión efectiva total, ejercida sobre la polea motriz es:

$$F_e = F_{e1} + F_{e2} = 24,91 + 13,65 = 38,56 \text{ lb}$$

De acuerdo con el esquema de fuerzas ejercidas sobre la polea motriz mostrada en la Figura 5.11, se ejercen dos tensiones sobre el polín, en la misma dirección, pero con magnitudes diferentes, los cuales generan un vector resultante de magnitud igual a la carga efectiva total.

**Figura 5.11** - Diagrama de cuerpo libre - Polea motriz



**Fuente:** Elaboración propia

Para el cálculo de la magnitud de las fuerzas mencionadas, se utilizaron las relaciones matemáticas mostradas a continuación:

$$F_1 = K_1 * F_e$$

$$F_2 = K_2 * F_e$$

Donde:

$F_e$ : Carga efectiva (lb)

$F_1$ : Tensión entrante de la polea

$F_2$ : Tensión saliente de la polea

$K_1$ : Factor de arripe lado tenso

$K_2$ : Facto de arripe lado suelto

Para la polea motriz, cuyo ángulo de arripe es 180°, además, se trata de una polea sin recubrimiento y sistema de tensado manual los

factores de arropo son  $K_1=2,2$  y  $K_2=1,2$ . Por lo tanto, las magnitudes de las tensiones que se ejercen sobre la polea son:

$$F_1 = 38,56 * 2,2 = 84,832 \text{ lb}$$

$$F_2 = 38,56 * 1,2 = 46,272 \text{ lb}$$

- **Cálculo y selección de motorreductor**

El cálculo de la potencia del sistema motriz requerido para el movimiento del transportador se realizó empleando la Ecuación 2.4, el cálculo se muestra a continuación:

$$hp_{motriz} = \frac{38,56 * 50,1968}{0,9 * 33000} = 0,0651 \text{ hp}$$

La potencia adicional requerida, debido a las pérdidas generadas por la fricción entre el polín motriz y la banda transportadora, se calculó utilizando la Ecuación 2.5, como se muestra a continuación:

$$hp = \frac{200 * 50,1968}{33000} = 0,3042 \text{ hp}$$

Por lo tanto, la potencia total requerida por el sistema motriz del transportador es:

$$hp_T = hp_{motriz} + hp_{adicional} = 0,0651 + 0,3042 = 0,3693 \text{ hp}$$

La potencia total requerida para el movimiento del transportador es de 0,3693 hp. Comercialmente, los motores eléctricos con mayor potencia a la calculada son los motores eléctricos de 0,37 kW, aproximadamente 0,50 hp, por lo tanto, se seleccionó un motor con potencia de 0,37 kW con las siguientes características:

- Frecuencia: 60 Hz
- Voltaje: 220/440 V
- Grado de protección IP65

Se consideró el diámetro del polín motriz de 4", de esta manera, la velocidad de salida del motorreductor es:

$$n = \frac{50,1968 \text{ pie}/\text{min}}{\pi * 0,3523 \text{ pie}} = 45,3551 \text{ RPM}$$

Finalmente, con los datos obtenidos, se seleccionó el siguiente motorreductor:

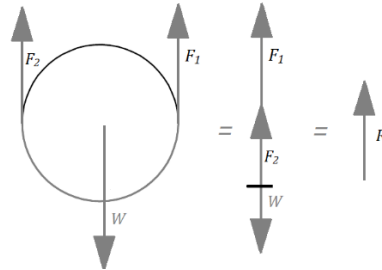
- Motorreductor SEW Tipo Tornillo sin fin
- Modelo: SA37/T DRN71M4
- Potencia de motor: 0,37 kW / 0,5 hp
- RPM: 1730 / 68
- F.S.: 1,70
- Diámetro de eje: 20 mm

- **Selección de poleas y ejes**

- Polea y eje motriz

Las características de la polea motriz seleccionada, como se mencionó anteriormente, es de 4" cédula 40, material Acero A53 Gr. B. La densidad lineal del material es 16,07 kg/m y la longitud de la polea es de 550 mm. En la Figura 5.12, se muestran las tensiones calculadas que son ejercidas sobre la polea. La resultante de las fuerzas ejercidas sobre la polea se observa en la Figura 5.12.

**Figura 5.12** - Esquema de fuerzas y resultante de fuerza - Polea motriz



**Fuente:** Elaboración propia

El diámetro del agujero en el cual se acopla el eje al motorreductor es de 20 mm, por lo cual, resultó conveniente seleccionar un eje de 1" de diámetro, material Acero SAE 1045. Se verificó que el diámetro seleccionado sea el correcto a través del siguiente cálculo:

Cálculo del Momento Flector del eje motriz:

$$M_{e.m.} = \frac{R * (\frac{L}{2} + 1\frac{5}{8})}{2} = \frac{108,04 * (\frac{3,9369}{2} + 1\frac{5}{8})}{2} = 194,1181 \text{ lb.in}$$

Cálculo del Límite de fatiga del eje corregido:

$$S_f = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * k_g * S_f^*$$

- $k_a = \text{Factor para eje mecanizado} = 0.8$
- $k_b = \text{Factor de dimension} = D_{eje}^{-0.19}$
- $k_c = \text{Factor de fiabilidad} = 0,897$
- $k_d = \text{Factor de temperatura} = 1$
- $k_e = \text{Factor de ciclo de trabajo} = 1$

- $k_f = \text{Factor de concentración de esfuerzo} = 0,77$
  - $k_g = \text{Factor de servicio} = 1$
  - $S_f^* = 41\ 000\ \text{psi}$
  - $S_y = 45000\ \text{psi}$
- $$S_f = 0,8 * 1 * 0,897 * 1 * 1 * 0,77 * 1 * 41\ 000 = 22654,63\ \text{psi}$$

Cálculo del Momento efectivo:

$$M_e = F_e * r = 38,55 * 2 = 77,1016\ \text{lb. in}$$

Cálculo del Diámetro del eje:

$$D_{eje} = \sqrt[3]{\frac{32 * F.S.}{\pi} * \sqrt{\left(\frac{M_{e.m.}}{S_f}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{M_e}{S_y}\right)^2}}$$

$$D_{eje} = \sqrt[3]{\frac{32 * 1,5}{\pi} * \sqrt{\left(\frac{194,12}{22\ 654,63}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{77,1}{45\ 000}\right)^2}} = 0,51" = 12,96\ \text{mm}$$

El diámetro obtenido es 12,96 mm, sin embargo, dado que el diámetro del agujero del motorreductor es de 20 mm, se optó por considerar el diámetro del eje mencionado anteriormente. Por lo tanto, el diámetro del eje es 1", en material Acero SAE 1045.

Para la verificación de la deflexión del eje, se calculó el momento de inercia del eje de 1" de diámetro:

$$I = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{1}{2}\right)^4 = 0,0490\ \text{in}^4$$

Al reemplazar el valor cálculo en la siguiente Ecuación:

$$\tan \alpha = \frac{R * A * (Long. Total eje - 2 * A)}{4 * E_{\gamma} * I}$$

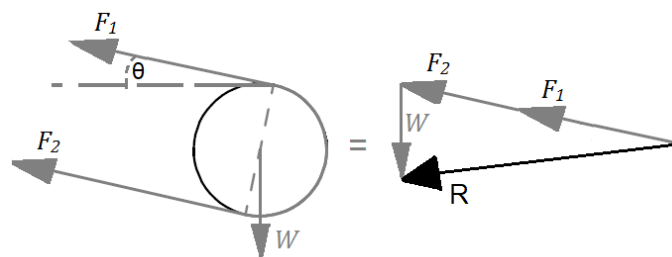
$$\tan \alpha = \frac{108,04 * 3,5934 * (25,5899 - 2 * (3,5934))}{4 * 29 * 10^6 * 0,0490} = 0,001258 \text{ in/in}$$

La deflexión máxima permitida es 0,0023 in/in, por lo tanto, la selección de la dimensión y material del eje es apropiado.

- Polea y eje tensor/conducido

Similar al análisis mostrado anteriormente, se procedió con el cálculo para seleccionar el diámetro de la polea y del eje tensor/conducido del transportador. Se consideró una medida de 2" como diámetro de polea, cédula 40, material Acero A53 Gr. B. Mientras que, para el eje de la polea, se consideró un eje de 1" de diámetro, material Acero SAE 1045. Como se observa en la Figura 5.13, la polea está sometida a tensiones similares a la polea motriz, teniendo una inclinación en las tensiones igual a la inclinación del transportador. La resultante de las fuerzas será calculada a continuación:

**Figura 5.13** - Esquema de fuerzas y resultante de fuerza - Polea tensora



**Fuente:** Elaboración propia

$$R = \sqrt{((F_1 + F_2) * \cos \theta)^2 + ((F_1 + F_2) * \sin \theta - W_{eje})^2}$$

$$R = \sqrt{((84,81 + 46,26) * \cos 11^\circ)^2 + ((84,81 + 46,26) * \sin 11^\circ - 7,80)^2}$$

$$R = 132,78 \text{ lb}$$

Cálculo del Momento Flector del eje motriz:

$$M_{e.m.} = \frac{R * (\frac{L}{2} + 1\frac{5}{8})}{2} = \frac{132,78 * (\frac{3,9369}{2} + 1\frac{5}{8})}{2} = 238,569 \text{ lb.in}$$

Cálculo del Límite de fatiga del eje corregido:

$$S_f = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * k_g * S_f^*$$

- $k_a = \text{Factor para eje mecanizado} = 0,8$
- $k_b = \text{Factor de dimension} = D_{eje}^{-0,19}$
- $k_c = \text{Factor de fiabilidad} = 0,897$
- $k_d = \text{Factor de temperatura} = 1$
- $k_e = \text{Factor de ciclo de trabajo} = 1$
- $k_f = \text{Factor de concentración de esfuerzo} = 0,77$
- $k_g = \text{Factor de servicio} = 1$
- $S_f^* = 41\ 000 \text{ psi}$
- $S_y = 45\ 000 \text{ psi}$

$$S_f = 0,8 * 1 * 0,897 * 1 * 1 * 0,77 * 1 * 41\ 000 = 22\ 654,632 \text{ psi}$$

Cálculo del Momento efectivo:

$$M_e = F_e * r = 38,55 * 1 = 38,55 \text{ lb.in}$$



Cálculo del Diámetro del eje:

$$D_{eje} = \sqrt[3]{\frac{32 * 1,5}{\pi} * \sqrt{\left(\frac{238,569}{22\ 654,632}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{38,55}{45\ 000}\right)^2}} = 0,54435" = 13,82\ mm$$

El diámetro obtenido es 13,82 mm, se optó por considerar el diámetro del eje mencionado anteriormente, es decir, 1", en material Acero SAE 1045.

Para la verificación de la deflexión del eje, se calculó el momento de inercia del eje de 1" de diámetro:

$$I = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{1}{2}\right)^4 = 0,04908\ in^4$$

Al reemplazar el valor calculado en la siguiente Ecuación:

$$\tan \alpha = \frac{R * A * (Long.Total\ eje - 2 * (A))}{4 * E_{\gamma} * I}$$

$$\tan \alpha = \frac{132,78 * 3,5934 * (25,5899 - 2 * (3,5934))}{4 * 29 * 10^6 * 0,04908} = 0,001542\ in/in$$

La deflexión máxima permitida es 0,0023 in/in, por lo tanto, la selección de la dimensión y material del eje es apropiado.

- **Resumen del diseño**

En la Tabla 5.8, se muestran los componentes calculados y seleccionados para el diseño del transportador de banda.

**Tabla 5.8 - Resumen componentes seleccionados - Transportador de banda**

	Componente	Detalle
<b>Banda transportadora</b>	Modelo/Fabricante	Febor 15CF - Esbelt
	Material	PVC - Blanco Tipo piramidal (2 pliegues)
	Long. Total	5 535,86 mm
<b>Estructura de Transportador</b>	Bastidor	Perfil estructural tipo "U" 4"x7,25 lbs/pie ASTM-A36
	Cama del transportador	Cama deslizante
	Disposicion de transportador	Inclinado ( $\theta = 12^\circ$ )
<b>Sistema motriz</b>	Equipo	Motorreductor
	Modelo/Fabricante	SA37/T DRN71M4 SEW EURODRIVE
	Potencia	0.37 kW / 0.50 hp
	Voltaje	220 / 440 V
	Frecuencia	60 Hz
<b>Poleas/Ejes</b>	Polea Motriz	Tubo $\varnothing 4$ " cédula 40 Acero A53 Gr. B
	Eje polea motriz	Eje acero $\varnothing 1$ " Acero SAE 1045
	Chumacera	UCF-205-16
	Polea tensora/conducida	Tubo $\varnothing 2$ " cédula 40 Acero A53 Gr. B
	Eje polea conduc.	Eje acero $\varnothing 1$ " Acero SAE 1045
	Rodamientos	Rodamiento 6304-2RS
	Polines de carga	Tubo $\varnothing 1-1/2$ " cédula 40 Acero A53 Gr. B
	Eje polines de carga	Eje acero $\varnothing 3/4$ " Acero SAE 1045
	Rodamientos	Rodamiento 6302-2RSH

**Fuente:** Elaboración propia

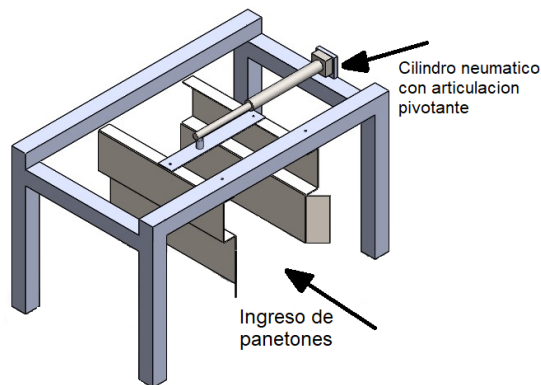
### 5.3.2 Diseño del distribuidor de panetones

La función del sistema distribuidor de panetones es acomodar en el ingreso del transportador dos filas del producto, a fin de que los panetones ingresen al sistema de descarga, el cual posee dos rampas donde ingresa el producto a su empaque.

La propuesta del sistema distribuidor de panetones consta de 02 placas metálicas, articuladas en dos puntos: el primer punto, se articula en una

estructura metálica, a fin de funcionar como pivote, mientras que, el segundo punto, está articulado al vástago de un cilindro neumático de doble efecto, el cual, realiza el movimiento hacia cada lado del transportador de banda. En la Figura 5.14 se visualiza la propuesta del sistema distribuidor:

**Figura 5.14** - Estructura metálica de sistema distribuidor de panetones

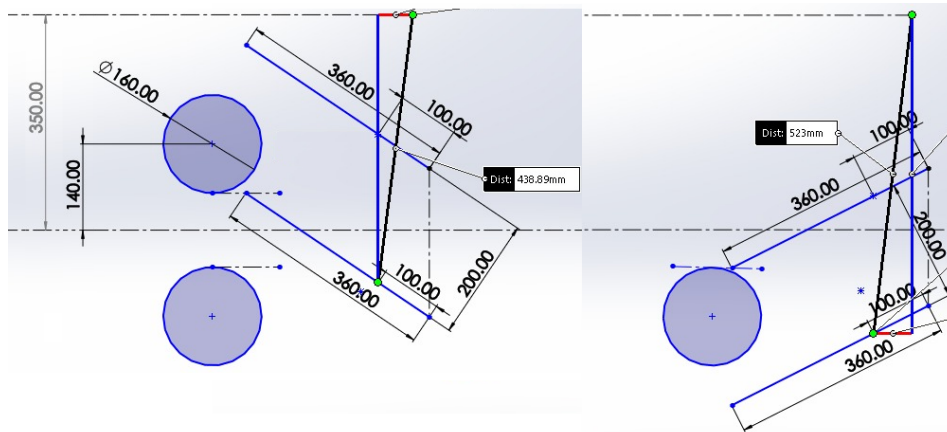


**Fuente:** Elaboración propia

La unidad de análisis posee un sistema de aire comprimido distribuido alrededor de todas las líneas de producción. El sistema posee un compresor de tornillos, con una potencia de motor de 55 kW, que presuriza el sistema con aire filtrado a 8 bar. El cilindro neumático del sistema distribuidor es alimentado por el sistema de aire comprimido, por lo que tiene una presión máxima de alimentación de 8 bar.

El movimiento del distribuidor, mostrada en la Figura 5.15, consta de 2 posiciones en el que se ubican las placas metálicas. Para la ejecución del movimiento, el cilindro neumático se ubica en su posición retraída, para colocar el panetón en la 1° fila, y en posición contraída, para colocar el panetón en la 2° fila.

**Figura 5.15 - Mecanismo de movimiento de placas metálicas**



**Fuente:** Elaboración propia

La diferencia de la longitud del punto más lejano del movimiento menos la diferencia de la longitud del punto más cerca es 84,11 mm, en consecuencia, la carrera del cilindro neumático a seleccionar debe ser mayor a la longitud mencionada. Comercialmente, la carrera superior a dicha longitud es 100 mm, por lo tanto, se seleccionó un cilindro neumático con dicha medida de carrera.

Finalmente, el diámetro del embolo del cilindro neumático corresponde al resultado de la expresión matemática mostrada en la Ecuación 5.2, se consideró la evaluación de 02 situaciones en las cuales el cilindro neumático puede operar: utilizando la presión directa del sistema de aire comprimido de la unidad de análisis (8 bar) y utilizando un regulador de presión previo al ingreso del cilindro neumático (2 bar).

$$D = \sqrt{\frac{F(1 + \mu_f)}{P * 0.0785}} \dots (Ec. 5.2)$$

Donde:

$D$ : Diámetro del émbolo (mm)

$F$ : Fuerza requerida por el sistema (N)

$\mu_f$ : Coeficiente de corrección (0,35)

$P$ : Presión ejercida sobre el cilindro (bar)

$$D = \sqrt{\frac{5,85 * 9,81(1 + 0,35)}{8 * 0,0785}} = 11,1070 \text{ mm}$$

$$D = \sqrt{\frac{5,85 * 9,81(1 + 0,35)}{2 * 0,0785}} = 22,2141 \text{ mm}$$

De acuerdo con los valores obtenidos, el diámetro del cilindro corresponde, comercialmente, a un diámetro de 32 mm.

En la Tabla 5.9, se muestran los componentes seleccionados para el diseño del sistema distribuidor de panetones.

**Tabla 5.9** - Resumen componentes seleccionados-Distribuidor de panetones

	Componente	Detalle
Estructura del distribuidor	Material del soporte	Tubo cuadrado ASTM A500 40x40x2 mm
	Material de placas metálicas	Plancha Acero Inox C304 Espesor 2 mm
Sistema neumático	Tipo de cilindro neumático	Cilindro de doble efecto estándar
	Modelo/Fabricante	61M2P032A0100 - CAMOZZI
	Presión de trabajo	2 bar - 8 bar
	Accesorio 1	Charnela hembra + macho para $\varnothing 32$ mm
	Accesorio 2	Horquilla para vástago GA32-CAMOZZI

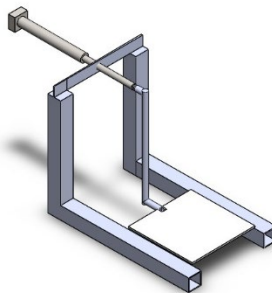
**Fuente: Elaboración propia**

### 5.3.3 Diseño del sistema de descarga de panetones

La función del sistema de descarga de panetones es dirigirlos desde el final del transportador hacia su empaque final. Para tal fin, el panetón cae, a través de un tobogán, aprovechando de esta manera la altura del transportador en ese punto, la cual es 1,3 m.

Al finalizar el transportador, el panetón se posiciona sobre dos plataformas de material PVC rígido (01 plataforma por cada fila de panetón) y en cada plataforma, se tiene una esclusa elaborada en plancha de acero inoxidable C304. Las plataformas serán desplazadas por el accionamiento de un cilindro neumático, el cual se contrae para dejar caer el panetón a través del tobogán. El tobogán y las esclusas fueron elaborados en material acero inoxidable C304. La Figura 5.16 muestra la propuesta del sistema de descarga.

**Figura 5.16** - Estructura propuesta - Sistema de descarga de panetones



**Fuente:** Elaboración propia

Dado que el panetón tiene, en algunos casos, un diámetro de 180 mm en la parte superior, la carrera del cilindro neumático debe ser superior a dicho diámetro. Comercialmente, se seleccionó la opción de 200 mm de carrera de vástago. Por otra parte, se seleccionó el diámetro del cilindro neumático con una medida de  $\varnothing 32$  mm, dado que el cilindro solo desplaza de manera

horizontal el marco estructural que sostiene la plataforma, en conjunto, su peso no supera los 5 kg, por lo que requiere un esfuerzo mínimo. Por lo expuesto, se seleccionó el diámetro de embolo con menor medida que se distribuye comercialmente.

En la Tabla 5.10, se detallan los componentes seleccionados para el diseño del sistema de descarga de panetones.

**Tabla 5.10** - Resumen componentes seleccionados-Descarga de panetones

	Componente	Detalle
Estructura del sistema de descarga	Material del soporte	Tubo cuadrado ASTM A500 40x40x2 mm
	Material plataforma	PVC Blanco Espesor 10 mm
	Material de esclusas/tobogan	Plancha Acero Inox C304 Espesor 2 mm
Sistema neumático	Tipo de cilindro neumático	Cilindro de doble efecto estándar
	Modelo/Fabricante	61M2P032A0200 - CAMOZZI
	Presión de trabajo	2 bar - 8 bar

**Fuente: Elaboración propia**

### 5.3.4 Diseño del sistema de accionamiento neumático

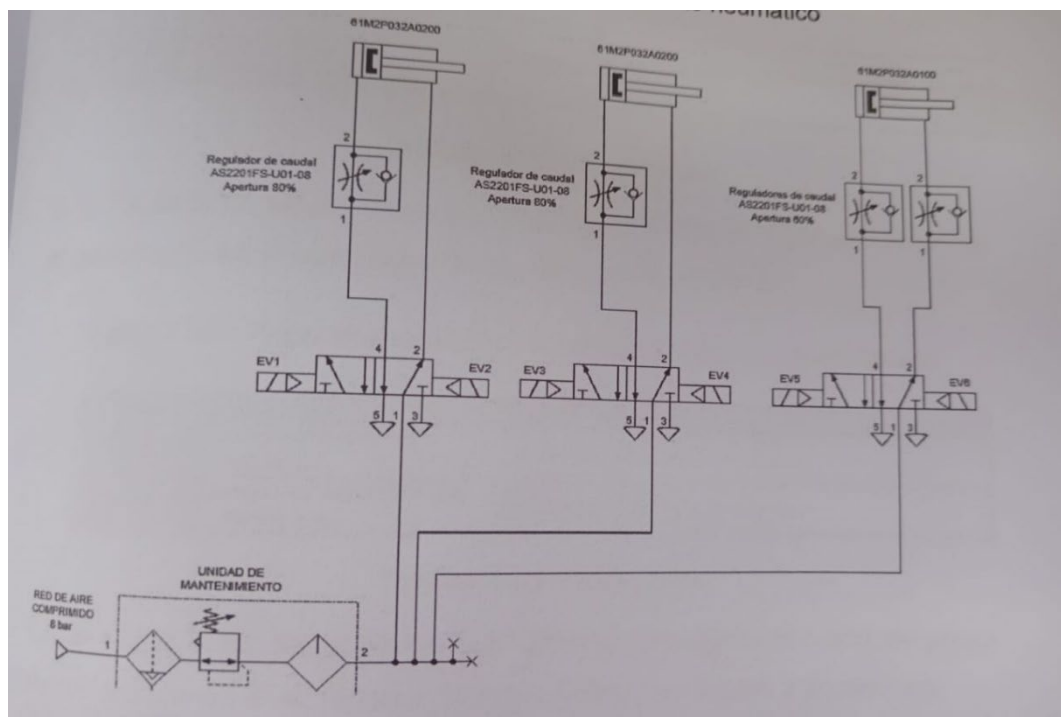
El sistema de accionamiento neumático del transportador comanda el funcionamiento del sistema distribuidos de panetones y de descarga de panetones, al accionar los cilindros neumáticos dispuestos en cada sistema.

El sistema neumático es alimentado por la red del aire comprimido existente en la unidad de análisis, con una presión de trabajo de 8bar. El accionamiento de las electroválvulas es dirigido por sensores fotoeléctricos: 01 en sistema distribuidor y 02 en sistema de descarga. Los sensores detectan la presencia de loa panetones al acercarse a los sistemas indicados. Los sensores instalados en un sistema de control, realizan el

accionamiento de electroválvulas que permitirán finalmente, accionar los cilindros neumáticos instalados en los sistemas de distribución y descarga.

A continuación, se muestra el esquema neumático del sistema de accionamiento neumático del transportador.

**Figura 5.17 – Esquema de accionamiento neumático**



**Fuente: Elaboración propia**

### 5.3.4 Evaluación de propuestas económicas para la fabricación

Para la fabricación y suministro de los componentes requeridos para la implementación del transportador de distribución de panetones se solicitó a empresas contratistas especializadas en fabricación de estructuras metálicas que presenten propuestas económicas, basadas en la propuesta diseñada en el presente trabajo de investigación. En la Tabla 5.11, se observan las propuestas entregadas por dos empresas especializadas en



la fabricación de equipos mecánicos, estructuras e ingeniería, para la fabricación de la estructura del transportador.

**Tabla 5.11 - Propuesta económica-Fabricación de estructura del transportador**

Propuesta	Sistema	Monto	Observación
Propuesta #1	Fabricación del transportador	S/ 31 550	Incluye: Suministro de sistema eléctrico: Motor 0,5 hp, Variador trifásico 220 VAC, disyuntor GV2, tablero elec. IP66 NEMA4
	Fabricación de exclusas		
	Fabricación de distribuidor		
Propuesta #2	Fabricación del transportador	S/ 38 032,92	Incluye: Suministro de Motor 1.5 hp, tablero elec. IP66 NEMA4
	Fabricación de exclusas		
	Fabricación de distribuidor		

**Fuente:** Elaboración propia

En la Tabla 5.12, se observan las propuestas entregadas por una empresa especializada en el suministro de bandas transportadoras.

**Tabla 5.12 - Propuesta económica-Suministro de banda transportadora**

Propuesta	Componente	Monto	Observación
Propuesta #1	Banda SAMPLA SP9Z - PU 5,535x500 mm	S/ 1 823,65	Incluye: Vulcanizado de banda
Propuesta #2	Banda ESBELT FEBOR15CF - PVC 5,535x500 mm	S/ 1 007,92	Incluye: Vulcanizado de banda

**Fuente:** Elaboración propia

En la Tabla 5.13, se observa la propuesta entregada por una empresa especializada en el suministro de actuadores neumáticos y accesorios.

**Tabla 5.13 - Propuesta económica-Suministro de Cilindros neumáticos/Accesorios**

Propuesta	Componente	Monto	Observación
Propuesta #1	Cilindros neumáticos 61M2P032A0200 (2 UND)	S/ 1 004,85	
	Cilindro neumático 61M2P040A0100	S/ 551,81	Stock de cilindro con $\varnothing 32$ mm/L=100 mm agotado, se seleccionó cilindro con medida adicional de diametro
	Charnela para $\varnothing 40$ mm	S/ 151,78	
	Horquilla con rótula $\varnothing 40$ mm	S/ 161,25	
	Horquilla para cil. $\varnothing 32$ mm (2 UND)	S/ 46,39	

**Fuente:** Elaboración propia

En la Tabla 5.14, se observa la propuesta entregada por una empresa especializada en la fabricación de equipos mecánicos, estructuras e ingeniería, para la fabricación de guardas de seguridad.

**Tabla 5.14 - Propuesta económica-Fabricación de guardas de seguridad**

Propuesta	Componente	Monto	Observación
Propuesta #1	Fabricación de guardas de seguridad en material Acrílico	S/ 2 560	
	Fabricación de guardas de seguridad en material Acero Inox. C-304	S/ 2 465	

**Fuente:** Elaboración propia

En la Tabla 5.15, se observa la propuesta entregada por una empresa especializada en sistemas eléctricos, electrónicos y de automatización industrial, para el suministro de componentes eléctricos, electrónicos y la fabricación del tablero de control automático.

**Tabla 5.15 - Propuesta económica-Fabricación de tablero de control automático**

Propuesta	Sistema	Monto	Observación
Propuesta #1	Suministro de componentes de tablero, elaboración de tablero y programación del sistema automático	S/ 5 923,48	

**Fuente:** Elaboración propia

Finalmente, luego a haber evaluado las propuestas económicas de los diferentes proveedores, se optó por tomar las propuestas mostradas en la Tabla 5.16, el monto de inversión requerido para la implementación del transportador de distribución accionado por un sistema neumático asciende a S/ 45 422,48.

**Tabla 5.16** - Resumen de propuesta económica

Sistema/Componente	Propuesta	Monto
Estructura del transportador	Propuesta #1	S/ 31 550
Banda Transportadora	Propuesta #2	S/ 1 007,92
Componentes neumáticos	Propuesta #1	S/ 1 916,08
Guardas de seguridad	Propuesta #1	S/ 5 025
Sistema de control autom.	Propuesta #1	S/ 5 923,48
<b>Total S/</b>		<b>S/ 45 422,48</b>
<b>T.C. (PEN/USD)</b>		<b>3,70</b>
<b>Total \$</b>		<b>\$ 12 276,35</b>

**Fuente:** Elaboración propia

## CAPÍTULO VI

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 6.1 Fabricación e implementación de propuesta en línea productiva

La fabricación integral del transportador de panetones, ejecutado por la empresa especializada designada por la Gerencia de Producción de la planta industrial, duró 2 semanas. Mientras que, el periodo de duración de la instalación y programación del sistema de control automatizado fue de 1 semana. Por lo tanto, la etapa de fabricación del transportador distribuidor de panetones, duró aproximadamente 3 semanas. Todo el proceso de fabricación, desde la adquisición de todos los componentes, mecanizado y conformado de componentes metálicos, soldeo y montaje de componentes, implicó una corta duración de tiempo, dado que, se trata de una estructura de baja complejidad y cuyos componentes son comerciales en la industria nacional peruana. En la Figura 6.1, se visualiza la presentación final del transportador de panetones, instalado en la línea de producción previo a realizar pruebas finales de línea.

**Figura 6.1** - Transportador de distribución neumática de panetones



**Fuente:** Elaboración propia

El sistema de distribución de panetones tuvo una modificación en cuanto a la selección del cilindro seleccionado, debido a que el proveedor agotó su stock disponible, por lo que se seleccionó un cilindro con mayor diámetro respecto al calculado ( $\text{Ø}40 \text{ mm}$ ). En la Figura 6.2, se visualiza el detalle final de la construcción del sistema distribuidor de panetones, instalado sobre el transportador.

**Figura 6.2** - Sistema de distribución de panetones por accionamiento neumático



**Fuente:** Elaboración propia

En la Figura 6.3, se visualiza el detalle final de la construcción del sistema de descarga de panetones, instalado en el final del transportador.

**Figura 6.3** - Sistema de descarga de panetones por accionamiento neumático



Fuente: Elaboración propia

## 6.2 Evaluación económica de implementación de propuesta

La puesta en marcha del transportador de panetones, permitió sustituir un total de 6 operadores. Las tareas de distribución e inserción en bolsa son realizadas por el equipo instalado, solo requiere la presencia de 02 operadores para sostener la bolsa colocarla en el transportador contiguo. Al no requerir dicho personal para la tarea mencionada, la organización reduce su costo operativo por mano de obra en la etapa de embolsado de panetones. Debido a que la inversión requerida para la fabricación e implementación del transportador fue de \$ 13 500, se realizó una evaluación económica para determinar la tasa de retorno de la inversión y el periodo en el cual se recuperará la inversión por la implementación de la propuesta presentada. En la Tabla 6.1, se muestra la evaluación económica realizada para determinar la tasa y el periodo de retorno de la inversión realizada.

**Tabla 6.1** - Evaluación económica - Implementación de transportador de panetones

Transportador - distribuidor de panetones		Concepto	0	1	2	3	4	5
Sueldo básico	1984.6875 soles	Flujo de caja	-13,500	18,802	18,802	18,802	18,802	18,802
HHEE por turnos de 12 horas	soles	Saldo actualizado 10%	-13,500	17,093	15,539	14,126	12,842	11,675
Número de operarios	6 personas	Saldo actualizado acumulad	-13,500	3,593	19,132	33,259	46,101	57,776
<b>Costo de oportunidad</b>	<b>\$18,802.30</b> Dolares/año	TASA		10%				
		VNA		71,276				
<b>Inversión</b>	<b>\$13,500.00</b>	<b>VAN</b>		\$57,775.52	valor flujos futuros - inv inicial			
		<b>TIR</b>			137% es mayor a la tasa del proyecto			
		<b>PR</b>			0.77 se recupera la inversion en 0.8 periodos			

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos de la evaluación económica muestran que, en un periodo de 5 años, el retorno de la inversión será aproximadamente el monto de \$ 57 700; adicionalmente, el periodo de retorno de la inversión es de 0,8 periodos. Debido a que la producción de panetones se realiza durante aproximadamente 6 meses al año, el tiempo de recuperación es de 4,8 meses.

### 6.3 Puesta en marcha en línea - Pruebas de control de calidad

Previo a la puesta en marcha oficial del transportador en la línea de elaboración de panetones de la unidad de análisis, se realizaron pruebas de control de calidad, en las cuales se evaluaron los siguientes puntos:

- Inocuidad de producto (comprobar ausencia de riesgos microbiológicos y/o contaminantes)
- Seguridad en operación de equipo
- Cumplimiento de requerimiento de producción
- Dificultad para operar equipo
- Mantenibilidad

En la Figura 6.4 se observa la prueba de control de calidad realizada en línea durante el primer turno de producción del día.

**Figura 6.4** - Prueba de control de calidad de operatividad de transportador



**Fuente:** Elaboración propia

Las pruebas de control de calidad presentaron los siguientes resultados:

- Inocuidad del producto

El producto no presentó contaminación cruzada por parte de algún componente del transportador. Asimismo, el producto ya no es manipulado por algún operador, por lo tanto, se reduce al mínimo la probabilidad de contaminación por contacto directo por parte del personal.

- Seguridad en operación del equipo

El transportador utiliza guardas de seguridad que evitan el contacto directo de algún mecanismo en movimiento con el personal operador. Asimismo, en el sistema de descarga de panetones, emplea un sistema de parada automática que se activa cuando se apertura la ventanilla ubicada en los laterales de la guarda de seguridad, evitando de esta manera, un posible atrapamiento por la plataforma de PVC accionada por el cilindro neumático. Sin embargo, se presenta el riesgo de golpe/choque con el sistema de descarga de panetones por parte de los operadores, debido a la proximidad del tobogán de descarga con la cabina donde se ubica el mecanismo de apertura de la plataforma.

- Cumplimiento de requerimiento de producción

El sistema se encuentra accionado por un motorreductor de 0,5 hp. La potencia entregada del motorreductor al transportador está regulada por un variador de frecuencia, el cual se encuentra operando a 60% de capacidad nominal, cumpliendo de esta manera el requerimiento de producción actual en la unidad de análisis. Por lo tanto, el transportador está en capacidad de cumplir la demanda de producción, inclusive podría aumentar si es que la demanda lo requiere en el futuro.

- Dificultad para operar el equipo

La operatividad del equipo no es compleja, debido a que el sistema opera de manera automática, la tarea del operador es sostener la bolsa plástica para que el panetón ingrese al momento de caer en el tobogán de



descarga. El operador, en caso de presentar algún atoro en la línea de producción, puede proceder con la detención del equipo, utilizando el botón de parada de emergencia o accionando el pulsador de apagado del tablero eléctrico. Sin embargo, se requiere de entrenamiento al operador para solucionar algún eventual atoro que pueda suceder entre la plataforma de descarga y un panetón.

- **Mantenibilidad**

El transportador no posee componentes complejos, adicionalmente, el transportador solo opera durante 6 meses al año, por lo que su desgaste es mínimo. Requiere únicamente de revisión, limpieza, lubricación y calibración de sensores y componentes de control.

#### **6.4 Contratación de la Hipótesis**

La hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación, indica que, el diseño de un transportador de distribución por accionamiento neumático en el proceso de embolsado de panetones, reducirá los costos operativos en empresas del sector panificador. Los resultados obtenidos al diseñar el transportador e implementarlo en la línea de producción muestran que, se redujo el costo operativo por mano de obra interna, al sustituir las tareas ejecutadas por el personal operador. El número de operadores requeridos en la actividad de embolsado se redujo en 6 operadores. La implementación del transportador implicó una inversión, de \$ 13 500. El ahorro mensual percibido por haber disminuido el personal operador es de \$ 3 133,72. La recuperación de la inversión será luego de 4,62 meses. Posterior al tiempo indicado, el monto mencionado será el ahorro la unidad de análisis ahorrará el monto indicado de manera mensual. Por lo tanto, la hipótesis planteada por el presente trabajo de investigación es confirmada.

## CONCLUSIONES

- El diseño de un transportador de distribución por accionamiento neumático de panetones permitió reducir los costos operativos por mano de obra interna en una empresa del sector alimenticio en \$ 3 133,72 mensuales. El diseño del transportador requirió una inversión de \$ 13 500, el plazo de retorno de inversión es de, aproximadamente, 5 meses.
- La automatización, parcial o total, de actividades relacionadas al proceso de elaboración y embolsado de panetones, reduce los costos operativos por mano de obra interna requerida por una empresa del sector alimenticio.
- La sustitución de procesos manuales por procesos automatizados en una línea de elaboración de alimentos reduce el riesgo de contaminación cruzada en el producto alimenticio al reducir el contacto directo del personal operador con el alimento. Sin embargo, los materiales y componentes seleccionados para los equipos utilizados deben poseer características que no permitan la proliferación de agentes patógenos o microorganismos infecciosos.
- La capacidad del proceso de embolsado de panetones aumentó, dado que el transportador opera a una capacidad menor de la capacidad nominal del motorreductor seleccionado. Actualmente, la capacidad de producción de panetones de la unidad de análisis se encuentra limitada por la capacidad del proceso de embolsado de panetones.
- El diseño del transportador en la línea de producción requirió modificaciones menores al sistema anterior. Solo se realizó la reducción de la longitud de un transportador lineal. Asimismo, solo requirió la instalación de un nuevo punto de acceso a la red de aire comprimido de la unidad de análisis. Por lo tanto, el grado de dificultad para la instalación del transportador en la línea productiva es mínimo.

## RECOMENDACIONES

- Implementar el transportador de distribución por accionamiento neumático en el proceso de embolsado de panetones de la unidad de análisis del presente trabajo de investigación. De esta manera, el costo operativo por mano de obra interna se reducirá. El ahorro mensual que se genera por la reducción de mano de obra al implementar el transportador es de \$ 3 133,72.
- La implementación del transportador requirió una inversión de \$13 500, para el diseño y selección de componentes se utilizaron las condiciones y necesidades de la unidad de análisis. De ser considerada la implementación de un transportador similar en otra empresa, se recomienda adecuar las necesidades y proyecciones de producción, con el fin de determinar la factibilidad de implementación y el monto requerido a invertir.
- Evaluar y proponer un sistema que permita automatizar la tarea de inserción en bolsa plástica del panetón. De esta manera, todo el proceso de embolsado será automatizado, reduciendo costos operativos por mano de obra interna en la línea de embolsado de panetones.
- Elaborar un programa de limpieza, inspección, lubricación y calibración rutinario, sobre los componentes del transportador de panetones. La limpieza de las placas metálicas de acero inoxidable y la banda transportadora debe ser realizado semanalmente, para evitar la acumulación de suciedad. La inspección de componentes, lubricación y calibración de sensores debe ser realizado mensualmente, junto con las otras actividades similares que el

Departamento de Mantenimiento realiza en la línea de producción. El motorreductor, debido a que se encuentra sometido a baja carga, se le debe realizar una inspección anual.

- Efectuar pruebas y entrenamientos dirigidos al personal encargado de Producción, sobre las acciones requeridas en caso se presente atoro en el sistema de descarga de panetones. El transportador posee un sistema de parada automático en caso de apertura de las guardas de seguridad en el sistema de descarga, el cual se desbloquea presionando una botonera ubicada cerca del tobogán de descarga de panetones. El personal operador debe conocer las características mencionadas para asegurar la continuidad de la producción sin inconvenientes.
- Implementar, sobre el transportador, el sistema de dosificación de preservante, con el objetivo de reducir la actividad ejecutada manualmente luego del embolsado del panetón que actualmente existe. Con la implementación del sistema, se reducirá aún más el costo operativo por mano de obra interna.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Amigo, O.; Lagos, P. y Muñoz C. (2013). Diseño de cinta transportadora Intralox para Pesquera Bahía Caldera S.A. Para optar el título profesional de Ingeniero de Ejecución en Mecánica. Universidad del Bío-Bío. Concepción, Chile.
- [2] Asociación de Fabricantes de equipos transportadores. (2015). Especificaciones para poleas metálicas soldadas (CEMA B105.1-2015)
- [3] Bayas, M. (2020). Análisis de los procesos productivos y su incidencia en la prevención de accidentes laborales en industrias grandes y medianas, procesadoras de productos lácteos en los cantones Quito Rumiñahui y Mejía. Para optar el título profesional de Ingeniero Comercial. Universidad de las Fuerzas Armadas. Sangolquí, Ecuador.
- [4] Beunza, I. (2018). Automatización de una línea de montaje con cinta transportadora. Para optar el título profesional de Ingeniero Eléctrico y Electrónico. Universidad Pública de Navarra. Pamplona, España.
- [5] Budynas, R. y Nisbett, J. (2021). Diseño en Ingeniería Mecánica. 11va edición. McGraw-Hill
- [6] Bustamante, L. (2018). Diseño de un sistema automatizado en la etapa de ensacado para incrementar la productividad en la empresa MOLISAM I E.I.R.L. Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Chiclayo, Perú.
- [7] Castillo, J. y Marrufo, E. (2018). Instalaciones eléctricas básicas. 1ra edición. McGraw-Hill.
- [8] Castro, J.; Martínez, G. y Ravelo, F. (2011). Diseño de una banda transportadora semiautomática para la fabricación de tanques de combustible de vehículos de carga. Para optar el título profesional de Ingeniero de Control y Automatización. Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México, México
- [9] Decreto Legislativo N°728, Ley de productividad y Competitividad Laboral (27 de marzo de 1997). Recuperado de: <https://diariooficial.elperuano.pe/pdf/0075/ley-productividad-competitividad-laboral-2021.pdf>

- [10] Hasabit AG Ltd. (2011). Cintas Transportadoras con Estructura de Tejido. Reinach, Suiza.
- [11] Hernandez, F. (2008). Diseño y construcción de prototipo neumático de prótesis de pierna humana. Para optar el título profesional de Ingeniero en Electrónica y Computadoras. Universidad de las Américas Puebla. Puebla, México.
- [12] INEI (2021). Situación del mercado laboral en Lima Metropolitana junio-julio agosto 2021. Recuperado de: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/09-informe-tecnico-mercado-laboral-jun-jul-ago-2021.pdf>
- [13] IRP Intralogística Ltd. (2018). Transportadores. Recuperado de: <https://irp-intralogistica.com/transportadores/banda/>
- [14] Kantar Ltd. (2019). Una campaña de retos e innovaciones. Recuperado de: <https://www.kantarworldpanel.com/pe/Noticias/Navidad-2019-:-Una-campa%C3%B1a-de-retos-e-innovaciones>
- [15] Mejía, C.; Torres, G.; et al. (2019). Incidentes laborales en trabajadores de catorce ciudades del Perú: causas y posibles consecuencias. Lima, Perú
- [16] Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2017). Diseño metodológico para el estudio de valoración económica en materia de seguridad y salud del trabajo. Lima, Perú.
- [17] Organización Internacional del Trabajo. (2018). Remuneraciones, costos extrasalariales y renta imponible en los países andinos. Ginebra, Suiza.
- [18] Organización Mundial de la Salud. (2020). Inocuidad de los alimentos.
- [19] Pantoja, C.; Garcia, M. y Ramirez, C. (2010). Fundamentos y técnicas de costos. Universidad Libre. Cartagena, Colombia.
- [20] Paz, R.; Valerio, D. (2019). Diseño de un transportador electromecánico recto de una hilera con banda para botellas con bebida gasificadas. Para optar el grado profesional de Ingeniero Electromecánico. Universidad Tecnológica del Perú. Lima, Perú.

- [21] Pérez, M. (2016). La influencia del factor humano en la producción de los accidentes laborales. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/235859575.pdf>
- [22] Saavedra, J.; Valdiviezo, L. y Santa Cruz, A. (2017). Determinación de parámetros óptimos en la elaboración de panetón sustituido parcialmente con harina de banano. Universidad Nacional de Frontera. Sullana, Perú.
- [23] Sanchez, D. (2018). Diseño y cálculo de un reductor de velocidad para cinta transportadora. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.
- [24] Siegfried, F. y Dierter, G. (2010). Neumática Electroneumática Fundamentos. Denkendoft, Alemania.
- [25] Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. (2021). Estándar de Seguridad para Transportadores y Equipos Relacionados (ASME B20.1).
- [26] Villacorta, M. (2019). Diseño de una faja transportadora de 150 m para 60 t/h de Bagazo de Caña de Azúcar. Para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.

## ANEXOS

**ANEXO 1: Recolección de datos - Cumplimiento de producción por turno (Intervalo de fechas: 29/08/2022 - 11/09/2022)**

Recolección de datos - Cumplimiento de producción por Turno - Embolsado de panetones							
Fecha	Turno	Producto	Produc. planificada (Tn)	Producción real (Tn)	Rechazados - PNC (kg)	# operadores	Cumplimiento (%)
29/08/2022	1	P	12.53	12.7	5.1	5	101%
29/08/2022	2	P	13.31	13.5	5.95	5	101%
29/08/2022	3	P	15.97	16.2	4.25	5	101%
30/08/2022	1	C	13.31	13.8	-	5	104%
30/08/2022	2	C	13.31	13.1	2.55	5	98%
30/08/2022	3	P/C	15.97	16.1	3.4	5	101%
31/08/2022	1	P	13.31	13.7	2.55	5	103%
31/08/2022	2	P	13.31	13.4	3.4	5	101%
31/08/2022	3	P	15.97	15.9	5.95	5	100%
1/09/2022	1	P	13.31	13.5	2.55	5	101%
1/09/2022	2	P	13.31	13.6	5.1	5	102%
1/09/2022	3	P	15.97	16	5.95	5	100%
2/09/2022	1	P	13.31	13.5	5.95	5	101%
2/09/2022	2	L/P	9.11	9.6	0	5	105%
2/09/2022	3	L	15.18	15.7	1.7	5	103%
3/09/2022	1	L	12.66	13.1	4.25	5	103%
3/09/2022	2	L	12.66	12.9	1.7	5	102%
3/09/2022	3	L	15.18	15.2	0	5	100%
4/09/2022	1	L	12.66	12.2	1.7	5	96%
4/09/2022	2	L	6.78	6.9	3.4	5	102%
4/09/2022	3	-	0	0	5.1	5	-
5/09/2022	1	P	12.53	12.9	5.1	5	103%
5/09/2022	2	P	13.31	13.1	5.95	5	98%
5/09/2022	3	P	15.97	15.7	5.95	5	98%
6/09/2022	1	P	13.31	14	4.25	5	105%
6/09/2022	2	P	13.31	13.5	3.4	5	101%
6/09/2022	3	P	15.97	16.1	5.1	5	101%
7/09/2022	1	P	13.31	13.2	0.85	5	99%
7/09/2022	2	P	13.31	13.3	2.55	5	100%
7/09/2022	3	P	15.97	15.9	3.4	5	100%
8/09/2022	1	P	13.31	13.5	1.7	5	101%
8/09/2022	2	P	13.31	13.4	1.7	5	101%
8/09/2022	3	P	15.97	16	1.7	5	100%
9/09/2022	1	P	13.31	13.5	0	5	101%
9/09/2022	2	L/P	6.72	6.9	5.95	5	103%
9/09/2022	3	L	11.88	12.5	3.4	5	105%
10/09/2022	1	L	12.66	13.1	2.55	5	103%
10/09/2022	2	L	12.66	13.2	5.95	5	104%
10/09/2022	3	L	15.18	15.5	5.1	5	102%
11/09/2022	1	L	12.66	13.0	4.25	5	103%
11/09/2022	2	L	6.78	7	5.95	5	103%
11/09/2022	3	-	0	0	4.25	5	-
<b>Total</b>	-	-	528.55	535.9	149.6	-	101.4%

Turnos:	1° Turno (07:00 am - 15:00 p.m.)
	2° Turno (15:00 pm - 23:00 p.m.)
	3° Turno (23:00 pm - 07:00 a.m.)

Producto:	L Presentación "de lujo"
	P Presentación premium
	C Presentación clásica




**ANEXO 2: Recolección de datos - Histórico de gasto operativo por personal operativo (Intervalo de años: 2018 - 2022)**

**Recolección datos - Historico de gasto operativo por personal interno - Embolsado Panetones**

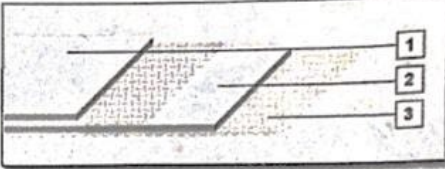
Año	Campaña de producción		# operadores	Puesto trabajo	Ingresos por operador		
	Inicio	Fin			Bruto	No salariales	Total
2022	Junio	Diciembre	9	Operario	1 320	665,28	1 985,28
2021	Junio	Diciembre	9	Operario	1 209	609,33	1 818,33
2020	Junio	Diciembre	9	Operario	1 209	609,33	1 818,33
2019	Junio	Diciembre	9	Operario	1 116	562,46	1 678,46
2018	Julio	Diciembre	9	Operario	1 020	514,08	1 534,08

## ANEXO 3: Características técnicas - Banda transportadora Marca: ESBELT Modelo: FEBOR 15CF-WH

### EBOR 15CF-WH - Características Técnicas




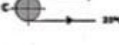
ESTRUCTURA	
Espesor Total	2.90 mm
Nº Telas	2
Tejido	Poliéster
Trama	Rígida
Peso	3.50 kg/m <sup>2</sup>
Temp. Constante °C	-5 / 80
Temp. puntual °C	-15 / 100
<b>1</b> Cobertura superior	
Espesor	1.50 mm
Material	PVC
Color	Bianco 00
Acabado	Liso
Dureza	85 ShA
<b>2</b> Cobertura intermedia	
Material	PVC
<b>3</b> Cobertura inferior	
Espesor	0.00 mm
Material	-
Color	Crudo
Acabado	Tejido AE
Dureza	0 ShA



APLICACIÓN PERFILES	
Perfiles cobert. superior	Si
Perfiles cobert. inferior	Si
Perfiles runer	Si

CARACTERÍST. ESPECIAL	
FDA	FDA Alimentaria
EU	EU alimentaria (Reglamento EU 10/2011)
AS	Antiestática Cobertura Inferior

TENSIONES N/mm	
Carga rotura	120
Carga trabajo 1% alarg.	10
Carga máxima 1,5% alarg.	15

DIÁMETRO MÍN. TAMBORES mm	
	Flexión [F] 60
	Contraflexión [C] 80

GRAPAS	
MR1, 1A, RS-62, A3/SP, UX15P	

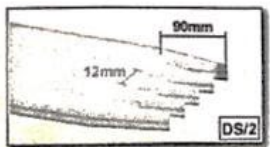
SUPERFICIE APOYO	
Cuna continua	Si
Rodillos	Si
Artesa	No

COEF. FRICCIÓN COB. INFERIOR	
Sobre acero Din/Est	0.16 / 0.23
Sobre madera Din/Est	0.13 / 0.21
Sobre plástico Din/Est	0.14 / 0.21

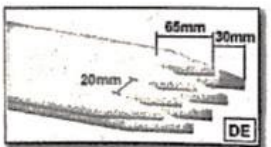
OBSERVACIONES	
Empalme longitudinal	Si
Ancho max fabricación	3000 mm
Última Modificación	10/02/2015

**PARÁMETROS EMPALME** (Planchas de estratificado de fibra de vidrio, no metálicas)

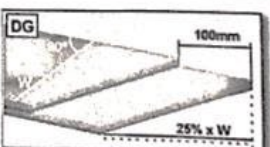
Empalme	Presión Kp/cm <sup>2</sup>	Temp. Sup. °C	Temp. Inf. °C	Tiempo min.	Fiomil / Film cob. sup.	Fiomil int.	Hoja
DS/2 (Recomendado)	2.50	170	160	14	Film C-WH	-	18
DE	2.00	175	175	5	CBL00	ITR00	1
DG	2.00	175	175	5	CBL00	ITR00	3



DS/2



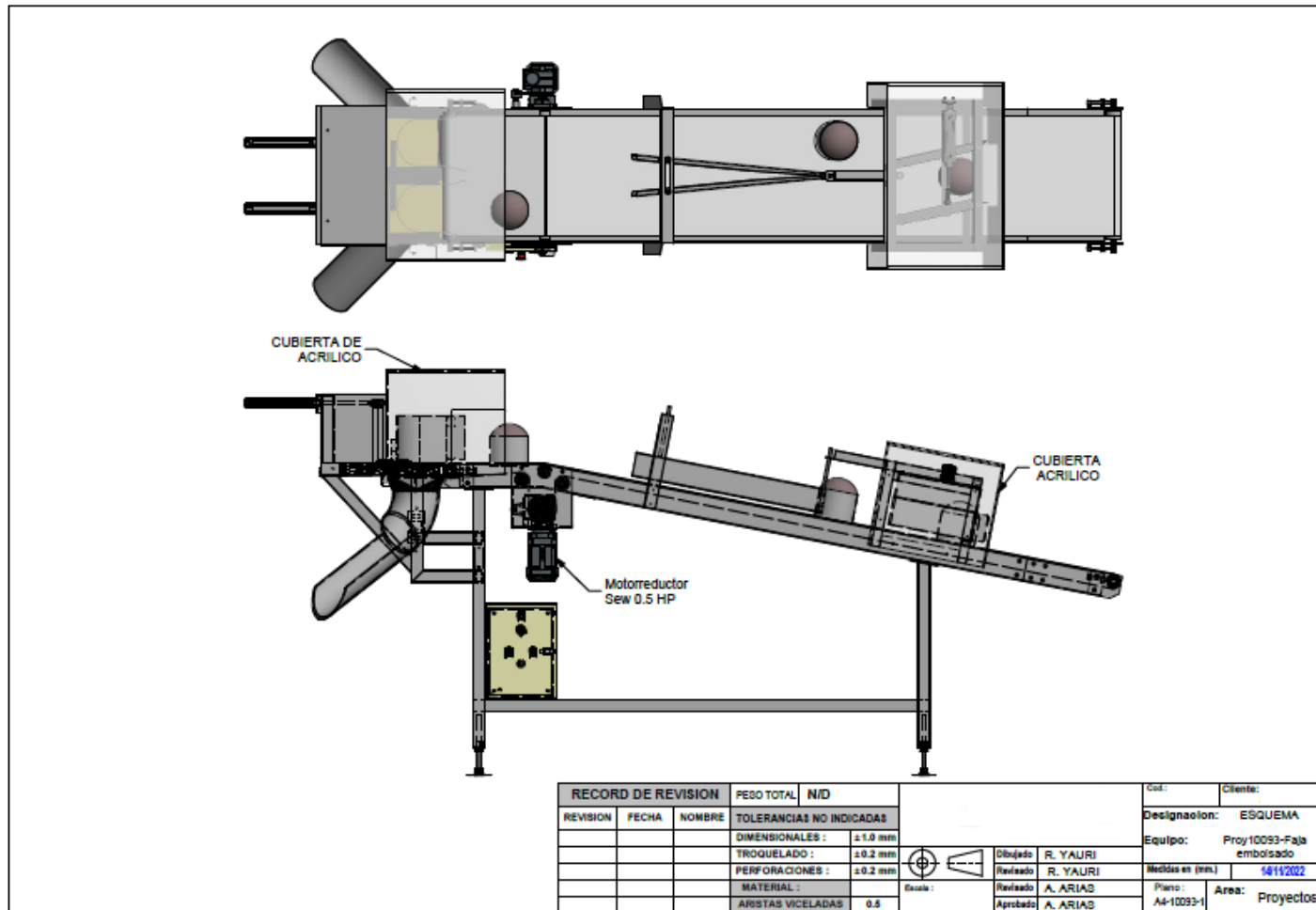
DE



DG

**⚠** Los parámetros de empalme son orientativos ya que dependen del tipo de prensa y del espesor de las planchas utilizadas. Es aconsejable realizar siempre pruebas con trozos de la misma banda antes de la ejecución del empalme.  
El tiempo indicado se cuenta a partir de que la prensa ha alcanzado la temperatura señalada.

### ANEXO 4: Vistas frontal y superior - Transportador de distribución por accionamiento neumático



**ANEXO 5: Vista isométrica - Transportador de distribución por accionamiento neumático**