

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**PROPUESTA DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN MEDIANTE EL  
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA LÍNEA  
DE RETAIL DE LA EMPRESA VÍNCULOS AGRÍCOLAS S.A.C.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR**

**FRANKIE ELMER RENTERÍA MORALES**

**ASESOR**

**JOSELITO SÁNCHEZ PÉREZ**

<https://orcid.org/0000-0002-1525-8149>

**Chiclayo, 2019**

**PROPUESTA DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN  
MEDIANTE EL DISEÑO DE UN SISTEMA  
AUTOMATIZADO PARA LA LÍNEA DE RETAIL DE LA  
EMPRESA VÍNCULOS AGRÍCOLAS S.A.C.**

PRESENTADA POR:

**FRANKIE ELMER RENTERÍA MORALES**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR:

Maximiliano Arroyo Ulloa

PRESIDENTE

Vanessa Castro Delgado

SECRETARIO

Joselito Sánchez Pérez

ASESOR

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis principalmente a Dios, quién me supo guiar por el buen camino, dándome fuerzas para poder seguir, enseñándome a encarar las adversidades, hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi abuela y tíos, quienes siempre me estarán cuidando y sonriendo desde el cielo y mis tíos, ya que por ellos soy lo que hoy en día soy, quienes en su momento pudieron darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba.

A mis padres, quienes se sacrificaron para lograr mis sueños, por sus consejos, comprensión, amor y ayuda en los momentos más difíciles, y sobre todo por su apoyo en todos los recursos indispensables para mis estudios.

A mi hermano, quien siempre estuvo ahí para poder salir adelante, y es que gracias a ellos ando por el camino correcto.

Ustedes han dado aportado en lo que soy, mi fortaleza, valores, principios, perseverancia, pasión y empeño para poder terminar lo que un día empecé y conseguir mis objetivos en esta carrera profesional.

A mis profesores, quienes influyeron de gran manera con sus conocimientos y experiencias, para culminar con éxito mis estudios profesionales.

Esta tesis es para todos ustedes en agradecimiento por todo el apoyo y cariño brindado día tras día.

Frankie Rentería Morales

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, por haberme dado fuerzas para no desfallecer frente a los obstáculos y dificultades que se me presentaron día a día, así como por protegerme y guiarme durante toda la carrera profesional. A mi abuela y mis tíos, por el apoyo incondicional en los momentos menos esperados y por la motivación durante mi formación.

Les doy las gracias a mis padres, quienes confiaron en mí, brindándome su apoyo en todo momento, por los valores inculcados y por haberme dado la grandiosa oportunidad de tener una excelente educación a lo largo de mi vida.

A mi asesor de tesis el Ing. Joselito Sánchez Pérez y Dr. Max Arroyo Ulloa, por su apoyo, enseñanza y orientación, quienes con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación han apoyado en que finalice mis estudios con éxito. De igual manera, agradezco a la Empresa Vínculos Agrícolas S.A.C., por su confianza, apoyo en el desarrollo de esta tesis.

Frankie Rentería Morales

## RESUMEN

El tema de la presente investigación se centra en la importancia de aumentar la capacidad de haciendo uso de la automatización para la línea de Retail de la Empresa Vínculos Agrícolas S.A.C., cuya actividad es la producción y exportación de quinua, en donde se elaboran dos tipos de presentaciones de 4,54 kg y 0,34 kg. El problema en la empresa surge a finales del año 2015, donde se llegó toda la capacidad de producción, llegando solo a exportar máximo 6 contenedores mensuales (3 contenedores de la presentación 4,53 kg y 3 contenedores 0,34 kg), pero por decisiones de ventas se demanda a producir un contenedor extra estando ya en el tope de la capacidad de producción, ante esto el área de Producción recurre a la contratación de personal extra y pago de horas extras, lo cual genera unos costos mensuales de S/ 20727.8. Ante este problema es que se diseñó un sistema automatizado con la finalidad de aumentar la capacidad de producción y reducir los costos.

El trabajo propio de esta investigación consistió en dar solución a esta problemática antes mencionada, alcanzando los objetivos trazados con el fin de solucionar los problemas que se daban. Para ello primero se realizó un estudio de tiempos en la línea de Retail de la Empresa Vínculos Agrícolas S.A.C., observando que la producción no se da en un flujo continuo, este se da realmente en 3 etapas, en la primera etapa se etiquetan, codifican y arman las cajas, en la segunda etapa se etiquetan y codifican las bolsas, y en la última etapa se envasa, pesa, sella, encaja, y en estas etapas se tienen cuellos de botellas, los cuales determinan la capacidad de producción, pudiendo solo exportar hasta 7 contenedores como máximo, como se mencionó anteriormente. Concluyendo que estos cuellos de botella, se generan debido a que todo el trabajo realizado es manual, y las personas han demostrado por su misma experiencia, que ya no pueden hacerlo más rápida. Sabiendo esto se propuso un diseño automatizado en donde la producción sea de flujo continuo para aumentar así la capacidad; este diseño produce 4500 cajas/día de la presentación 4,54 kg y 1800 cajas/día de la presentación 0,34 kg, el cual genera un incremento de los ingresos en un 15%.

Para el diseño automatizado, se generó una inversión inicial de /S 277 195 soles, el cual, en el año 1 de su puesta en marcha, podrá recuperar su inversión.

***Palabras claves:*** Retail, mejora y capacidad de producción.

## ABSTRACT

The subject of this research focuses on the importance of increasing the capacity using automation to retail line in the plant Vínculos Agrícolas S.A.C., whose activity is the production and export of quinoa, where made two types of presentations 4,54 kg y 0,34 kg. The problem arises in the company at the end of 2015, where all production capacity is reached, exporting only 6 containers (3 containers of 4,54 presentations and 3 containers of 0,34 presentation), but decisions of sales area is claimed to produce an extra container being already at the top of production capacity, so the production area resort to hiring extra staff and overtime pay, which generates monthly costs S/ 20727.8. Faced this problem designed an automated system in order to increase production capacity and reduce costs.

The own research work is to provide a solution to this aforementioned problematic, achieving the objectives in order to solve the problems that arose. For this first did a time study in the retail line of plant Vínculos Agrícolas S.A.C., noting that production does not occur in a continuous flow, this actually given in 3 stages, in the first stage are labeled, coded and armed the boxes, in the second stage are labeled and coded the bags, and in the last stage is packaged, weighed, sealed, fits, and these stages have bottlenecks which determine the production capacity and only can produce 7 containers, as was mentioned before. Concluding that these bottlenecks are generated because all the work is manual and people have showed by their own experience, they can work faster. Knowing this was proposed an automated design where production has a continuous flow to increase the capacity; this design produce 4500 boxes/ day of 4,54 presentations and 1800 boxes/day of 0,34 presentations, which generates increased revenue by 15%.

For automated design, an initial investment of /S 277 195, which in the first year of their implementation, can recoup the investment.

**Keywords:** *Retail, improvement and production capacity.*

# ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. MARCO REFERENCIA DEL PROBLEMA.....	13
2.1. ANTECEDENTES.....	13
2.2. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	15
2.2.1. AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.....	15
2.2.2. OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACIÓN.....	15
2.2.3. ESTRUCTURA DE LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES INDUSTRIALES.....	16
2.2.4. PLC Y ELEMENTOS BÁSICOS.....	17
2.2.5. INDICADORES, DIAGRAMAS Y MÉTODOS.....	22
2.2.6. FÓRMULAS PARA DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS.....	24
III. RESULTADOS.....	29
3.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	29
3.1.1. LAYOUT.....	29
3.1.2. LA EMPRESA.....	29
3.1.3. Estructura organizacional.....	30
3.1.4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO.....	32
3.1.5. VENTAS DE PRODUCTOS Y CARTERA DE CLIENTES.....	33
3.1.6. PRECIO Y COSTO DE LOS PRODUCTOS.....	40
3.1.7. DIAGNÓSTICO POR CAUSAS.....	40
3.2. PROPUESTA DE MEJORA DE PRODUCCIÓN MEDIANTE UN.....	63
SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA LINEA DE RETAIL.....	63
3.2.1. PROPUESTA DEL SISTEMA AUTOMATIZADO.....	63
3.3. DISEÑO DEL SISTEMA EN FORMA VIRTUAL.....	76
3.3.1. DISEÑO 2D.....	76
3.3.3. DISEÑO 3D.....	76
3.3.4. MATERIALES Y COSTOS DEL DISEÑO.....	77
3.3.5. DISEÑO ELÉCTRICO.....	78
3.3.6. Programa de SOMACHINE LOGIC BUILDER.....	81
3.4. RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	85
3.4.1. NUEVOS INDICADORES DE PRODUCCIÓN.....	85

A.Nuevo diagrama de análisis de proceso presentación	4,54	KG
.....		85
B.Nuevo diagrama de análisis de proceso presentación	0,34	KG
.....		86
3.4.2. CUADRO COMPARATIVO DE INDICADORES		91
3.5. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO		95
3.5.1. BENEFICIOS OBTENIDOS		95
3.5.2. COSTOS IMPLICADOS EN LA MEJORA		96
3.5.3. CÁLCULO DE BENEFICIO-COSTO		98
IV. CONCLUSIONES		100
V. RECOMENDACIONES		101
VI. BIBLIOGRAFÍA		102
VII.ANEXOS		104

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventas I Semestre de Quinua Retail en el año 2017.....	33
Tabla 2. Ventas II Semestre de Quinua Retail en el año 2017.....	34
Tabla 3. Ventas I Semestre de Quinua Retail en el año 2018.....	35
Tabla 4. Ventas II Semestre de Quinua Retail en el año 2018 .....	36
Tabla 5. Cantidad de bolsas y cajas por formato .....	37
Tabla 6. Precio y costo por caja de presentaciones de 0,34 kg y 4,54 kg. ....	40
Tabla 7. Unidades reprocesadas promedio (Datos Junio-Julio 2017) .....	42
Tabla 8. Estudio de tiempos - operación sellado (Setiembre 2018) .....	44
Tabla 9. Costos por bolsas reprocesadas. ....	45
Tabla 10. Cálculo del tiempo estándar. ....	46
Tabla 11. Cálculo de productividad de mano de obra .....	48
Tabla 12. Tiempos de producción, .....	52
Tabla 13. Tiempos de producción .....	53
Tabla 14. Tiempos de producción. ....	54
Tabla 15. Tiempos de producción .....	55
Tabla 16. Tiempos de producción .....	55
Tabla 17. Tiempos de producción. ....	56
Tabla 18. Tiempo total de producción por 6 contenedores .....	57
Tabla 19. Costo de Mano de Obra extra mensual .....	58
Tabla 20. Costo de personal extra mensual Noviembre – Diciembre 2017.....	59
Tabla 21. Ficha técnica de la selladora por resistencia. ....	60
Tabla 22. Causas con sus impactos económicos. ....	62
Tabla 23. Causas con indicadores hallados. ....	62
Tabla 24. Características de la selladora por resistencia.....	73
Tabla 25. Lista de materiales y costos.....	77
Tabla 26. Tiempos de operación para caja de presentación 4,54 kg. ....	87
Tabla 27 . Tiempos de operación para caja de presentación .....	88
Tabla 28. Incremento de la producción por contenedor .....	88
Tabla 29. Comparativo de indicadores antes y después de propuesta.....	91
Tabla 30. Ventas de contenedores año 2017 – 2018. ....	92
Tabla 31. Análisis de ventas año 2017 y 2018 de Quinua para Retail de la empresa Vínculos Agrícolas S.A.C. ....	93
Tabla 32. Plan de ventas proyectadas, de la empresa Vínculos Agrícolas S.A.C.	93
Tabla 33. Análisis de ventas adicionales por mejora .....	94
Tabla 34. Porcentaje de participación por presentación. ....	95
Tabla 35. . Ingresos por contenedores vendidos por mejora .....	95
Tabla 36. Ahorros por propuesta de mejora. ....	96
Tabla 37. Costo adicional anual por Pollyroll .....	97
Tabla 38. Indicadores de rentabilidad .....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Simbología básica.....	18
Figura 2. Estructura del peldaño de un diagrama de escalera .....	18
Figura 3. Ilustración de varios caminos de continuidad en diagrama Ladder. ..	19
Figura 4. Contactos .....	19
Figura 5. Simbología Relé interno o marca .....	20
Figura 6. Secuencia lógica .....	20
Figura 7. Temporizador.....	21
Figura 8. Contador .....	21
Figura 9. Seccionado para doblamiento .....	24
Figura 10. Organigrama de la empresa.....	31
Figura 11. Quinoa para retail, presentación 0,34 kg.....	32
Figura 12. Quina para retail, presentación 4,54 kg.....	32
Figura 13. Evolución de las ventas de contenedores del año 2017 al 2018 .....	37
Figura 14. Diagrama Ishikawa .....	40
Figura 15. Sellado de bolsa.....	41
Figura 16. Diagrama hombre máquina del proceso actual de llenado.....	46
Figura 17. Productividad de mano de obra.....	48
Figura 18. Sellado de bolsa por operador.....	49
Figura 19. Diagrama de análisis de proceso.....	50
Figura 20. Diagrama II de análisis de proceso.....	51
Figura 21. Ventas sobre la capacidad.....	58
Figura 22. Bypass .....	63
Figura 23. Tabla de caudal ASTM.....	65
Figura 24. Catálogo cilindros de simple efecto FESTO .....	68
Figura 25. Válvula reguladora.....	68
Figura 26. Unidad de filtro.....	69
Figura 27. Electroválvula Festo MFH-5-1/4 #6211 .....	69
Figura 28. Compartimiento para moldes .....	70
Figura 29. Pollyroll y Sistema de formado de bolsa .....	72
Figura 30. Circuito de fuerza .....	78
Figura 31. Circuito eléctrico .....	79
Figura 32. Plano esquemático.....	80
Figura 33. Controlador SoMachine.....	81
Figura 34. Diagrama de secuencia .....	82
Figura 35. Programación SOMACHINE.....	84
Figura 36. Diagrama de análisis de proceso con mejora.....	85
Figura 37. Diagrama de análisis de proceso II con mejora.....	86
Figura 38. Diagrama hombre máquina con mejora propuesta.....	89
Figura 39. Plan de ventas proyectado de contenedores.....	93

## I. INTRODUCCIÓN

Es un hecho que el proceso de globalización, busca que las empresas integren nuevas estrategias empresariales, y una de las estrategias que trae consigo es la tecnología, ya que al pasar el tiempo se han desarrollado muchas investigaciones científicas las cuales nos ofrecen las soluciones a casi todos los problemas de nuestros días, y ello ha permitido al hombre dominar la misma naturaleza y de las máquinas creadas por él para que sus labores sean más sencillas.

Pero el hecho de automatizar los procesos dentro de una empresa, no es una tarea muy sencilla, puesto que no es simplemente cuestión de comprar maquinas guiándose en las especificaciones técnicas que estas poseen, como ocurrió con el caso Rímac SA, esta empresa quiso automatizar su almacén con la finalidad de ser más eficiente, pero no tuvo los resultados deseados.

Ahora, si bien es cierto, en el sector agroindustrial, es un hecho que siempre se está en la búsqueda de nuevos productos no tradicionales sobre todo aquellos que ofrecen un alto valor nutricional, como se dio con el caso de la quinua, la cual empezó a exportarse desde el año 2012, y tanto fue el despegue que tuvo este producto que la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró al año 2013 como el Año Internacional de la Quinua.

Y ante esto, la quinua al ser un producto que hoy en día es un producto bandera y nuevo que se empezó a exportar, no existen maquinas específicas para este tipo de producto, y lo que hacen las empresas es comprar y armar líneas de producción a granel con máquinas exclusivas para el arroz o para otros tipos de granos secos, y para lo que concierne a las líneas de producción a Retail de quinua, no hay máquinas eficientes para el envasado de presentaciones pequeñas.

Es por ello que el propósito de este trabajo es aportar a empresas que tienen este tipo de dificultad, y presentan inconvenientes en cuanto a la mejora de la producción.

Frente a lo descrito anteriormente, surge la pregunta: ¿De qué manera se podrá mejorar la producción mediante el diseño de un sistema automatizado para la línea de Retail de la Empresa Vínculos Agrícolas S.A.C.?

Para resolver esta interrogante, se plantea: recolectar datos como índices de producción, tiempos y costos, todos estos asociados con los problemas que se reflejaban en la manera de trabajar manualmente en el día a día, de esta manera se obtiene un diagnóstico del estado actual de la línea Retail, se determinan los costos implicados, y se obtienen indicadores de productividad tales como, bolsas etiquetadas por hora, cajas etiquetadas y codificadas por hora, bolsas envasadas por hora. Así como también riesgos existentes en la producción, como sobreesfuerzos o riesgos de accidentes. De esta manera se detallará la cantidad de horas extras trabajadas para poder satisfacer con la demanda establecida.

Para el desarrollo de este objetivo, se utilizará información original otorgada por la misma empresa, la cual está comprometida en el desarrollo de la investigación.

Con el diagnóstico obtenido se propone la mejora de la producción mediante el diseño de un sistema automático para la línea de Retail, teniendo como objetivo principal realizar la producción a un flujo continuo principalmente con ayuda de la automatización, para que así no se estén concentrando primero días en etiquetar, codificar y armar las cajas, para luego recién envasar y encajar el producto terminado, para este diseño se hace uso de programas como AutoCAD y TwidoSuit.

En cuanto a lo económico a través del cálculo de costo beneficio, se podrá saber cuál es el beneficio económico que tendrá la empresa con la propuesta del diseño automatizado.

Y como último objetivo, esta investigación servirá para mejorar mis conocimientos en lo que concierne a automatización, puesto que es una rama de la Ingeniería Industrial, que recién se está haciendo más especializada en los ingenieros de la región, además será muy gratificante a nivel profesional aportar a una empresa del sector agroindustrial que hoy en día está posicionada como el número uno en las exportaciones de quinua a nivel mundial.

## II. MARCO REFERENCIA DEL PROBLEMA

### 2.1. ANTECEDENTES

Quezada, José, Flores, Ernesto, Bautista, Jorge, Quezada, Víctor (2014), en su investigación “Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo basado en HMI-PLC para un pozo de agua potable”, tiene como principal objetivo el diseño e implementación en un banco de pruebas de un sistema de control y monitoreo de descarga de agua en un pozo de agua potable.

Para ello se utilizó un equipo especializado para automatización, además se diseñaron las interfaces gráficas de usuario (Graphical User Interface, GUI) para interactuar con el operador, también la interfaz hombre-máquina (Human Machine Interface, HMI) se implementó en software propietario y contempló reglas para control y monitoreo de las condiciones del sistema para el operador. Para ello La HMI se interconecta con un controlador lógico programable (Programmable Logic Controller, PLC) donde se implementan las reglas de protección del proceso en diagrama escalera (Ladder Diagram, LD).

Como conclusión se obtuvo que las tecnologías que más se utilizan para automatizar procesos continuos que requieren control con PLC, así como de la manipulación y del monitoreo de variables con posible animación en tiempo real a través de HMI, permiten apoyar a los operadores en la interpretación de los procesos y en la detección de fallas y la pronta solución de problemas en el sistema, mediante alarmas programadas; sin embargo, también traen como consecuencia la necesidad y los requerimientos de personal altamente calificado en éstas tecnologías para su aplicación, pero sobre todo, para desarrollar los algoritmos tanto de control y protección como los de aquellos eventos a realizarse en las GUI, las cuales también deben desarrollarse principalmente en similitud con la realidad de los sistemas y procesos a controlar.

Mejía, Edinson, Velez, Carlos y Gonzales Jesús (2011) en su investigación “Automatización y control de una planta piloto de micro filtración tangencial: aplicación al procesamiento de frutas”, en este proyecto se tiene como objetivo principal automatizar y optimizar el proceso de clarificación de jugo a través de micro-filtración de flujo cruzado a fin de afectar mínimamente las propiedades organolépticas. En el proceso de automatización, se consideraron tecnologías flexibles y abiertas que permitió la modificación del punto de ajuste del controlador, para la variación de las estrategias de control, para la operación remota, y para llevar a cabo investigaciones adicionales sobre el tratamiento de las frutas tropicales. Los bucles de control se ajustaron mediante el uso de una técnica de sintonización clásica. Se llegó a la conclusión que para el control y automatización de la planta de micro filtración de flujo transversal permite la realización de pruebas

más fiables para el tratamiento de frutas tropicales por medio de la adquisición y registro de datos de las variables en el proceso.

Inserny, Virginia, Aboul, Amer, Cañas, José, Custodio, Ángel (2008), en su investigación “Diseño de un sistema de supervisión centralizado para las plantas de tratamiento de agua de CVG GOSH. Ciudad Guayana” en este estudio se desarrolló una propuesta para la automatización de la planta de tratamiento de agua potable de C.V.G GOSH Toro Muerto, que permita aumentar la eficiencia en la producción de la planta y así brindar un mejor y más óptimo servicio a la comunidad de Puerto Ordaz.

El trabajo propone instalar un sistema supervisor para controlar las distintas operaciones de potabilización en el Acueducto de Toro Muerto Puerto Ordaz, a partir de los procesos de captación, tratamiento y distribución, involucrando la acción de arranque, parada de equipos en modo local (manual y automático) y remota, con la supervisión de las variables asociadas a cada proceso: presión, caudal, temperatura, potencia, tensión y corriente

Se concluye que para las aplicaciones requeridas por la planta, es necesario la utilización de equipos y dispositivos con una trayectoria reconocida en el continuo mejoramiento de su tecnología, como es el caso de los PLC y de Ethernet como protocolo de comunicación.

Ruiz Lizama, Inche Mitma, Chung Pinzás y Tello Yuen (2007), en su investigación “Diseño e implementación de un prototipo automatizado para el procesamiento de pastas y líquidos”, como objetivo de la investigación es definir la teoría del tema en un producto tangible a fin de demostrar su utilidad. La investigación se justifica debido a que se presentan algunas muestras importantes, así como criterios técnicos para realizar los cambios en los procesos productivos.

El diseño del sistema prototipo realizará procesamiento de pastas a temperatura deseada, podrá ser controlada remotamente desde una computadora o también manual desde el panel de control, donde se controlará las variables involucradas. Para la implementación del módulo se partió de una mezcladora multiusos manuales en donde se procedió a instalar sensores y transmisores de nivel y de temperatura, luego el controlador que es el sistema DFI 302, el cual fue programado con el software SYSCON.

Se llega a la conclusión que el esfuerzo del operario en la producción se reduce con el prototipo automatizado, debido a que todas las etapas que le siguen al llenado (incluyendo la descarga) se pueden hacer desde la computadora, además que el procesamiento del producto es mejor con el sistema ya que las variables son controladas con mejor precisión.

Vilaboa, José (2004), en su investigación “Gestión de la automatización de plantas industriales en Chile” nos da conocer cómo es que, en los últimos años, las plantas industriales chilenas vienen automatizando

sus procesos de producción, lo que ellas justifican, principalmente, en el alza sostenida de los salarios industriales.

Se analizaron los aspectos económicos y de gestión, relacionados con la automatización de los procesos productivos en Chile, además como estudio de caso, se muestra la robotización de los procesos de inspección visual de la producción, lo que permite apreciar, de un modo aproximado, los beneficios y los costos económicos asociados a estos proyectos.

La principal conclusión del trabajo señala que la automatización de los procesos productivos genera ahorros en personal indirecto y administrativo, porque se podrá prescindir del servicio de algunos supervisores, de encargados de bienestar, de funcionarios para selección de personal, etc. Así como también disminuye el deterioro de los productos durante la manipulación, lo que frecuentemente constituye un alto porcentaje de pérdidas, con lo que existe un mejor aprovechamiento

## **2.2. FUNDAMENTO TEÓRICO**

### **2.2.1. AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

Según Cembranos, F (2008), la automatización es la sustitución de la acción humana por mecanismos, independientes o no entre sí, movidos por una fuente de energía exterior, capaces de realizar ciclos completos de operaciones que se pueden repetir indefinidamente.

Un sistema automático supone siempre la existencia de una fuente de energía, de unos órganos de mando, que son los que ordenan el ciclo a realizar, y de unos órganos de trabajo, que son los que lo ejecutan.

Dependiendo del grado de automatización puede hablarse de dos niveles: completo y parcial. La automatización completa se prefiere en la producción masiva de productos homogéneos en ciclo continuo (botellas de vidrio, fármacos, etc.), mientras que la automatización parcial es propia de la producción variable y limitada.

También desde el punto de vista de la programación puede considerarse de ciclo fijo y de ciclo programado. En el primer caso es adecuado para la fabricación de grandes series porque el automatismo es invariable (siempre realiza el mismo ciclo). El segundo caso orienta a la fabricación de piezas distintas, en series pequeñas y medias, porque el dispositivo programador de que dispone el sistema puede ordenar el ciclo que convenga, con las lógicas limitaciones tecnológicas que hacen al caso.

### **2.2.2 OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACIÓN**

Según Barbado, José et al (2013), los objetivos de la automatización industrial son los siguientes:

- ✓ Mejorar la productividad, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- ✓ Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.

- ✓ Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo prever las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.  
Integrar la gestión y producción.  
Mejorar los sistemas de seguridad en el ámbito de las personas y de las máquinas.

### **2.2.3. ESTRUCTURA DE LOS AUTOMATAS PROGRAMABLES INDUSTRIALES**

Según Barbado, José y otros (2013), la estructura de los autómatas sería la siguiente:

#### **a. ESTRUCTURA FÍSICA**

Los autómatas programables se clasifican en:

##### **1. Compactos**

- En un solo bloque todos sus elementos: fuente de alimentación, CPU, memorias, entrada/salida, etc.
- Aplicaciones en las que el número de entradas /salidas es pequeño, poco variable y conocido a priori.
- Carcasa de carácter estanco, que permite su empleo en ambientes industriales especialmente hostiles.

##### **2. Modulares**

- Las distintas partes operativas están separadas por unidades.
- Permite adaptarse a las necesidades del diseño y a las posteriores actualizaciones.
- Configuración del sistema variable.
- Funcionamiento parcial del sistema frente a averías localizadas, y una rápida reparación con la simple sustitución de los módulos averiados.

#### **b. ESTRUCTURA LÓGICA**

El autómata programable está basado en microprocesador y comparte la misma estructura lógica que otros dispositivos basados en microprocesador, como pueden ser: teléfonos móviles, consolas, e incluso ordenadores. La estructura lógica de un autómata es la siguiente:

##### **1. Unidad central de proceso (CPU)**

Interpreta la instrucción del programa de usuario y en función de las entradas, activa las salidas deseadas. Es el cerebro del autómata programable.

##### **2. Módulo de salidas**

Decodifica las señales procedentes de la CPU, las amplifica y las envía a los dispositivos de salida o actuadores, como: lámparas, relés, contactores, arrancadores, electroválvulas, etc.

### 3. Módulo de entrada

Adapta y codifica de forma comprensible para la CPU las señales procedentes de los dispositivos de entrada o captadores, como, por ejemplo: pulsadores, finales de carrera, sensores, etc. Su misión es la de proteger los circuitos internos del autómata programable, proporcionando una separación eléctrica entre éstos y los captadores.

### 4. Fuente de alimentación

A partir de una tensión exterior, proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos electrónicos del autómata programable. También dispone de una batería o un condensador de alta potencia para mantener el programa y algunos datos en la memoria, si hubiera un corte de la tensión exterior.

### 5. Terminal de programación

Puede ser un ordenador personal o una consola de programación.

### 6. Periféricos

Son aquellos elementos auxiliares, físicamente independientes del autómata programable, que se unen al mismo para realizar una función específica y que amplían su campo de aplicación o facilitan su uso. Como tales no intervienen directamente ni en la elaboración ni en la ejecución del programa.

## **2.2.4. PLC Y ELEMENTOS BÁSICOS**

### **2.2.4.1. PLC (Power Line Communications),**

Porras, M y Montanero, A (1997) define al PLC como toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales. Su manejo y programación puede ser realizada por personal eléctrico o electrónico sin conocimientos informáticos. Realiza funciones lógicas: series, paralelos, temporizaciones, contajes y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etc. También se le puede definir como una caja negra en la que existen unos terminales de entrada a los que se conectarán pulsadores, finales de carrera, fotocélulas, detectores; unos terminales de Señales de detección Automatismo o parte de control Captadores Maquina o proceso Operativo Actuadores Ordenes de funcionamiento Trabajo 19 salida a los que se conectarán bobinas de contactores, electroválvulas, lámparas, de tal forma que la actuación de estos últimos está en función de las señales de entrada que estén activadas en cada momento, según el programa almacenado

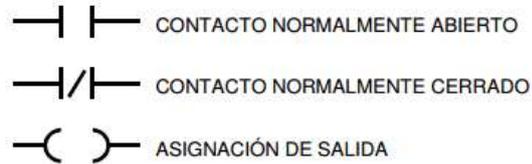
### **2.2.4.2. Lenguaje Ladder**

El diagrama de escalera es un conjunto de instrucciones simbólicas que son utilizadas para crear programas de control. Los símbolos pueden ser configurados para obtener la lógica de control deseada. El lenguaje

de escalera es también conocido con el nombre de simbología de contactos.

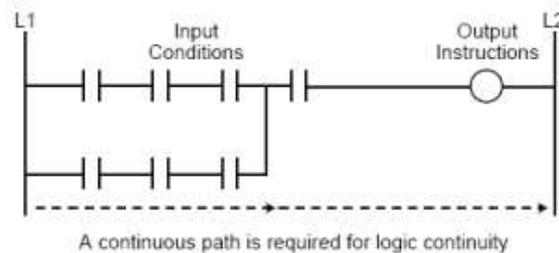
Las funciones principales de un programa en diagrama de escalera están orientadas a controlar salida y ejecutar funciones operacionales, basado en la condición de las entradas.

Los símbolos básicos son:



*Figura 1 Simbología básica.*

Los diagramas de escalera utilizan peldaños (rung) para acometer su control.



*Figura 2. Estructura del peldaño de un diagrama de escalera*

En general, un peldaño consiste de un conjunto de condiciones de entrada (representado por instrucciones de contactos) y una instrucción de salida al final del peldaño (representado por un símbolo de bobina). Las instrucciones de contacto para un peldaño pueden ser referenciados como condiciones de entrada, condiciones de peldaño o lógica de control. La continuidad lógica existe cuando la potencia fluye a través del peldaño de izquierda a derecha. En un diagrama de escalera, la línea de la izquierda simula la línea L1 de un diagrama de relé, mientras que la de la derecha simula L2 de una representación electromecánica. La continuidad ocurre cuando el paso entre las dos líneas contiene elementos de contacto en condición cerrada, permitiendo que la potencia fluya de izquierda a derecha. Esos elementos de contacto se cierran o abren de acuerdo al estado de las entradas referenciadas.

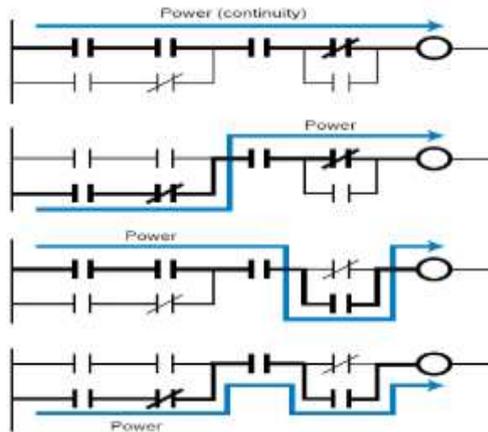


Figura 3. Ilustración de varios caminos de continuidad en diagrama Ladder.

Ladder.

Con este tipo de diagramas se describe normalmente la operación eléctrica de distintos tipos de máquinas, y puede utilizarse para sintetizar un sistema de control y, con las herramientas de software adecuadas, realizar la programación del PLC.

### 2.2.4.3. Elementos básicos.

#### a. Contactos

Los elementos a evaluar para decidir si activar o no las salidas en determinado “escalón”, son variables lógicas o binarias, que pueden tomar solo dos estados: 1 o 0, Estos estados que provienen de entradas al PLC o relés internos del mismo. En la programación Escalera (Ladder), estas variables se representan por contactos, que justamente pueden estar en solo dos estados: abierto o cerrado.

Los contactos se representan con la letra “E” y dos números que indicaran el módulo al cual pertenecen y la bornera a la cual están asociados.

Ejemplo: E0.1  $\bar{\text{L}}$  Entrada del Módulo “0” borne “1”

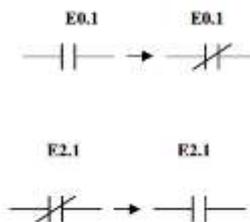


Figura 4. Contactos

Los contactos abiertos al activarse se cerrarán, y los contactos cerrados al activarse se abrirán.

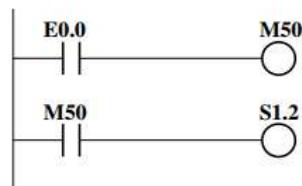
b. Relés internos

Como salidas en el programa del PLC se toma no solo a las salidas que el equipo posee físicamente hacia el exterior, sino también las que se conocen como "Relés Internos o Marcas". Los relés internos son simplemente variables lógicas que se pueden usar, por ejemplo, para memorizar estados o como acumuladores de resultados que utilizaran posteriormente en el programa. Se las identifica con la letra "M" y un número el cual servirá para asociarla a algún evento



*Figura 5. Simbología Relé interno o marca*

Por ejemplo:



*Figura 6. Secuencia lógica*

El estado de la salida M50 depende directamente de la entrada E0.0, pero esta salida no está conectada a un borne del módulo de salidas, es una marca interna del programa. Mientras que el estado de la salida S1.2 es resultado de la activación del contacto M50.

c. Temporizadores

Como lo indica su nombre, cada vez que alcanzan cierto valor de tiempo activan un contacto interno. Dicho valor de tiempo, denominado PRESET o meta, debe ser declarado por el usuario. Luego de haberse indicado el tiempo de meta, se le debe indicar con cuales condiciones debe empezar a temporizar, o sea a contar el tiempo. Para ello, los temporizadores tienen una entrada denominada START o inicio, a la cual deben llegar los contactos o entradas que sirven como condición de arranque. Dichas condiciones, igual que cualquier otro renglón de Ladder, pueden contener varios contactos en serie, en paralelo, normalmente abiertos o normalmente cerrados.

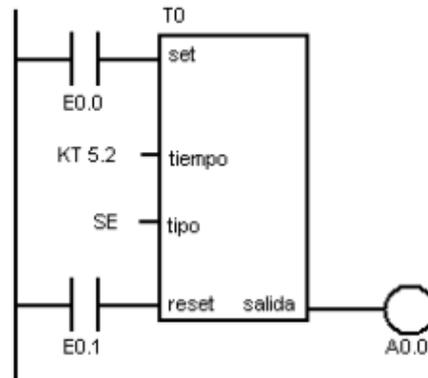


Figura 7. Temporizador.

#### d. Contadores

Definidos como posiciones de memoria que almacenan un valor numérico, mismo que se incrementa o decrementa según la configuración dada a dicho contador.

Como los temporizadores, un contador debe tener un valor prefijado como meta o PRESET, el cual es un número que el usuario programa para que dicho contador sea activo o inactivo según el valor alcanzado. Por ejemplo, si el contador tiene un preset de 15 y el valor del conteo va en 14, se dice que el contador se encuentra inactivo, sin que por ello se quiera decir que no esté contando. Pero al siguiente pulso, cuando el valor llegue a 15, se dice que el contador es activo porque ha llegado al valor de preset.

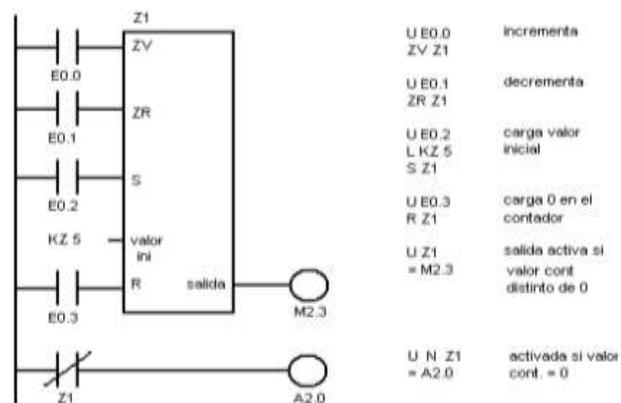


Figura 8. Contador

Existen muchos más elementos dentro del software de PLC que son muy útiles a la hora de iniciar una programación.

## 2.2.5. INDICADORES, DIAGRAMAS Y MÉTODOS

### 2.2.5.1. Producción:

Rojas, C (1996) define a la producción como la cantidad de artículos fabricados en un periodo de tiempo determinado, y se representa de la siguiente forma:

$$\text{Producción} = \frac{\text{tiempo base}}{\text{ciclo}}$$

Tiempo base (tb): puede ser una hora, una semana, un año.

### 2.2.5.2. Ciclo o velocidad de producción (c):

Representa el “cuello de botella” de la línea productiva y prácticamente viene a ser la estación de trabajo que más tiempo se demora. Se llama también tiempo de ciclo, es el tiempo que demora para la salida de un producto.

### 2.2.5.3. Productividad:

En el proceso productivo es necesario medir el rendimiento de los factores empleados de los que depende la producción. Esta medida de la producción, se denomina productividad. Luego, la productividad obtenida puede medirse como el cociente entre la producción obtenida en un periodo dado y la cantidad de recursos utilizados para obtenerla. Así

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{cantidad de recurso empleado}}$$

### 2.2.5.4. Incremento de la productividad:

$$\Delta \text{ Productividad} = \frac{\text{Productividad actual} - \text{productividad base}}{\text{Productividad base}}$$

### 2.2.5.5. Eficiencia física:

Es la relación aritmética entre la cantidad de materia prima existente en la producción total obtenida y la cantidad de materia prima, o insumos empleados.

$$\text{Eficiencia física} = \frac{\text{Salida útil de M.P.} \cdot \text{Peso P.T.}}{\text{Entrada de M.P.} \cdot \text{Peso M.P.}}$$

### 2.2.5.6. Eficacia económica:

Es la relación aritmética entre el total de ingresos o ventas y el total de egresos o inversiones de dicha venta.

$$\text{Eficiencia económica} = \frac{\text{Ventas (Ingresos)}}{\text{Costos (Inversiones)}}$$

### **2.2.5.8. Diagrama de proceso de la operación**

Niebel, B y Freivalds, A (2007), mencionan que el diagrama de proceso de la operación muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, holguras y materiales que se usan en un proceso de manufactura o de negocios, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque del producto terminado. La gráfica describe la entrada de todas las componentes y sub ensambles al ensamble principal. El diagrama de proceso de la operación proporciona detalles de manufactura o de negocios a simple vista.

Al construir un diagrama de procesos de la operación se usan dos símbolos: un círculo pequeño, que denota una operación, y un cuadrado pequeño que denota una inspección.

El diagrama de proceso de la operación indica el flujo general de las componentes de un producto, para que el analista de métodos, el ingeniero de distribución de planta y las personas en áreas relacionadas encuentran esta técnica útil para desarrollar nuevas distribuciones y mejorar las existentes.

### **2.2.5.9. Diagrama de flujo del proceso**

Niebel, B y Freivalds, A (2007), mencionan que el diagrama de flujo del proceso contiene mucho más detalle que el diagrama de proceso de la operación. Se usa, en principio, para cada componente de un ensamble o de un sistema para obtener el máximo ahorro en la manufactura, o en procedimientos aplicables a una componente o secuencia de trabajos específicos. El diagrama de flujo del proceso es valioso en especial al registrar costos ocultos no productivos, como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales.

Lo mismo que el diagrama de proceso de la operación, este diagrama se identifica con un título, “diagrama de flujo del proceso”, y se acompaña de información que incluye número de parte, número de dibujo, descripción del proceso, método actual o propuesto, y el nombre de la persona que lo realiza. Otros datos, como planta, edificio o departamento, número de diagrama, cantidad y costo pueden ser valiosos para identificar por completo el trabajo

Esta técnica facilita la eliminación o reducción de costos ocultos de una componente. Debido a que muestra con claridad los transportes, demoras y almacenamientos, la información que proporciona puede conducir a la reducción tanto en cantidad como en duración de estos elementos. Además, al registrar las distancias, el diagrama tiene un gran valor para el mejoramiento de la distribución de planta.

## 2.2.6. FÓRMULAS PARA DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS.

### 2.2.6.1. Longitud de arco:

Según el Institut Entwicklung e.V. sugiere que el curvado en redondo de tubos exige medidas especiales con el fin de evitar el presionamiento plano indeseado en el punto de la flexión, donde la longitud de arco viene dada por la ecuación:

$$L = 1.5 \times R$$

Donde:

L: Longitud de arco.

R: Radio de flexión.

La longitud del arco que se debe calentar se divide en dos campos de medición, los cuales se encuentran en una relación determinada entre sí.

$$L = \text{ala de medida} + \text{ala de doblado}$$

$$1 = 2/3 + 1/3$$

El ala de medida equivale a 2/3 de la longitud del arco, mientras que el ala de doblado equivale a 1/3 de la longitud del arco.

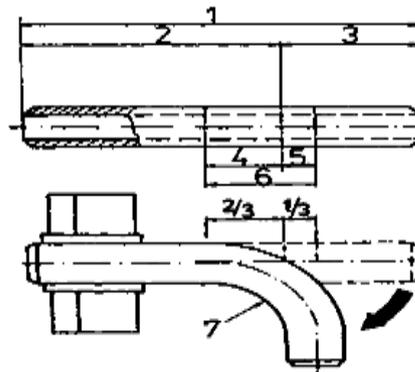


Figura 9. Seccionado para doblamiento

Fuente: Institut fur berufliche Entwicklung e.V. Material de trabajo para los aprendices: Laminas, tubos y perfiles.

### 2.2.6.2. Flujo másico:

Según Gooding (2009), nos menciona que el movimiento de material o masa de un punto a otro recibe el nombre de flujo, y se denomina flujo másico ( $\dot{m}$ ) a la masa transportada en la unidad de tiempo y se denomina caudal ( $V^{\circ}$ ), al volumen transportado en la unidad de tiempo.

$$\dot{m} = \rho \times V^{\circ}$$

Donde:

$m_i$  = Flujo másico.

$\sigma$  = Densidad

$V^o$  = Caudal

### **2.2.6.3. Volumen de tolva:**

Según Soriano (2010), nos indica que para el cálculo del volumen de una tolva se utiliza la siguiente ecuación:

$$V = \frac{m}{\sigma}$$

Donde:

V = Volumen

$\sigma$  = Densidad

m = masa

### **2.2.6.4. Fuerza:**

Según Soriano (2010), nos hace referencia que para calcular la fuerza a emplear para mover una cierta cantidad de masa se utiliza la siguiente ecuación:

$$W = m \cdot g$$

Donde:

W = Fuerza (N)

m = Masa (kg)

g = Gravedad (9,81 m/s<sup>2</sup>)

### **2.2.6.5. Área:**

Para el cálculo del área, Soriano (2010) nos indica que viene dada por la relación entre la fuerza y la presión.

$$A = \frac{W}{P}$$

Donde:

A = Área

W = Fuerza

P = Presión

Y el cálculo del diámetro viene dado por:

$$D = \frac{\sqrt{4 \times A}}{\pi}$$

Donde:

D = Diámetro

A = Área

### 2.2.6.7. Cálculo de la potencia de giro del motor

#### 2.2.6.7.1. Momento de inercia:

Según Cereijo (2011) menciona que el momento de inercia es una medida de la propiedad que tiene un cuerpo de no modificar su estado de reposo o movimiento si no es por la acción de una fuerza. Esta medida refiere a la inercia rotacional de un cuerpo.

$$I_r = \frac{m}{8} (d_o^2 + d_i^2)$$

Donde:

$I_r$  = Momento de inercia del rollo de plástico

$m$  = Masa del rollo de plástico

$d_o$  = Diámetro exterior

$d_i$  = Diámetro interior

#### 2.2.6.7.2. Velocidad de rotación:

Según Cereijo (2011) menciona que la velocidad de rotación se dará en función del número de envases por segundo a producir por la longitud del envase.

$$V_L = N_{es} \times L_e$$

Donde:

$V_L$  = Velocidad de rotación del rollo de plástico.

$N_{es}$  = Número de envases por segundo,

$L_e$  = Longitud del envase

#### 2.2.6.7.3. Velocidad angular:

Según Cereijo (2011) nos dice que la velocidad angular viene dada por la razón entre la velocidad de rotación del rollo de plástico y la inercia de rotación.

$$\omega_{m\acute{a}x} = \frac{V_L}{I_r}$$

#### 2.2.6.7.4. Aceleración angular

Según Cereijo (2011) la aceleración angular se expresa de la razón del factor de la velocidad angular con la velocidad de rotación entre la inercia de rotación.

$$\alpha_{m\acute{a}x} = \frac{\omega_{m\acute{a}x} \times V_L}{I_r}$$

#### 2.2.6.7.5. Torque

El torque se encuentra entre el factor de la inercia de rotación con la aceleración angular.

$$T = I_r * \alpha_{m\acute{a}x} t$$

### 2.2.6.7.6. Fuerza

La fuerza equivale a la razón entre el torque y el radio interno.

$$F = \frac{T}{r_i}$$

Donde:

F= Fuerza

T = Torque

$r_i$  = Radio interno

### 2.2.6.7.7. Potencia requerida por el motor

Según Cereijo (2011) para calcular la potencia requerida por el motor se halla el factor entre la fuerza y la velocidad de rotación.

$$P_o = F \times V$$

Donde:

$P_o$  = Potencia

F = Fuerza

V = Velocidad de producción

### 2.2.6.8. Presión requerida para los pistones de sellado:

Según Pérez (2010), la presión requerida para el funcionamiento de los pistones viene dada, de la relación entre:

$$P = \frac{F_p}{S_{embolo}}$$

Donde:

$F_p$  = Fuerza del pistón

$S_{embolo}$  = Superficie del embolo.

$$S_{embolo} = \frac{\pi \cdot r_i^2}{4}$$

Para hallar la fuerza y superficie del embolo se utilizan las siguientes ecuaciones

$$F_s = P_s * A_s$$

Donde:

$F_s$  = Fuerza de sellado, Kgf

$P_s$  = Presión de sellado, Kgf

$A_s$  = Área efectivo de sellado,  $cm^2$ .

El área efectiva de sellado es:

$$A_s = a * L$$

### 2.2.6.9. Cálculo del consumo atmosférico

Según Ceirejo (2011), el cálculo del consumo atmosférico, resulta de las siguientes ecuaciones:

$$Q_{atm} = \frac{P_{man} \cdot Q_{man}}{P_{atm}}$$

Ahora la ley de Boyle-Mariotte:

$$P_{atm} \cdot V_{atm} = P_{man} \cdot V_{man}$$

$$P_{man} = p_{atm} + p_{trabajo}$$

Para el consumo de la maniobra:

$$Q_{maniobra} = n \cdot V$$

Volumen de aire en un ciclo:

$$V = \frac{\pi \cdot \Phi^2}{4}$$

### **2.2.6.10. Cálculo para la banda transportadora:**

Cálculo de la holgura de la banda

$$c = 0.055 \cdot (B + 0.9)$$

Siendo:

c= holgura de la banda (pulg.)

B= ancho de la banda (pulg.)

Cálculo del ancho plano de la banda

$$ap = 0,371 \cdot B$$

### III. RESULTADOS

#### 3.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

A continuación, se realizará un diagnóstico de la empresa enfocado en la línea de retail, donde cuyas operaciones serán el estudio de la presente investigación. En primer lugar, se presentarán datos relevantes de la empresa, como actividad económica, representante, Layout, historia de la empresa, estructura organizacional, cartera de clientes, así como su proceso productivo, para luego, a partir del diagrama de Ishikawa, se analizarán a detalle las principales causas que limitan el aumento de la producción en la línea de retail. Consecuentemente, para cada causa se debió demostrar su evidencia respectiva, indicadores críticos, así como el impacto económico que refleja en la empresa.

##### 3.1.1. LAYOUT

El Layout de la distribución de planta se detalla en la lámina N° 01.

##### 3.1.2. LA EMPRESA

La empresa de Vínculos Agrícolas S.A.C. es una empresa Agroindustrial, fue creada el 4 de Abril del 2002 por Eric Zambrano Rozas (Ing. civil) dedicada a la comercialización y exportación productos étnicos, se comenzó con dos personas en la parte comercial en una oficina en Huachipa – Lima. (Ahora en chorrillos)

En el año 2003, comenzó con la primera exportación, nos hemos consolidado como una de las primeras empresas en el medio con un crecimiento sostenido no menor al 20% anual.

En el año 2012, llegó a estar entre los 7 primeros en el rubro de Agro exportaciones con 10 millones de dólares en ventas.

Para el año 2013 y 2015 logró ascender a los 3 primeros con más de 30 millones de dólares en venta, y para inicios del 2015 se posicionó como la empresa líder del rubro de Agro exportaciones.

Con esta historia de 17 años en el mercado, la empresa promueve la continuidad que se proyecta con un idéntico cometido: ser referente del sector y promover en el mercado internacional.

- **Nombre de la empresa:** Vínculos Agrícolas S.A.C.
- **Ubicación:** Mz. “C”, Lote 3. Parque Industrial. Pimentel. Chiclayo

- **Actividad económica:** Procesamiento de granos andinos para la exportación.
- **RUC:** 20504065121
- **Representante legal:** Eric Alain Zambrano Rosas.
- **Misión:** Ser una empresa agroindustrial joven, dinámica y comprometida con el desarrollo sostenible en nuestras zonas de influencia, especializados en alimentos sanos, ricos y nutritivos que buscan elevar la calidad de la alimentación de las personas contribuyendo con su salud y bienestar.
- **Visión:** Ser la principal compañía productora de alimentos en base a quinua del mundo, promoviendo su consumo en la mayor cantidad de hogares posibles; así como uno de los principales agroexportadores del Perú.
- **Valores:** Son una empresa que se caracteriza por la Integridad e Identificación de todos y cada uno de sus colaboradores, que manifiestan una verdadera pasión por la rentabilidad del negocio, que cree en la confianza y el trabajo en equipo, que apuesta por la innovación y mejora continua como una herramienta clave para su desarrollo y que está comprometida con el respeto de las personas.

### **3.1.3. Estructura organizacional**

Gráfico. Organigrama de la empresa Vínculos Agrícolas S.A.C.

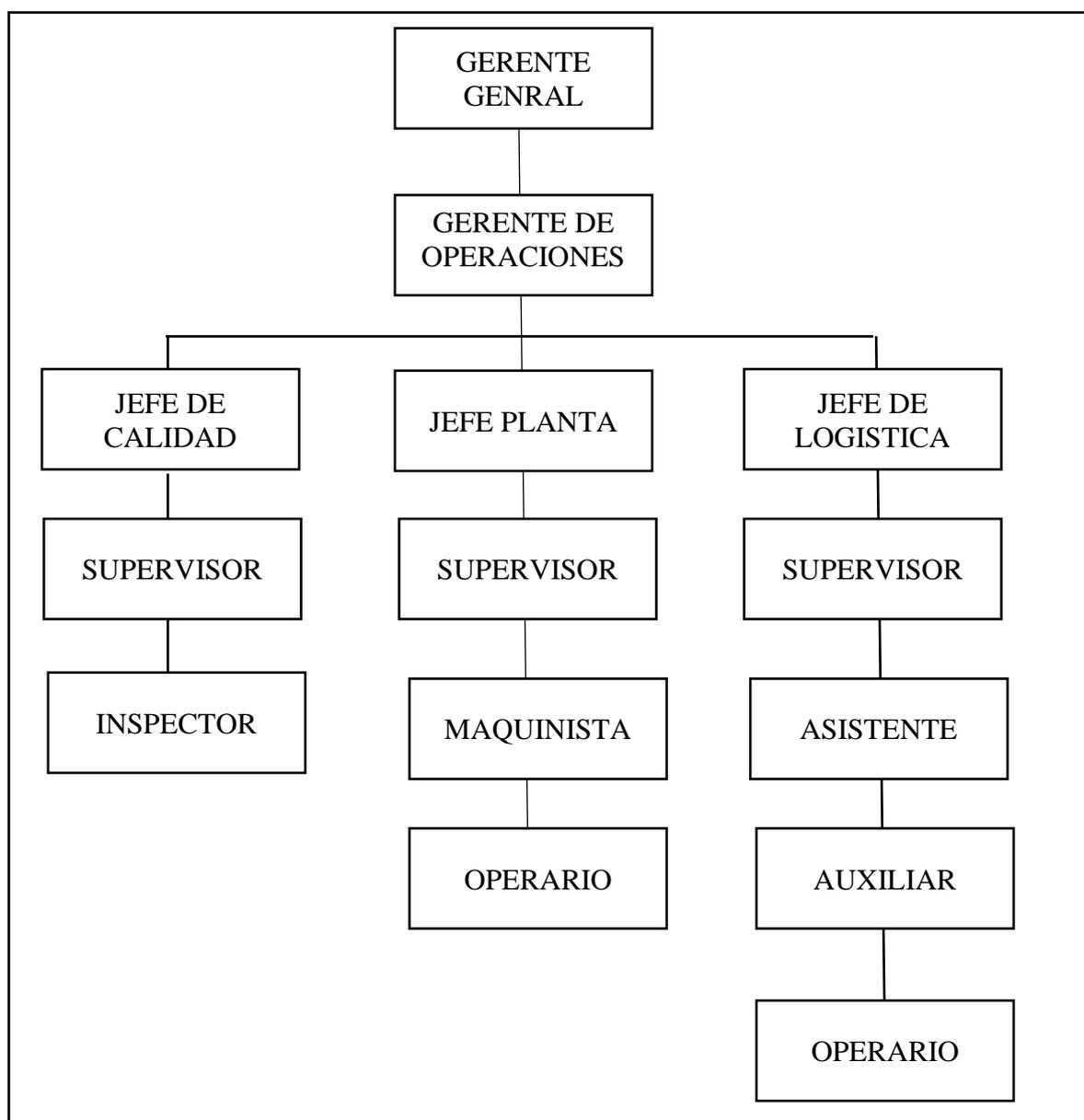


Figura 10. Organigrama de la empresa.

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.

La gerencia general establece objetivos altamente comprometidos con el cumplimiento de los sistemas integrados de gestión, y la satisfacción del cliente tanto externo como interno, el gerente de operaciones realiza funciones tanto a nivel operativo como de ventas, empoderando la operación netamente a sus 3 esferas: planta, calidad y logística, orientados a la maximización de utilidades

### 3.1.4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO

#### 3.1.4.1. Productos:

La empresa comercializa y exporta sus productos a clientes ubicados principalmente en E.E.U.U., Panamá y Reino Unido. Estas carteras de cliente están dedicados netamente a la cocina gourmet, donde exigen un alto grado de cumplimiento de inocuidad y calidad, así mismo, al tratarse de clientes en el rubro gastronómico los tiempos de entrega deben ser exactos, sin contratiempos, para que no ponga en riesgo su imagen empresaria.

Los productos que se comercializa son:

- Presentación de 0,34 kg: Quinoa 12 bolsas x caja.



*Figura 11. Quinoa para retail, presentación 0,34 kg.*

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.

- Presentación de 4,54 kg: Quinoa 2 bolsas por caja.



*Figura 12. Quina para retail, presentación 4,54 kg.*

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.

Estas presentaciones son las más requeridas por los clientes de la empresa, debido a su alta demanda en los países destinos mencionados.

### 3.1.5. VENTAS DE PRODUCTOS Y CARTERA DE CLIENTES.

La venta de contenedores en la Empresa Vínculos Agrícolas S.A.C., comienza desde el mes de enero del año 2017, a continuación, se muestran las ventas desde mes de enero del año 2017 hasta Diciembre del año 2018.

*Tabla 1. Ventas I Semestre de Quinoa Retail en el año 2017*

MES	CLIENTE	DESTINO	FORMATO	CONTENEDORES VENDIDOS
ENERO	RESTAURANT DEPOT	PANAMA	4,54 KG	2
	JETRO CASH & CARRY	USA		
	IMPORTADORA RICAMAR S.A.	PANAMA	0,34 KG	
FEBRERO	JETRO CASH & CARRY	USA	4,54 KG	3
MARZO	SYSCO METRO NEW YORK LLC	USA	4,54 KG	3
	JETRO CASH & CARRY	USA		
	NATURANDINA AMERICA	ESPAÑA		
	IMPORTADORA RICAMAR S.A.	PANAMA	0,34 KG	
ABRIL	JETRO CASH & CARRY	USA	4,54 KG	2
	NATURANDINA AMERICA	ESPAÑA		
	JOHN & PASCALIS LTD	REINO UNIDO	0,34 KG	
MAYO	RESTAURANT DEPOT	PANAMA	4,54 KG	3
	JETRO CASH & CARRY	USA		
	TRANSNATIONAL FOODS, INC	USA	0,34 KG	
JUNIO	SYSCO METRO NEW YORK LLC	USA	4,54 KG	2
	IMPORTADORA RICAMAR S.A.	PANAMA	0,34 KG	2
TOTAL				21

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.

Como se puede observar en la tabla N° 08, el I Semestre del año 2017, la empresa empezó exportando 3 contenedores mensuales los 3 primeros meses del año, pero desde Abril a Junio la misma demanda hizo que se incrementará en 1 contenedor más por mes,

Tabla 2. Ventas II Semestre de Quinoa Retail en el año 2017

MES	CLIENTE	DESTINO	FORMATO	CONTENEDORES VENDIDOS
JULIO	SYSCO METRO NEW YORK LLC	USA	4,54 KG	2
	IMPORTADORA RICAMAR S.A.	PANAMA	0,34 KG	2
AGOSTO	JETRO CASH & CARRY	USA	4,54 KG	2
	TRANSNATIONAL FOODS, INC	USA	0,34 KG	2
SEPTIEMBRE	JETRO CASH & CARRY	USA	4,54 KG	3
	TRANSNATIONAL FOODS, INC	USA	0,34 KG	2
	IMPORTADORA RICAMAR S.A.	PANAMA		
OCTUBRE	NATURANDINA AMERICA	ESPAÑA	4,54 KG	3
	JETRO CASH & CARRY	USA	0,34 KG	2
	IMPORTADORA RICAMAR S.A.	PANAMA		
NOVIEMBRE	EUROPEAN IMPORTS INC	USA	4,54 KG	3
	JETRO CASH & CARRY	USA		
	IMPORTADORA RICAMAR S.A.	PANAMA	0,34 KG	3
DICIEMBRE	JETRO CASH & CARRY	USA	4,54 KG	4
	BIG LOTS, INC	USA	0,34 KG	2
TOTAL				30

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.

En el segundo Semestre del año 2017, se inició en Agosto exportando 4 contenedores, pero para Septiembre y Octubre esto se incrementó a 1 contenedor más vendido, pero siguieron incrementando las ventas cerrando el año exportando en Noviembre y Diciembre 6 contenedores, lo que a diferencia del I Semestre las ventas de bolsas se incrementará en un 42.8%.

Tabla 3. Ventas I Semestre de Quinoa Retail en el año 2018

MES	CLIENTE	DESTINO	FORMATO	CONTENEDORES VENDIDOS
ENERO	EUROPEAN IMPORTS INC	USA	4,54 KG	3
	JETRO CASH & CARRY	USA		
	IMPORTADORA RICAMAR S.A.	PANAMA	0,34 KG	3
FEBRERO	EUROPEAN IMPORTS INC	USA	4,54 KG	3
	JETRO CASH & CARRY	USA		
	IMPORTADORA RICAMAR S.A.	PANAMA	0,34 KG	3
MARZO	EUROPEAN IMPORTS INC	USA	4,54 KG	3
	JETRO CASH & CARRY	USA		
	IMPORTADORA RICAMAR S.A.	PANAMA	0,34 KG	3
ABRIL	EUROPEAN IMPORTS INC	USA	4,54 KG	3
	JETRO CASH & CARRY	USA		
	IMPORTADORA RICAMAR S.A.	PANAMA	0,34 KG	3
MAYO	EUROPEAN IMPORTS INC	USA	4,54 KG	3
	JETRO CASH & CARRY	USA		
	IMPORTADORA RICAMAR S.A.	PANAMA	0,34 KG	3
JUNIO	EUROPEAN IMPORTS INC	USA	4,54 KG	3
	JETRO CASH & CARRY			
	IMPORTADORA RICAMAR S.A.	PANAMA	0,34 KG	3
TOTAL				36

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.

En la tabla se puede apreciar que se inicia el año 2018 exportando 3 contenedores de cada formato y el cual se mantiene a lo largo del I Semestre, obteniendo un incremento de ventas del 71,4%.

Tabla 4. Ventas II Semestre de Quinoa Retail en el año 2018

MES	CLIENTE	DESTINO	FORMATO	CONTENEDORES VENDIDOS
JULIO	JETRO CASH & CARRY	USA	4,54 KG	3
	IMPORTADORA RICAMAR S.A	PANAMA	0,34 KG	3
AGOSTO	EUROPEAN IMPORTS INC	USA	4,54 KG	3
	JETRO CASH & CARRY	USA		
	IMPORTADORA RICAMAR S.A	PANAMA	0,34 KG	3
SETIEMBRE	EUROPEAN IMPORTS INC	USA	4,54 KG	3
	JETRO CASH & CARRY	USA		
	IMPORTADORA RICAMAR S.A	PANAMA	0,34 KG	3
OCTUBRE	EUROPEAN IMPORTS INC	USA	4,54 KG	3
	JETRO CASH & CARRY	USA		
	IMPORTADORA RICAMAR S.A	PANAMA	0,34 KG	3
NOVIEMBRE	EUROPEAN IMPORTS INC	USA	4,54 KG	3
	JETRO CASH & CARRY	USA		
	IMPORTADORA RICAMAR S.A	PANAMA	0,34 KG	4
DICIEMBRE	EUROPEAN IMPORTS INC	USA	4,54 KG	3
	JETRO CASH & CARRY	USA		
	IMPORTADORA RICAMAR S.A	PANAMA	0,34 KG	4
TOTAL				38

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.

Ahora, en el II Semestre del año 2018 para el mes de Noviembre y Diciembre, por decisiones de gerencia se le pidió a producción vender un contenedor más del formato de 0,34 kilogramos, lo cual generó contratación de personal extra y trabajos de horas extras, puesto que la capacidad solo podía producir 3 contenedores de cada formato.

A continuación, se muestra en gráfico la evolución de las ventas desde el año 2017 al 2018.

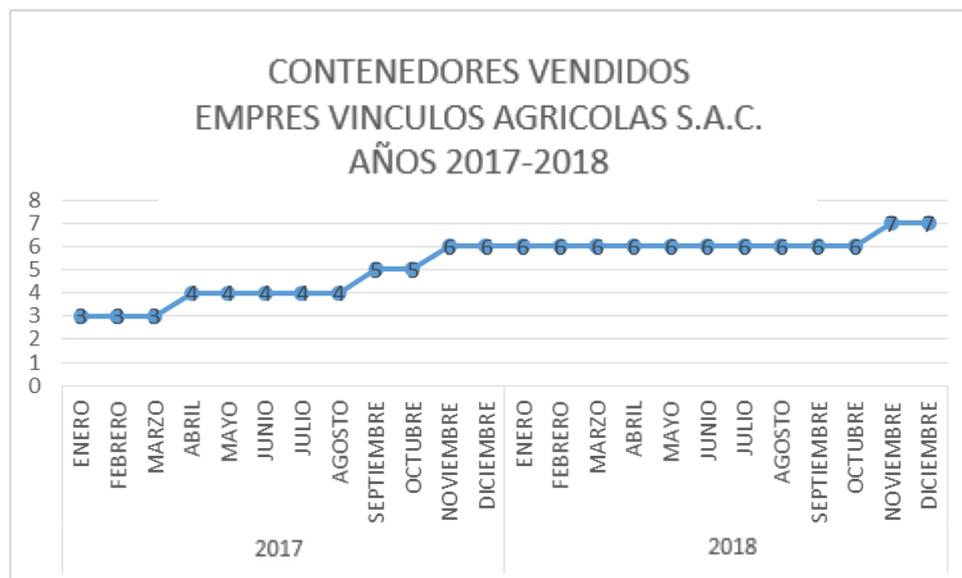


Figura 13. Evolución de las ventas de contenedores del año 2017 al 2018

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar la venta de contenedores de estos productos de la línea de Retail de la Empresa Vínculos Agrícolas S.A.C. ha tenido una tendencia positiva de crecimiento, pero los equipos e implementos que tiene esta línea limitan la capacidad de producir más contenedores.

En el siguiente punto se detalla la descripción del sistema productivo.

### 3.1.5.1. Proceso de producción

- **Etiquetado:**

La primera operación que se realiza es el etiquetado, donde se procede a etiquetar tanto bolsas como cajas, las cantidades de bolsas y cajas se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 5. Cantidad de bolsas y cajas por formato

FORMATO	CAJAS POR CONTENEDOR	BOLSAS POR CAJA	TOTAL DE BOLSAS POR CAJA
4,54	2080	2	4160
0,34	2200	12	26400

En la tabla se detalla que el formato de 4,53 Kg tiene un total de 2080 cajas y dentro de cada caja contiene 2 bolsas; y para el formato de 0,34 Kg tiene un total de 2200 cajas las cuales contienen 12 bolsas.

- **Codificado:**

Una vez que la bolsa esta etiquetada pasa a ser codificada, aquí se tiene a 2 personas para realizarlo, 1 persona por caja

Después que ya se tienen etiquetadas y codificadas tanto las cajas como las bolsas se continúa con el llenado de la bolsa.

- **Carga de tolva:**

Para el llenado de la bolsa, se comienza subiendo los sacos al costado de la tolva, para luego ir apilándolos, en la figura de a continuación, se puede observar que el operario desperdicia tiempo al estar subiendo y bajando por las escaleras para poder apilar los sacos, una vez que se han empleado los primeros sacos, el operario vuelve a realizar los mismo movimientos para mantener la tolva alimentada, generando tiempos donde la producción se frena a causa de esto, no solamente el tiempo es el factor primordial en este operación si no también la seguridad del trabajador, puesto que la condición en la que realiza el abastecimiento podría sufrir alguna lesión debido a un resbalón o caída.

Luego que se tienen apilados los sacos, como se mencionó anteriormente la tolva debe permanecer abastecida.

- **Llenado de bolsa:**

Una vez que ya se tiene la tolva abastecida, se procede con el llenado de la bolsa, aquí el personal, coloca la bolsa debajo del dosificador de la tolva y mediante un pedal, el cual al ser accionado la bolsa se llena, pero este llenado no tiene el peso exacto requerido, solo se llena a un peso aproximado el cual es calculado por la misma personal según su experiencia.

- **Pesado de bolsa:**

Luego del llenado de la bolsa, para obtener el peso exacto se utiliza una cuchara y una balanza, aquí el personal tiene que retirar o agregar peso de según corresponda.

- **Sellado de bolsa:**

Luego de obtener el peso neto de la bolsa según formato, se procede a sellar la bolsa manualmente, en donde se hace uso de una máquina

selladora, la cual es accionada por un pedal, como en el caso de la llenadora.

- **Encajado de bolsa:**

Una vez que se tiene ya las bolsas selladas, se procede a encajar las bolsas.

Para esta operación se utiliza una encintadora manual, la cual se aprecia en la imagen siguiente.

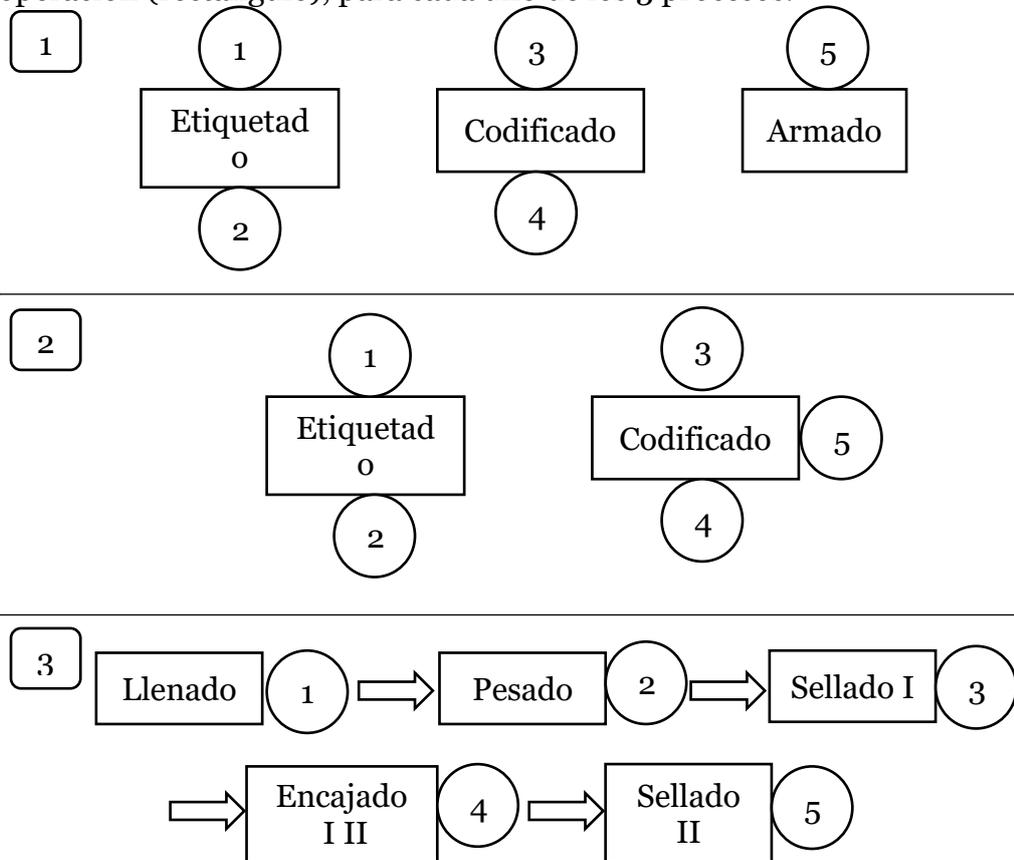
- **Sellado de caja:**

Con el sellado de caja se termina con la producción, ya que el paletizado es realizado por un operario de almacén.

Para la producción del formato de 0,34 Kg a diferencia del formato de 4,54 Kg se realiza un segundo encajado.

- **Esquema de trabajo:**

A continuación, se detalla la cantidad de operarios (circulo) por operación (rectángulo), para cada uno de los 3 procesos.



### 3.1.6. PRECIO Y COSTO DE LOS PRODUCTOS.

En la tabla siguiente se muestran los precios tanto como los costos por caja de ambas presentaciones, así como su margen de utilidad.

Tabla 6. Precio y costo por caja de presentaciones de 0,34 kg y 4,54 kg.

PRESENTACION	PRECIO (DOLARES)	COSTO (SOLES)	PRECIO (SOLES)	COSTO (SOLES)	MARGEN (SOLES)
0,34 KG	28	23	92,96	76,36	16,6
4,54 KG	34	29	112,88	3,32	109,56

Moneda de cambio: 1 Dólar = 3.32 Soles

Fuente: Empresa Vínculos Agrícolas S.A.C.

### 3.1.7. DIAGNÓSTICO POR CAUSAS

Después de analizar el proceso de producción de la línea de retail, se determinó que son 2 los factores que generan limitaciones en la capacidad de producción, como se muestra en el diagrama siguiente de Ishikawa para exponer el diagnóstico por causas.

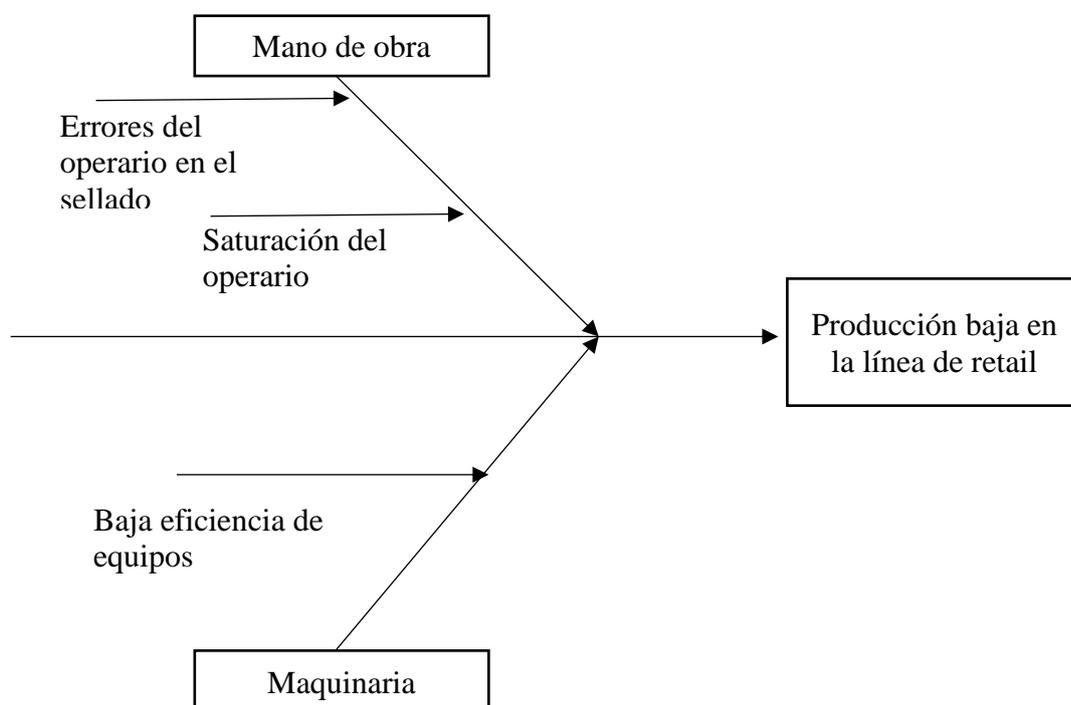


Figura 14. Diagrama Ishikawa

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.

Problema: Baja producción en la línea de retail.

**A. Mano de obra.**

a) Causa: Errores del operario en el sellado

Evidencia:

De todas las etapas del proceso productivo, el sellado es el más crítico, debido a que, si no se realiza de una manera correcta, el producto es rechazado, y se estaría perdiendo la bolsa, ya que se deberá reembolsar.

Uno de los factores que originan el mal sellado de la bolsa, son la inexperiencia de los operadores, ya que deberán de aprender el uso correcto del sellador.

Inclusive para los trabajadores con experiencia siempre tienen un porcentaje de error, lo que representa una pérdida de dinero para la empresa, dado que se pierde la bolsa y se pierde tiempo en relación al originalmente establecido.

En la figura siguiente se observa al operador sellando la bolsa, donde se pueden tener dos factores para tener errores en el sellado:



*Figura 15. Sellado de bolsa.*

- Mal cálculo de la dirección e inserción de la bolsa en relación con las mordazas del sellado, lo que puede originar que existan aberturas a lo largo del sello horizontal, causando fuga de material, lo cual es una inconformidad para el cliente, teniéndose que cambiar de bolsa para corregir el error.

- Mal cálculo de tiempo de sellado con pedal, lo cual causa que, por exceso de tiempo y temperatura, el sellado horizontal se queme, originando otra inconformidad para el cliente, en donde la única solución es reembolsar, nuevamente.

A continuación, se verá explícitamente el impacto en la producción debido a estos factores mencionados anteriormente, en el siguiente cuadro.

Tabla 7. Unidades reprocesadas promedio (Datos Junio-Julio 2017)

<b>Horario</b>	<b>Unidades promedio selladas a la primera (A)</b>	<b>Unidades promedio reprocesadas (B)</b>	<b>Total de unidades promedio (A) + (B) = C</b>	<b>% de piezas reprocesadas promedio (B) / [(B) + (A)] = (D)</b>
07:00 a 13:00	1731	98	1829	5.36%
14:00 a 19:00	1433	99	1532	6.46%
19:00 a 00:00	1444	69	15 <sup>a</sup> 13	4.56%
01:00 a 07:00	1717	120	1837	6.53%
<b>Total</b>	<b>6325</b>	<b>386</b>	<b>6711</b>	<b>5.73%</b>

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.

En la tabla anterior se muestra el porcentaje de unidades reprocesadas promedio, para lo cual se recolectaron datos durante 2 meses, 2 veces por semana, cabe mencionar que estos datos están divididos en 4 tomas, 2 veces por turno (12 horas cada uno), se tomó en primer lugar desde las 7:00 hasta las 13:00, en donde la empresa da 1 hora para el refrigerio del personal, luego a retornar desde las 14:00 hrs hasta las 19:00 hrs. En tercera instancia se tomaron datos desde las 19:00 hrs donde el siguiente turno hace su ingreso hasta las 00:00 hrs, donde el personal toma su hora de descanso, y finalmente se tomaron muestras desde la 01:00 hr. hasta las 07:00 hrs.

Como se puede observar, el mayor índice que unidades reprocesadas promedio se dan, durante después del refrigerio y de los descansos, esto podría ser originado en el turno de la mañana, debido a que el personal regresa de su almuerzo con un menor ánimo en relación a productividad, y para el turno noche de igual manera, el factor nocturno es algo que juega en contra de la producción, como se observa se tiene el mayor porcentaje en relación a los otros 3 periodos analizados, siendo 6.53%.

Para la elaboración de la tabla anterior, se tomó como objeto de estudio la presentación de 0,34 kg por motivo de que, este producto tiene mayor cantidad de bolsa selladas.

Indicador:

El indicador más adecuado para esta causa será el FTT (First Time Through o Piezas bien a la primera). El FTT es un indicador importante de productividad y calidad de un proceso, que como su nombre indica, nos muestra el porcentaje correcto de piezas que se hacen bien a la primera, sin necesidad de reprocesos adicionales.

El valor ideal del FTT debería ser del 100%, en donde ninguna pieza sea reprocesada. Valores menores al 100%, nos indican que se está perdiendo tiempo y dinero en volver a reprocesar las piezas, afectando así la rentabilidad de la empresa.

Obteniéndose un FTT de:

$$FTT = \frac{6711 - 386}{6711} = 94,25 \%$$

Este indicador quiere decir que el 94,2 % de las bolsas que se sellaron fueron bien hechas a la primera. De acuerdo a esto es necesario automatizar el proceso para que el indicador se eleve al 100% que es lo ideal.

Impacto económico:

Para determinar el impacto económico sobre los costos, para calcularlo se utilizaron los datos de la tabla 2, el tiempo estándar del sellado, el pago que se realiza al colaborador por turno de trabajo de 8 horas, y los datos de producción del año 2018.

Para hallar el tiempo estándar del sellado, se determinó de la siguiente manera:

1. Determinar las tareas que comprenden la operación.
2. Estudio de tiempos.
3. Cálculo de tiempo normal con un factor de nivelación 1 para cada tarea.
4. Cálculo del tiempo estándar con suplementos del 12%.

Las tareas que componen la operación del sellado:

- Transportar bolsa a sellador.
- Sellar.
- Inspección visual de calidad de sellado.
- Transportar bolsa a siguiente operación.

Tabla 8. Estudio de tiempos - operación sellado (Setiembre 2018)

Tareas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Tiempo promedio (s)
Transporte de bolsa a sellador	1,1	1	1,1	0,9	1,3	0,8	0,7	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,3	1,2	1,08
Sellado	2,2	2,1	2	2,1	2	2,1	2,2	2,1	1,9	2	1,9	1,8	2,1	2	2	2,03
Inspección visual de sellado	1,3	1,2	1,1	0,9	1,3	0,8	0,7	1,2	1,1	1,3	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,11
Transporte de bolsa	1,1	1,3	1,1	0,8	1,3	0,8	0,7	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1,3	1,2	1,10
Tiempo total															5,32	

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.

De esta forma obtenemos el tiempo normal, siendo de 5,32 segundos.

Ahora procederemos a calcular el tiempo estándar, donde:

$$T_{estandar} = T_{normal} \times (1 + \text{Factor de suplemento})$$

$$T_{estandar} = 5,32 \times (1 + 0,12) = 5,96 \text{ s}$$

Obteniendo de esta forma, nuestro tiempo estándar, siendo de 5,96 s.

Para el cálculo del costo por reproceso de sellado, teniéndose el tiempo estándar de 5,96 s, y que el pago del personal por turno es de 57 soles (dato otorgado por la empresa, equivalente a 0,00198 soles por segundo) y teniéndose también el porcentaje promedio de bolsas mal selladas de 5,73%. Se calculó el costo a partir de la siguiente ecuación.

$$\text{Costo por reproceso} = \text{Unidades reprocesadas} \times \text{Tiempo de Ciclo} \times \text{Pago de colaborador por segundo}$$

Tabla 9. Costos por bolsas reprocesadas.

2018	Producción de bolsas de 0,34 kg (A)	Unidades reprocesadas promedio (A) X 5.73% = (B)	Tiempo que representa (s) (B) x te = (C)	Costo por reproceso (S/.)
Enero	79230	4540	27057,68	53,57
Febrero	79225	4540	27055,97	53,57
Marzo	79231	4540	27058,02	53,57
Abril	79222	4539	27054,95	53,57
Mayo	79288	4543	27077,49	53,61
Junio	79199	4538	27047,09	53,55
Julio	79190	4538	27044,02	53,55
Agosto	79189	4538	27043,68	53,55
Septiembre	79194	4538	27045,38	53,55
Octubre	79193	4538	27045,04	53,55
Noviembre	105998	6074	36199,16	71,67
Diciembre	105603	6051	36064,27	71,41
Total	1003762	57516	342792,75	678,73

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.

Obteniéndose un total de 678,73 soles como costo de reproceso, equivalente a un total de 57516 bolsas en todo el año que se sellaron nuevamente.

#### b) Saturación del operario

##### Evidencia:

Para este análisis se tomará a la operación de dosificado en la máquina de llenado de las bolsas para ambas presentaciones. El operador trabaja 12 horas en esta operación, tanto para la presentación de 0,34 kg y 4,54 kg.

El operario comienza cogiendo una bolsa desde una mesa ubicado cerca de su costado, luego procede a colocar la abertura superior de la bolsa justo debajo de la boca de descarga de la tolva, seguidamente acciona un pedal para que los pistones descarguen la quinua hacia la bolsa, luego calcula por experiencia hasta donde llenar la bolsa, posterior

mente deja de accionar el pedal, por último, pasa la bolsa al siguiente operador.

Cabe mencionar que el operador durante el turno está realizando la operación continuamente, para esto se realizará un análisis ayudado el diagrama hombre-máquina, donde se verán los tiempos empleados tanto para operador como para la máquina, y así, determinar la saturación del operador. A continuación, se presenta el diagrama hombre-máquina, con tiempos pre calculados anteriormente.

Tabla 10. Cálculo del tiempo estándar.

Elemento o Tarea	Tiempo normal	Suplemento	Tiempo Estándar
1. Coger bolsa vacía	2.1	1.12	3.22
2. Colocar bolsa debajo de tolva	2.2	1.12	3.32
3. Accionar pedal	1	1.12	2.12
4. Llenado de bolsa	0.9	1.12	2.02
5. Soltar pedal	1.3	1.12	2.42
6. Pasar bolsa.	1.1	1.12	2.22
<b>Tiempo estándar tarea</b>			<b>15.32</b>

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.

#### Diagrama Hombre - Máquina

Operación: Llenado

Máquina tipo: Tolva dosificadora

Diagramador: Frankie

Fecha: 15 de Agosto 2017

Ciclo: 15,32 segundos

Hombre	Tiempo	Máquina	Tiempo
Coger bolsa vacía	3,22	Tiempo muerto	3,22
Colocar bolsa debajo de tolva	3,32	Tiempo muerto	3,32
Accionar pedal	2,12	Accionamiento	2,12
Llenado de bolsa	2,02	Llenado de bolsa	2,02
Soltar pedal	2,42	Tiempo muerto	2,42
Pasar bolsa	2,22	Tiempo muerto	2,22

Figura 16. Diagrama hombre máquina del proceso actual de llenado.

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.

La saturación del operario viene a ser el resultado porcentual de la relación en el tiempo de valor al producto entre el tiempo total del producto.

Según el diagrama hombre máquina, se determinó que la saturación del operario es del 100%.

$$\text{Saturación del operario} = \frac{\text{Tiempo productivo del operario}}{\text{Tiempo tota del ciclo}} \times 100$$

$$\text{Saturación del operario} = \frac{15,32}{15,32} \times 100 = 100\%$$

Este indicador claramente, indica que el operario está saturado al 100%, es por eso que se propone como alternativa de solución y mejora un sistema automatizado para la línea de retail, mejorando así el clima del trabajador.

Se realizará el cálculo para encontrar la productividad promedio de mano de obra en base a la tabla xx (página xx).

$$Pmo = \frac{6711}{1 \text{ día} \times 1 \text{ operario}}$$

$$Pmo = \frac{6711}{23 \text{ horas} \times 1 \text{ operario}} = 292 \frac{\text{Piezas}}{\text{operario}}$$

Se consideran 11,5 horas como tiempo empleado para el sellado, ya que se emplea 15 minutos al entrar para el acoplamiento y adiestramiento, y 15 minutos antes de finalizar el turno para el conteo y ordenamiento de la línea de retail.

En promedio se sellan 292 piezas por operario, pero al estar 100 por ciento saturado este valor decaerá con el paso de las horas, debido al cansancio del operario. Tal y como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 11. Cálculo de productividad de mano de obra

Horario	Total de unidades promedio selladas	Cantidad de operarios requeridos	Productividad de mano de obra
07:00 a 08:00	290	1	290
08:00 a 09:00	285	1	285
09:00 a 10:00	288	1	288
10:00 a 11:00	290	1	290
11:00 a 12:00	280	1	280
12:00 a 13:00	270	1	270
14:00 a 15:00	239	1	239
15:00 a 16:00	254	1	254
17:00 a 18:00	249	1	249
18:00 a 19:00	248	1	248
<b>Total</b>	<b>2693</b>	<b>1</b>	<b>2693</b>

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.



Figura 17. Productividad de mano de obra.

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.



*Figura 18. Sellado de bolsa por operador.*

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.

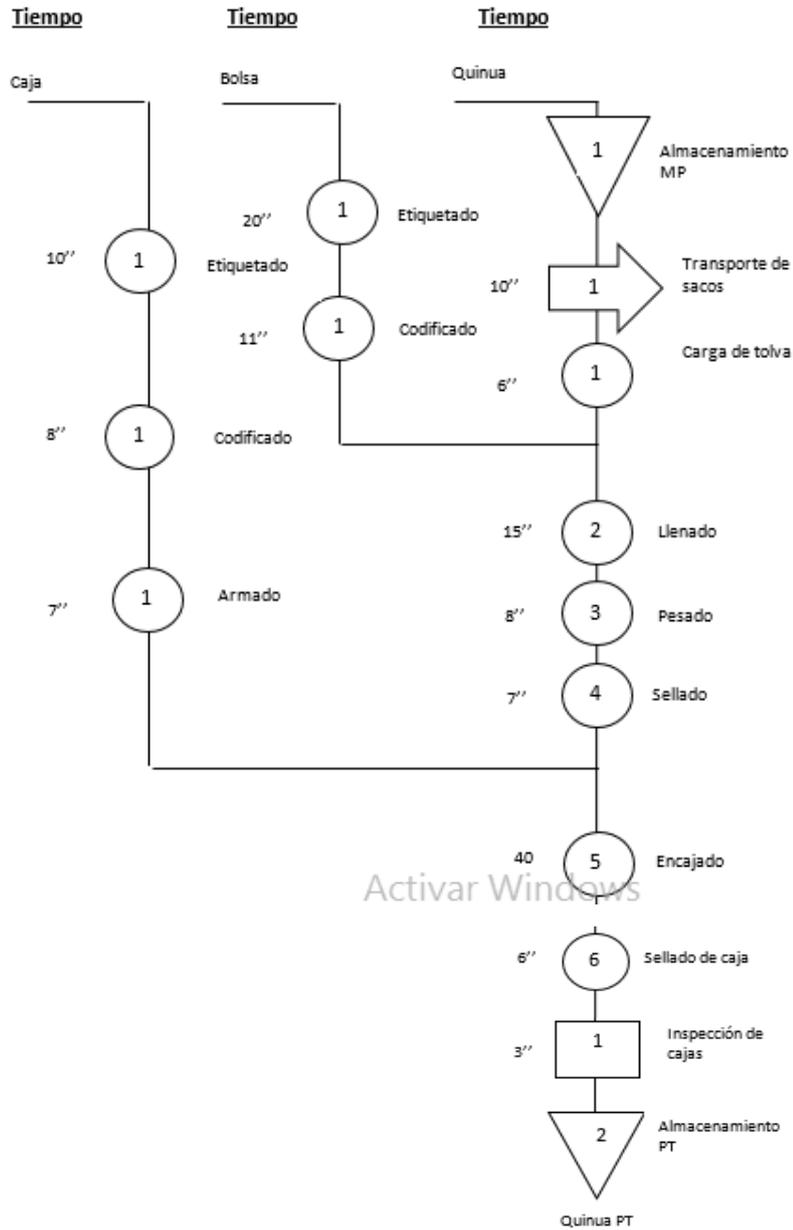
Claramente, este indicador nos muestra que es necesario la implementación de una mejora para mejorar la calidad de trabajo del colaborador y mejorar el rendimiento y productividad actual. Puesto que, la capacidad de la selladora está relacionada con la técnica del operario. Mientras menos saturado esté, más productivo será.

Para tener un análisis más amplio de todo el proceso se realizó los siguientes DAP para ambas presentaciones.

## DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO

- DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO PRESENTACIÓN  
4,54 KG

Producto: Quinoa para Retail 4,54 KG



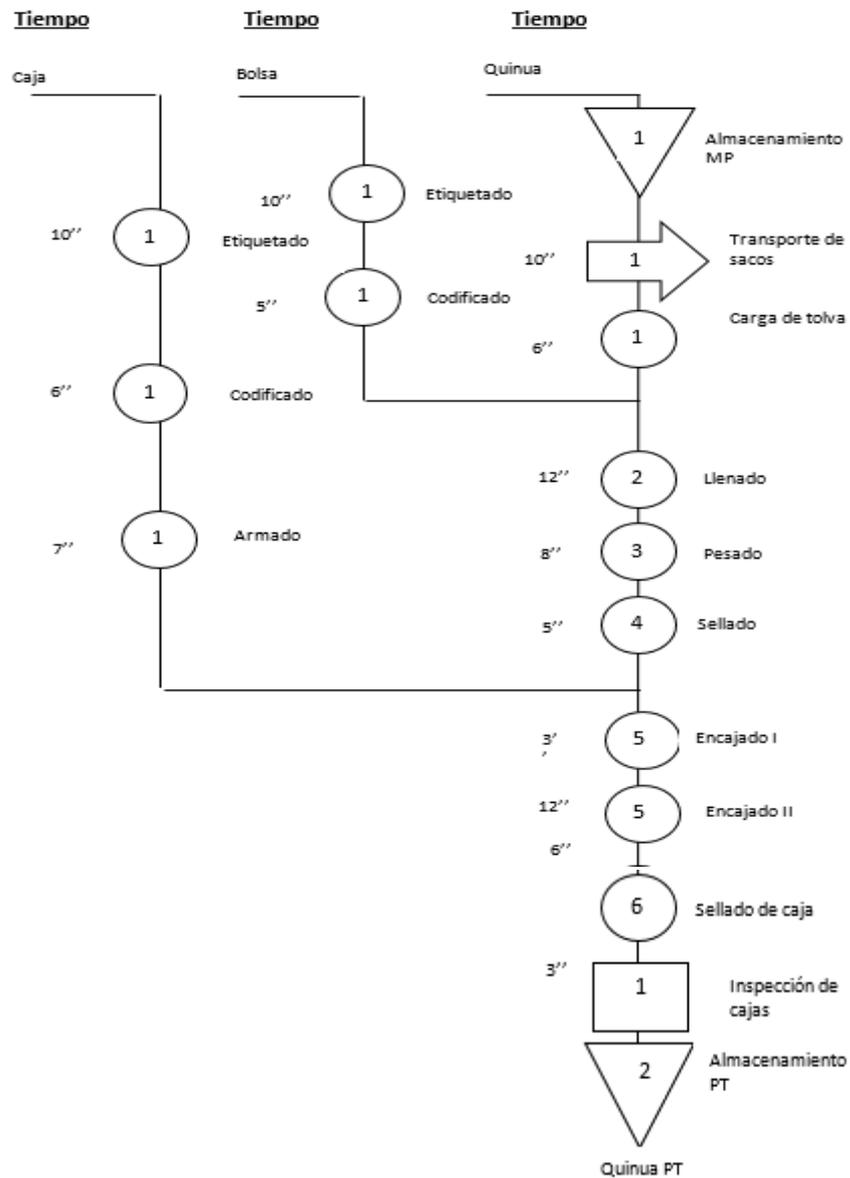
ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (segundos)	DISTANCIA (metros)
Operación	11	137''	-
Inspección	1	3''	-
Transporte	1	10''	7
Almacenaje	2		-
TOTAL			

Figura 19. Diagrama de análisis de proceso.

Fuente: Empresa Vínculos Agrícolas S.A.C.

**- DIAGRAMA DE ANALISIS DEL PROCESO  
PRESENTACIÓN 0,34 KG.**

Producto: Quinua para retail 0,34 KG



ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (segundos)	DISTANCIA (metros)
Operación	12	83''	-
Inspección	1	3''	-
Transporte	1	10''	7
Almacenaje	2		-
TOTAL			

*Figura 20. Diagrama II de análisis de proceso.*

Fuente: Empresa Vínculos Agrícolas S.A.C.

## INDICADORES DE PRODUCCIÓN

A continuación, se calculará el indicador de producción tomando como tiempo base 22 horas diarias y los respectivos cuellos de botella para cada proceso.

### INDICADOR DE PRODUCCIÓN EN PRESENTACION DE 0,34 KG

#### - Producción de cajas etiquetadas, codificadas y armadas para presentación de 0,34kg:

En la tabla siguiente se muestran los tiempos para cada operación para obtener la caja etiquetada, codificada y armada.

Tabla 12. Tiempos de producción,

Caja	Tiempo (segundos)
	0,34 kg
Etiquetado	10
Codificado	6
Armado	7

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular la producción de cajas listas, se considerará como tiempo base 22 horas al día, y se tiene como cuello de botella la operación de etiquetado.

$$\text{Producción} = \frac{22\text{hr} \times 3600\text{s/hr}}{10\text{s}} = 7920 \frac{\text{cajas}}{\text{día}}$$

$$\text{Producción} = \frac{7920\text{cajas}}{\text{día}} \times \frac{1\text{ día}}{22\text{ horas}} = 360 \frac{\text{cajas}}{\text{hora}}$$

$$\text{Entonces para 1 contenedor} = \frac{2200 \text{ cajas/contenedor}}{360 \text{ cajas/hora}}$$

$$= 6,1 \frac{\text{horas}}{\text{contenedor}}$$

Entonces nuestro indicador obtenido nos indica que para tener las cajas necesarias para un contenedor se necesitan de 6,1 horas de trabajo, y luego de transcurrido este tiempo, el mismo personal procede a etiquetar y codificar las bolsas para el posterior envasado.

**- Producción de bolsas etiquetadas y codificadas para presentación de 0,34kg:**

En la tabla siguiente se muestran los tiempos de cada operación para obtener la bolsa etiquetada y codificada.

*Tabla 13. Tiempos de producción*

Bolsa	Tiempo (segundos)
	Formato 0,34 Kg
Etiquetado	10
Codificado	5

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de la producción en esta etapa, se considera al etiquetado como cuello de botella, siendo este de 10 segundos.

$$\text{Producción} = \frac{22\text{hr} \times 3600\text{s/hr}}{10\text{s}} = 7920 \frac{\text{bolsas}}{\text{día}}$$

$$\text{Producción} = \frac{7920\text{bolsas}}{\text{día}} \times \frac{1\text{ día}}{22\text{ horas}} = 360 \frac{\text{bolsas}}{\text{hora}}$$

$$\begin{aligned} \text{Entonces para 1 contenedor} &= \frac{26400 \text{ bolsas/contenedor}}{360 \text{ bolsas/hora}} \\ &= 73,3 \frac{\text{horas}}{\text{contenedor}} \end{aligned}$$

Entonces, para obtener las bolsas etiquetadas y etiquetadas, el indicador nos indica que el tiempo necesario para estas operaciones es de 73,3 horas por contenedor, lo cual equivale aproximadamente a 3 días y medio de trabajo, solo para tener las bolsas listas para el posterior envase.

**- Producción de cajas de producto terminado presentación de 0,34kg:**

En la tabla siguiente se muestran los tiempos de cada operación para obtener el producto terminado, es decir la caja de producto terminado lista para ser almacenada.

*Tabla 14. Tiempos de producción.*

<b>PRODUCTO TERMINADO</b>	<b>Tiempo (segundos)</b>
	Formato 0,34kg
Envasado	15
Pesado	8
Sellado	5
Encajado I	3
Encajado II	12
Sellado de caja	6

Fuente: Elaboración propia.

Aquí, se encuentra el cuello de botella en la operación de Encajado II, esto se debe a que, en este formato, cada bolsa envasada debe ir en una caja, y luego las 12 cajas con sus respectivas bolsas, debe ser contenida en una caja global.

$$\text{Producción} = \frac{22\text{hr} \times 3600\text{s/hr}}{12\text{s}} = 6600 \frac{\text{Producto terminado}}{\text{día}}$$

$$\text{Producción} = \frac{6600\text{bolsas retail}}{\text{día}} \times \frac{1\text{ día}}{22\text{ horas}} = 300 \frac{\text{Producto t.}}{\text{hora}}$$

$$\text{Para 1 contenedor} = \frac{26400\text{ bolsas/contenedor}}{300\text{bolsas/hora}} = 88 \frac{\text{Hora}}{\text{Contenedor}}$$

Lo que indica que se necesitan 88 horas para producir un contenedor de producto terminado.

Entonces sumando los tres tiempos calculados, para producir un contenedor de la presentación de 0,34kg se requieren un total de **167,4** horas de trabajo.

INDICADORES DE PRODUCCIÓN EN PRESENTACION DE 4,54 KG  
**- Producción de cajas etiquetadas, codificadas y armadas para presentación de 4,54 kg:**

Se muestran en la tabla siguiente los tiempos de producción para etiquetar, codificar y armar la caja para la presentación de 4,54 Kg.

Tabla 15. Tiempos de producción

Caja	Tiempo (segundos)
	Formato 4,54kg
Etiquetado	10
Codificado	8
Armado	7

Fuente: Elaboración propia.

Siendo el etiquetado el cuello de botella, se procede a calcular la producción.

$$\text{Producción} = \frac{22\text{hr} \times 3600\text{s/hr}}{10\text{s}} = 7920 \frac{\text{cajas}}{\text{día}}$$

$$\text{Producción} = \frac{7920\text{cajas}}{\text{día}} \times \frac{1\text{ día}}{22\text{ horas}} = 360 \frac{\text{cajas}}{\text{hora}}$$

$$\text{Para 1 contenedor} = \frac{2080\text{ cajas/contenedor}}{360\text{ cajas/hora}} = 5,8 \frac{\text{hora}}{\text{contenedor}}$$

Obteniendo un tiempo para un contenedor de 2080 cajas de 5,8 horas, entonces luego de este tiempo, se procede a la obtención de bolsas etiquetadas y codificadas,

**- Producción de bolsas etiquetadas y codificadas para presentación de 4,54 kg:**

Se detallan a continuación los tiempos para obtener la bolsa etiquetada y codificada.

Tabla 16. Tiempos de producción

Bolsa	Tiempo (segundos)
	Formato 4,54kg
Etiquetado	20
Codificado	7

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo el cuello de botella en el etiquetado, se calcula la producción de bolsas.

$$\text{Producción} = \frac{22\text{hr} \times 3600\text{s/hr}}{20\text{s}} = 3960 \frac{\text{bolsas}}{\text{día}}$$

$$\text{Producción} = \frac{3960\text{bolsas}}{\text{día}} \times \frac{1\text{ día}}{22\text{ horas}} = 180 \frac{\text{bolsas}}{\text{hora}}$$

$$\begin{aligned} \text{Para 1 contenedor} &= \frac{4160 \text{ bolsas/contenedor}}{180 \text{ bolsas/hora}} \\ &= 23,1 \frac{\text{horas}}{\text{contenedor}} \end{aligned}$$

Entonces se obtiene para un contenedor de 2080 cajas que contienen 4160 bolsas un tiempo de 23,1 horas de trabajo.

Ahora teniendo las bolsas y las cajas listas, se continúa finalmente con la producción del producto terminado.

#### **- Producción de producto terminado en presentación de 4,54 kg**

*Tabla 17. Tiempos de producción.*

<b>PRODUCTO TERMINADO</b>	<b>Tiempo (segundos)</b>
	Formato 4,54kg
Envasado	15
Pesado	8
Sellado	7
Encajado	40
Sellado de caja	6

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo como cuello de botella al encajado, esto se debe a que en esta operación se debe presionar la bolsa para liberar el aire que queda dentro, para luego ser acomodado dentro de la caja para que la operación posterior de sellado no tenga demoras ni dificultades.

Calculando los indicadores se tienen los siguientes:

$$\text{Producción} = \frac{22\text{hr} \times 3600\text{s/hr}}{40\text{s}} = 1980 \frac{\text{Producto term.}}{\text{día}}$$

$$\text{Producción} = \frac{1980\text{cajas}}{\text{día}} \times \frac{1\text{ día}}{22\text{ horas}} = 90 \frac{\text{Producto term.}}{\text{hora}}$$

$$\text{Producción} = \frac{4160\text{ bolsas/contenedor}}{90\text{ bolsas/hora}} = 46,2 \frac{\text{Horas}}{\text{contenedor}}$$

Entonces, este indicador nos muestra que, para tener todas las cajas de producto terminado, se necesitan de 46,2 horas de trabajo.

Entonces sumando los tres tiempos calculados, para producir un contenedor de la presentación de 0,34kg se requieren un total de **71,4** horas de trabajo.

Ahora englobando todo lo anterior obtenemos la siguiente tabla:

*Tabla 18. Tiempo total de producción por 6 contenedores*

<b>Formato</b>	<b>Horas por contenedor</b>	<b>Horas para 3 contenedores</b>	<b>Días por contenedor</b>	<b>Días para 3 contenedores</b>
0,34 Kg	167	502	7	21
4,54 Kg	72	225	3	9
Total	243	728	10	30

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se muestra el tiempo total en días para producir 3 contenedores mensuales de cada formato, requiriendo de 30 días de trabajo, esto quiere decir que se tiene que trabajar 6 días extras, ya que solo se trabajan de lunes a sábados, por lo tanto, se tiene que hacer 1 día más por semana, a lo que se recurre tener que trabajar el séptimo día.

A continuación, se tiene una tabla con el costo extra de mano de obra mensual con las horas al 100%, puesto como se mencionó anteriormente se necesita trabajar del séptimo día para llegar a la meta de los 6 contenedores.

Tabla 19. Costo de Mano de Obra extra mensual

Personal de Retail	Turno	Días extras al 100% mensual	Costo MO diario al 100% (Nuevos soles)	Costo MO extra mensual (Nuevos soles)
Operario 1	I	6	58.5	351
Operario 2		6	58.5	351
Operario 3		6	58.5	351
Operario 4		6	58.5	351
Operario 5		6	58.5	351
Operario 6	II	6	58.5	351
Operario 7		6	58.5	351
Operario 8		6	58.5	351
Operario 9		6	58.5	351
Operario 10		6	58.5	351
Total				3510

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.

Entonces, como se necesita trabajar de 6 días extras al 100% para poder producir los 6 contenedores, se genera un costo de MO de S/3510, lo que quiere decir, que como la demanda estará en función de 3 contenedores de cada formato, puesto que es lo máximo que se puede producir con los recursos actuales, siempre habrá se generará ese costo mensual de mano de obra.

En la figura siguiente se muestra el caso, donde en el mes de noviembre y Diciembre se vendieron 7 contenedores, lo cual fue posible contratando personal extra.

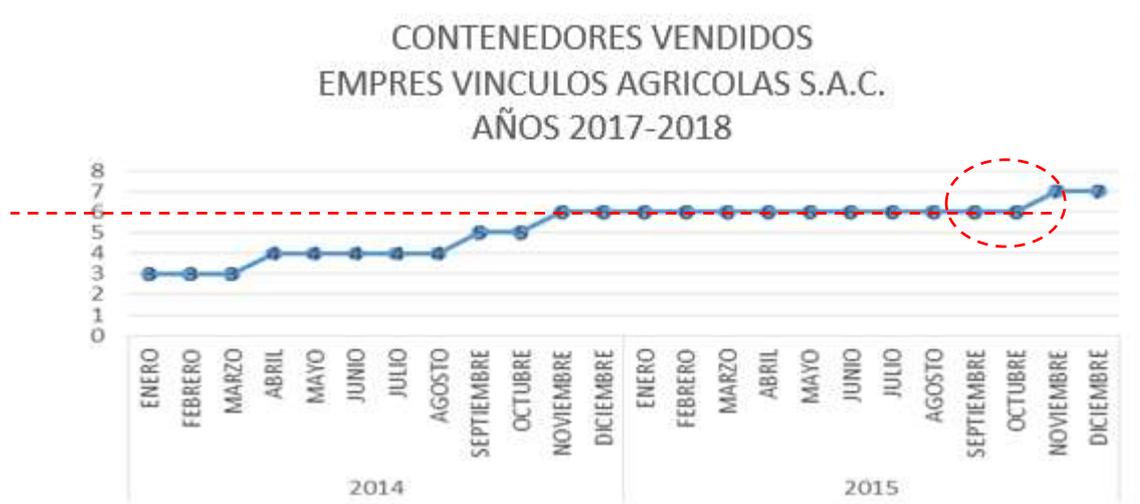


Figura 21. Ventas sobre la capacidad.

Fuente: Elaboración propia.

Para lograr producir el séptimo contenedor se tuvo que contratar personal extra, los cuales se muestran en la tabla siguiente con sus respectivos costos implicados.

*Tabla 20. Costo de personal extra mensual Noviembre – Diciembre 2017*

Personal extra	Costo de personal extra mensual(Nuevos soles)
Operario 11	877.7
Operario 12	877.7
Operario 13	877.7
Operario 14	877.7
Operario 15	877.7
Operario 16	877.7
Operario 17	877.7
Operario 18	877.7
Operario 19	877.7
Operario 20	877.7
Total	8777

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.

La tabla anterior muestra los costos de mano de obra de personal extra, 10 personas, contratado puesto que la empresa decidió sacar un contenedor extra en el mes de noviembre y diciembre del año 2017, incurriendo de un costo total mensual de 8777 soles.

Indudablemente, no solamente es el tiempo la gran problemática, sino la seguridad y salud de los trabajadores, ya que necesitan realizar esfuerzos físicos constantes durante 11 horas, exponiendo así su integridad física.

Es por ello que se busca la disminución de costos, aumento de la producción y con ello incrementar la rentabilidad para que pueda seguir siendo competitivo y líder en el mercado no solo a nivel de Sudamérica como llegó a ser en el 2014, sino, a nivel mundial, para ello como propuesta de mejora se diseñará un sistema automatizado para mejorar tiempos, costos.

## B. EQUIPOS Y MAQUINARIA

### a) Causa: Baja eficiencia de maquinaria

Un claro indicador que se tiene a partir del diagrama hombre-máquina analizado anteriormente, es que la máquina solo añade valor 4.14 segundos durante el tiempo total de ciclo que es 15.32 segundos. Partiendo de esto obtenemos nuestro dato de eficiencia de máquina.

$$\text{Eficiencia de la máquina} = \frac{\text{Tiempo que añade valor al producto}}{\text{Tiempo total de ciclo}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia de la máquina} = (4,14 / 15,32) \times 100 = 27 \%$$

Partiendo de este indicador, se sabe que la máquina no está siendo utilizada eficientemente, ya que se puede utilizar más en aquellos tiempos muertos que presenta y producir más.

Es por eso que la solución que se plantea de automatizar la línea de retail, para aumentar la eficiencia y aumentar la producción y también así de esta forma redistribuir al personal en la parte final de la línea, como se verá al finalizar la propuesta, de esta manera ya no se tendrá inventarios en proceso.

Lo que se verá con la propuesta es cambiar el proceso intermitente a uno de tipo lineal y continuo.

Las especificaciones

*Tabla 21. Ficha técnica de la selladora por resistencia.*

Marca	STANDER
Modelo	MSLL 500
Tiempo en calentar	0,5 – 2 segundos
Ancho de sellado	2,3 mm
Dimensiones de máquina	800x150x250 mm
Suministro eléctrico	110-220 v
	1/8 HP
	50/60 Hz
Cósumo máximo de energía	6 Amp
Potencia eléctrica instalada	100 watts
Controlador de temperatura para ajustar	150° C max.

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.

- Indicador:

Se tiene el siguiente indicador hasta el momento:

**Eficiencia de la máquina: 27 %**

El sistema automatizado planteando pretende aumentar la eficiencia de la máquina.

-Impacto Económico:

Tal como calculado anteriormente, se tiene un 27% de utilización con respecto a la selladora y su tiempo útil. En un año se tienen 6048 horas disponibles (21 horas diarias, 24 días al mes, 12 meses al año). De acuerdo a la ficha técnica de la selladora tiene una potencia 1/8 HP y funciona con un voltaje de 220V-60 Hz, y en un año se obtiene:

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ W} = 0,746 \text{ kW}$$

$$0,125 \text{ HP} = 93.25 \text{ W} \times 6048 \text{ horas} = 563.98 \text{ kWh}$$

Para un turno de 12 horas (para el sellado 10,5 horas de utilización por turno) el consumo es de:

$$1/8 \text{ HP} = 93.25 \text{ W} \times 10,5 \text{ horas} = 0,979 \text{ kWh}$$

Con este consumo y en base a la tabla de Cálculo de productividad de mano de obra.

$$C_e = \frac{\text{Unidades producidas por turno en la selladora}}{\text{kWh consumidos en la selladora}}$$

$$C_e = \frac{2693 \text{ unidades}}{0,979 \text{ kWh}} = 2751 \frac{\text{unidades}}{\text{kWh}}$$

Esto quiere decir que un kWh de la selladora se pueden elaborar 2751 unidades.

Partiendo del diagrama hombre máquina, solo se utiliza el 27% del ciclo para sellar una bolsa equivalente a 4,44 segundos de tiempo útil. Teniendo como dato de la tabla unidades totales anuales, para una producción de 1003762, se tiene la siguiente ecuación:

$$4,44 \text{ segundos de tiempo útil del sellado} - 1 \text{ pieza} \\ X \text{ segundos de tiempo útil del sellado} - 1003762 \text{ unidades}$$

Donde X: 4456703 segundos

En un año se tienen 4456703 segundos de tiempo útil de la máquina, equivalente a 1237 horas. Entonces:

$$0.093 \text{ kW} \times 1237 \text{ horas} = 115.35 \text{ kWh utilizados en un año.}$$

Con tal dato la potencia perdida en un año es:

$$\text{Potencia perdida en un año: } 563.98 \text{ kWh} - 115.35 \text{ kWh} = 448.3 \text{ kWh}$$

El costo de energía activa para la tarifa BT5 es de S/. 0,5305 por kWh. Para el proceso de sellado se tiene el siguiente costo por tiempo muerto de máquina:

Costo por tiempo muerto de máquina en un año:

$$0,5305 \text{ S/ / kWh} \times 448,3 \text{ kWh} = 237,82 \text{ soles.}$$

En el proceso de sellado se está perdiendo 237,82 soles al año por concepto de energía eléctrica.

Resumiendo, en las siguientes tablas se muestran, las causas y sus impactos económicos, así como sus indicadores respectivos.

*Tabla 22. Causas con sus impactos económicos.*

<b>Causa</b>	<b>Impacto económico (S/.)</b>
C1: Errores del operario durante el sellado.	678.73
C2: Saturación del operario.	12287.87
C3: Baja eficiencia de maquinaria.	237.82
<b>TOTAL:</b>	<b>13204.25</b>

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.

Según la tabla anterior, la empresa está perdiendo 13204.2 soles al año debido a la baja producción de la línea de retail.

Ahora, se muestra la siguiente tabla con los indicadores hallados y se utilizaran para comparar con la mejora a proponer.

*Tabla 23. Causas con indicadores hallados.*

<b>Causa</b>	<b>Indicadores</b>																				
C1: Errores del operario durante el sellado.	$FTT = (6711 - 386) / 6711 = 94,25 \%$																				
C2: Saturación del operario.	$Pmo = 6711 / (23 \text{ horas} \times 1 \text{ operario}) = 292 \text{ Piezas/operario}$																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th><b>Formato</b></th> <th><b>Horas por contenedor</b></th> <th><b>Horas para 3 contenedores</b></th> <th><b>Días por contenedor</b></th> <th><b>Días para 3 contenedores</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,34 Kg</td> <td>167</td> <td>502</td> <td>7</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>4,54 Kg</td> <td>72</td> <td>225</td> <td>3</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td><b>Total</b></td> <td><b>243</b></td> <td><b>728</b></td> <td><b>10</b></td> <td><b>30</b></td> </tr> </tbody> </table>	<b>Formato</b>	<b>Horas por contenedor</b>	<b>Horas para 3 contenedores</b>	<b>Días por contenedor</b>	<b>Días para 3 contenedores</b>	0,34 Kg	167	502	7	21	4,54 Kg	72	225	3	9	<b>Total</b>	<b>243</b>	<b>728</b>	<b>10</b>	<b>30</b>
	<b>Formato</b>	<b>Horas por contenedor</b>	<b>Horas para 3 contenedores</b>	<b>Días por contenedor</b>	<b>Días para 3 contenedores</b>																
	0,34 Kg	167	502	7	21																
	4,54 Kg	72	225	3	9																
<b>Total</b>	<b>243</b>	<b>728</b>	<b>10</b>	<b>30</b>																	
C3: Baja eficiencia de maquinaria.	$\text{Eficiencia de la máquina} = (4,14 / 15,32) \times 100 = 27 \%$																				

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.

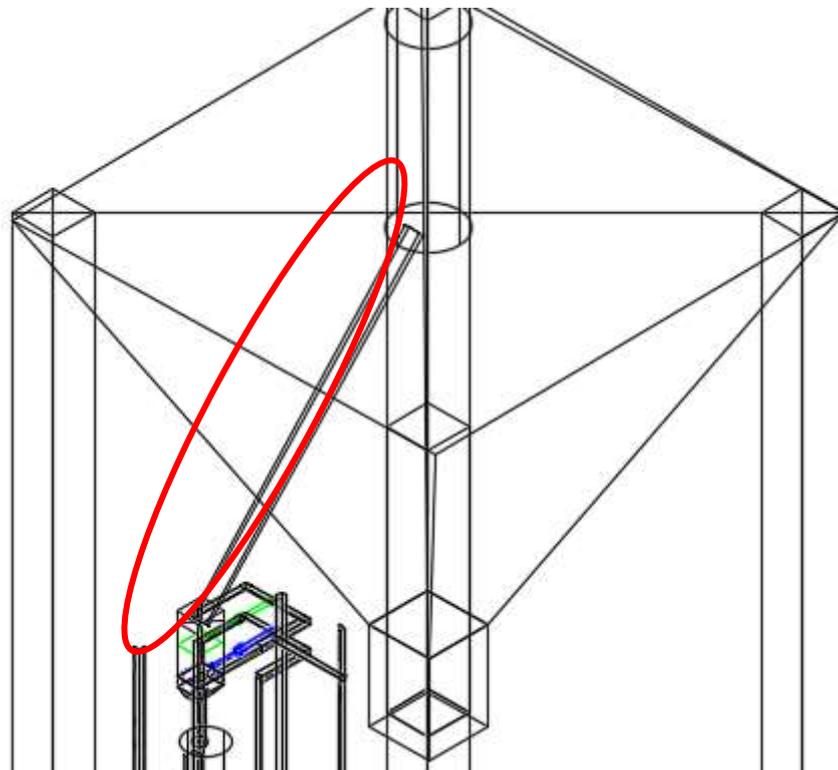
### 3.2. PROPUESTA DE MEJORA DE PRODUCCIÓN MEDIANTE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA LÍNEA DE RETAIL.

#### 3.2.1. PROPUESTA DEL SISTEMA AUTOMATIZADO.

Para la mejora de la producción de la línea de Retail, se propone como diseño preliminar implementar un sistema de abastecimiento, pesado-llenado y sellado-etiquetado de bolsa.

Para la propuesta de mejora, primero se observó los distintos sistemas de dosificación que existen en el mercado.

El abastecimiento constará de un bypass el cual estará conectado directamente con una tolva con capacidad de 100 kg, el abastecimiento será continuo puesto que ira interconectada con la tubería que abastece a la tolva de la línea de granel cuya capacidad es llega hasta 2 tn, esto es a lo que concierne al abastecimiento.



*Figura 22. Bypass*

Fuente: Elaboración propia

La elección del acoplamiento de un bypass entre el tubo de abastecimiento de la tolva de la línea a granel y la tolva para el dosificado de la línea a Retail, se da porque se aprovechará la planificación de la producción de la empresa, puesto que lo que se hará es trabajar en paralelo en ambas líneas, en lo que concierne a variedad de grano (quinua roja, blanca y negra). Cabe recalcar que la proporción de ventas con respecto a variedad de grano es la misma tanto para la producción a granel como para la producción a Retail.

Para la elaboración del bypass se utilizará una tubería redonda, para el cual se empleará Plancha de acero galvanizado LAF de material ASTM A-1008 con un espesor de 2 mm con dimensiones de 1020 x 2040 mm.

Para obtener la tubería para el diseño, la plancha primero debe pasar por un proceso de cortado, con ayuda la máquina guillotina es que se obtiene la longitud del tubo, para luego hallar la longitud de arco, entonces, como se doblará el tubo obtenido por medio caliente, primero se debe calcular antes la longitud del arco. Esta resulta en un ángulo de flexión de 90° del perímetro del círculo con aproximadamente el 1,5 veces del radio, el radio elegido es referencial comparando los más comunes en este tipo de máquinas de envasado.

Entonces para tener un radio de flexión de 75 mm (radio elegido) a los 90°, se debe calcular la longitud de arco según la siguiente ecuación:

$$L = 1,5 \times R$$

Donde:

L = Longitud de arco

R = Radio de flexión

Teniendo:

$$L = 1,5 \times 75 \text{ mm}$$

$$L = 112,5 \text{ mm}$$

Para lo cual se obtiene una longitud de arco de 112,5 mm, pero según referencias bibliográficas se debe considerar un cierto margen por procesos de soldadura, así como también por consideración a la tabla para el caudal de circulación, teniendo como longitud de arco elegido de 115 mm.

Obtenido la longitud de arco, se realiza el doblado del tubo de acuerdo a las medidas del ala de medida y el ala de doblado.

Para generar la longitud del arco en el tubo se debe partir de la longitud de medida del tubo. Esta representa la medida desde el comienzo del tubo hasta la mitad de la punta del tubo a doblar, partiendo de la longitud de medida en el tubo sin doblar, se traza de un lado el ala de medida y por el otro lado el ala de doblado, con ello se fija la longitud del arco a calentar.

El área doblada irá en la parte superior del tubo, con la finalidad que capturé parte del flujo que viene del tubo principal que alimenta a la tolva de la línea de granel, aparte de esto, el diseño y acoplado del bypass es tal que siempre mantendrá llena a la tolva de la línea de Retail teniendo que alimentar solo el peso de cada presentación que son 0,34 kg y 4,54 kg, esta alimentación, se dará cada 3 segundos y 2 segundos respectivamente:

Estos tiempos se obtienen a partir de la siguiente ecuación de flujo másico:

$$\dot{m} = \sigma \times V^{\circ}$$

Se sabe que la densidad de la quinua es de 710 kg/m<sup>3</sup>, y además según la tabla de circulación para tuberías de material ASTM Schedule estándar, se aprecia en la siguiente figura.



www.comeval.es Tel. 902.444.066

CAUDAL DE CIRCULACIÓN Q(m <sup>3</sup> /h) tubería ASTM schedule estándar		1	1,25	1,5	1,75	2	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40	Coefficiente Caudal/Área
DN	v(m/s)																
3/8"	10	0,45	0,56	0,67	0,78	0,89	1,34	1,79	2,24	4,47	6,71	8,95	11,19	13,42	15,66	17,90	0,45
1/2"	15	0,71	0,88	1,06	1,24	1,41	2,12	2,82	3,53	7,06	10,59	14,12	17,65	21,18	24,70	28,23	0,71
3/4"	20	1,24	1,55	1,86	2,17	2,48	3,72	4,95	6,19	12,39	18,58	24,77	30,97	37,16	43,35	49,54	1,24
1"	25	2,01	2,51	3,01	3,51	4,01	6,02	8,03	10,03	20,07	30,10	40,13	50,17	60,20	70,23	80,26	2,01
1-1/4"	32	3,47	4,34	5,21	6,08	6,94	10,41	13,89	17,36	34,72	52,07	69,43	86,79	104,1	121,5	138,9	3,47
1-1/2"	40	4,73	5,91	7,09	8,28	9,46	14,19	18,92	23,65	47,30	70,95	94,60	118,2	141,9	165,5	189,2	4,73
2"	50	7,80	9,75	11,69	13,64	15,59	23,39	31,18	38,98	77,96	116,9	155,9	194,9	233,9	272,9	311,8	7,80
2-1/2"	65	11,12	13,90	16,68	19,46	22,24	33,36	44,48	55,60	111,2	166,8	222,4	278,0	333,6	389,2	444,8	11,12
3"	80	17,17	21,46	25,75	30,04	34,33	51,50	68,67	85,83	171,7	257,5	343,3	429,2	515,0	600,8	686,7	17,17

Figura 23. Tabla de caudal ASTM

Entonces se obtiene un flujo másico de:

$$\dot{m} = 710 \frac{kg}{m^3} \times 9,75 \frac{m^3}{h} \times \frac{1h}{3600s}$$

$$\dot{m} = 1,92 \frac{kg}{s}$$

Por lo tanto, para tener el flujo constante para ambas presentaciones de 4,54 kg y 0,34 kg se requerirá de 3 segundos y 1 segundo respectivamente.

Ahora para el funcionamiento de pesado y envasado, se contará con un compartimiento por así decirlo que irá dentro de la tolva, esta tolva se diseñó para una capacidad de 50 kilogramos, y sabiendo esta capacidad se calcula la capacidad de producción de bolsas solamente correctamente dosificadas en un minuto teniendo:

$$\text{Producción (presentación 4,54 kg)} = \frac{60 \text{ segundos/minuto}}{3 \frac{\text{segundos}}{\text{bolsa}}} = 20 \text{ bolsas /minuto}$$

$$\text{Producción (presentación 0,34 kg)} = \frac{60 \text{ segundos/minuto}}{1,5 \frac{\text{segundos}}{\text{bolsa}}} = 40 \text{ bolsas /minuto}$$

Para el dimensionamiento de esta tolva se usa la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{m}{V}$$

Siendo:

$\sigma$  = Densidad (kg/m<sup>3</sup>)

m = Masa (kg)

V = Volumen

Reemplazando: 
$$V = \frac{50 \text{ kg}}{710 \text{ kg/m}^3}$$

$$V = 0,24 \text{ m}^3$$

Entonces el cálculo del volumen de la tolva sería de 0,24 m<sup>3</sup>.

Teniendo como dimensiones, una altura de 90 cm, ancho de 50 cm y largo de 54 cm, se aprecia a detalle en la Lamina N° 02, ubicada en los anexos.

Entonces, para obtener el peso exacto de los formatos de 4,54 kg y 0,34 kg, se hará uso de dos moldes que almacenan los pesos de ambas presentaciones y por ende se obtiene el peso respectivo con una tolerancia de +- 2 gramos, los cuales se ubicarán dentro de la tolva de Retail, se aprecia a detalle en la Lamina N° 02, ubicada en los anexos.

En la tolva de Retail se acoplarán 4 bases, las cuales servirán de soporte para cada molde, ajustándose según las longitudes de cada una, se aprecia a detalle en la Lamina N° 04, ubicada en los anexos.

Los mecanismos utilizados en esta parte, los cuales permiten el paso y cierre del producto son pistones neumáticos de simple efecto, cuya función es bloquear y permitir el correcto envasado según la presentación que se requiera.

Para determinar las dimensiones de ambas presentaciones almacenó quinua y se tuvo como referencia al volumen 0,24 m<sup>3</sup> de la tolva de capacidad de 50 kg, teniendo como volúmenes finales de 0,21m<sup>3</sup> y 0,16 m<sup>3</sup> para los moldes de 4,54 kg y 0,34 kg respectivamente.

Para la presentación de 4,54 kilogramos se tienen como dimensiones, una altura de 35 cm, ancho de 25 cm y largo de 25 cm.

Para la presentación de 0,34 kilogramos se tienen como dimensiones, una altura de 21 cm, ancho de 10 cm y largo de 10 cm.

Ahora para que el sistema de llenado-pesado funcione, se empleará dos cilindros de simple efecto como se mencionó anteriormente, y para saber qué tipo de cilindros usar se procede con los siguientes cálculos para ambos cilindros 1 y 2:

Primero se halla la Fuerza (W):

$$W = m \cdot g$$

Donde:

W = Fuerza (N)

m = Masa (kg)

g = Gravedad (9,81 m/s<sup>2</sup>)

Teniendo para cada presentación:

$$W = 4,54 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$W = 44,54 \text{ N}$$

$$W = 0,34 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$W = 3,33 \text{ N}$$

Luego se halla el área, para ello se considerará una presión de 6 bares puesto que la empresa ya cuenta con un compresor de aire el cual tiene esa magnitud.

$$A = \frac{W}{P}$$

Donde:

A = Área

W = Fuerza

P = Presión

$$A = \frac{44,54 \text{ N}}{6 \times 10^5 \text{ Pa}} = 7,42 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Por último, se halla el diámetro:

$$D = \frac{\sqrt{4 \times 7,42 \text{ m}^2 \times 10^{-5}}}{\pi} = 6,40 \times 10^{-3} \text{ m} = 6,4 \text{ mm}$$

Como se puede observar para este primer cilindro el diámetro es demasiado pequeño por lo que se optó utilizar las tablas del fabricante:

Funcionamiento	Ejecución	Diámetro del émbolo [mm]	Carrera [mm]	Carrera variable <sup>1)</sup> [mm]	Amortiguación Fija P	Detección de posiciones A
Simple efecto	ESNU-... – Con detección de posiciones					
		8 ... 63	10, 25, 50	1 ... 50	■	■
	ESNU-MA-... – Conexión axial del aire comprimido					
		8 ... 63	-	1 ... 50	■	■
	ESN-... – Sin detección de posiciones					
		8 ... 25	10, 25, 50	1 ... 50	■	-

Figura 24. Catálogo cilindros de simple efecto FESTO

Fuente: Festo

Teniendo como cilindro neumático uno de 8 mm de diámetro, por ser el más próximo a los resultados obtenidos, siendo escogido el modelo Cilindro de simple efecto según ISO 6432.

La elección de este sistema neumático parte del factor es el factor rentabilidad, puesto que la utilización óptima del aire comprimido se consigue aprovechando

Complementando el sistema neumático se emplearán:

Válvula reguladora, permiten cerrar el paso en un solo sentidos girando la llave que se ve en la siguiente figura.



Figura 25. Válvula reguladora

Unidad de filtro, en esta unidad que se muestra en la figura siguiente filtra el aire comprimido.

Está compuesta por:

- Una Unidad de filtro y regulador con manómetro
- Lubricador proporcional estándar por neblina aceitosa
- Grado de filtración: 40  $\mu\text{m}$ , 5  $\mu\text{m}$
- Purga del condensado: manual, semiautomática, automática
- Una conexión neumática de G1/8
- Un caudal [l/min] de 90 ... 8.700



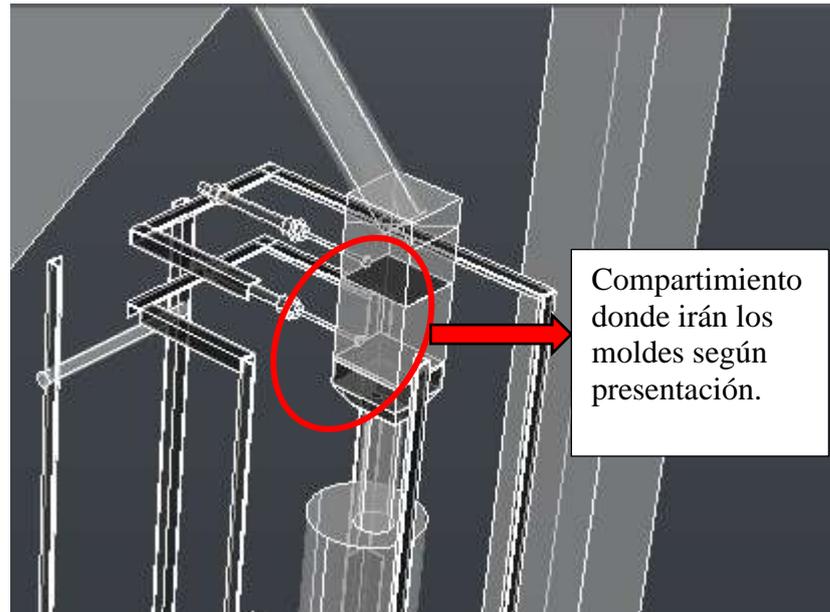
*Figura 26. Unidad de filtro*

Electroválvulas, las electroválvulas con las que cuenta la máquina selladora se encargan de controlar el aire comprimido filtrado con un grado de 40  $\mu\text{m}$  (micrómetro) lubricado o sin lubricar, la figura siguiente muestra a un ejemplo de electroválvula ya conectada.



*Figura 27. Electroválvula Festo MFH-5-1/4 #6211*

Los elementos mencionados anteriormente son los que harán la función de envasado.



*Figura 28. Compartimiento para moldes*

Fuente: Elaboración propia.

Ahora con respecto al sellado-etiquetado, antiguamente se trabaja en bolsas individuales, a las cuales se le colocaba la etiqueta autoadhesiva y además se le agregaba dos códigos, el BBD y el LOTE DE PRODUCCIÓN, como propuesta ante la mejora de esto, se cambiará el insumo tradicional (bolsa), y se empezará a usar rollos de plásticos, en el cual vendría ya la etiqueta impresa y además ya codificada los dos elementos imprescindibles en la presentación.

Teniendo una vez ya el insumo en rollo, el sellado ahora sería vertical, para el cual se tendrá un cilindro que va debajo de la caída de la tolva, el cual cumplirá con la función de formar la bolsa, este cilindro será regulable para que se pueda trabajar en ambas presentaciones, en la siguiente imagen se puede observar más a detalle la función de dicho cilindro.

Ante lo mencionado anteriormente se debe calcular la fuerza para girar el rollo de plástico, esto se determina según la siguiente ecuación:

$$I_r = \frac{m}{8} (d_o^2 + d_i^2)$$

Donde:

$I_r$  = Momento de inercia del rollo de plástico

$m$  = Masa del rollo de plástico

$d_o$  = Diámetro exterior

$d_i$  = Diámetro interior

Los datos que se necesitan para esta ecuación, fueron otorgados por el mismo fabricante del pollyroll:

$m = 15 \text{ kg}$ ,  
 $d_o = 400\text{mm}$ ,  
 $d_i = 140\text{mm}$ .

Entonces reemplazando:

$$I_r = \frac{15}{8} (0,40^2 + 0,14^2) = 0,34 \text{ Kg.m}$$

Luego, se halla velocidad angular del rollo, a partir de la producción requerida para el diseño:

$$V_L = N_{es} \times L_e$$

Donde:

$V_L$  = Velocidad de rotación del rollo de plástico.

$N_{es}$  = Número de envases por segundo,

$N_{es} = 0,65$  envases/segundo.

$L_e$  = Longitud de envase,  $L_e = 20 \text{ cm}$

Reemplazando estos valores se obtiene:

$$V_L = 20 * 0.65 = 0.13 \text{ m/segundo}$$

Calculando la velocidad angular se relaciona la Velocidad de rotación con el momento de inercia.

$$\omega_{\text{máx}} = \frac{V_L}{I_r} = 0,38 \text{ rad/seg}$$

Ahora, se calcula la aceleración angular  $\alpha_{\text{máx}}$ :

$$\alpha_{\text{máx}} = \frac{\omega_{\text{máx}} \times V_L}{I_r} = 0,14 \text{ rad/seg}^2$$

A partir de este cálculo, se obtiene el torque producido por la fuerza sobre los rodillos, basado en la siguiente ecuación:

$$T = I_r * \alpha_{\text{máx}}$$

$$T = 0.26 \text{ N.m}$$

Sabiendo que  $T = F * r$ , se obtiene la fuerza que se necesita para romper la inercia al rollo de polietileno.

$$F_{\text{máx}} = \frac{T}{r_i}$$

$$F_{\text{máx}} = \frac{0,26 \text{ N.m}}{0,07 \text{ m}} = 3.72 \text{ N}$$

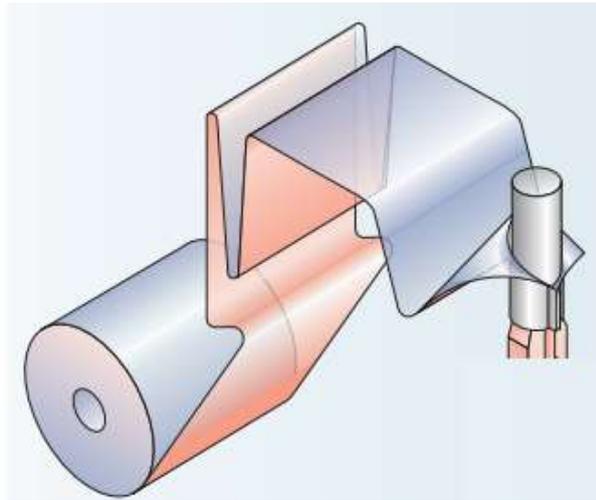
Por último, se calcula la potencia que deberá tener el motor a elegir:

$$P_o = F \times V$$

$$P_o = 3.72 \text{ N} \times 0.13 \text{ m/s}$$

$$P_o = 0.5 \text{ Watts}$$

Teniendo como potencia 0.5 watt.



*Figura 29. Pollyroll y Sistema de formado de bolsa*

Fuente: Elaboración propia.

Por ende, ahora se tendrá que elaborar la bolsa, para ello este rollo tendrá que pasar por una resistencia, para que se genere la costura en la parte media trasera de esta, se aprecia a detalle en la Lamina N° 02, ubicada en los anexos.

No obstante, para que el envasado sea continuo se necesitan dos cilindros que cumplan la función de mantener el rollo en movimiento y por ende se tenga un envasado eficaz.

Para ello se utilizará dos motores de dos velocidades de 1500 y 375 rpm, pero ahora la transmisión debe hacerse con un reductor que funcione con el mecanismo sinfín con las mismas características del motor, para variar el eje de giro y poder acoplarlo a las barras del grupo dos en posición longitudinal y se produzca la rotación deseada en las barras del grupo 1. Podemos ver un esquema del montaje en la siguiente imagen.

Para esta disposición será necesario incorporar barras para sostener el motor y el reductor y el soporte con cojinetes en los agujeros para el reposo en toda la longitud del eje, con barras de la misma sección que la barra 1 y 2 soldadas a tope por toda la superficie de contacto se asegura su sustentación. Se deberá prever un agujero en el perfil del diámetro del eje para que este pueda ajustarse, se aprecia a detalle en la Lamina N° 02, ubicada en los anexos.

Seguido a esto se procede con el sellado, para el cual se usarán resistencias y pistones de simple efecto para que la operación sea automática.

Al ya saber cual es la temperatura media de trabajo, que es 120°C, se necesitara saber la presión requerida con que se juntan las mordazas, para permitir la unión de de las dos superficies del sellado.

Este tipo de sellado consiste de dos sistemas conjuntos, el primero es el que le dará la costura vertical trasera de la bolsa, y el segundo es aquel que sella horizontalmente generando el cierre total.

Se usará un periodo de 2 segundos, con una temperatura de 120 °C en la superficie de sellado y la presión de la mordaza alrededor de 0,564 Kg/cm<sup>2</sup>, se obtendrá un sellado satisfactorio.

Para lo cual se empleará una resistencia que cumpla con la las siguientes características, ya que estas son estándar para la realización de esta operación.

*Tabla 24. Características de la selladora por resistencia.*

Marca	STANDER
Modelo	MSLL 500
Tiempo en calentar	0,5 – 2 segundos
Ancho de sellado	2,3 mm
Dimensiones de máquina	800x150x250 mm
Suministro eléctrico	110-220 v
	1/8 HP
	50/60 Hz
Cósumo máximo de energía	6 Amp
Potencia eléctrica instalada	100 watts
Controlador de temperatura para ajustar	150° C max.

Fuente: Elaboración propia.

Ahora, para elegir los pistones adecuados para el sellado, es necesario calcular la presión de estos, para lo cual primero se halla el área efectiva de sellado.

El área efectiva de sellado es:

$$A_s = a \cdot L$$

Donde:

$A_s$  = Área máxima de sellado en  $\text{cm}^2$ .

$a$  = Ancho total de sellado en  $\text{cm}$ ,  $a = 0,8\text{cm}$

$L$  = Longitud de sellado en  $\text{cm}$ .  $L=30\text{ cm}$

Si la presión de sellado es de  $0,564\text{ Kg}/\text{Cm}^2$ , se puede determinar la fuerza necesaria para las mordazas mediante la siguiente expresión:

$$F_s = P_s \cdot A_s$$

Donde:

$F_s$  = Fuerza de sellado,  $\text{Kgf}$

$P_s$  = Presión de sellado,  $\text{Kgf}$

$A_s$  = Área efectivo de sellado,  $\text{cm}^2$ .

Reemplazando los valores de los selladores se obtiene:

$$A_s = 14\text{ cm}^2$$

$$F_s = 8.46\text{ Kgf... (Sellado horizontal)}$$

Ahora en el mecanismo de cierre de las mordazas, es importante tener la separación suficiente, para ello se establece una separación de 15 a 20 mm, permitiendo el funcionamiento de la mandibula movil, y se juntarán solamente cuando se aplique la fuerza de sellado y retornando inmediatamente a su posición inicial cuando no esta actuando.

Ahora teniendo ya las fuerza para el sellado horizontal, se procedió a calcular la presión necesaria para los cilindros, partiendo de la siguiente ecuación:

$$F_p = p \cdot \text{Sembolo}$$

$$P = \frac{F_p}{\text{Sembolo}}$$

$$P = \frac{8.46\text{ kgf}}{\frac{\pi \cdot 3^2}{4}}$$

$$P = 1.19\text{ bar}$$

Por lo tanto la presión de los cilindros será de 1.19 bar.

Luego, se calcula el volumen de aire comprimido por ciclo y también el consumo de aire total al realizar la maniobra completa, para lo cual se aplicará la ley de Boyle-Mariotte.

Volumen de aire en un ciclo:

$$V = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,03^2 \cdot 0,05}{4} = 35,34 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Para el consumo de la maniobra:

$$Q_{\text{maniobra}} = n \cdot V = 30 \frac{\text{ciclos}}{\text{minuto}} \cdot 35,34 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{ciclo}} = 1,0610^{-6}$$

Ahora la ley de Boyle-Mariotte:

$$P_{\text{atm}} \cdot V_{\text{atm}} = P_{\text{man}} \cdot V_{\text{man}}$$

$$P_{\text{atm}} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{man}} = p_{\text{atm}} + p_{\text{trabajo}} = 10^5 + 1,19 \cdot 10^5 = 11,19 \text{ Pa.}$$

Por lo tanto el consumo atmosférico

$$Q_{\text{atm}} = \frac{P_{\text{man}} \cdot Q_{\text{man}}}{P_{\text{atm}}} = \frac{11,19 \times 10^5 \times 1,0610^{-6}}{10^5} = 1,2614 \cdot 10^5 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = 0,0126 \text{ l/min}$$

El sistema final será transporte por rodillos, donde una vez sellada la bolsa, esta caerá hacia una faja transportadora, la cual recorrerá un pequeño tramo para inspeccionar la calidad.

El sistema de rodillos funciona por medio de un motor de rotación; el cual por a través de cadenas, cintas u otro elemento transfiere esta energía a los diferentes rodillos, lo cual hace que el sistema opere de una manera eficiente haciendo rodar todos los rodillos a una misma revolución, lo cual hará girar a una misma velocidad todos los rodillos.

Estos rodillos tendrán las funciones de:

- ✓ Soportar la banda y el material a transportar por la misma en el ramal superior, y soportar la banda en el ramal inferior; los rodillos del ramal superior situados en la zona de carga, deben soportar además el impacto producido por la caída del material.
- ✓ Contribuir al centrado de la banda, por razones diversas la banda está sometida a diferentes fuerzas que tienden a decentarla de su posición recta ideal. El centrado de la misma se logra en parte mediante la adecuada disposición de los rodillos, tanto portantes como de retorno.
- ✓ Ayudar a la limpieza de la banda ,aunque la banda es limpiada por los rascadores, cuando el material es pegajoso pueden quedar adheridos restos del mismo, que al entrar en contacto con los rodillos inferiores pueden originar desvíos de la misma; para facilitar el desprendimiento de este material se emplean rodillos con discos de goma (rodillos autolimpiadores).

Para implementar este sistema de rodillos se tiene que tener en cuenta los siguientes cálculos:

✓ Cálculo de la holgura de la banda:

La holgura de la banda se ubica en los costados de la banda (en figura aparece como D), ésta permite tener un margen de espacio utilizado para impedir que el material a transportar rebalse.

$$c=0.055*(B+0.9)$$

Siendo:

c= holgura de la banda (pulg.)

B= ancho de la banda (pulg.)

$$c = 0.055 * (11,81 + 0,9)$$

$$c = 0,67 \text{ pulg} = 1,77 \text{ cm}$$

✓ Cálculo del ancho plano de la banda (material):

El ancho plano de la banda es donde se ubicará el material al ser transportado.

$$ap = 0,371*B$$

$$ap = 0,26 \text{ pulg} = 0,66 \text{ cm}$$

Siendo:

B= ancho de la banda (pulg.)

El diseño se aprecia a detalle en la Lamina N° 02, ubicada en los anexos.

### **3.3. DISEÑO DEL SISTEMA EN FORMA VIRTUAL.**

#### **3.3.1. DISEÑO 2D**

La propuesta de diseño 2D se detalla en la lámina N° 02, ubicada en los anexos.

#### **3.3.3. DISEÑO 3D**

La propuesta de diseño 3D se detalla en la lámina N° 02, ubicada en los anexos.

### 3.3.4. MATERIALES Y COSTOS DEL DISEÑO.

Tabla 25. Lista de materiales y costos

Descripción	Material y característica	Unidad	Cantidad	Costo unitario (soles, inc. IGV)	Costo total (soles, inc. IGV)
Plancha de acero galvanizado LAF	ASTM A-1008 t=2mm	Plancha 1020 x 2400 mm	1	720	720
Perfil estructural	ASTM A-36, L 2 x 2 x 3/16 "	Barra x 6m	3	80	240
Chumacera de pie D=20	SKY 20-TF	Unidad	6	80	480
Cilindro neumático DSNU (ISO 6432)	DSNU-20-160-P	Unidad	4	250	1000
Electroválvula 5/2, Monoestable	Rosca 1/4"	Unidad	4	300	1200
Unidad de mantenimiento	Rosca 1/4"	Unidad	4	385	1540
Racores en codo (90°)	Rosca 1/4", d=6mm	Unidad	15	30	450
Faja de transporte	Lisa L = 2350	Unidad	1	600	600
Motor 1/8 HP	Monofásico	Unidad	1	200	200
Motor 1/2 HP	Monofásico	Unidad	1	1200	1200
Moto reductor	-	Unidad	3	800	1800
Rodillos	-	Unidad	2	200	400
pernos, tuercas, etc	Estimado	-	1	200	200
Variador de frecuencia	-	Unidad	3	400	1200
PLC Siemens Hardware + Software	-	Unidad	1	1200	1200
Tablero + circuitos de conexión	-	-	1	2000	2000
<b>TOTAL</b>					<b>14430</b>

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se listan los materiales a usar para la fabricación de los diferentes sistemas que empleará el diseño automatizado de esta tesis,

se muestran así sus precios respectivos basados en cotizaciones a empresas proveedoras de estos.

Costo total de materiales: S/ 14430.

Costo total de mano de obra de fabricación: S/ 10000.

Costo total del proyecto: S/ 24430.

### 3.3.5. DISEÑO ELÉCTRICO

#### A. CIRCUITO DE FUERZA

Este diseño debe producir el envase automático de la materia prima, así como también el correcto sellado de la bolsa de cada presentación que se desee trabajar, eliminando así el trabajo físico de los operarios.

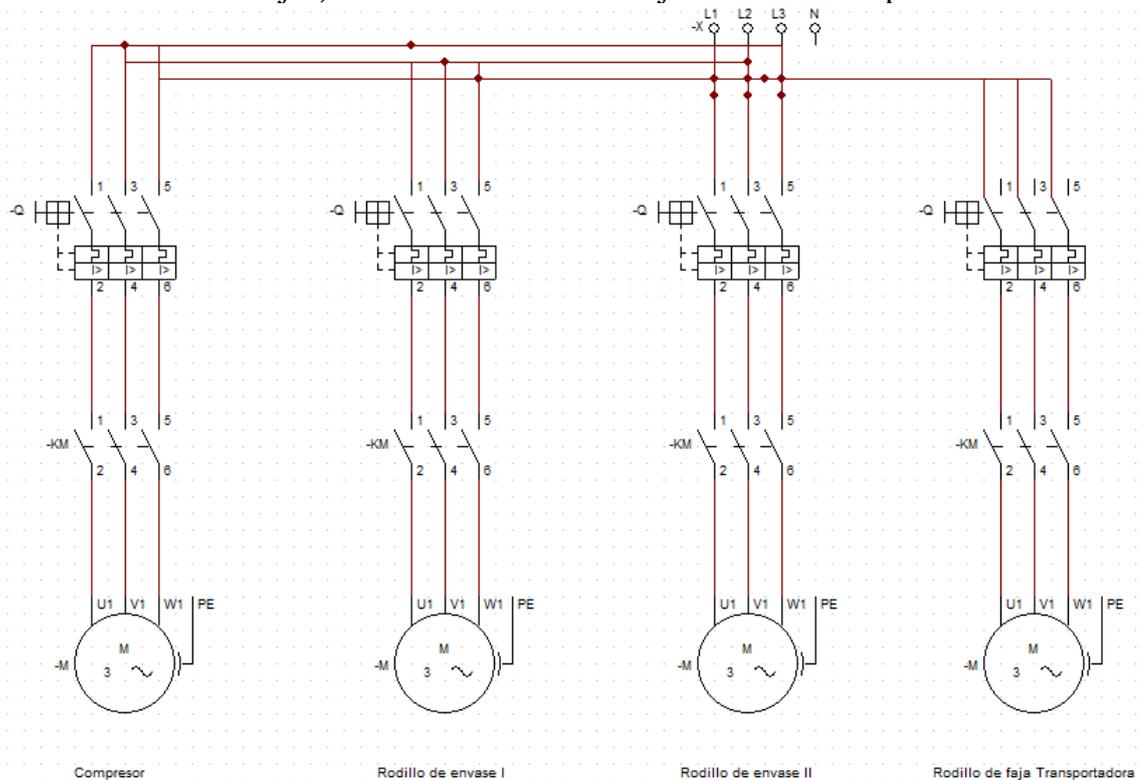


Figura 30. Circuito de fuerza

En esta máquina se ha destinado el espacio para el tablero de control eléctrico de todo el sistema. Desde antes de empezar el modelamiento de la estructura principal se consultó a los técnicos electricistas por el tamaño adecuado del tablero y se destinó un espacio de 650 x 400 x 200 mm en la parte frontal de la máquina, en un lugar accesible para labores de mantenimiento.

## B. CIRCUITO ELÉCTRICO

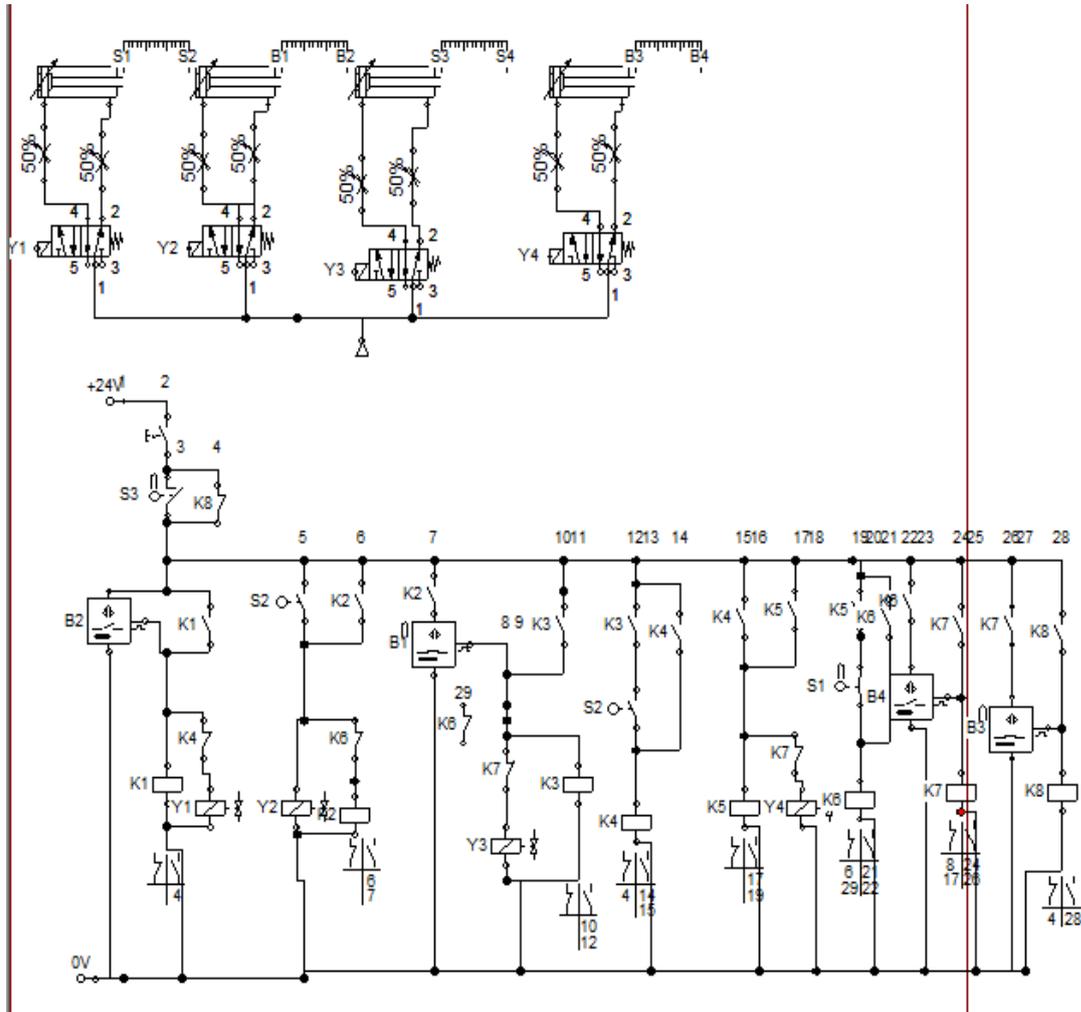
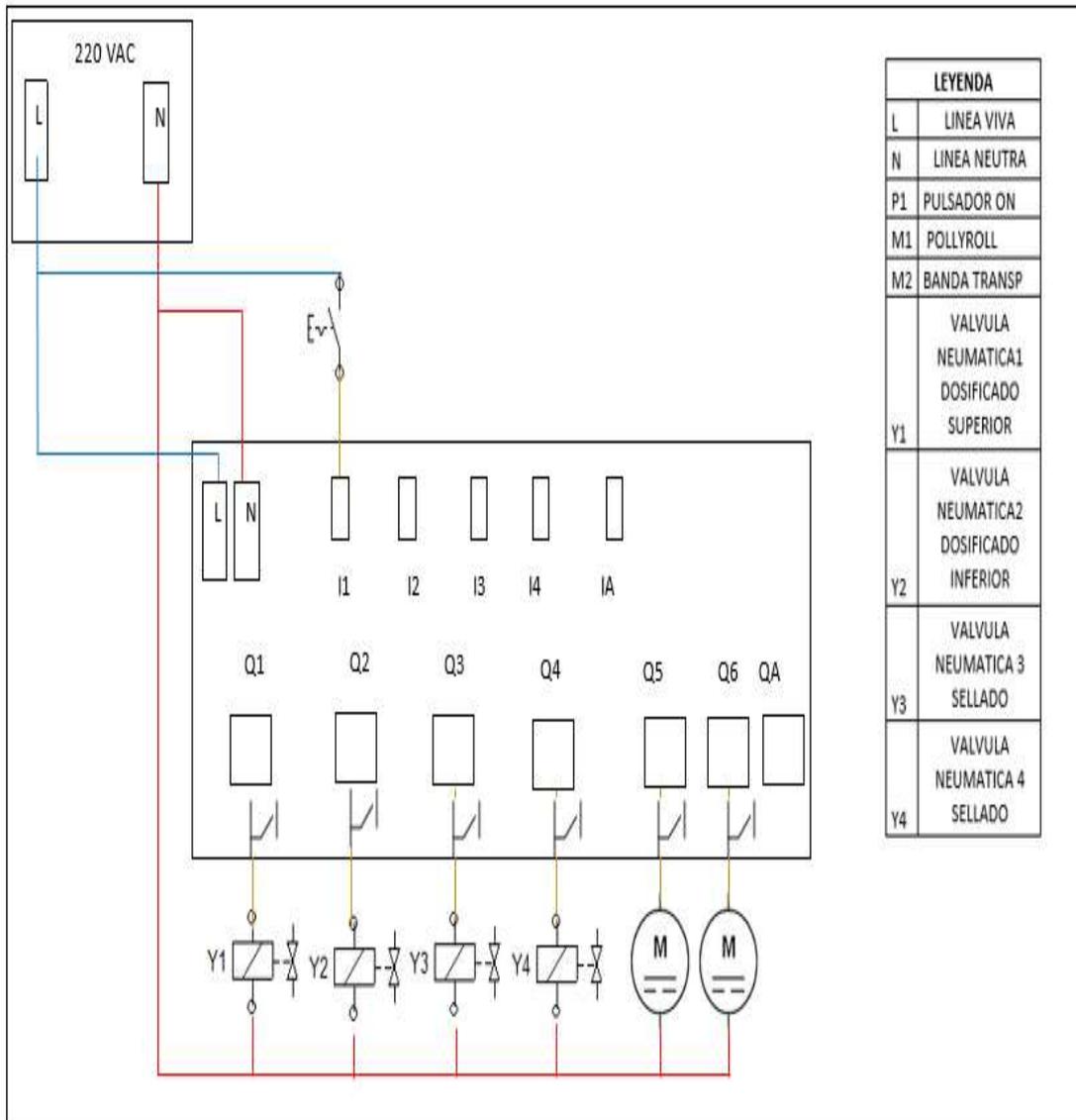


Figura 31. Circuito eléctrico

### C. PLANO ESQUEMÁTICO



*Figura 32.  
Plano  
esquemático*

### **3.3.6. Programa de SOMACHINE LOGIC BUILDER**

#### **3.3.6.1. Selección de PLC**

Logic Builder proporciona el entorno de configuración y programación para los proyectos de SoMachine que cree con SoMachine Central. Muestra los diferentes elementos de un proyecto en vistas separadas que se pueden organizar en la interfaz de usuario de SoMachine y en el escritorio, en función de las necesidades individuales. Esta estructura de vistas permite añadir elementos de hardware y software al proyecto mediante el método de arrastrar y soltar. Los principales cuadros de diálogo de configuración que permiten crear contenido para el proyecto se proporcionan en el centro de la pantalla de Logic Builder. Además de una sencilla configuración y programación, Logic Builder también proporciona potentes funciones de diagnóstico y mantenimiento.

Para el presente proyecto se utiliza el controlador TM241CE40R.

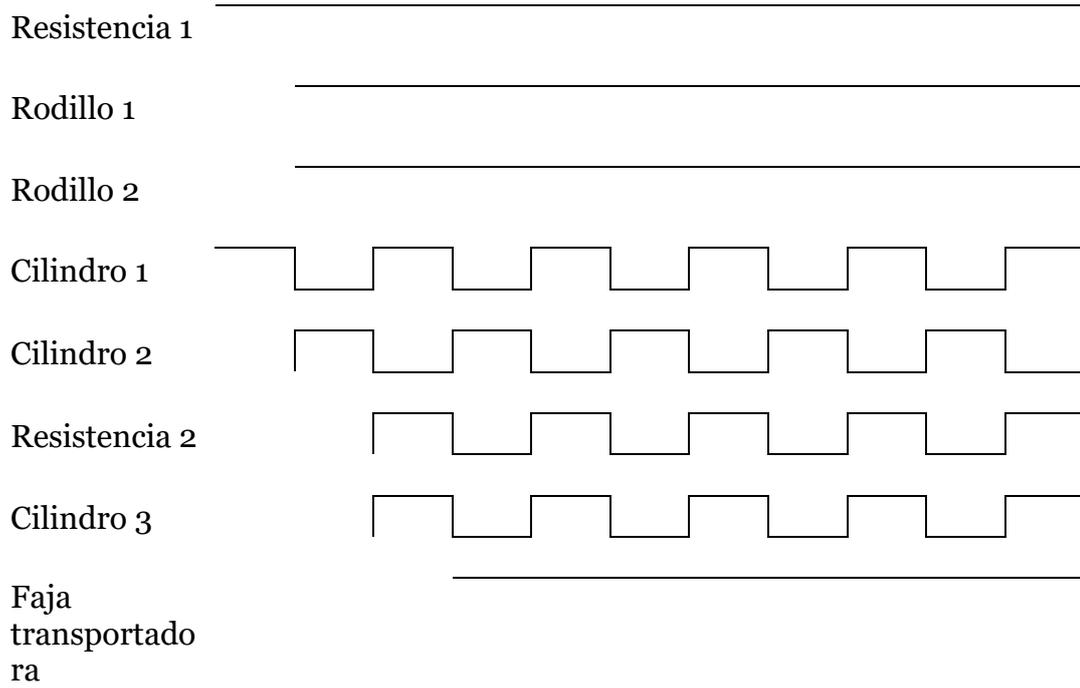


*Figura 33. Controlador SoMachine*

Fuente: Manual SoMachine Logic Builder

El controlador lógico Modicon M241 se utiliza para el control de máquinas de movimiento simple y ofrece la mejor comunicación de su clase con 5 puertos integrados. Ofrece avanzadas funciones y comunicaciones CANopen para arquitecturas FieldBus de hasta 63 dispositivos y reduce sus costes y plazos de instalación. Obtenga acceso ilimitado a su dispositivo mediante Ethernet: acceda desde cualquier parte y a cualquier hora y simplifique el mantenimiento con cualquier dispositivo móvil mediante páginas de visualización diseñadas directamente en SoMachine y almacenadas en el servidor web de PLC.

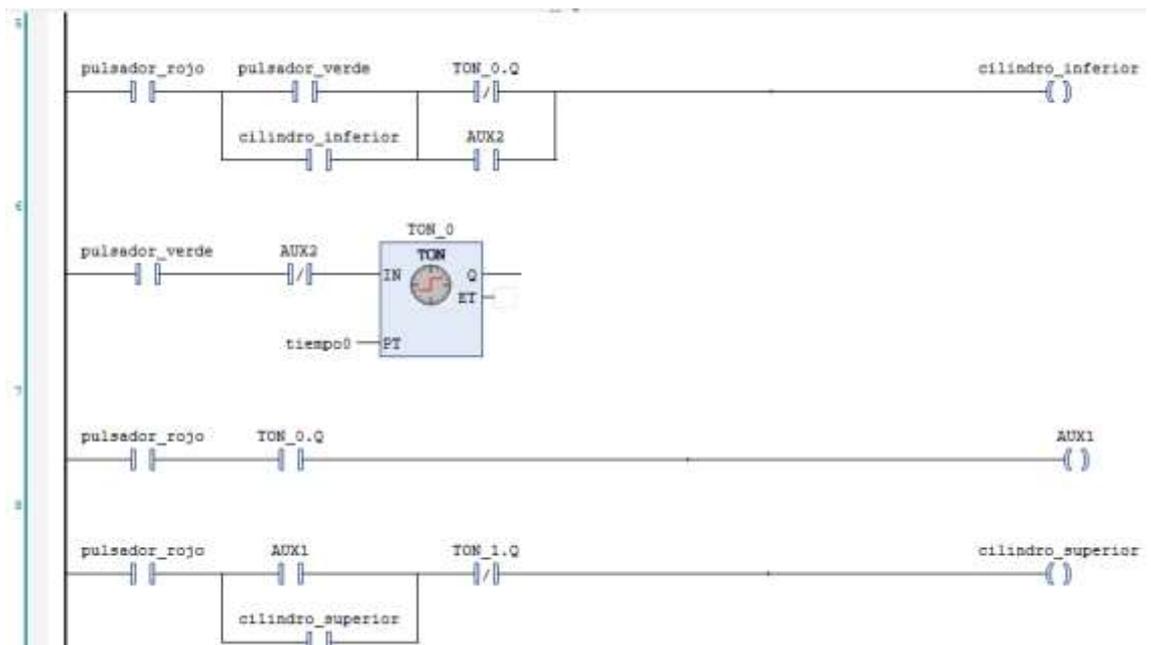
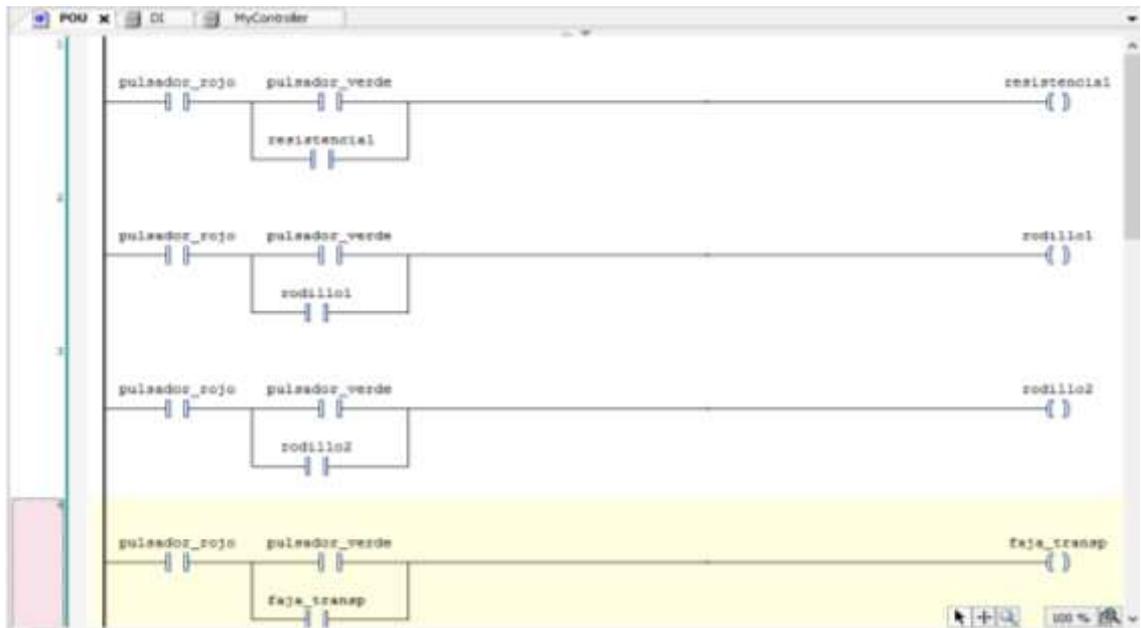
### 3.3.6.2. Secuencia de operaciones

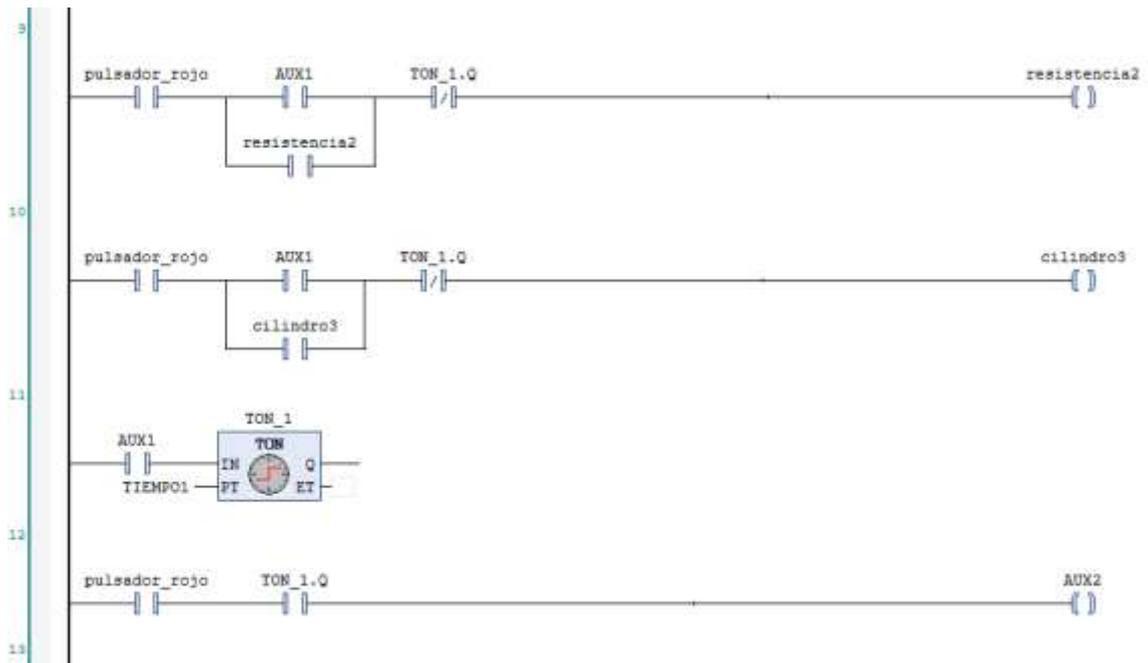


*Figura 34. Diagrama de secuencia*

### 3.3.6.3. Sistema de mando del PLC (SOMACHINE )

Se detalla la programación ladder para el proyecto de mejora.





*Figura 35. Programación SOMACHINE*

Fuente: Elaboración propia.

La secuencia constará en activar la resistencia 1 para el formado continuo de la bolsa, seguido se activarán los dos rodillos que ayudan al flujo continuo del Pollyroll, el primer cilindro de simple efecto se activa a la par con la resistencia 1 para el abastecimiento y pesado de bien sea 4.54 kg o 0,34 kg, puesto que al dejar abrir la primera compuerta la quinua caerá y se dosificará en un molde donde al ras tiene los pesos correspondientes para cada formato. Luego una vez pesado, se cerrará el primer pistón y se activará el segundo para dar caída hasta el envase, una vez que llegue a envasar, se cerrará este pistón y luego se activarán los siguientes pistones que tendrán la función de sellado, una vez sellado, se desactiva estos pistones y se vuelve a repetir el ciclo pero con el arranque continuo de un motor para dar flujo continuo a una banda transportadora que servirá como medio de inspección de calidad.

### 3.4. RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

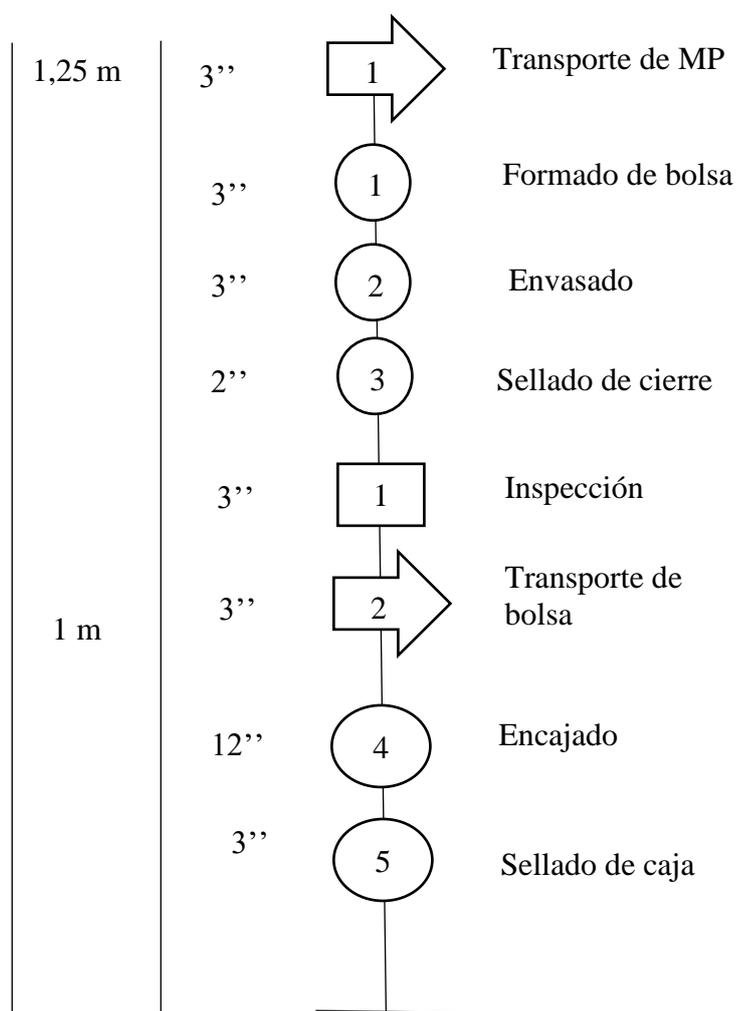
La mejora consiste en tener una producción de flujo continuo, ya no se tendrá que primer estar etiquetando y codificando todo el pedido para poder empezar con el envase final del PT, si no que todo será en secuencia unidad por unidad, aumentando así la producción.

#### 3.4.1. NUEVOS INDICADORES DE PRODUCCIÓN

A. Nuevo diagrama de análisis de proceso presentación 4,54 KG

Fábrica: Empresa Vínculos Agrícolas S.A.C.

Producto: Quinoa para retail 4,54 KG



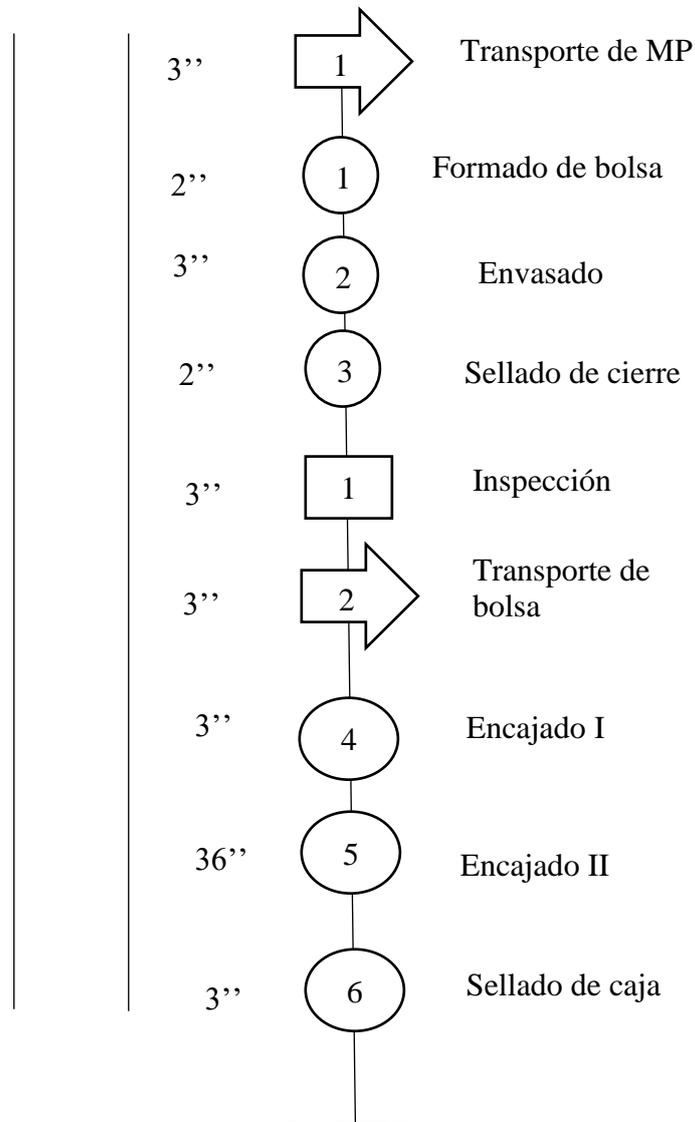
ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (segundos)	DISTANCIA (metros)
Operación	5	178	-
Inspección	3	34	-
Transporte	2	6	2,2
Almacenaje	0	0	-
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>		

Figura 36. Diagrama de análisis de proceso con mejora.

Fuente: Elaboración propia.

B. Nuevo diagrama de análisis de proceso presentación 0,34 KG

Fábrica: Empresa Vínculos Agrícolas S.A.C.



ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (segundos)	DISTANCIA (metros)
Operación	5	178	-
Inspección	3	34	-
Transporte	2	6	2,2
Almacenaje	0	0	-
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>		

Figura 37. Diagrama de análisis de proceso II con mejora.

Fuente: Elaboración propia.

C. NUEVOS INDICADORES DE PRODUCCIÓN

✓ PRODUCCIÓN PARA LA PRESENTACIÓN DE 4,54 kg.

Tabla 26. Tiempos de operación para caja de presentación 4,54 kg.

OPERACIONES	TIEMPO
TRANSPORTE MP	3
ENVASADO	3
FORMADO DE BOLSA	3
SELLADO DE BOLSA	2
INSPECCIÓN	3
TRANSPORTE BOLSA	3
ENCAJADO	12
SELLADO DE CAJA	3

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de la nueva producción de la línea en primer lugar se propone un nuevo tiempo base, el cual implica trabajar ahora 2 turnos, pero de 7,5 horas al día

Entonces se tiene:

$$\text{PRODUCCIÓN} = \frac{\frac{15h}{\text{día}} \times \frac{3600s}{h}}{12s/\text{cajas}}$$

$$\text{PRODUCCIÓN} = 4500 \frac{\text{cajas}}{\text{día}}^*$$

Ahora para poder hacer una buena comparación, se hallará la producción en base a días necesarios para un contenedor, siendo.

$$\text{PRODUCCIÓN} = 4500 \frac{\text{cajas}}{\text{día}} \times \frac{\text{contenedor}}{2080 \text{ cajas}} = 2,16 \frac{\text{contenedor}}{\text{día}}$$

Invirtiendo la ecuación de la producción, resulta que se necesitan 0,46 días para un contenedor de la presentación de 4,54 kg.

- ✓ PRODUCCIÓN PARA LA PRESENTACIÓN DE 0,34 kg.

Tabla 27. Tiempos de operación para caja de presentación

OPERACIONES	TIEMPO
TRANSPORTE MP	3
ENVASADO	2
FORMADO DE BOLSA	2
SELLADO DE BOLSA	2
INSPECCIÓN	3
TRANSPORT BOLSA	3
ENCAJADO I	3
ENCAJADO II	36
SELLADO DE CAJA	3

Fuente: Elaboración propia.

De igual forma para el cálculo de la nueva producción de la línea en primer lugar se propone un nuevo tiempo base, el cual implica trabajar ahora 2 turnos, pero de 7,5 horas al día.

Entonces se tiene:

$$\text{PRODUCCIÓN} = \frac{\frac{15h}{\text{día}} \times \frac{3600s}{h}}{36s/\text{cajas}}$$

$$\text{PRODUCCIÓN} = 1500 \frac{\text{cajas}}{\text{día}}$$

Ahora para poder hacer una buena comparación, se hallará la producción en base a días necesarios para un contenedor, siendo.

$$\text{PRODUCCIÓN} = 1500 \frac{\text{cajas}}{\text{día}} \times \frac{\text{contenedor}}{2200 \text{ cajas}} = 0,68 \frac{\text{contenedor}}{\text{día}}$$

Invirtiendo la ecuación de la producción, resulta que se necesitan 1,47 días para un contenedor de la presentación de 0,34 kg.

Tabla 28. Incremento de la producción por contenedor

	ACTUAL	PROPUESTA	
Presentación	Días para un contenedor	Días para un contenedor	Incremento
0,34 kg	7	0,68	9.3
4,54 kg	3	2,16	0.46
Total	10		

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo como calculado el incremento de la productividad para ambos formatos los siguientes:

- Para formato 0,34 kg

$$\text{Productividad base} = \frac{2200 \frac{\text{cajas}}{\text{contenedor}}}{7 \frac{\text{días}}{\text{contenedor}}} = 314 \frac{\text{cajas}}{\text{día}}$$

$$\text{Productividad actual} = \frac{2200 \frac{\text{cajas}}{\text{contenedor}}}{0,68 \frac{\text{días}}{\text{contenedor}}} = 3235 \frac{\text{cajas}}{\text{día}}$$

$$\text{Incremento de la productividad} = \frac{3235 \frac{\text{cajas}}{\text{día}} - 314 \frac{\text{cajas}}{\text{día}}}{314 \frac{\text{cajas}}{\text{día}}} = 9.3$$

Obteniendo un incremento de la productividad en un 9.3 con respecto a la productividad base.

- Para formato 4,54 kg

$$\text{Productividad base} = \frac{2080 \frac{\text{cajas}}{\text{contenedor}}}{3 \frac{\text{días}}{\text{contenedor}}} = 693 \frac{\text{cajas}}{\text{día}}$$

$$\text{Productividad actual} = \frac{2200 \frac{\text{cajas}}{\text{contenedor}}}{2,16 \frac{\text{días}}{\text{contenedor}}} = 1018 \frac{\text{cajas}}{\text{día}}$$

$$\text{Incremento de la productividad} = \frac{1018 \frac{\text{cajas}}{\text{día}} - 693 \frac{\text{cajas}}{\text{día}}}{693 \frac{\text{cajas}}{\text{día}}} = 0.46$$

Obteniendo un incremento de la productividad en 0.46 con respecto a la productividad base.

Al tener un incremento de 930% y 46% para las presentaciones de 0,34 g y 4,54 kg respectivamente en la producción, se propone trabajar en 2 turnos de 8 horas de trabajo y trabajar solamente de lunes a viernes. Con el nuevo diseño propuesto, se eliminan las principales causas que generaban la baja producción en la línea de retail, para ver más a detalle el cambio se realiza un diagrama hombre – máquina, se tiene a continuación.

Diagrama Hombre - Máquina

Operación: Llenado

Máquina tipo: Envasadora

Diagramador: Frankie

Fecha: 15 de Agosto 2017

10 segundos

Hombre	Tiempo (s)	Máquina	Tiempo (s)
Cargar envase	3	Cargar envase	3
Ocioso	7	Dosificado	2
		Sellado	2
		Transporte de pieza	3

Figura 38. Diagrama hombre máquina con mejora propuesta.

Fuente: Vínculos Agrícolas S.A.C.

Con la propuesta actual, se tiene un tiempo de ciclo de 10 segundos, presentando un tiempo ocioso de 7 segundos y un tiempo productivo de 3 segundos. Este tiempo de ciclo obtenido será utilizado como tiempo estándar para el proceso de envasado con la mejora.

El tiempo ocioso podrá ser utilizado para monitorear los elementos de la máquina y poder gestionar un óptimo mantenimiento preventivo y verificar el continuo suministro de material.

Teniendo como nuevo indicador:

$$\text{Saturación del operario} = \frac{\text{Tiempo productivo del operario}}{\text{Tiempo tota del ciclo}} \times 100$$

$$\text{Saturación del operario} = \frac{3}{10} \times 100 = 30\%$$

Se le da una utilización del 100% de tiempo útil a la máquina, en un día se tienen 7,3 horas disponibles, debido a que con la mejora propuesta se optó por trabajar un turno de 8 horas solamente. Según la especificación del sistema se tiene el uso de motor de 0.125 HP.

$$\begin{aligned} 1 \text{ HP} &= 746 \text{ W} = 0,746 \text{ kW} \\ 0,125 \text{ HP} &= 93.25 \text{ W} \times 2102 \text{ horas} = 196.05 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Para un turno de 8 horas (para el sellado 7,3 horas de utilización por turno) el consumo es de:

$$1/8 \text{ HP} = 93.25 \text{ W} \times 7,3 \text{ horas} = 0,680 \text{ kWh}$$

Con este consumo y en base a la tabla de Cálculo de productividad de mano de obra.

$$C_e = \frac{\text{Unidades producidas por turno en la selladora}}{\text{kWh consumidos en la selladora}}$$

$$C_e = \frac{2693 \text{ unidades}}{0,680 \text{ kWh}} = 3956 \frac{\text{unidades}}{\text{kWh}}$$

Esto quiere decir que un kWh de la selladora se pueden elaborar 3956 unidades.

### 3.4.2. CUADRO COMPARATIVO DE INDICADORES

La siguiente tabla muestra el cuadro comparativo de los indicadores actuales y con la mejora propuesta:

*Tabla 29. Comparativo de indicadores antes y después de propuesta.*

Causa	Indicadores actuales	Indicadores con mejora																																												
C1: Errores del operario durante el sellado.	$FTT=(6711-386)/6711=94,25\%$	$FTT=(6711)/6711=100\%$																																												
C2: Saturación del operario.	<p>Saturación del operario = 100 %</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Formato</th> <th>Horas por contenedor</th> <th>Horas para 3 contenedores</th> <th>Días por contenedor</th> <th>Días para 3 contenedores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,34 Kg</td> <td>167</td> <td>502</td> <td>7</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>4,54 Kg</td> <td>72</td> <td>225</td> <td>3</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>243</td> <td>728</td> <td>10</td> <td>30</td> </tr> </tbody> </table>	Formato	Horas por contenedor	Horas para 3 contenedores	Días por contenedor	Días para 3 contenedores	0,34 Kg	167	502	7	21	4,54 Kg	72	225	3	9	Total	243	728	10	30	<p>Saturación del operario = 30 %</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Presentación</th> <th colspan="2">ACTUAL</th> <th colspan="2">PROPUESTA</th> </tr> <tr> <th>Días para un contenedor</th> <th>Días para un contenedor</th> <th>Días para un contenedor</th> <th>Incremento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,34 kg</td> <td>7</td> <td>0,68</td> <td></td> <td>9,3</td> </tr> <tr> <td>4,54 kg</td> <td>3</td> <td>2,16</td> <td></td> <td>0,46</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Presentación	ACTUAL		PROPUESTA		Días para un contenedor	Días para un contenedor	Días para un contenedor	Incremento	0,34 kg	7	0,68		9,3	4,54 kg	3	2,16		0,46	Total	10			
Formato	Horas por contenedor	Horas para 3 contenedores	Días por contenedor	Días para 3 contenedores																																										
0,34 Kg	167	502	7	21																																										
4,54 Kg	72	225	3	9																																										
Total	243	728	10	30																																										
Presentación	ACTUAL		PROPUESTA																																											
	Días para un contenedor	Días para un contenedor	Días para un contenedor	Incremento																																										
0,34 kg	7	0,68		9,3																																										
4,54 kg	3	2,16		0,46																																										
Total	10																																													
C3: Baja eficiencia de maquinaria.	<p>Eficiencia de la máquina = <math>(4,14 / 15,32) \times 100 = 27\%</math>  <math>Ce = 2751</math> unidad/kWh</p>	<p>Eficiencia de la máquina = <math>(8 / 8) \times 100 = 100\%</math>  <math>Ce = 3956</math> unidad/kWh</p>																																												

### 3.4.3. BENEFICIOS OBTENIDOS

Para el cálculo de los beneficios en cuestión de venta de contenedores anuales, se hará una proyección de las ventas anuales desde el año 2016 hasta el año 2021 y se restará con la capacidad máxima de producción, puesto que es lo que actualmente se llega a vender.

*Tabla 30. Ventas de contenedores año 2017 – 2018.*

AÑO	MES	VENTA (CONTENEDORES)
2017	ENERO	3
	FEBRERO	3
	MARZO	3
	ABRIL	4
	MAYO	4
	JUNIO	4
	JULIO	4
	AGOSTO	4
	SEPTIEMBRE	5
	OCTUBRE	6
	NOVIEMBRE	6
	DICIEMBRE	6
TOTAL		52
2018	ENERO	6
	FEBRERO	6
	MARZO	6
	ABRIL	6
	MAYO	6
	JUNIO	6
	JULIO	6
	AGOSTO	6
	SEPTIEMBRE	6
	OCTUBRE	6
	NOVIEMBRE	7
	DICIEMBRE	7
TOTAL		74

Fuente: Elaboración propia.

*Tabla 31. Análisis de ventas año 2017 y 2018 de Quinua para Retail de la empresa Vínculos Agrícolas S.A.C.*

AÑO	X (Contenedores)	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	x.y
2014	1	52	1	2704	52
2015	2	74	4	5476	148
SUMA	3	126	5	8180	200

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de:

$$a = 34.43$$

$$b = 19.04$$

Reemplazando en la ecuación:

$$y = a + bx$$

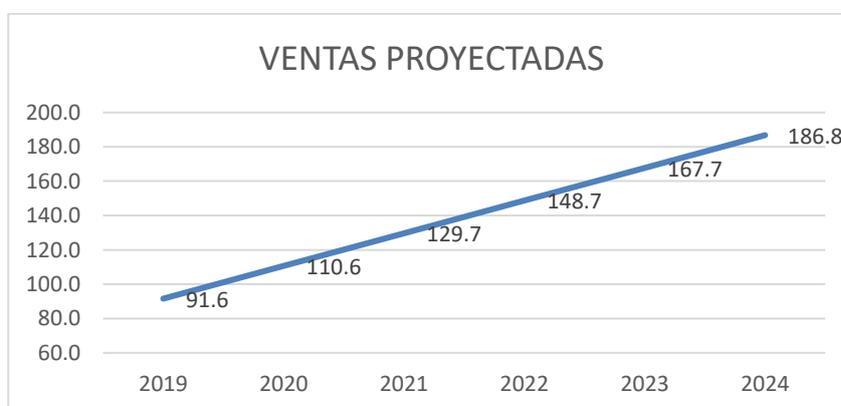
$$y = 34.43 + 19.04 x$$

*Tabla 32. Plan de ventas proyectadas, de la empresa Vínculos Agrícolas S.A.C.*

AÑO	x=n	PLAN DE VENTAS PROYECTADAS
2019	3	91.6
2020	4	110.6
2021	5	129.7
2022	6	148.7
2023	7	167.7
2024	8	186.8

Fuente: Elaboración propia.

En base a los valores encontrados de las variables “a” y “b” a través del método de regresión lineal, se pudo calcular el plan de ventas proyectado para 5 años, la cual también ha sido en aumento progresivo.



*Figura 39. Plan de ventas proyectado de contenedores.*

Fuente: Elaboración propia.

Respecto al plan de venta, se puede observar que con la capacidad actual no podrá cumplir con las ventas en los siguientes años, puesto que está ya al máximo de su capacidad. Mientras que con la propuesta la capacidad aumentaría llegando a cumplir con el plan de ventas proyectada del año 2024, y por ende con los demás años.

Con este plan de ventas proyectadas, se calcula las ventas adicionales que se venderán gracias a la propuesta de mejora de la producción.

*Tabla 33. Análisis de ventas adicionales por mejora*

AÑO	x=n	VENTAS PROYECTADAS	MÁXIMA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN ACTUAL	VENTAS ADICIONALES POR MEJORA
2019	3	92	84	8
2020	4	111	84	27
2021	5	128	84	46
2022	6	149	84	65
2023	7	168	84	84
2024	8	187	84	103
TOTAL		836	420	324

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo como 324 contenedores vendidos totales 323 según la proyección del plan de ventas hasta el año 2021.

### 3.5. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

#### 3.5.1. BENEFICIOS OBTENIDOS

A. Ingresos adicionales por propuesta de mejora.

En la siguiente tabla se muestra el porcentaje de participación de ambas presentaciones según fuentes de la empresa, siendo del 80% para la presentación de 0,34 y 20% para la presentación de 4,54 kg.

*Tabla 34. Porcentaje de participación por presentación.*

PRESENTACIÓN	CAJAS POR CONTENEDOR	PRECIO	PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN
0,34 kg	2080	28	0.8
4,54 kg	2200	34	0.2

Fuente: Empresa Vínculos Agrícolas S.A.C.

Según el porcentaje de participación es que se halla los ingresos por contenedores adicionales que se venderán debido al aumento de la producción por la propuesta de mejora.

*Tabla 35. . Ingresos por contenedores vendidos por mejora*

AÑO	CONTENEDORES VENDIDOS POR MEJORA	INGRESOS (DOLARES)	INGRESOS (SOLES)
2019	27	\$ 1,353,043.20	S/. 4,492,103.42
2020	46	\$ 2,242,950.40	S/. 7,446,595.33
2021	65	\$ 3,128,198.40	S/. 10,385,618.69
2022	84	\$ 4,013,446.40	S/. 13,324,642.05
2023	103	\$ 4,903,353.60	S/. 16,279,133.95

Fuente: Elaboración propia.

B. Ahorros por propuesta de mejora.

En la siguiente tabla se detallan los ahorros que se generan debido a la propuesta de mejora.

*Tabla 36. Ahorros por propuesta de mejora.*

Reducción a 7,5 horas por turno mensual	Disminución de 2 puestos de trabajo mensual
S/. 2793	S/. 2457,56

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo un total de ahorros de S/. 5962,5 más S/. 2457.56.

### **3.5.2. COSTOS IMPLICADOS EN LA MEJORA**

A. Indemnización de personal despedido.

Este costo es equivalente a S/5265, ya que se despedirá a 2 personas, considerando que llevaban 2 años de servicio.

B. Maquina diseñada

El costo de la máquina de la propuesta equivale a S/28000, adicional a esto se tiene un costo de S/ 6000 anuales por mantenimiento.

C. Capacitación de personal

Con respecto a la capacitación de personal se tendrá un costo de S/ 10000 para el primer año, luego se tendrán dos costos adicionales de S/ 2000 para el año 3 y el año 5.

D. Pollyroll etiquetado y codificado.

Para el nuevo sistema del diseño propuesto, como se sabe ahora es necesario generar la bolsa en la misma máquina, lo que conlleva un costo adicional de este insumo, puesto que ahora viene en rollo y además viene etiquetado y codificado según se necesite.

*Tabla 37. Costo adicional anual por Pollyroll*

AÑO	VENTAS ADICIONALES POR MEJORA	COSTO ADICIONAL MENSUAL DE POLLYROLL POR CONTENEDOR	COSTO ADICIONAL ANUAL DE POLLYROLL POR CONTENEDOR
2019	92	S/. 2,500.00	S/. 230,000.00
2020	111	S/. 2,500.00	S/. 277,500.00
2021	128	S/. 2,500.00	S/. 320,000.00
2022	149	S/. 2,500.00	S/. 372,500.00
2023	168	S/. 4,500.00	S/. 756,000.00
2024	187	S/. 4,500.00	S/. 841,500.00

Fuente: Elaboración propia.

E. Instalación de maquina

Para la instalación de maquinaria se tiene un costo de S/ 5000.

F. Compra de software

Para la compra de software necesario se necesita un costo de S/2500.

### 3.5.3. CÁLCULO DE BENEFICIO-COSTO

El flujo de caja es el resultado obtenido de la diferencia entre los ingresos (entradas) y egresos (salidas) de efectivo que registra una empresa, para este se evaluará de forma anual para los 5 próximos años, en función a la propuesta de mejora de un sistema automatizado para la línea de Retail en la empresa Vínculos Agrícolas S.A.C.

<b>BENEFICIOS</b>	<b>Unidad</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Reducción a 7,5 horas por turno	S/.		S/. 33,516.00	S/. 38,304.00	S/. 38,304.00	S/. 38,304.00	S/. 38,304.00
Pago por horas extras	S/.		S/. 42,120.00	S/. 42,120.00	S/. 42,120.00	S/. 42,120.00	S/. 42,120.00
Pago de M.O. extra	S/.		S/. 105,324.00	S/. 105,324.00	S/. 105,324.00	S/. 105,324.00	S/. 105,324.00
Disminución de 2 puestos de trabajo	S/.		S/. 29,484.00	S/. 29,484.00	S/. 29,484.00	S/. 29,484.00	S/. 29,484.00
Incremento de ventas	S/.		S/. 4,492,103.42	S/. 7,446,595.33	S/. 10,385,618.69	S/. 13,324,642.05	S/. 16,279,133.95
<b>Total Beneficios</b>		S/. 0.00	S/. 4,702,547.42	S/. 7,661,827.33	S/. 10,600,850.69	S/. 13,539,874.05	S/. 16,494,365.95
<b>COSTOS</b>							
Indemnización de personal despedido		S/. 5,265.00					
Maquina diseñada		S/. 24,430.00	S/. 6,000.00	S/. 6,000.00	S/. 6,000.00	S/. 6,000.00	S/. 6,000.00
Capacitación del personal		S/. 10,000.00		S/. 2,000.00		S/. 2,000.00	
PolyRoll etiquetado y codificado		S/. 230,000.00	S/. 277,500.00	S/. 325,000.00	S/. 372,500.00	S/. 420,000.00	S/. 467,500.00
Costo por contenedor			S/. 3,701,837.18	S/. 6,128,741.25	S/. 8,542,939.01	S/. 10,957,136.77	S/. 13,384,040.83
Instalación de maquina		S/. 5,000.00					
Compra de software		S/. 2,500.00		S/. 600.00		S/. 600.00	
<b>Total Costos</b>		S/. 277,195.00	S/. 3,985,337.18	S/. 6,462,341.25	S/. 8,921,439.01	S/. 11,385,736.77	S/. 13,857,540.83
<b>UTILIDAD BRUTA</b>		-S/. 277,195.00	S/. 717,210.24	S/. 1,199,486.08	S/. 1,679,411.68	S/. 2,154,137.28	S/. 2,636,825.12
Depreciación		-S/. 2,443.00	-S/. 2,443.00	-S/. 2,443.00	-S/. 2,443.00	-S/. 2,443.00	-S/. 2,443.00
<b>Utilidad a Impuestos</b>			S/. 714,767.24	S/. 1,197,043.08	S/. 1,676,968.68	S/. 2,151,694.28	S/. 2,634,382.12
<b>Impuestos</b>			S/. 200,134.83	S/. 335,172.06	S/. 469,551.23	S/. 602,474.40	S/. 737,626.99
			S/. 2,443.00	S/. 2,443.00	S/. 2,443.00	S/. 2,443.00	S/. 2,500.00
<b>UTILIDAD NETA</b>		-S/. 274,752.00	S/. 517,075.41	S/. 864,314.02	S/. 1,209,860.45	S/. 1,551,662.88	S/. 1,899,255.13

*Tabla 38. Indicadores de rentabilidad*

VNA	S/. 3,800,901.27
TIR	239%
B/C	1.320807543
Tasa Inversión	12%
Tasa Costo	16%

#### **IV. CONCLUSIONES**

Luego de realizar todas las actividades de identificación de las condiciones que limitan la producción en línea de Retail, la propuesta de mejora de la producción mediante el diseño de un sistema automatizado logra incrementar la producción en un 82% en promedio.

Con el 82% de la mejora de la producción obtenida en la línea de Retail, se obtiene una capacidad de producción de hasta 231 contenedores/año, cantidad suficiente para cubrir con el plan de ventas para los 5 años siguientes (del 2019 al 2021), siendo el último año de 186 contenedores a vender según las proyecciones.

Con la propuesta de mejora, la producción de la empresa Vínculos Agrícolas S.A.C. se generan ahorros considerables en horas extras, contrato de personal extra, reducción de las horas y días de trabajo y se obtiene una eficiencia económica, de manera que por cada S/. 1,00 invertido la empresa ganaría S/.0.3208.

A través de la ejecución de los planes de mejora, se obtuvieron mejorados indicadores de producción tales como, la producción por día de 4500 cajas/día y 1500 cajas/día para las presentaciones de 4,54 kg y 0,34 kg respectivamente.

La propuesta ofrece un beneficio económico que se obtendrá a través de la mejora mediante un diseño automatizado para la línea, generará ingresos equivalentes a S/. 3 800 901,27 y una rentabilidad del 239%, asimismo a partir del año 01 la empresa recuperará lo invertido.

## **V. RECOMENDACIONES**

Aplicar las mejoras que se propongan en este trabajo, pues las mismas generan un incremento notorio de la producción.

La empresa debe considerar a corto plazo la realización de un plan de mantenimiento preventivo, que permita la disminución de paradas no programadas.

Para enriquecer este trabajo se recomienda continuar el proyecto mejorándolo con la elaboración de la otra etapa siguiente.

Se recomienda también como enriquecimiento de este proyecto, evaluar y diseñar la posibilidad de un envasado con doble tolva, para reducir los cuellos de botellas, y aumentar la producción.

Se puede implementar una medida de control, realizando reuniones periódicas entre la gerencia, jefe de mantenimiento y los supervisores; en donde se expondrían los problemas que se presenten, para que todos estén al tanto de lo acontecido, y además obtener una lluvia de ideas que permita seguir con una mejora continua de una manera interactiva.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Barbado, José; Martín, Jesús y Aparicio, Jesús. Automatismos Industriales. 2013. Alfaomefa Grupo Editor S.A, México D.F.
- ✓ Cembranos, F. 2008. Automatismos eléctricos, neumáticos e hidráulicos. Thomson Editores Spain, Madrid.
- ✓ Ibañez, José. 1996. El estudio de los puestos de trabajo: La valoración de tareas y la valoración del personal. Madrid: Díaz Santos S.A.
- ✓ Inserny, Virginia; Aboul, AMER; Cañas, José; Custodio, Ángel. 2008. Diseño de un sistema de supervisión centralizado para las plantas de tratamiento de agua de CVG GOSH. Ciudad Guayana. Universidad, Ciencia y Tecnología. Enero.
- ✓ Institut fur berufliche Entwicklung e, V. 2010. Curso: Laminas, tubos perfiles: Berlín.
- ✓ Mejía, Edinson; Velez, Carlos; Alberto, Jesús. 2011. Automatización y control de una planta piloto de micro filtración tangencial: aplicación al procesamiento de frutas tropicales. DYNA. Noviembre.
- ✓ Niebels, Benjamín; Freivalds, Andris. 2007. Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño de trabajo. México D.F.: Alfaomega Group Editor S.A.
- ✓ Piedrafita, Ramón. 2004. Ingeniería de la automatización industrial. RA-MA Editorial, Madrid.
- ✓ Porras, Alejandro; Montanero, A .1997. Autómatas programables. Madrid: Editorial Mcgraw-Hill.
- ✓ Quezada, José; Flores Ernesto; Bautista Jorge; Quezada, Víctor. 2014. Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo basado en HMI-PLC para un pozo de agua potable. Ingeniería, investigación y tecnología. Marzo.
- ✓ Quesada, María; Villa, William. 2007. Estudio del trabajo: Nota de clase. Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano.
- ✓ Rojas, Carlos. (1996). Diseño y control de la producción I. Trujillo: Editorial Libertad E.I.R.L.
- ✓ Ruiz, Edgar; Inche, Jorge; Chung, Alfonso & Tello, Roberto. 2007. Diseño e implementación de un prototipo automatizado para el procesamiento de pastas y líquidos. Diseño y tecnología, Mayo.
- ✓ Vilaboa, Jose. 2004. Gestión de la automatización de plantas industriales en Chile. Facultad de Ingeniería. Abril.
- ✓ Goodin, Nestor. 2009. Termodinámica básica. Colombia: Bogotá.

- ✓ Soriano, Blas. 2010. Proyecto de fin de carrera: Planta fabricación de aceite. Sevilla.
- ✓ Universitat Rovira I Virgili.. Método para la estimación del momento de inercia de máquinas de inducción trifásicas a partir de su peso y altura de eje. España: Departamento de ingeniería eléctrica y automática
- ✓ Perez, Juan. 2010. Neumática. España: Sevilla
- ✓ COMEVAL. ASTM Schedule tabla caudal 2015.
- ✓ CATALOGO FESTO. 2015

## **VII. ANEXOS**

*Anexos 1. Distribución de planta de la empresa Vínculos Agrícolas S.A.C.*

*Anexos 2. Diseño en 2D de la propuesta*

*Anexos 3. Diseño en 3D de la propuesta*

*Anexos 4. Plano de despiece de  
propuesta*



"AÑO DE LA DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA Y DEL FORTALECIMIENTO DE LA EDUCACIÓN"

Chiclayo, 24 de Abril del 2015

**Mgr. SONIA SALAZAR ZEGARRA**  
Directora de la escuela de Ingeniería Industrial  
Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo

Mediante la presente reciba el cordial saludo de la Empresa **VÍNCULOS AGRÍCOLAS S.A.C.**

Orientados en nuestro objetivo y en respuesta a la presentación de **Frankie Elmer Rentería Morales**, estudiante del VIII ciclo de la carrera de Ingeniería Industrial de su casa de estudios, confirmamos nuestra autorización para que obtenga toda la información necesaria, y pueda ejecutar un proyecto de tesis, el cual al finalizarlo se dará a conocer a la Gerencia de Operaciones.

Sin otro particular, me despido no sin antes expresarle mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,

Camilo Piscocoya Bravo  
Jefe de Producción



AV. EL DERBY NRO. 055 INT-702 SANTIAGO DE SURCO - LIMA 33 - PERU  
[www.vinculosagricolas.com](http://www.vinculosagricolas.com)

*Anexos 5. Carta de aceptación de la empresa*



Formato	Tiempos para el producto terminado																															
0,34 Kg																																
Llenado	15	15	15	16	15	15	15	14	16	16	15	15	15	15	14	16	15	16	16	15	15	16	15	15	16	16	16	15	15	15	15	
Pesado	10	11	10	10	10	10	9	10	11	9	10	9	10	10	10	11	10	11	9	10	11	10	10	11	10	11	10	11	10	11	10	
Sellado	7	7	6	7	7	6	8	6	8	7	8	6	7	7	8	8	7	8	7	8	7	6	6	7	7	6	8	8	7	8	7	
Encajado I	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	1	4	4	3	4	3	3	3	4	5	3	3	4	5	3	3	3	3	
Encajado II	12	12	13	13	12	13	13	12	11	11	12	12	13	12	12	12	13	13	13	11	13	12	12	12	13	12	12	11	13	12	12	
Sellado II	7	6	5	5	7	6	5	5	7	6	5	7	5	6	5	7	6	5	7	5	6	5	4	5	6	5	6	6	6	5	6	
Formato	Tiempos para el producto terminado																															
4,54 Kg																																
Llenado	15	14	15	16	16	16	15	14	16	16	15	15	15	16	14	15	15	15	16	14	15	16	15	15	16	16	16	15	15	15	15	
Pesado	8	8	9	10	8	9	9	8	8	9	9	8	8	8	7	8	9	8	7	7	7	8	7	9	8	8	7	9	8	7	8	
Sellado	7	8	6	7	6	7	6	7	6	7	7	7	8	7	8	7	8	6	7	8	7	6	8	7	7	6	8	7	7	6	7	
Encajado I	40	40	39	39	40	39	42	41	41	40	40	40	40	41	41	41	41	40	40	41	41	40	40	41	40	39	39	40	41	41	40	
Sellado II	6	7	6	5	6	5	5	6	5	6	5	5	5	5	6	5	6	6	6	6	6	5	5	6	6	6	5	6	5	5	7	6

*Anexos 8. Toma de tiempos para llenado, pesado, encajado I, encajado II y sellado para presentaciones de 0,34 kg y 4,53 kg, tiempos tomados entre Febrero y Abril del 2018.*



*Anexos 9. Escalera para el abastecimiento*



*Anexos 10. Escalera para la maquina de llenado*



*Anexos 11. Máquina de llenado*



*Anexos 12. Encintadora manual*