

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

“Proceso automatizado de selección y sellado de paltas”

INTEGRANTES

- Chappa Guelac, Mariela Alicia Inés
- Díaz Guillén, Alexa Dana
- Huamani Ramos, Shirley Cristel
- Huanca Camus, Enrique Daniel
- La Torre Alejos, Maria Gracia
- Mendoza Rojas, Renzo Alonso
- Palomino Cajamarca, Keiko Alejandra
- Quicaña Salazar, Jefferson Anthony
- Rueda Gabino, Ángel Jesús
- Tomariro Proléon, Elizabeth

Docente: Dr. José Antonio Velásquez Costa

Lima - Perú

2022 - I

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo determinar si la propuesta de implementación de un sistema automatizado de sellado en la línea de seleccionado de paltas tendrá como resultado el aumento de la productividad en la organización, por tal motivo se planteó un esquema metodológico en el cual procedimos a armar el proyecto con los respectivos componentes. Además, se hizo el empleo de diversos softwares como el SolidWorks para la visualización en 3D, el LOGO Soft Comfort V8.3 para la programación de la parte del sistema neumático y Promodel para una simulación del proceso.

Con el fin de lograrlo, primero se realizó un diagnóstico por medio del estudio de la situación actual, mediante un diagrama de flujo diagrama de operaciones, diagrama de análisis de procesos, Gantt del plan de automatización, diseño de proceso mediante los planos CAD en 3D; en segundo lugar se realiza el proceso propuesto con los procesos ya mencionados, donde adicionalmente se utilizó la representación de la simulación en Promodel el diseño del circuito electroneumático del proceso, para finalmente implementar la programación en lenguaje Ladder del proceso.

En cuanto al funcionamiento automatizado y programación en PLC del sistema se logró una eficiencia y eficacia en el proyecto, también gracias al diseño del sistema automatizado en la etapa de sellado palta hass se logró mejorar los indicadores de la productividad. Por último, se muestran las pruebas de validación y los resultados del análisis empleado en la evaluación de la solución propuesta.

Palabras claves: sellado, seleccionado, productividad, automatización, palta, diseño, eficiencia, eficacia.

ABSTRACT

The objective of this study is to determine whether the proposed implementation of an automated sealing system in the avocado selection line will result in increased productivity in the organization, for this reason a methodological scheme was proposed in which we proceeded to assemble the project with the respective components. In addition, we made use of various softwares such as SolidWorks for 3D visualization, LOGO Soft Comfort V8.3 for programming the pneumatic system and Promodel for process simulation.

In order to achieve this, first a diagnosis was made by means of the study of the current situation, by means of a flowchart operations diagram, process analysis diagram, Gantt of the automation plan, process design by means of the 3D CAD drawings; secondly the proposed process is carried out with the processes already mentioned, where additionally the representation of the simulation in Promodel was used for the design of the electro-pneumatic circuit of the process, to finally implement the programming in Ladder language of the process.

As for the automated operation and PLC programming of the system, efficiency and effectiveness were achieved in the project, also thanks to the design of the automated system in the avocado hass sealing stage; it was possible to improve the productivity indicators. Finally, the validation tests and the results of the analysis used in the evaluation of the proposed solution are shown.

Keywords: Sealing, selected, productivity, automation, avocado, design, efficiency, effectiveness.

ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	6
1.1 Fundamento teórico	6
1.1.1 Automatización industrial	6
1.1.2 FluidSim.....	8
1.1.3 ProModel.....	8
1.1.4 SolidWorks.....	8
1.2 Objetivos.....	9
1.2.1 Objetivo general.....	9
1.2.2 Objetivos específicos.....	9
CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO ACTUAL	10
2.1 Descripción del proceso	10
2.2 Diagrama de flujo	12
2.3 Diagrama de operaciones	13
2.4 Diagrama de Análisis del Proceso	14
2.5 Gantt del plan de automatización	15
2.6 Descripción y detalle de los indicadores de producción antes de la automatización.....	17
CAPÍTULO 3: DISEÑO ACTUAL DEL PROCESO	20
3.1 Planos CAD en 3D de la situación actual.....	20
CAPÍTULO 4: DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO ACTUAL	21
4.1 Descripción detallada del proceso propuesto.....	21
4.2 Planos CAD en 3D de la situación propuesta elegida.....	23
4.3 Diagramas de flujo del proceso propuesto.....	25
4.4 Diagrama de Operaciones del proceso propuesto.....	26
4.5 Diagrama de análisis del proceso del proceso propuesto	27
4.6 Descripción detallada de los materiales a emplear	28
4.7 Diseño del circuito electropneumático del proceso	35
4.8 Programación en lenguaje ladder del proceso.....	40
4.9 Descripción y detalle de los indicadores de producción después de la automatización.....	42
4.10 Aspectos de seguridad industrial después de la implementación de la propuesta	44
CAPÍTULO 5: DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO MEJORADO	47
5.1 Flujo de Caja.....	47
5.1.1 Análisis económico	48
5.2 Viabilidad económica.....	50
CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES	53

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, muchas empresas están optando por la implementación de la automatización industrial, el cual es una herramienta imprescindible para mejorar los procesos industriales logrando la mejora de la productividad y la calidad, eliminando los errores humanos en las líneas de producción, optimizando los costos y reduciendo los tiempos de preparación en las máquinas.

Un sistema automatizado se define como un sistema capaz de reaccionar automáticamente (sin la intervención del operador) a los cambios que ocurren dentro de él, realizando las acciones apropiadas para lograr su función diseñada.

El trabajo de investigación se enfoca en aumentar la productividad por medio de la propuesta de implementación de un sistema automatizado de sellado, el cual nos permitirá reducir costos y tiempos del proceso de sellado de Paltas Hass, por lo cual se ha dividido el trabajo en capítulos los cuales se mencionarán a continuación.

En el capítulo I abordamos consideraciones teóricas que sustentan nuestra investigación, las cuales definimos para una mejor comprensión del proyecto propuesto, así como también el planteamiento de nuestros objetivos tanto general como específicos.

En el capítulo II profundizamos el proceso de seleccionado y sellado de paltas por medio de una breve explicación del proceso, a su vez se realizó una representación gráfica por medio de diversos diagramas e indicadores para la evaluación y análisis de la implementación.

En el capítulo III presentamos una simulación del proceso actual de selección de paltas mediante el uso del Software de ProModel para un primer análisis de la situación.

En el capítulo IV llevaremos a cabo la descripción detallada del proceso propuesto sobre la automatización, los materiales que se utilizaron y como esta propuesta hizo una mejora en el área estudiada.

En el capítulo V desarrollamos el estudio económico y financiero de cuanto material es utilizado, el costo de este, una proyección de las ganancias y además un análisis de viabilidad para saber si el proyecto es factible o no.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1 Fundamento teórico

1.1.1 Automatización industrial

Para definir el concepto de automatización industrial, se sostiene al respecto:

En la actualidad la industria moderna se basa en incorporar las necesidades de los clientes con las distintas tecnologías de automatización utilizadas en los procesos industriales, estas tecnologías permiten contar con sistemas efectivos, robustos, y autónomos de las tareas que se ejecutan en los procesos internos de las industrias. Los ciclos de producción actual se caracterizan principalmente por su ejecución eficiente con incrementos exponenciales de producción, y por la competencia que estos generan en las organizaciones. (Caballero, Jabba, Neira, Ortiz, 2019).

1.1.1.1 Tipos de Automatización

- a. Automatización fija: Se centra en producir grandes volúmenes de un solo tipo de producto en un horizonte de tiempo largo y sin modificaciones en su programación.
- b. Automatización programable: Este tipo de automatización tiene la ventaja de programar cambios según las especificaciones requeridas para el producto
- c. Automatización flexible: Es la combinación de las dos anteriores, ya que esta presenta la posibilidad de configurarse de una manera rápida y automática.

1.1.1.2 La pirámide de automatización

La pirámide de automatización industrial consta de cinco niveles que representa gráficamente la jerarquía y nivel tecnológico existente en una empresa.

a. Nivel 1

El primer nivel es el nivel de proceso está conformado por sensores, actuadores y dispositivos utilizados en la producción.

b. Nivel 2

El nivel de control está constituido por controladores lógicos programables (PLC), las unidades terminales remotas (UTR), los sistemas de control distribuido (DCS) y los controladores de automatización programables (PAC).

c. Nivel 3

El nivel 3 es el nivel de supervisión, el cual emplea el sistema SCADA para el control, acceso y recolección de datos.

d. Nivel 4

El nivel de planificación utiliza una red de computadores para administrar el sistema de ejecución de fabricación (MES).

e. Nivel 5

El nivel de gestión monitorea todas las áreas presentes en una compañía por medio de un software integrador conocido como la planificación de recursos empresariales o ERP.

1.1.1.3 PLC

Un programador lógico programable es utilizado para automatizar un proceso, por lo que para su funcionamiento se le debe conectar sensores y actuadores de tal modo que controlen el proceso. El PLC está programado bajo lenguajes de programación que son universales como el ladder con la finalidad de que envíe señales a los diferentes actuadores.

1.1.1.4 Sensores industriales

Los sensores industriales son dispositivos que han sido diseñados para detectar cualquier tipo de objeto en las aplicaciones de automatización y control. Deben cumplir con los estándares de calidad y soportar las exigencias de los entornos industriales y especiales. Entre los diferentes tipos de sensores podemos encontrar los sensores capacitivos, inductivos, magnéticos, de color, ópticos, etc. (Isel, 2019)

1.1.1.5 Actuadores industriales

Un actuador es un dispositivo que se encarga de realizar la acción física de algún comando del sistema de control. Este movimiento puede ser lineal o circular, dependiendo el caso. El proceso que se está controlando, la acción a realizar y la velocidad a la que se debe realizar son factores que afectan el tipo de actuador a utilizar.

1.1.1.6 Neumática

La neumática se enfoca en el comportamiento de flujos gaseosos donde se suele utilizar el aire comprimido y sus aplicaciones al usar su energía comprimida a presión y transformarla en energía útil para el funcionamiento de mecanismos.

1.1.2 FluidSim

Según Toledo (2014): “FluidSIM es una herramienta de simulación para la obtención de los conocimientos básicos de neumática. Es desarrollado por FESTO, empresa líder en automatización neumática y electroneumática” (p. 37).

1.1.3 ProModel

Es el área de trabajo donde se definirán el modelo y todos sus componentes. Se programa todo lo que tiene que ver con las relaciones entre las variables del modelo, tanto contadores como relaciones lógicas, flujos, actividades y ciclos de producción. (Cárdenas, García, García, 2006).

1.1.4 SolidWorks

Según se explica en el libro de Simulación con SolidWorks Análisis estático lineal (Macro, 2014). Es un sistema de análisis de diseño que ofrece soluciones de simulación para análisis estáticos lineales y no lineales, de frecuencia, de pandeo, térmicos, de fatiga, de recipiente a presión, de caída, dinámicos lineales y no lineales, y de optimización. Asimismo, permite resolver problemas de manera intuitiva mientras que diseña, ya que presenta programas de resolución de problemas precisos y rápidos. Esto permite ahorrar tiempo y esfuerzo en la búsqueda de resultados de diseño óptimos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Implementar una máquina que automatice el proceso de selección y sellado de paltas con la finalidad de eliminar el método de trabajo manual y repetitivo del proceso.

1.2.2 Objetivos específicos

- a. Mejorar el nivel de eficiencia del proceso de selección y sellado de paltas.
- b. Incrementar el nivel de productividad del proceso de selección y sellado de paltas.

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO ACTUAL

2.1 Descripción del proceso

El Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Riego certificó a 70 pequeños productores de aguacate de Yauyos, Cañete y Huarochirí a través del SENASA. Por lo tanto, el documento CLP tiene como objetivo garantizar que el proceso de producción de aguacate cumpla con los requisitos establecidos por diferentes países. La Libertad, Lima, Lambayeque e Ica son las principales zonas productoras de aguacate Hass, que concentran el 83% de las hectáreas productoras del país. Paredes Rosales destaca que el principal mercado de la palta Hass peruana es Europa, donde el 70% de las exportaciones van a Europa.

El proceso actual inicia la selección de las paltas según el tipo y tamaño (Palta Hass y Palta Fuerte), el cual posteriormente es sellado; proveniente de los procesos de lavado, secado y triaje. El operario agrupa y clasifica las paltas según la calidad, tamaño y coloración donde es permitido ciertos defectos que no afecten la apariencia general y la pulpa del fruto. Después de haber sido clasificadas con un riguroso control de calidad son etiquetadas las paltas más pequeñas (Palta Hass) cuyo destino será el mercado internacional; por el contrario, las paltas más grandes (Palta Fuerte) son separadas, almacenadas y preparadas para su comercialización en el mercado local.

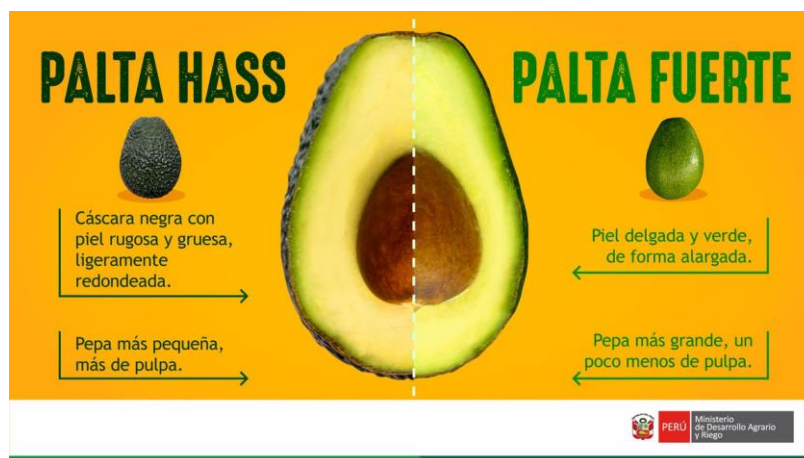


Figura 01: Tipos de paltas

Fuente: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Figura 02: Selección manual de Paltas
Fuente: LogiNews



Figura 03: Sellado manual de Palta
Fuente: LogiNews

2.2 Diagrama de flujo

En la Figura 04, se muestra el diagrama de flujo de la situación actual del proceso de seleccionado de paltas y sellado de palta Hass.

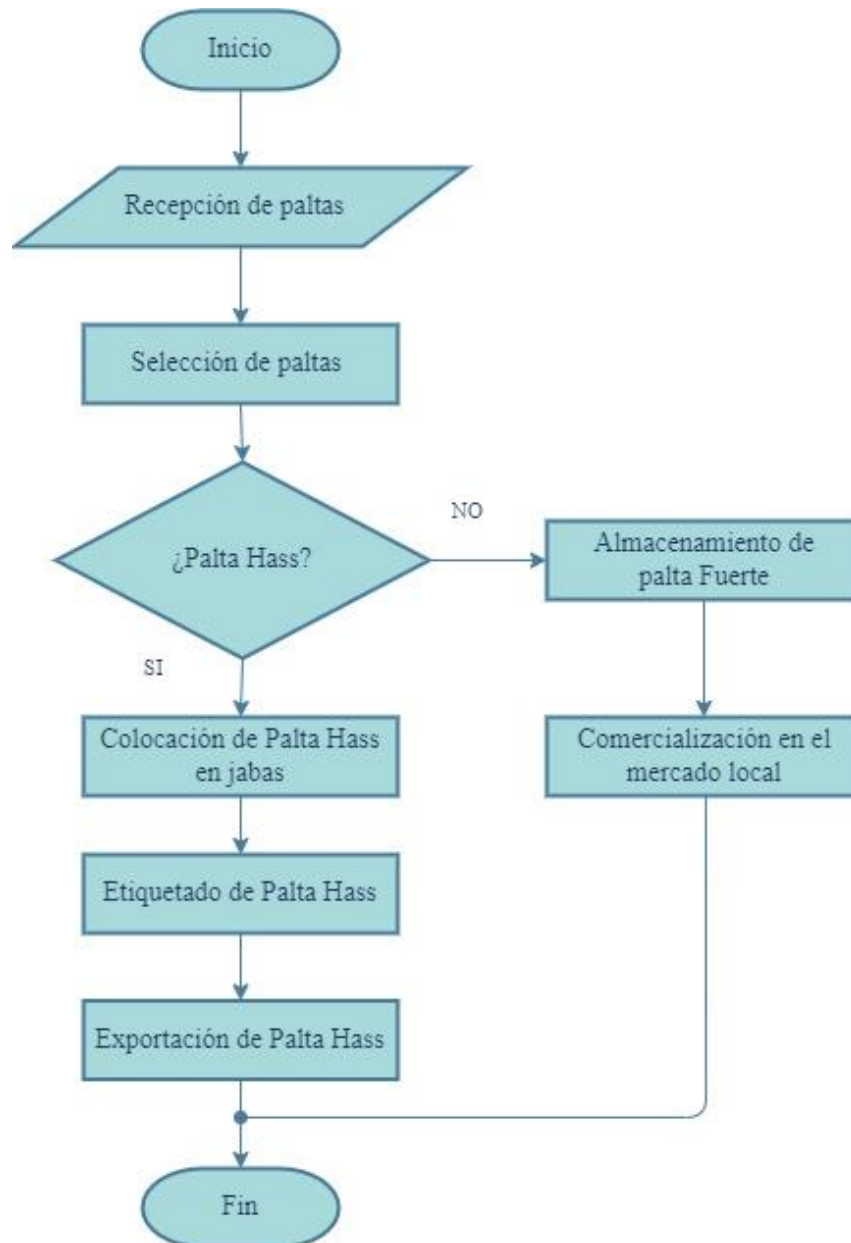


Figura 04: Diagrama de flujo de la situación actual

Fuente: Elaboración propia

2.3 Diagrama de operaciones

Se presenta el Diagrama de Operaciones del Proceso en la Figura 05, de la situación actual del proceso de seleccionado de paltas y sellado de palta Hass.

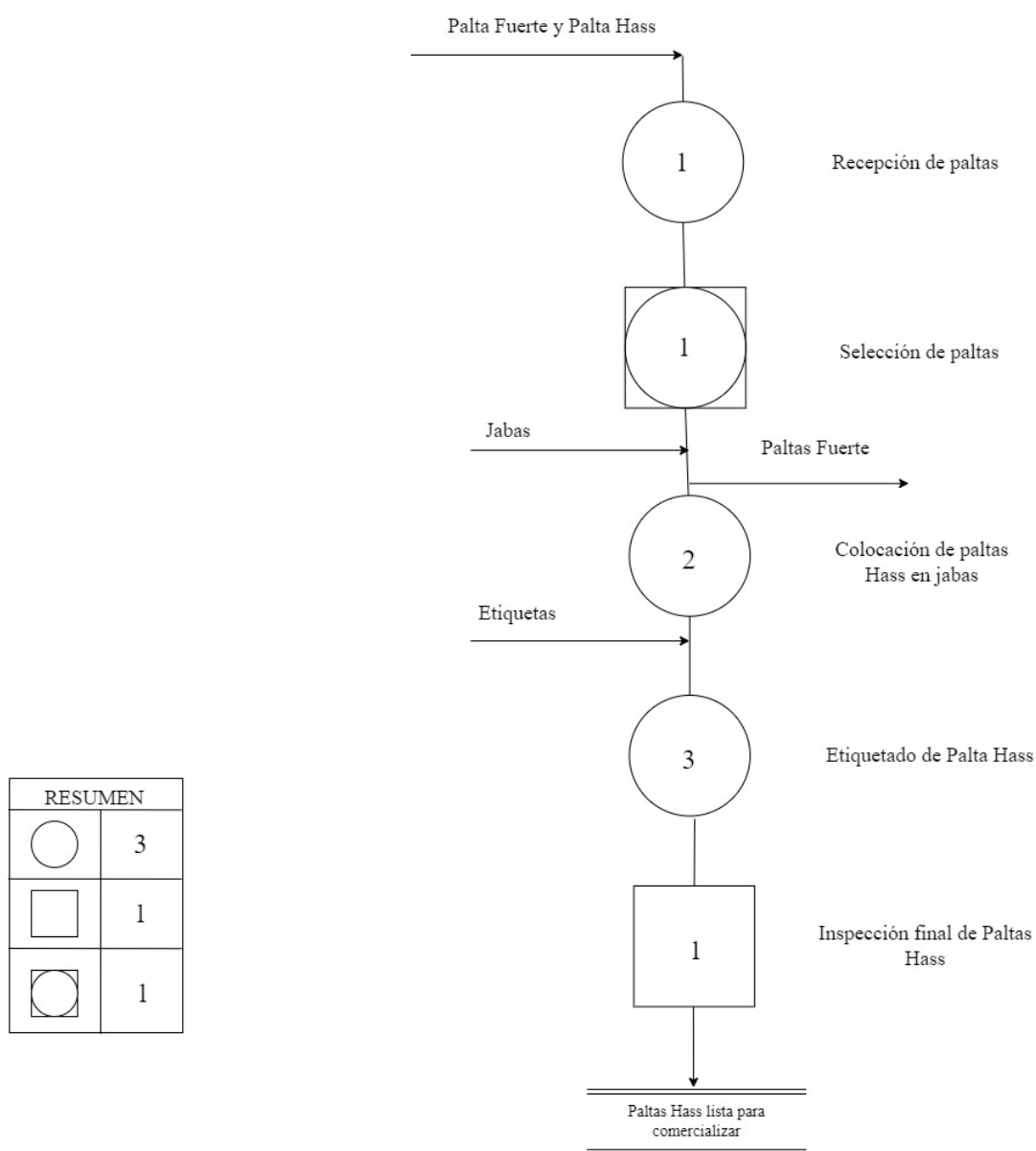


Figura 05: Diagrama de operaciones del proceso de selección y sellado de palta Hass
Fuente: Elaboración propia

2.4 Diagrama de Análisis del Proceso













DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO										
DIAGRAMA		RESUMEN								
		ACTIVIDAD			ACTUAL	PROPUESTA				
OBJETO: Analisis del proceso de produccion		Operación				5				
		Transporte				1				
PROCESO: Selección y etiquetado de palta Hass		Espera				0				
		Inspección				2				
METODO ACTUAL		Almacenamiento				2				
		Operación - Inspección				1				
LUGAR: Planta de acondicionamiento de palta		DISTANCIA (metros)		4.3	TOTAL			11		
		TIEMPO (minutos)		480.00						
TAREAS		CANTIDA D	DISTANCI A (m)	TIEMPO S (min)						
1	Recepción de paltas	1200		180	X					
2	Selección de paltas según el tamaño	1200		120						X
3	Colocación de palta Fuerte en jabas	463		30	X					
4	Almacenamiento de palta Fuerte para comercialización local	432		5					X	
5	Inspección de palta Fuerte para mercado local	432		25		X				
6	Traslado de etiquetas del área de almacén	768	2.5	3			X			
7	Despliegue de etiquetas	768		2	X					
8	Colocación de etiquetas a las paltas Hass para exportación	768		45	X					
9	Inspección final de etiquetado	768		50		X				
10	Colocación de palta Hass en jabas	768		10	X					
11	Almacenamiento de palta Hass para exportación	768	1.8	10					X	

Figura 06: Diagrama de Análisis del Proceso

Fuente: Elaboración propia

2.5 Gantt del plan de automatización

En el siguiente listado, se detallan las actividades que se realizaron para el desarrollo del proyecto y se ilustra gráficamente tal como se muestra en la Figura 07 el Diagrama de Gantt del plan de automatización.

- **28/03/2022 - 03/04/2022** – Formación de grupos para llevar a cabo el proyecto de automatización.
- **04/04/2022 - 10/04/2022** - Reunión por medio de una plataforma digital para el planteamiento de posibles ideas de proyectos a realizar.
- **11/04/2022 - 17/04/2022** – Definición del proyecto, luego de investigar sobre las diferentes alternativas en base a criterios y bases teóricas seleccionamos el proyecto de una máquina seleccionadora y etiquetadora.
- **18/04/2022 - 24/04/2022** - Se realizó una reunión por medio de la plataforma de Blackboard para la realización de un primer bosquejo del proyecto a mano.
- **25/04/2022 - 01/05/2022** - Coordinación para la cotización de precios a diversos vendedores.
- **02/05/2022 - 08/05/2022** - Compra de todos los componentes necesarios para la estructura del proyecto.
- **09/05/2022 - 15/05/2022** - Armado de la estructura del proyecto.
- **16/05/2022 - 22/05/2022** - Se realizaron las conexiones eléctricas y neumáticas del proyecto en la universidad.
- **23/05/2022 - 29/05/2022** – Programación de la parte eléctrica y neumática del proyecto.
- **30/05/2022 - 05/06/2022** – Verificación de la funcionalidad del proyecto, al igual que el arreglo para su presentación.

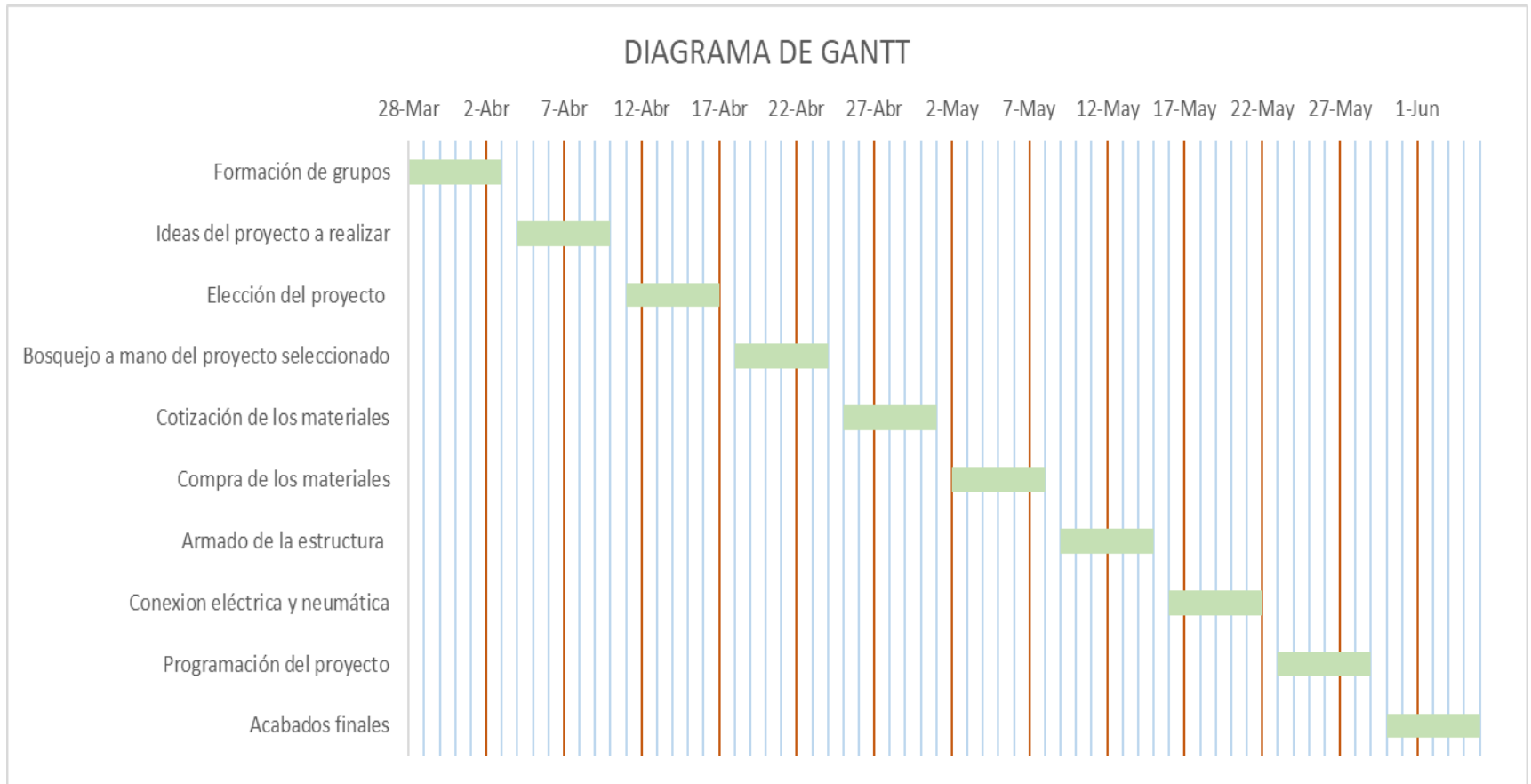


Figura 07: Diagrama de Gantt del plan de automatización

Fuente: Elaboración propia

2.6 Descripción y detalle de los indicadores de producción antes de la automatización

a. Eficiencia

Con este indicador cuantificamos el rendimiento real de las paltas que salen del proceso de sellado con respecto a las que planificamos que salen para ver si el empleo de nuestros recursos se está realizando de la manera óptima posible.

$$\text{Eficiencia} = (\text{Producción real} / \text{Producción Estándar}) \times 100$$

b. Productividad

(Torres, 2008) que hace referencia a Martínez quien define la productividad como un indicador que refleja que tan bien se están usando los recursos de una economía en la producción de bienes y servicios; traducida en una relación entre recursos utilizados y productos obtenidos, denotando además la eficiencia con la cual los recursos humanos, capital, conocimientos, energía, conocimientos, etc. Usados para producir bienes y servicios en el mercado. (http.)

El proceso de sellado de palta Hass al ser un proceso manual, los operarios serán nuestro recurso para evaluar con respecto al total de paltas etiquetadas.

$$\text{Productividad} = \text{Unidades producidas} / \text{Recurso Empleado}$$

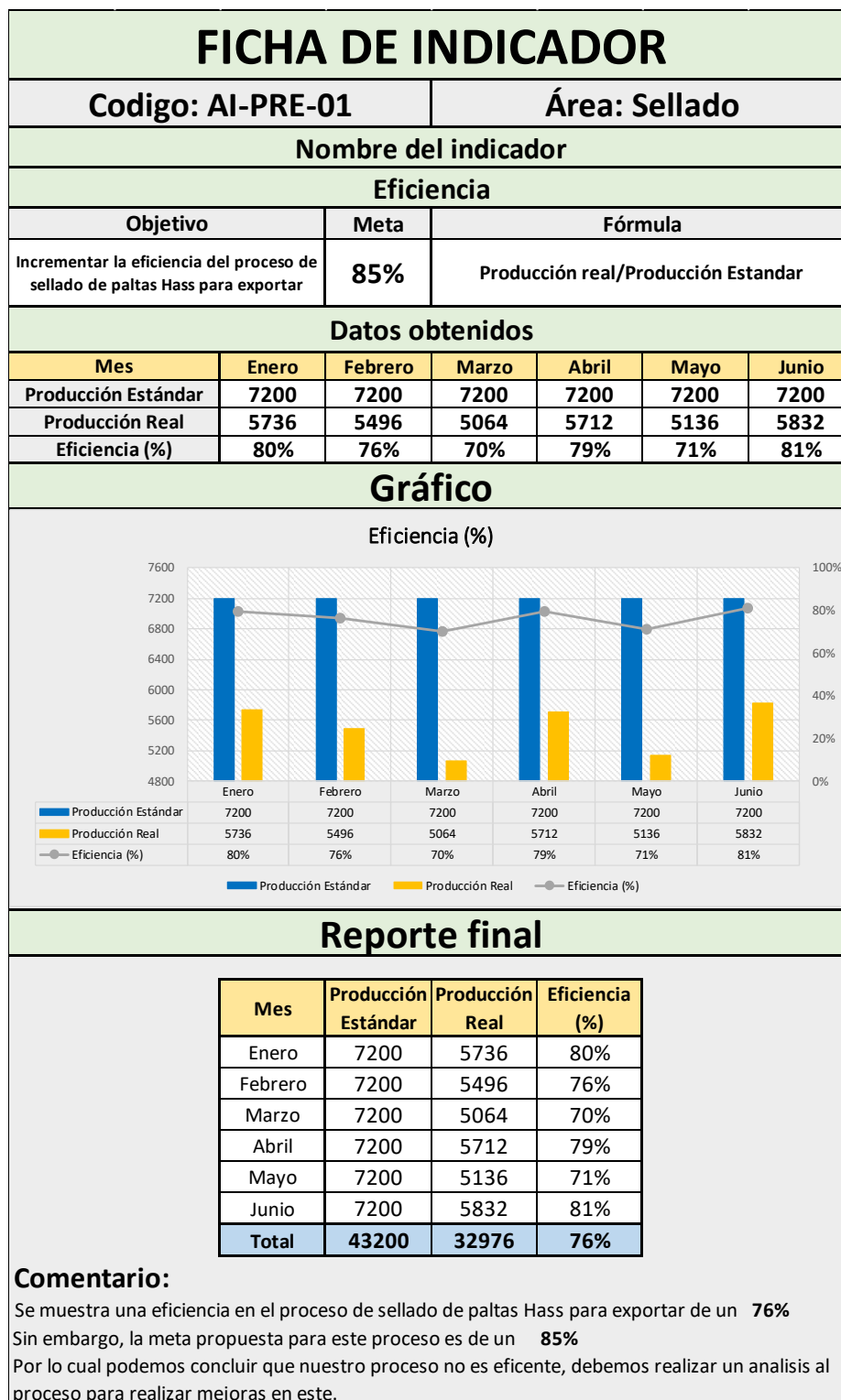


Figura 08: Ficha de indicadores antes de la automatización 1

Fuente: Elaboración propia

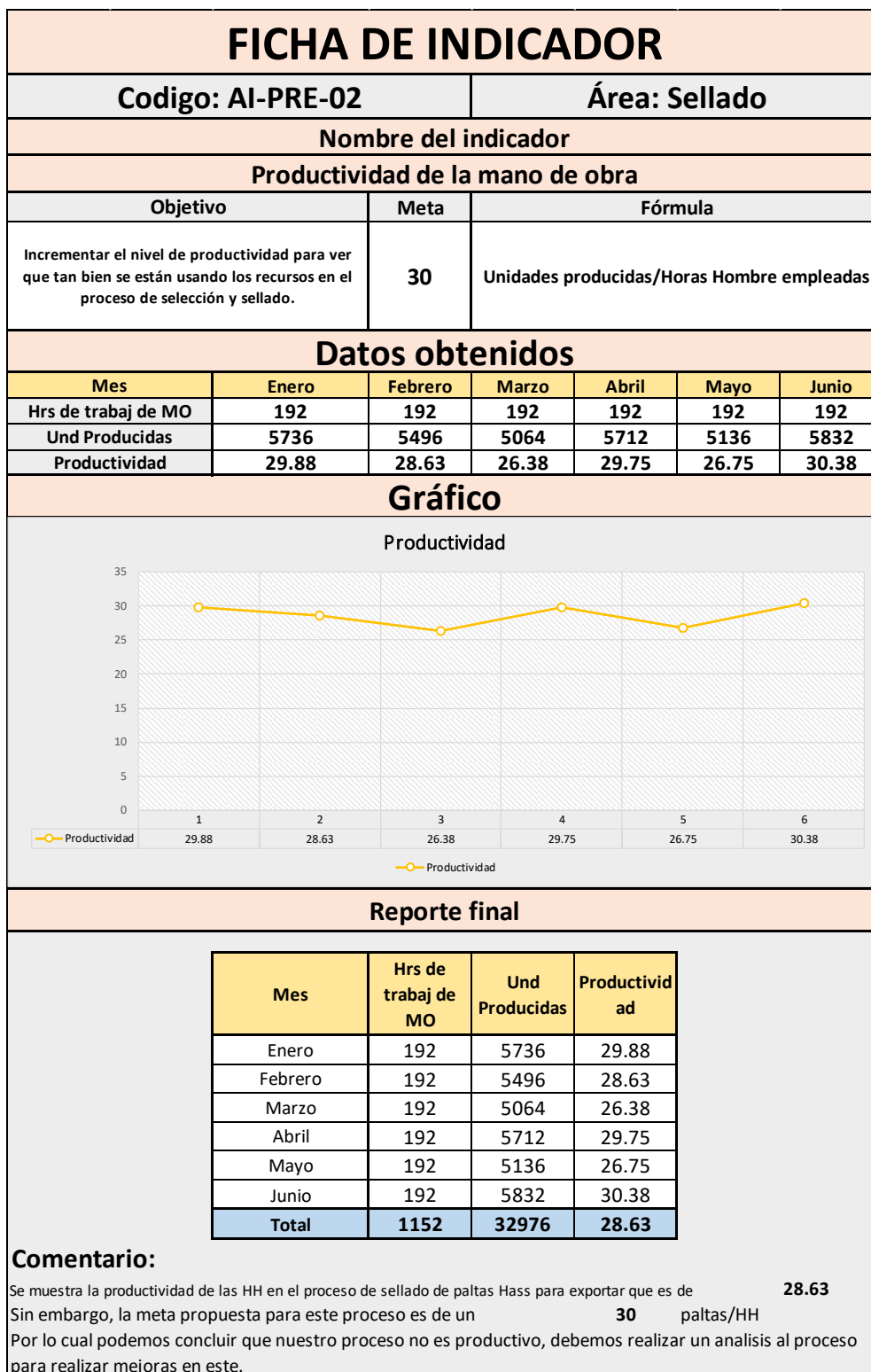


Figura 09: Ficha de indicadores antes de la automatización 2

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3: DISEÑO ACTUAL DEL PROCESO

3.1 Planos CAD en 3D de la situación actual

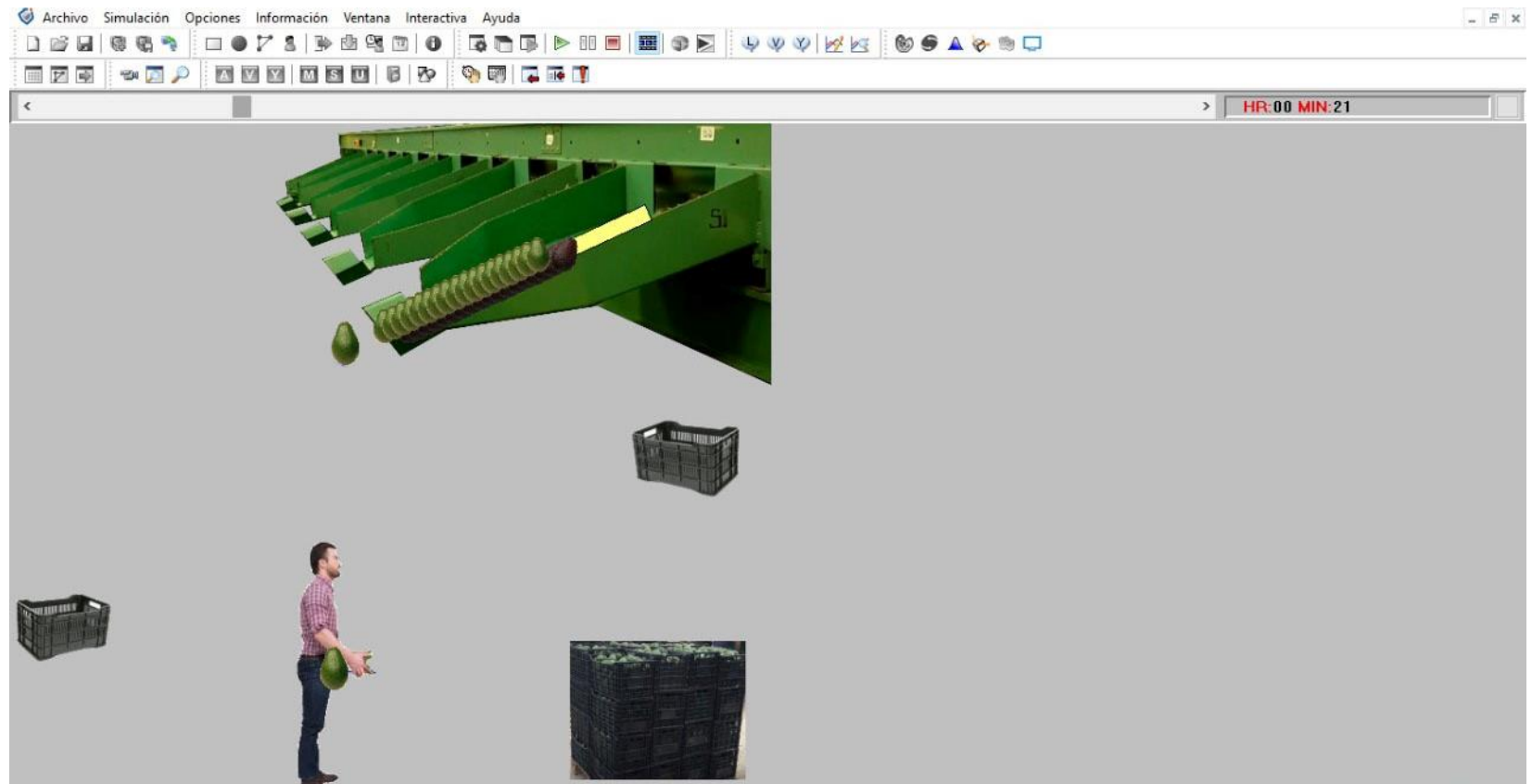


Figura 10: Simulación del Proceso actual de etiquetado y sellado de palta

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4: DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO ACTUAL

4.1 Descripción detallada del proceso propuesto

El proceso propuesto comienza con la llegada de los camiones cargados de paltas a la planta de exportación, previamente estas ya han pasado los respectivos procesos de control de calidad, calibrado y lavado que exige HACCP para este tipo de producto. Luego, las paltas son colocadas en jabas para ser movilizadas hacia la faja transportadora donde se colocarán y seleccionarán en base al tamaño para su respectiva actividad comercial (comercialización nacional o exportación). En la Figura 11, Figura 12 y Figura 13, se presenta el proyecto de automatización de la máquina seleccionadora y selladora automática.

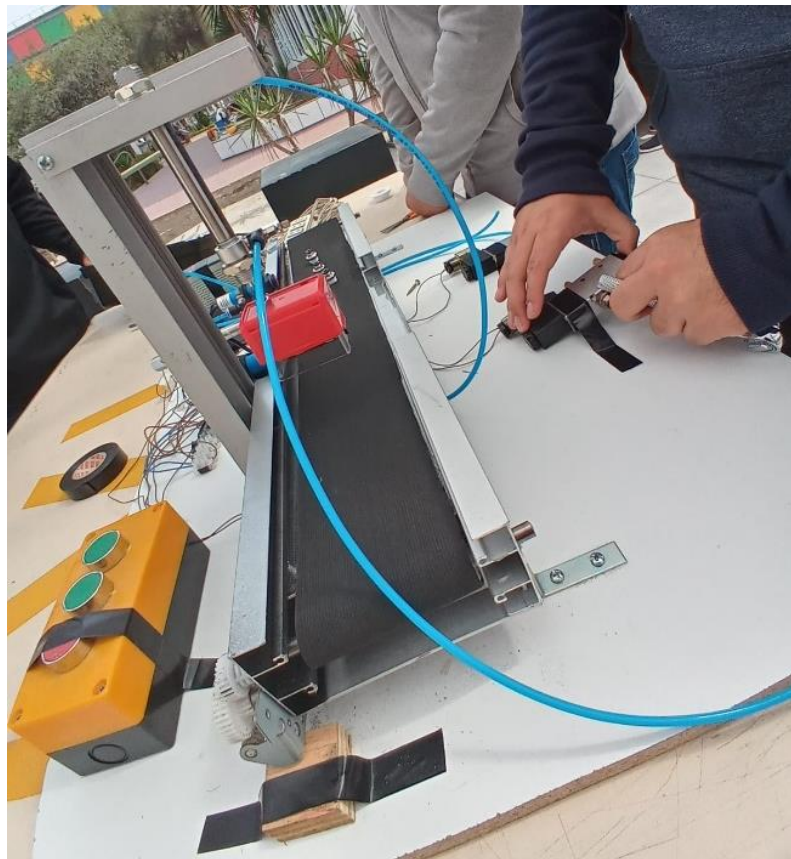


Figura 11: Máquina seleccionadora y selladora automática

Fuente: Elaboración propia

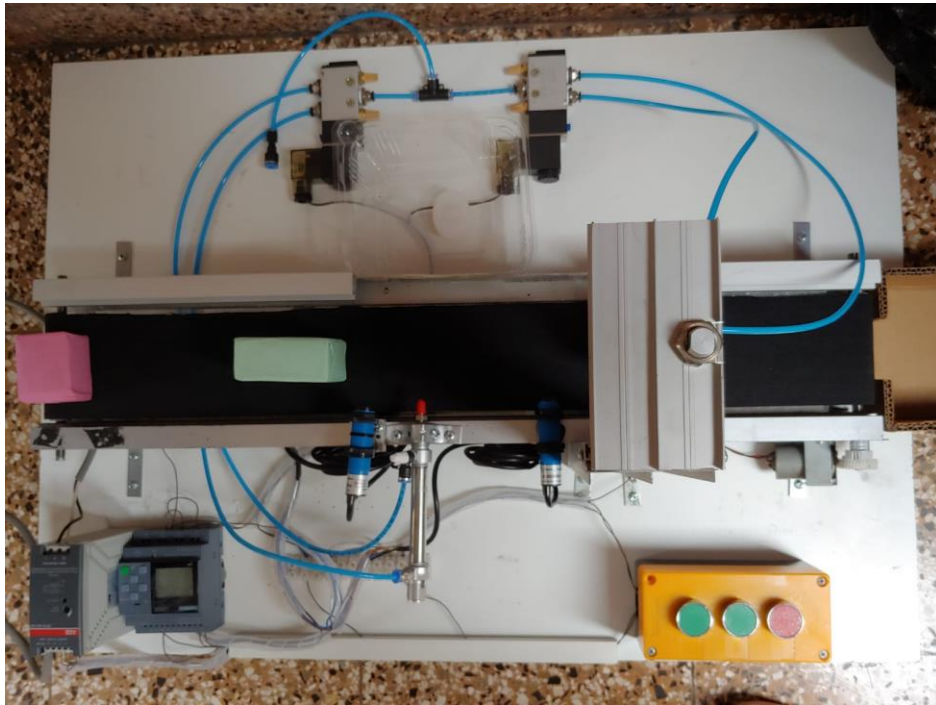


Figura 12: Máquina seleccionadora y selladora 1

Fuente: Elaboración propia

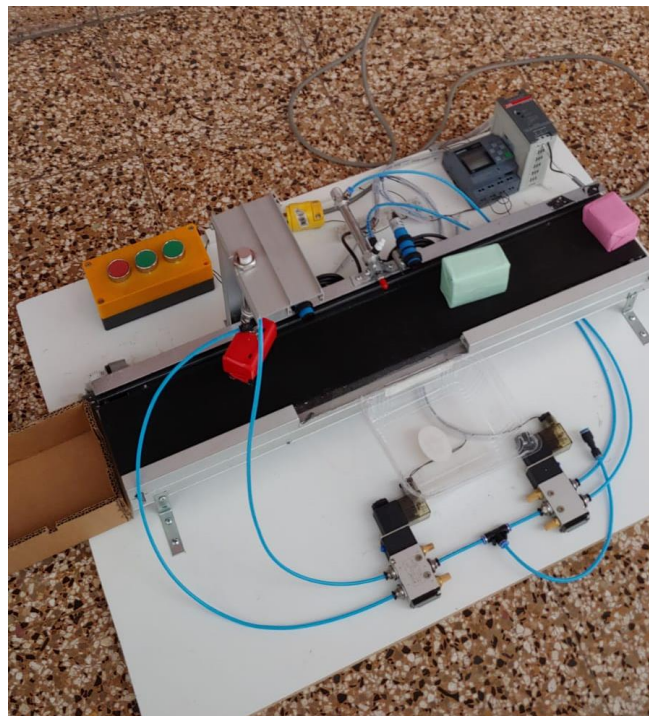


Figura 13: Máquina seleccionadora y selladora 2

Fuente: Elaboración propia

Las paltas ubicadas en la faja transportadora se movilizan hasta llegar al primer sensor, el cual detectará el tamaño correspondiente. Las paltas grandes del tipo palta Fuerte son desplazadas por medio de un pistón hacia un recipiente para su posterior almacenamiento y comercialización en el mercado nacional; por otro lado, las paltas más pequeñas del tipo Hass al no ser detectadas por el primer sensor continúan su recorrido hasta llegar al segundo sensor, donde éste al detectarlo procede a sellarlo por medio del accionamiento del pistón que cuenta con un sello automático para finalmente trasladarlo hasta el final de faja y sea depositado en jabas para su almacenamiento y exportación.

4.2 Planos CAD en 3D de la situación propuesta elegida

Como se puede observar en la Figura 14 y 15, se desarrolló la maqueta 3D y simulación de la máquina de la situación propuesta a escala real en solidworks.

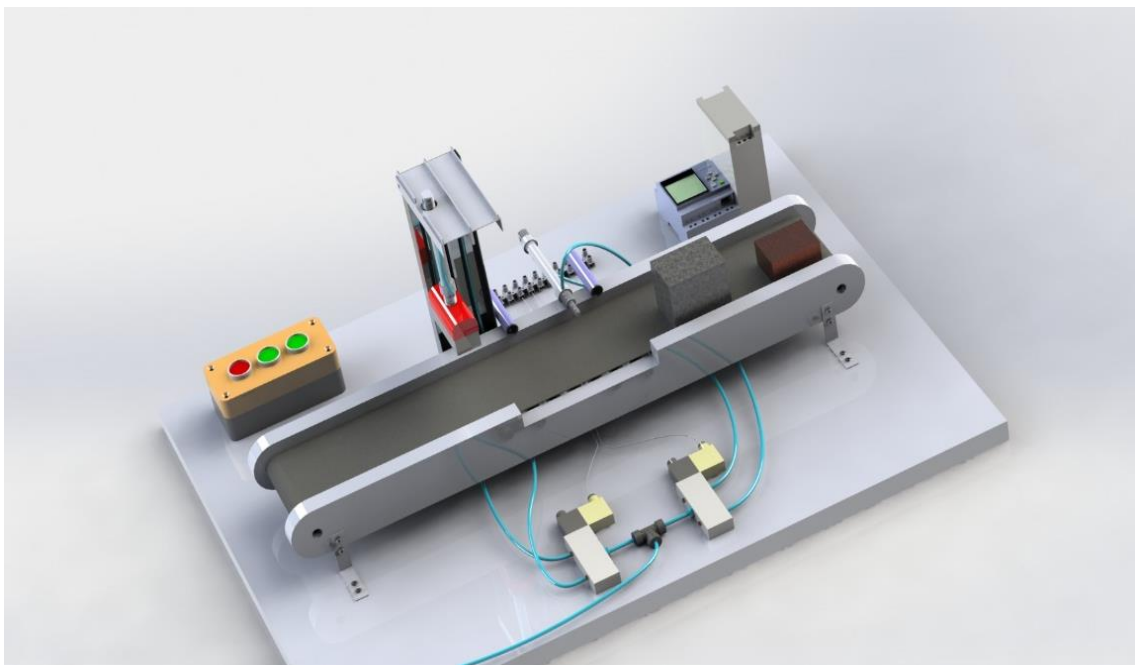


Figura 14: Modelamiento en 3D de la máquina en SolidWorks 1

Fuente: Elaboración propia

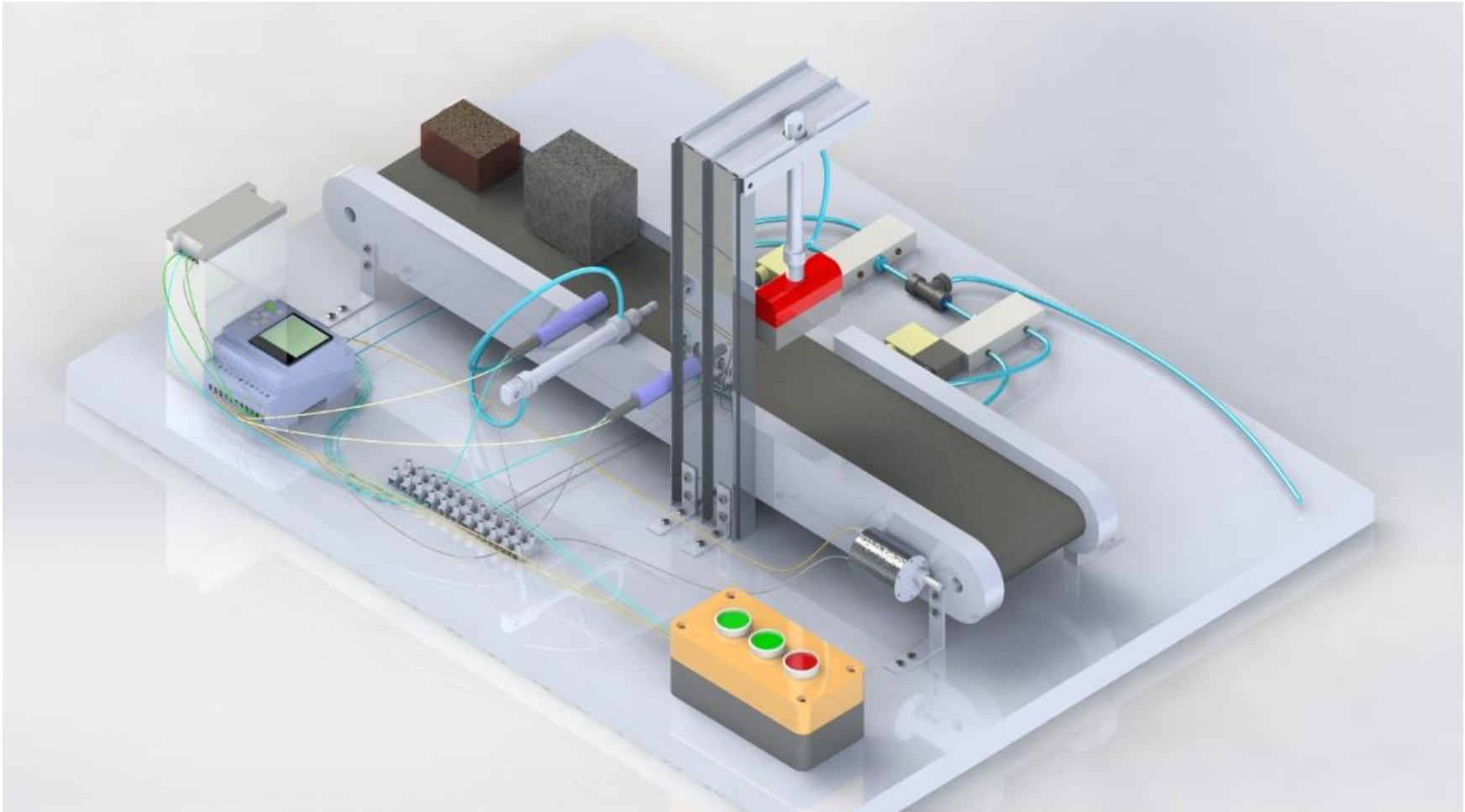


Figura 15: Modelamiento en 3D de la máquina en SolidWorks 2

Fuente: Elaboración propia

4.3 Diagramas de flujo del proceso propuesto

A continuación, en la Figura 16 se muestra el diagrama de flujo de la situación propuesta del proceso de seleccionado de paltas y sellado de palta Hass.

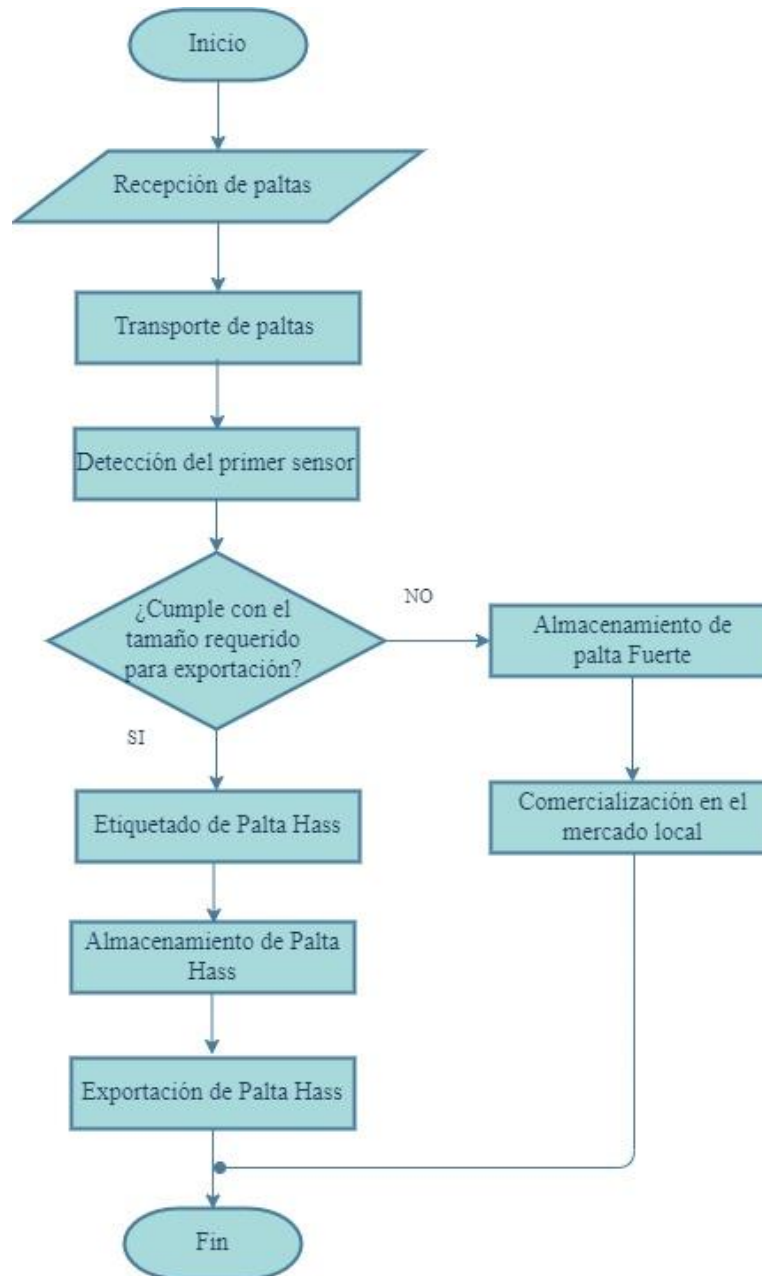


Figura 16: Diagrama de flujo de la situación actual

Fuente: Elaboración propia

4.4 Diagrama de Operaciones del proceso propuesto

En la Figura 17, se presenta el Diagrama de Operaciones del Proceso de la situación propuesta del proceso de seleccionados de paltas y sellado de palta Hass.

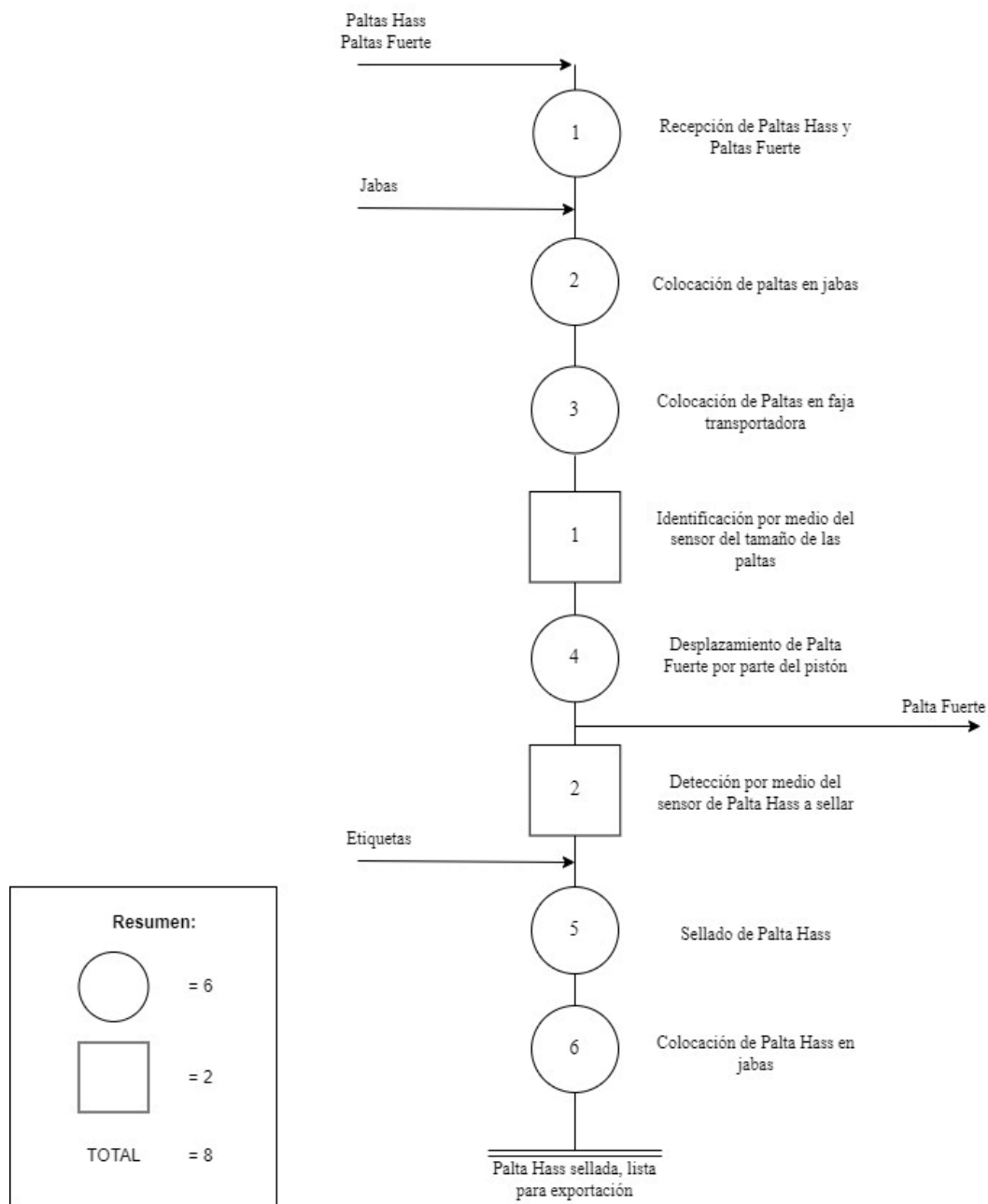


Figura 17: Diagrama de operaciones del proceso de selección y sellado de palta Hass

Fuente: Elaboración propia

4.5 Diagrama de análisis del proceso del proceso propuesto






DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO										
DIAGRAMA		RESUMEN								
		ACTIVIDAD			ACTUAL	PROPUESTA				
OBJETO: Analisis del proceso de produccion		Operación				5	6			
		Transporte				1	1			
PROCESO: Selección y etiquetado de palta Hass		Espera				0	0			
		Inspección				2	2			
METODO PROPUESTO		Almacenamiento				2	2			
		Operación - Inspección				1	0			
LUGAR: Planta de acondicionamiento de palta		DISTANCIA (metros)	4.3			TOTAL	11	11		
		TIEMPO (minutos)	260.00							
TAREAS		CANTIDA D	DISTANCI A (m)	TIEMPO S (min)						
1	Recepción de paltas	1200		180	X					
2	Transporte de jabas a la máquina de seleccionado y sellado automatico	1200	1.8	5			X			
3	Colocación de paltas en la faja transportadora	1200		5	X					
4	Identificación por medio del sensor del tamaño de paltas	1200		20		X				
5	Desplazamiento palta Fuerte por parte del pistón	463		5	X					
6	Almacenamiento de palta Fuerte para comercialización local	463	2.5	5					X	
7	Deteccion por medio del sensor de palta Hass a sellar	737		10		X				
8	Sellado de palta Hass	737		10	X					
9	Colocacion de Palta Hass en jabas	737		10	X					
10	Almacenamiento de Palta Hass a exportar	737		10					X	

Figura 18: Diagrama de Análisis del Proceso de la situación propuesta

Fuente: Elaboración propia

4.6 Descripción detallada de los materiales a emplear

A continuación, se presenta en la Tabla 01 los materiales a emplear, asimismo la descripción de cada uno de ellos.

Tabla 01: Componentes de la máquina seleccionadora y selladora automática

Fuente: Elaboración propia

COMPONENTES	CANTIDAD	UNIDADES
Cilindro neumático	2	und.
PLC	1	und.
Fuente 24V	1	und.
Electroválvula neumática solenoide	2	und.
Sensor óptico	2	und.
Faja transportadora	1	und.
Manguera 4mm	4	metros
Rectos para piston 4mm	4	und.
Rectos para electroválvula 4mm	6	und.
Botonera	1	und.
Cable de cobre (calibre #18)	5	metros
Silenciador	4	und.

a. Actuador neumático lineal:

Cilindro neumático de doble efecto: Se utilizarán dos cilindros neumáticos de doble efecto, estos son dispositivos mecánicos que transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética, cada uno cuenta con dos entradas de aire. El primer cilindro se encargará de la función de seleccionado de paltas Fuerte y el segundo, de la función de sellado de paltas Hass. Ver Figura 19.



Figura 19: Cilindro electropneumático en 3D
Fuente: Elaboración propia

- b. Sensor óptico difuso de tres hilos: Se utilizarán dos sensores ópticos difusos colocados en posiciones específicas. El primer sensor se empleará para el reconocimiento de las palas Fuertes, siendo estas las que cuentan con un mayor tamaño, para que posteriormente sean seleccionadas por el primer cilindro neumático de doble efecto. El segundo sensor detectará que la pala Hass se encuentre en posición para que el cilindro neumático de doble efecto que permite accionar al sellador cumpla la función de sellado. En la Tabla 02 se pueden ver las conexiones de cada uno de los sensores hacia el PLC. En la Figura 20 se muestra el sensor óptico en 3D.

Tabla 02: Conexiones de los sensores al PLC

Fuente: Elaboración propia

Sensor óptico difuso	Entradas PLC		
Sensor 1 – Detecta altura de pala Fuerte	L+	M	I1
Sensor 2 – Detecta la presencia de pala Hass	L+	M	I2



Figura 20: Sensor óptico en 3D
Fuente: Elaboración propia

- c. Botonera: Es un dispositivo compuesto por pulsadores utilizado para controlar el funcionamiento de la máquina. La botonera, tal como se muestra en la Figura 18, utilizada en el proyecto contiene tres pulsadores, de los cuales solo se utilizaron dos, ambos van conectados hacia el PLC como se ve en la Tabla 03. Los pulsadores actúan como interruptores y permiten o detienen el flujo de la corriente eléctrica al ser pulsados. En la Figura 21, se presenta la botonera en 3D.

Tabla 03: Conexiones de los pulsadores al PLC
Fuente: Elaboración propia

Pulsadores	Entradas PLC	
Pulsador Start - Comienzo del proceso	L+	I7
Pulsador Stop – Fin del proceso	L+	I8

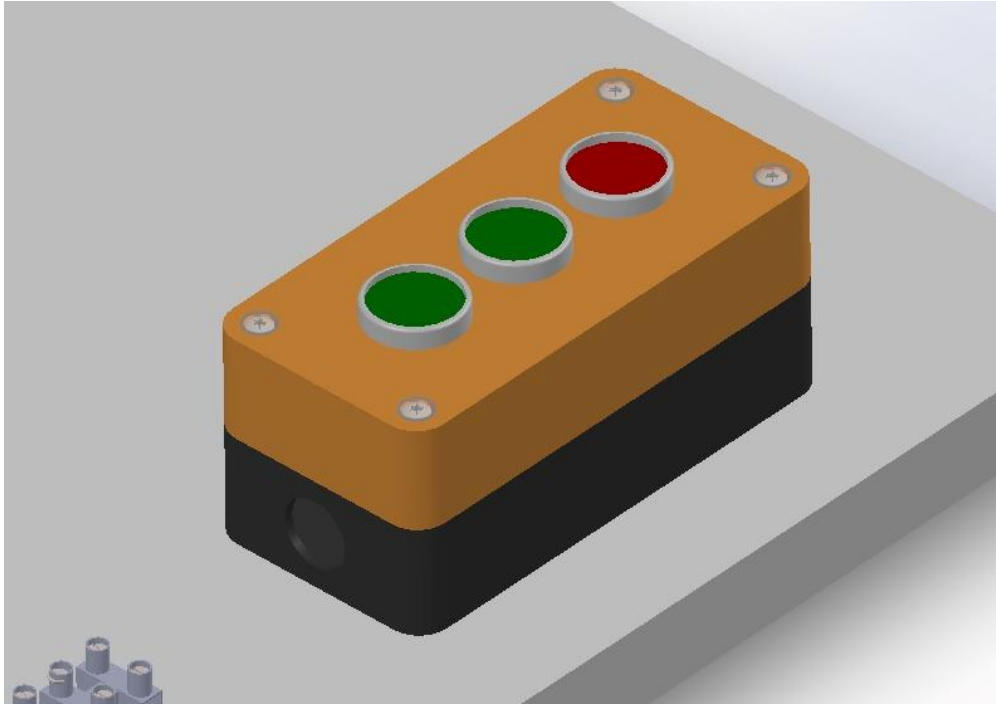


Figura 21: Botonera en 3D
Fuente: Elaboración propia

- d. Electroválvula neumática solenoide: Dispositivo que actúa a través de pulsos eléctricos, mediante la corriente que circula por el solenoide permite cambiar la posición de la válvula y con ello direccionar la vía del fluido (aire comprimido). Se emplearán dos válvulas 5/2 porque cuenta con dos salidas de aire, ideales para ser utilizados con cilindros neumáticos de doble efecto. Sus conexiones hacia el PLC se pueden apreciar en la Tabla 04. En la Figura 22, se muestra la electroválvula en 3D.

Tabla 04: Conexiones de las electroválvulas al PLC
Fuente: Elaboración propia

Electroválvulas	Salidas PLC	
Electroválvula 1 - Acciona el primer cilindro neumático que	L+	Q1

expulsa las paltas Fuertes del sistema		
Electroválvula 2 – Acciona el segundo cilindro neumático que etiqueta las paltas Hass	L+	Q2

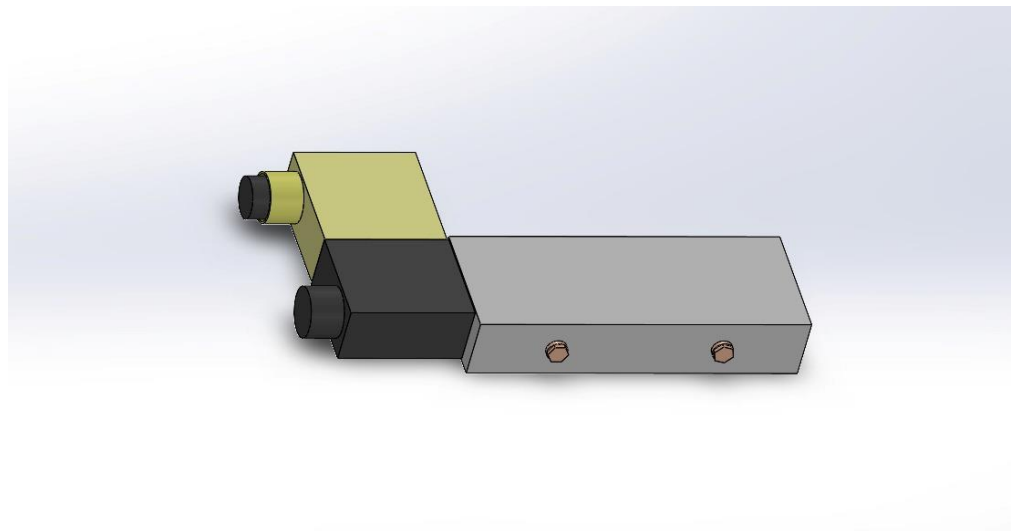


Figura 22: Electroválvula en 3D
Fuente: Elaboración propia

- e. Faja transportadora: La principal función de la faja transportadora en nuestro proyecto es la movilización de las paltas durante todo recorrido del proceso de seleccionado y sellado, esto se logra gracias a su conexión con un motor eléctrico de 24V. Esta faja es accionada al momento que se oprime el pulsador de inicio. Ver Tabla 05.

Tabla 05: Conexiones del motor al PLC

Fuente: Elaboración propia

Motor	Salida PLC	
Motor – Permite el funcionamiento de la faja transportadora	L+	Q3

- f. PLC Logo: Es un Controlador Lógico Programable utilizado para definir las actividades secuenciales que se realizan en el proceso de selección y sellado de paltas. Este dispositivo electrónico será programado tomando en cuenta los tiempos del proceso y las funciones que se esperan obtener en el prototipo. Ver Figura 23.

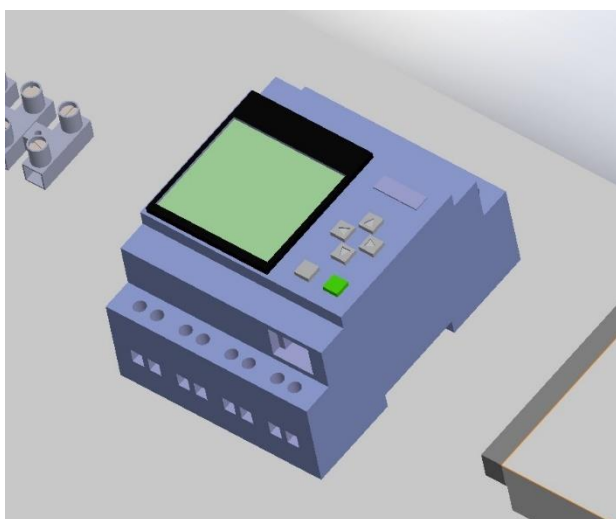


Figura 23: PLC en 3D

Fuente: Elaboración propia

g. Fuente 24V: Denominada comúnmente como fuente conmutada, fuente de alimentación o fuente de poder. La funcionalidad de la fuente de 24V, tal como se puede apreciar en la Figura 24, en nuestro proyecto será energizar los componentes para su funcionamiento, para que esto suceda, la fuente se conectara al PLC en su entrada L+ o de 24V y en su entrada M o 0V, como se muestra a continuación en la Tabla 06.

Tabla 06: Conexiones entre la fuente y el PLC

Fuente: Elaboración propia

Fuente	Entradas PLC	
Fuente 24V - Energiza los componentes para su funcionamiento	L+	M

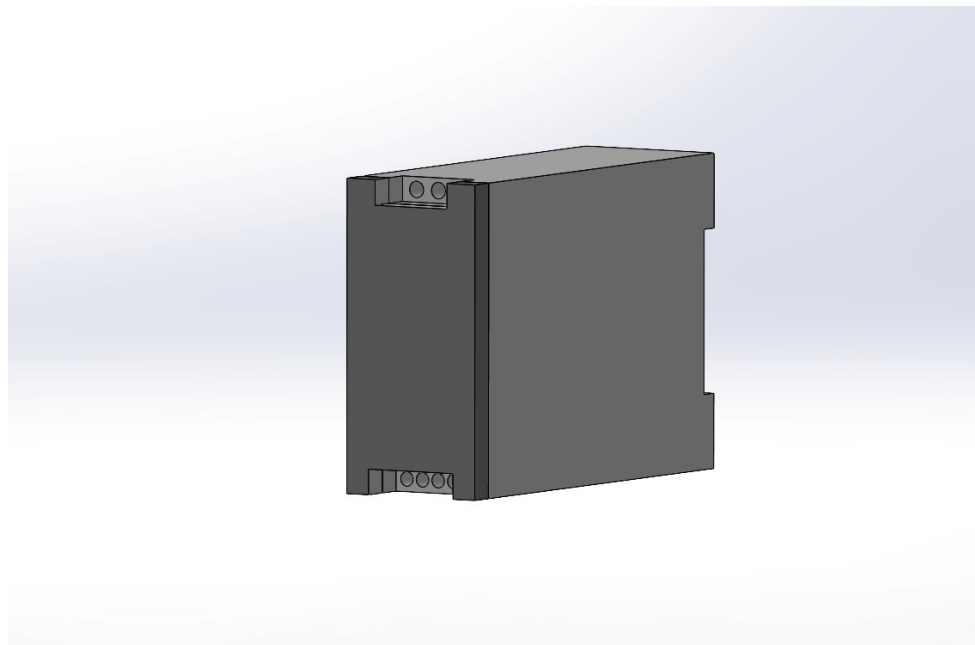


Figura 24: Fuente de 24V en 3D

Fuente: Elaboración propia

- h. Manguera Neumática de 4 mm: Denominado también como el tubing neumático, este será el medio por el cual el aire comprimido fluye para el accionamiento de los pistones. En la Figura 25, se observa la manguera neumática de 4mm en 3D.

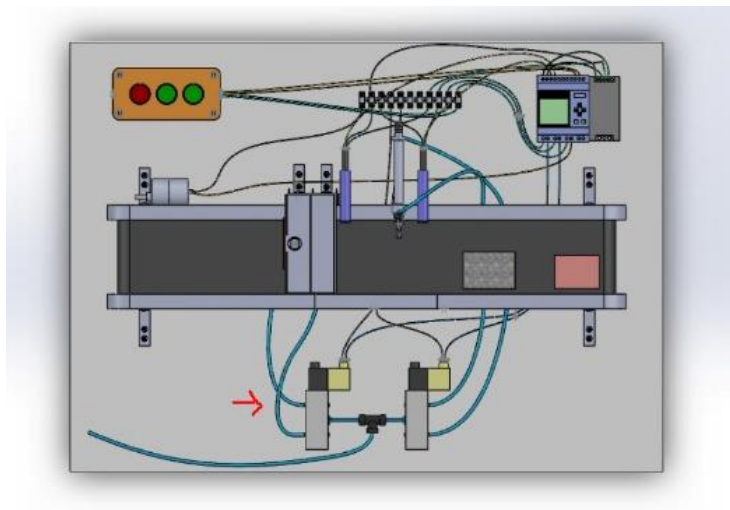


Figura 25: Manguera neumática de 4 mm en 3D

Fuente: Elaboración propia

- i. Conexión neumática recta o Rectos para manguera neumática de 4 mm: Las conexiones rectas también conocida como racores neumáticos, se utilizaron en el proyecto para realizar la interconexión entre los pistones y las mangueras neumáticas, así como la interconexión entre las electroválvulas y las mangueras neumáticas.
- j. Silenciadores: Accesorios colocados en las electroválvulas para reducir el sonido generado por el circuito neumático.

4.7 Diseño del circuito electroneumático del proceso

La automatización del proceso de etiquetado de paltas Hass que consiste en 2 estaciones la primera en la que se detecta las paltas fuertes y son desplazadas fuera de la faja transportadora, y la segunda que detecta las paltas Hass y las etiqueta. Cada estación cuenta con un sensor, un cilindro neumático de doble efecto y su respectiva electroválvula como podemos observar en la Figura 26.

Se observa que, en la primera estación, expulsión de paltas fuertes del sistema, el sensor está identificado como S1, el cilindro neumático por la letra A y la electroválvula como Y1. La segunda estación, etiquetado de paltas Hass, el sensor se identifica como S2, el cilindro neumático por la letra B y la electroválvula como Y2.

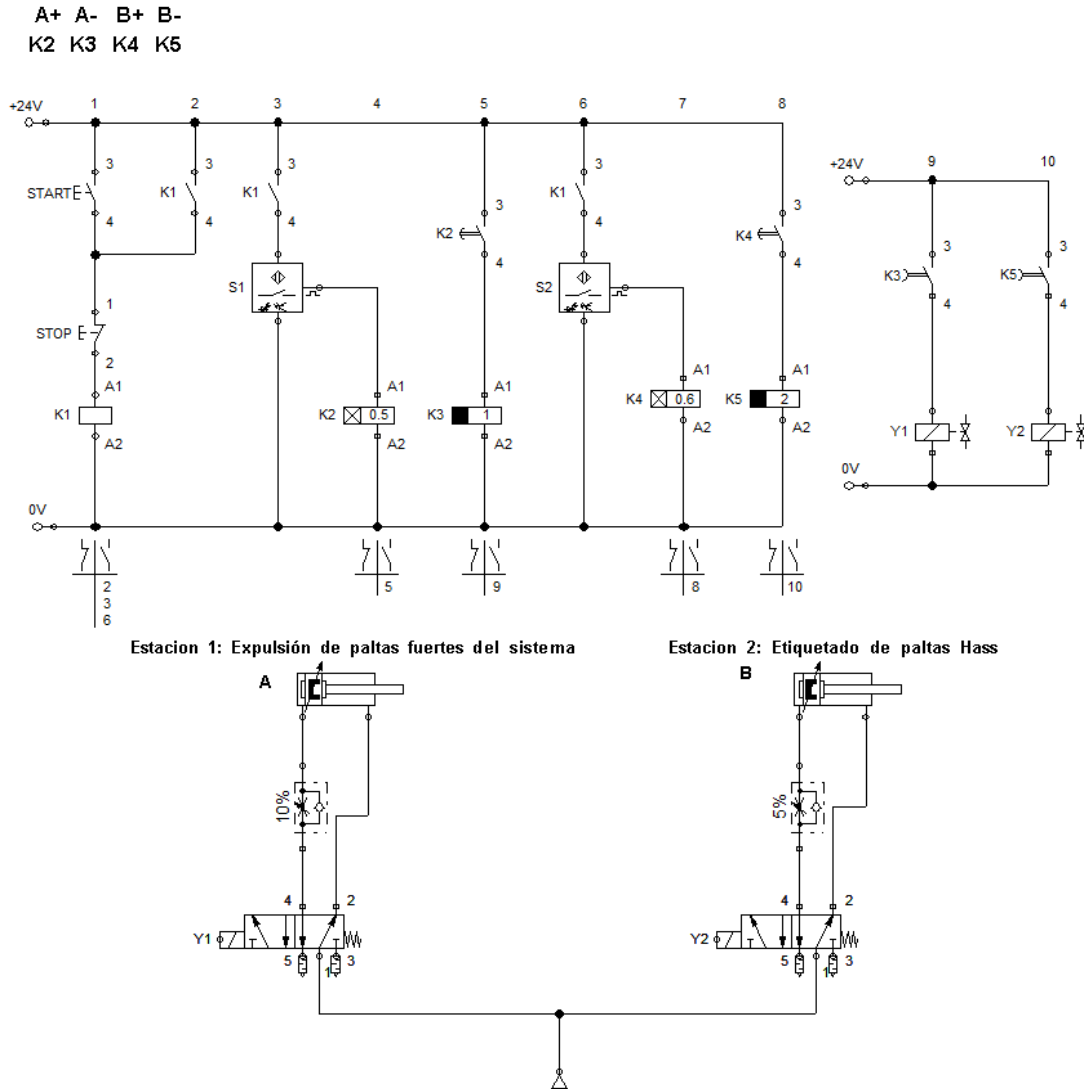


Figura 26: Circuito electroneumático del proceso

Fuente: Elaboración propia

Podemos ver que pulsando el botón START se activa el sistema. En la primera estación el sensor óptico difuso S1 se activará cuando detecte las paltas fuertes y cuando el temporizador K2 llegue a 0 el temporizador K3 se activará y la electroválvula Y1 se accionará haciendo que el cilindro A se extienda por 1 segundo para expulsar las paltas del sistema, luego de ese tiempo se retrae. En la segunda estación el sensor óptico difuso S2 se activará cuando detecte las paltas Hass y cuando el temporizador K4 llegue a 0 el temporizador K5 se activará y la electroválvula Y2 se accionará haciendo que el cilindro B se extienda por 2 segundo para etiquetar las paltas, luego de ese tiempo se retrae. Se muestra en la Figura 27, el circuito electroneumático del proceso en funcionamiento.

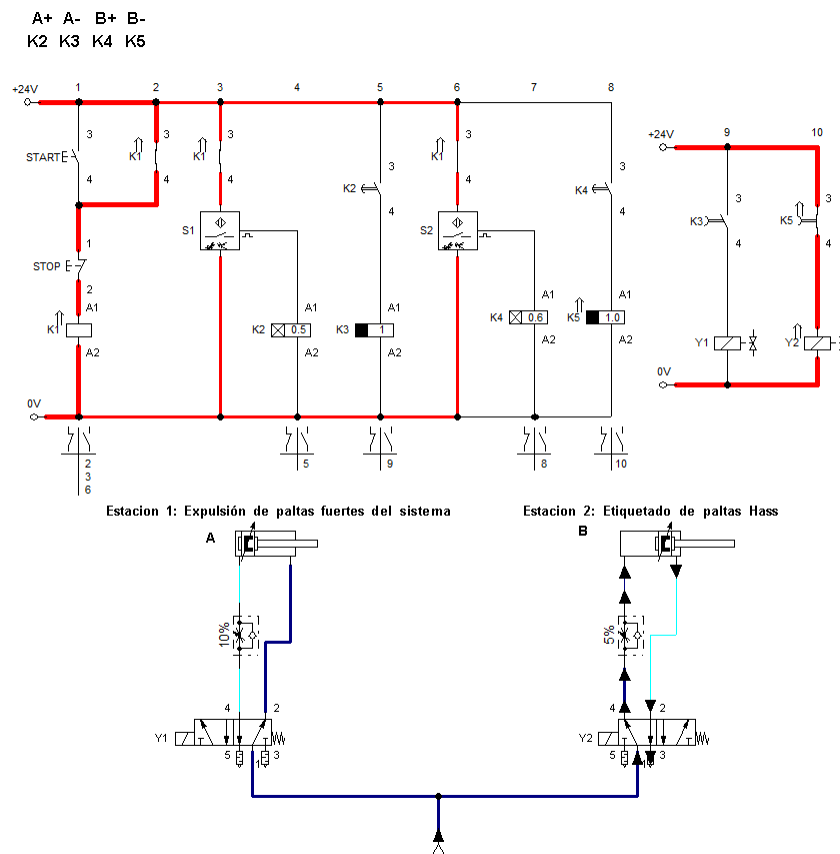


Figura 27: Circuito electroneumático del proceso en funcionamiento

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 28 podemos observar las siguientes entradas y salidas:

Entradas:

- ✓ I1: Sensor óptico difuso, detecta las paltas fuertes por ser más grandes.
- ✓ I2: Sensor óptico difuso, detecta las paltas Hass por ser chicas.
- ✓ I7: Pulsador Start
- ✓ I8: Pulsador Stop

Salidas:

- ✓ Q1: Electroválvula neumática que acciona el primer pistón que expulsa las paltas fuertes del sistema.
- ✓ Q2: Electroválvula neumática que acciona el segundo pistón que etiqueta las paltas Hass.
- ✓ Q3: Motor que hace funcionar a la faja transportadora.



Figura 28: Diagrama de conexiones al PLC Logo

Fuente: Elaboración propia

4.8 Programación en lenguaje ladder del proceso

Descripción de la programación en lenguaje ladder del proceso:

En la primera fila podemos ver que está compuesto por el botón de encendido que es el I7 y apagado que es el I8, también se encuentra una marca M1 que permanecerá energizada cuando se pulse el botón de encendido (I7) hasta que se presione el botón de apagado (I8).

La segunda fila es para el encendido de la faja transportadora, donde están dos temporizadores cerrados (T001 y T002) y la marca M1 el cual prenderá el motor que hará funcionar a la faja cuando se presione el botón de encendido.

En la tercera fila está el sensor (I1) que va a detectar las cajas altas, cuando las detecta se va a activar el temporizador T001, el cual se encenderá luego de 0:47 segundos dejando funcionar a la faja transportadora 0:47 segundos es para que la caja detectada avance un poco y se posicione delante del pistón, luego de ese tiempo el temporizador va a estar activo un segundo, esto hará que se abra el contacto del motor de la faja y pare. A la vez se observa en la cuarta fila una conexión abierta del temporizador T001 que cuando se active se cerrará y hará que el pistón funcione un segundo, empujando la caja fuera de la faja transportadora. Luego de tiempo se reinicia y la faja sigue funcionando.

La quinta fila tiene el sensor (I2) que va a detectar a las cajas bajas y activará el temporizador T002, el funcionamiento es el mismo al anterior, pero esta vez cuando las detecta se va a activar el temporizador T002, el cual se encenderá luego de 0:61 segundos dejando funcionar a la faja transportadora 0:61 segundos para que la caja detectada avance un poco y se posicione debajo de un pistón el cual se accionara por 2:05 segundos y sellará las cajas que estén debajo, luego de ese tiempo la faja transportadora sigue funcionando.

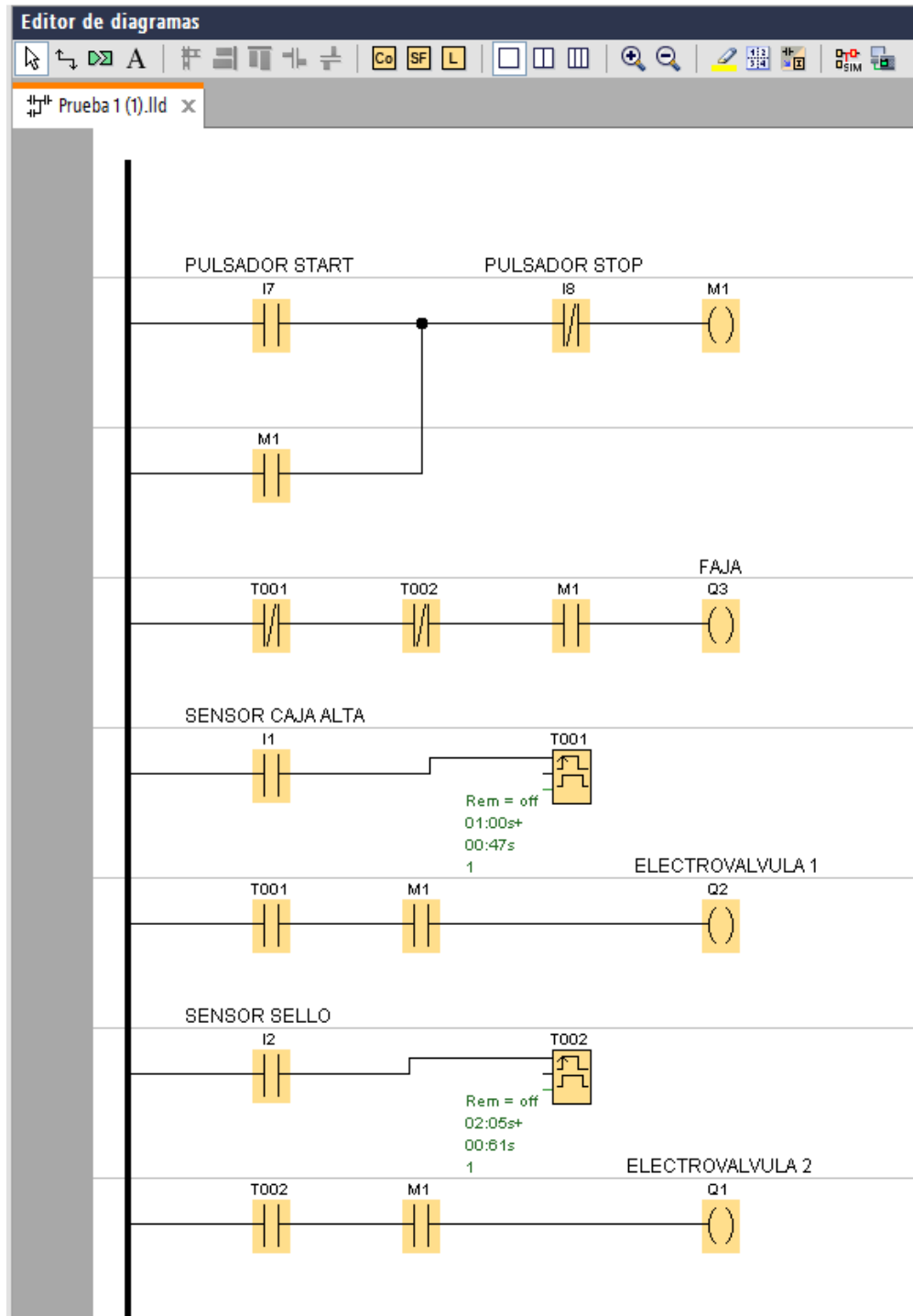


Figura 29: Programación de las conexiones en Logo 8.3
Fuente: Elaboración propia

4.9 Descripción y detalle de los indicadores de producción después de la automatización

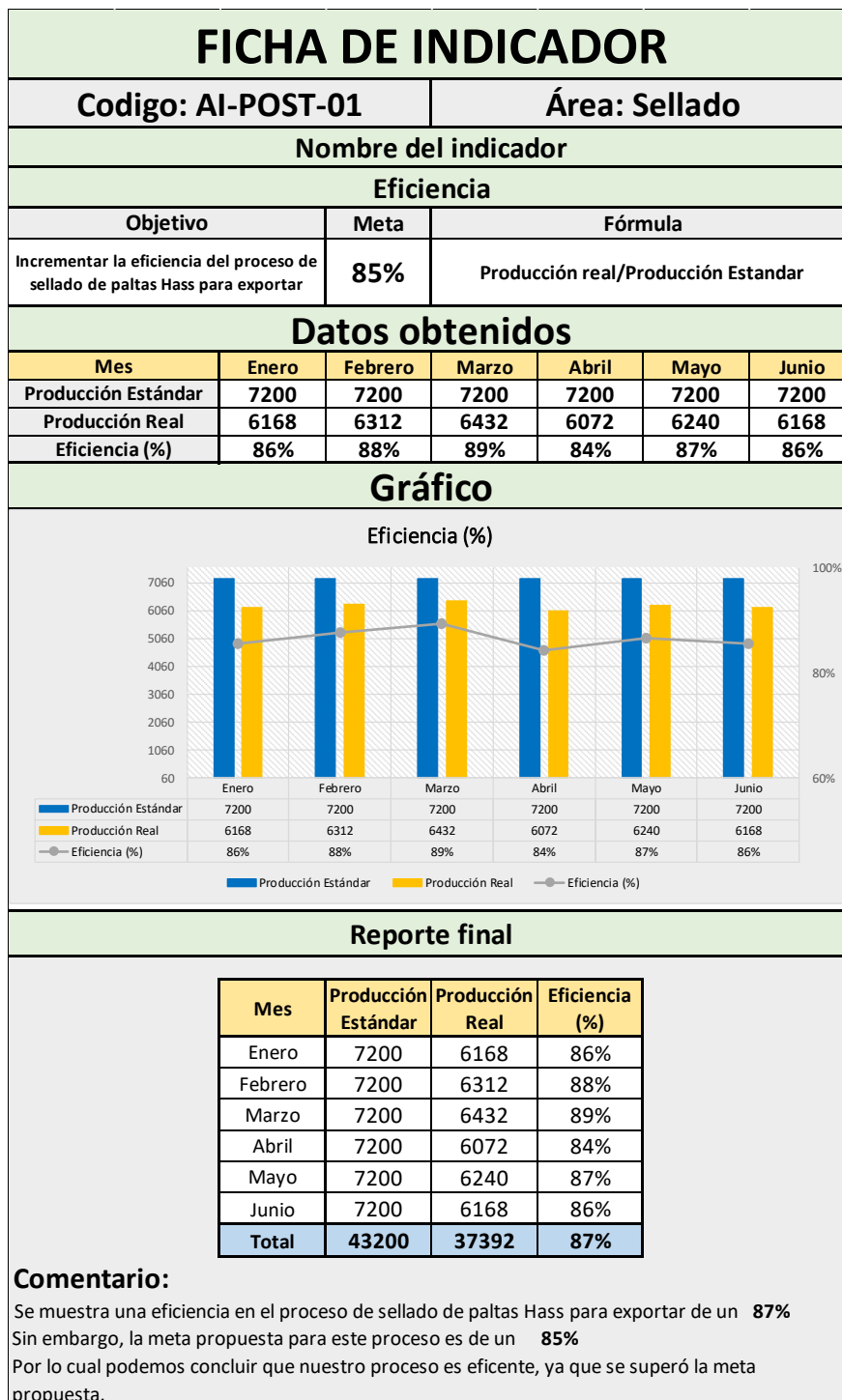


Figura 30: Ficha de indicadores después de la automatización 1

Fuente: Elaboración propia

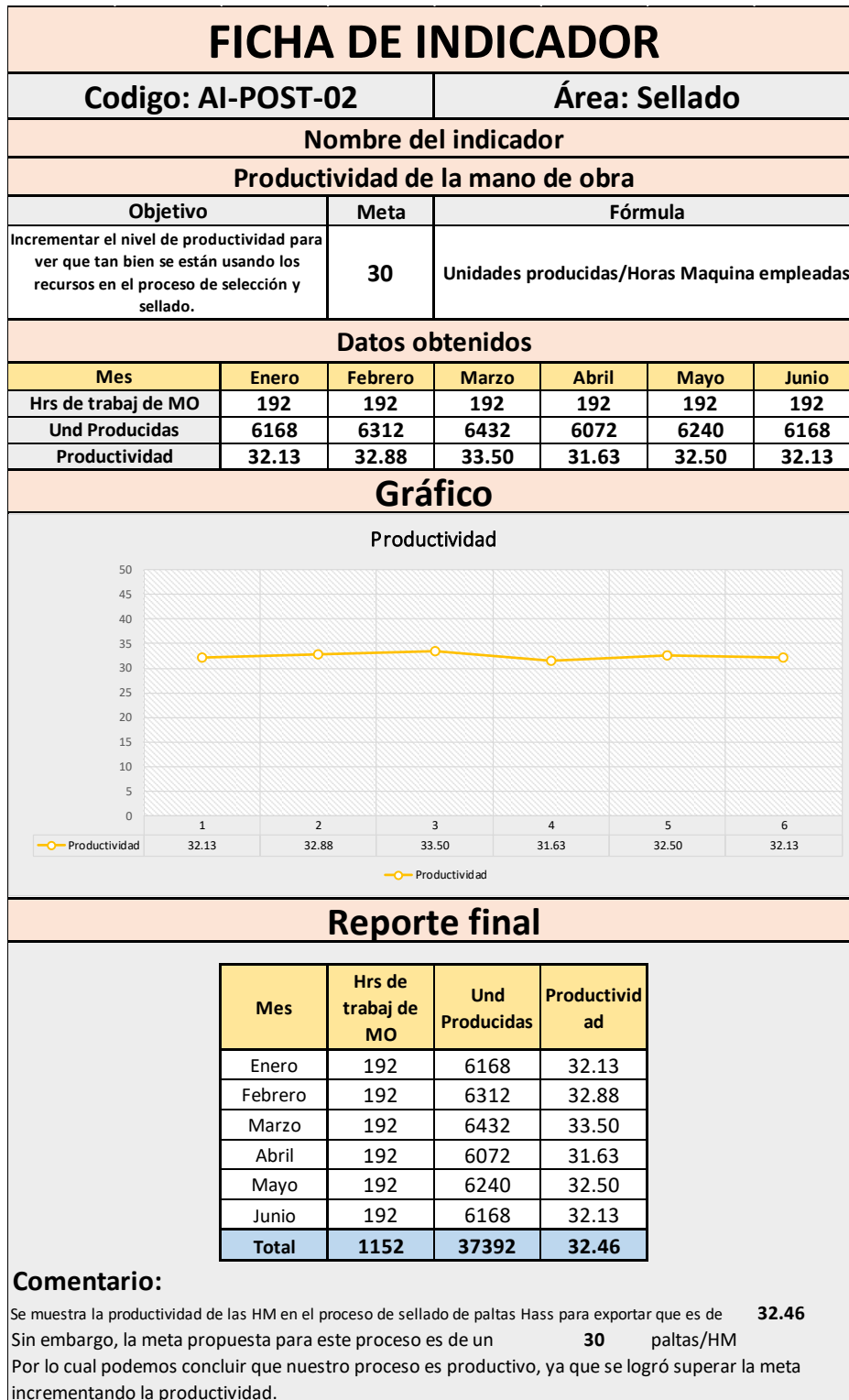


Figura 31: Ficha de indicadores después de la automatización 2

Fuente: Elaboración propia

4.10 Aspectos de seguridad industrial después de la implementación de la propuesta

Como bien sabemos el proceso actual de seleccionado y sellado de paltas, actualmente ese proceso no muestra o presenta algún tipo riesgo para el operario o trabajador, al momento de manipular la máquina. Y este proyecto de automatización ayudaría a la empresa de una manera más eficiente y eficaz, ya que reduciría el número de operarios para esa área de trabajo y se optimizaría los tiempos de trabajo para el seleccionado y sellado de paltas.

A continuación, se detallará las medidas que se deben tomar en cuenta para la manipulación del proyecto de automatización.

La seguridad industrial se define como un conjunto de actividades empleadas en la identificación, evaluación y prevención de riesgos que puedan originar incidentes y/o accidentes al trabajador de la empresa. Los aspectos de seguridad industrial a considerar son:

- a. Lámina de acrílico en forma de caja; este objeto se colocaría para que cubra al pistón que se encuentra más cerca al PLC, ver Figura 32, con el fin de evitar accidentes. Ya que el pistón ejerce mucha fuerza sobre la palta al momento de expulsarla y si algún operario introduce la mano en ese momento le puede causar serias lesiones graves a causa del impacto ocasionado por el pistón.

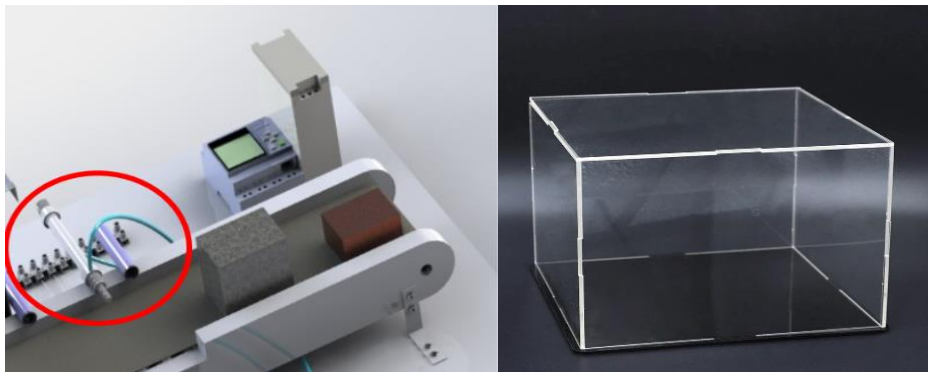


Figura 32: Lámina de acrílico para cubrir al pistón

Fuente: Elaboración propia

- b. Evitar estar manipulando o moviendo la bornera, ya que este acto producirá que se desconecten algunos cables, y por ende puede que deje de funcionar algún pistón o electroválvulas o el PCL o la faja transportadora. Ver Figura 33.

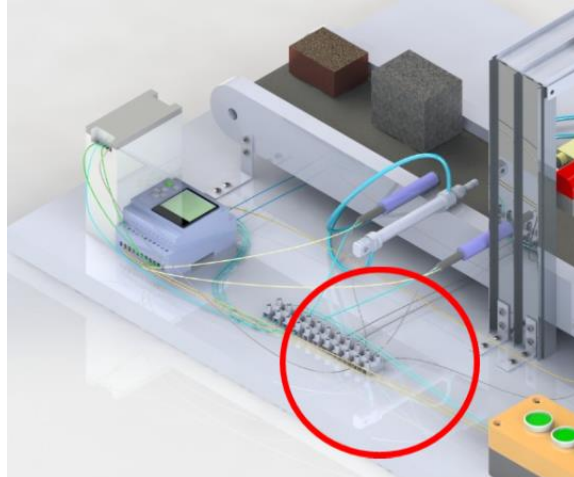


Figura 33: Canaletas y ubicación de su implementación

Fuente: Elaboración propia

- c. Implementación de canaletas, ver Figura 34, para instalación de tuberías y/o canalizaciones en proyectos de seguridad electrónica, donde se incorpora un componente importante de infraestructura basado en cubrir cables, mediante tubos aplanados que se fijan en la superficie para transportar los cables de un circuito, de modo que lleva electricidad de forma segura y efectiva, además se logrará obtener una mejor visualización del funcionamiento del proyecto.



Figura 34: Canaletas y ubicación de su implementación

Fuente: Elaboración propia

- d. Con el fin de evitar la baja tensión en una instalación eléctrica, se usan la cinta Aislante 3M 1700 Temflex Negra, ver Figura 35 para aislar de vinil de alta resistencia como aislamiento primario. Esta es un tipo de cinta adhesiva de presión usada principalmente para aislar empalmes de hilos y cables eléctricos. Este tipo de cinta es capaz de resistir condiciones de temperaturas extremas, corrosión, humedad y altos voltajes.



Figura 35: Cinta Aislante y área a asegurar

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 5: DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO MEJORADO

En este capítulo se mostrará un análisis del costo total de la inversión necesaria para el proyecto, como también la viabilidad desde el punto de vista económico.

5.1 Flujo de Caja

Para hallar el flujo de caja, en primer lugar, se realizó la cotización de los componentes requeridos para el diseño y construcción del proyecto; sin embargo, para su evaluación económica solo se tendrá en cuenta el valor del costo. En la Tabla 07, se observa la cantidad de cada componente requerido para el proyecto y el precio total a pagar de cada uno. El costo de implementación de este proyecto fue de S/1291.

Tabla 07: Cotización de los componentes
Fuente: Elaboración propia

COMPONENTES	CANTIDAD	UNIDADES	COSTOS (S/.)
Cilindro neumático	2	und.	120
PLC	1	und.	520
Fuente 24V	1	und.	110
Electroválvula neumática solenoide	2	und.	120
Sensor óptico	2	und.	168
Faja transportadora	1	und.	160
Manguera 4mm	4	metros	6
Rectos para pistón 4mm	4	und.	16
Rectos para electroválvula 4mm	6	und.	30
Botonera	1	und.	10
Cable de cobre (calibre #18)	5	metros	15
Silenciador	4	und.	16
		TOTAL	1291

5.1.1 Análisis económico

Para realizar una evaluación económica, es necesario trabajar con el precio de costo, tal como se muestra en la Tabla 08, es decir, no se tomará en cuenta el valor del IGV.

Tabla 08: Análisis económico

Fuente: Elaboración propia

HOJA DE COSTOS	PRECIO DE EQUIPO	COSTO DEL EQUIPO
Costo del cilindro neumático	120	101,69
Costo del PLC	520	440,68
Costo de Fuente 24V	110	93,22
Costo de electroválvula	120	101,69
Costo de sensor optico	168	142,37
Costo de faja transportadora	160	135,59
Costo de manguera	6	5,08
Costo de rectos para piston	16	13,56
Costo de rectos para electroválvula	30	25,42
Costo de botonera	10	8,47
Costo de cable de cobre	15	12,71
Costo de silenciador	16	13,56
Se cierra la hoja de costos y se activa el equipo		1094,07

- El valor residual (10%) de los equipos = 109,41

Tabla 09: Cálculo de depreciación

Fuente: Elaboración propia

Calculo de la depreciación	
Depreciación = (1094.07 - 109.41) / 5 =	196,93

Luego de sustraer el valor del IGV se obtiene el valor del costo total de componentes el cual equivale a s/. 1094.07 soles.

Al final de la vida útil el valor residual de los equipos será s/. 109.41, estos se depreciación linealmente cada año en s/. 196.93 soles.

En la Tabla 10 se presenta el flujo de caja económico a lo largo de los 5 años de vida útil del proyecto, se toma en cuenta los ingresos pronosticados y se sustrae la depreciación de los equipos, descontando los impuestos a pagar.

Tabla 10: Flujo de caja Efectivo

Fuente: Elaboración propia

FLUJO DE EFECTIVO

Expresado en Unidades monetarias						
Descripción	0	1	2	3	4	5
Ingresos		S/ 1,100.00	S/ 1,210.00	S/ 1,331.00	S/ 1,464.10	S/ 1,610.51
Depreciación		S/ 196.93	S/ 196.93	S/ 196.93	S/ 196.93	S/ 196.93
GANANCIA ANTES DE IMPUESTOS		S/ 903.07	S/ 1,013.07	S/ 1,134.07	S/ 1,267.17	S/ 1,413.58
Impuesto a la renta		S/ 270.92	S/ 303.92	S/ 340.22	S/ 380.15	S/ 424.07
GANANCIA DESPUES DE IMPUESTOS		S/ 632.15	S/ 709.15	S/ 793.85	S/ 887.02	S/ 989.50
Depreciacion		S/ 196.93	S/ 196.93	S/ 196.93	S/ 196.93	S/ 196.93
Flujo de Caja Operativo - FCO		S/ 829.08	S/ 906.08	S/ 990.78	S/ 1,083.95	S/ 1,186.44
INVERSIONES						
Activos Fijos	S/ 1,094.07					
Capital de Trabajo						
Recupero del Capital de Trabajo						
Flujo de Inversiones - FI	S/ 1,094.07					
Flujo de Caja Economico - FCE	S/ 1,094.07	S/ 829.08	S/ 906.08	S/ 990.78	S/ 1,083.95	S/ 1,186.44

5.2 Viabilidad económica

Para la evaluación de viabilidad económica se usarán indicadores financieros como TIR, VAN y PRI.

- a. VAN: Es un indicador financiero que se utiliza para determinar la viabilidad de un proyecto. El proyecto será viable si queda alguna ganancia después de descontar los ingresos y egresos futuros a la inversión inicial, es decir si el valor neto actual resulta mayor a cero el proyecto será viable.
- b. TIR: Es la máxima tasa de descuento que se puede obtener para que el proyecto sea rentable, se necesita tener los flujos de cajas proyectados y la inversión inicial, por lo general se decide que el proyecto sea rentable si el TIR es mayor al costo de oportunidad.
- c. PRI: Significa Periodo de Recupero de la Inversión, este mide el tiempo necesario para recuperar la totalidad de la inversión actualizada, este indicador necesita estar acompañado por otros para tomar la mejor decisión posible.

Del flujo de caja obtenemos:

Flujo de Caja Economico - FCE	-S/ 1.094,07	S/ 829,08	S/ 906,08	S/ 990,78	S/ 1.083,95	S/ 1.186,44
TIR		79%				
COK		15%				
VAN		S/ 2.173,07				

Se actualizan todos los flujos al valor presente:

Descripción	0	1	2	3	4	5
Flujo de Caja Economico - FCE	-S/ 1.094,07	S/ 829,08	S/ 906,08	S/ 990,78	S/ 1.083,95	S/ 1.186,44
VALOR PRESENTE - VP	-S/ 1.094,07	S/ 720,94	S/ 685,13	S/ 651,45	S/ 619,75	S/ 589,87
Valor Presente Acumulado	-S/ 1.094,07	-373,13	312,00	963,45	1.583,20	2.173,07

Después de actualizar los flujos en el tiempo se observa claramente que a partir del año 1 se comenzará a recuperar la inversión.

Para encontrar el momento en donde el flujo es nulo se utilizará el indicador PRI.

Tabla 11: Evaluación PRI

Fuente: Elaboración propia

VAN	n
-373,13	1
0	PRI
312,00	2

En la Tabla 12, se muestra los indicadores en cual se realizó la relación correspondiente y se encontró un PRI de 1.54 años. Es decir que a partir de 1.54 años se recupera la inversión obteniendo flujos positivos.

Tabla 12: Evaluación de proyecto

Fuente: Elaboración propia

INDICADOR	SITUACIÓN PROPUESTA	CONDICIÓN
VAN	S/ 2.173,07	VIABLE
TIR	79%	VIABLE
PRI	1,54	VIABLE

Se concluye que el proyecto es factible económicamente a lo largo de su vida útil, con una inversión de s/. 1291 y teniendo un período de 1 año y 6 meses para recuperar el monto invertido.

CONCLUSIONES

- La implementación de la máquina seleccionadora y selladora de paltas contribuyó a la eliminación de los métodos manuales y repetitivos presentes en el proceso de selección y sellado de paltas.
- Se consiguió automatizar el proceso de sellado de las paltas Hass, mejorando el nivel de eficiencia e incrementando la productividad. Esto mediante la construcción de la máquina, en el cual las paltas se movilizaban por la faja transportadora hasta llegar al primer sensor, donde identifica las paltas de acuerdo con el tamaño programado y si son tipo "palta fuerte" las expulsa por medio de un pistón, en caso no ser expulsadas siguen siendo transportadas hasta llegar al segundo sensor. Una vez detectado se procede a sellar por medio del pistón, quien lleva un sello automático para finalmente depositarse en las jabas para exportar.

RECOMENDACIONES

- Para el desarrollo de este proyecto a gran escala en una organización es necesario contar con la participación de un especialista tanto en diseño de maquinaria como en programación, análisis de costos, mantenimiento, calibración y contar con todas las certificaciones necesarias para su implementación, ya que se trabajará con un producto de consumo humano directo.
- Se tiene que hacer un nuevo análisis de los procesos, ya que al implementar la automatización se han reducido tiempos y costos, estos pueden ser trasladados a otras áreas donde se optimice las actividades y así tener parámetros de mejora continua.
- Durante la elaboración de la máquina selladora se recomienda realizar un mantenimiento al menos dos veces por año revisando que no haya deterioro de las partes mecánicas como motor de la faja transportadora y piñones debido a la fricción y también revisar el PLC y conexiones de control que no haya elementos que puedan perjudicar su correcto funcionamiento como pueden ser líquidos o residuos.