



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO DE LA
PULPA DE FRUTA PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN LA
PROCESADORA AGROINDUSTRIAL MIS FRUTALES EN LA
PARROQUIA DE SAN LUIS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: proyecto técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

FERNANDO MAURICIO HIDALGO CASTELO

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO DE LA
PULPA DE FRUTA PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN LA
PROCESADORA AGROINDUSTRIAL MIS FRUTALES EN LA
PARROQUIA DE SAN LUIS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: proyecto técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR: FERNANDO MAURICIO HIDALGO CASTELO

DIRECTOR: Ing. EDUARDO FRANCISCO GARCÍA CABEZAS

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, **Fernando Mauricio Hidalgo Castelo**

Se autoriza la reproducción total o parcial con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Fernando Mauricio Hidalgo Castelo, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 14 de diciembre de 2021

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and strokes, with the name 'Fernando Hidalgo' written in a smaller font across the middle of the signature.

Fernando Mauricio Hidalgo Castelo

060440607-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto Técnico, “**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO DE LA PULPA DE FRUTA PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN LA PROCESADORA AGROINDUSTRIAL MIS FRUTALES EN LA PARROQUIA DE SAN LUIS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.**”, realizado por el señor: **FERNANDO MAURICIO HIDALGO CASTELO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Jaime Iván Acosta Velarde

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

2021-12-14

Ing. Eduardo Francisco García Cabezas

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**

2021-12-14

Ing. Moyano Alulema Julio Cesar

MIEMBRO DE TRIBUNAL

2021-12-14

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios, quien supo darme las fuerzas necesarias para realizar todo y siempre seguir adelante, dándome la valentía para superar obstáculos en este camino, cuidándome y protegiendo de todo mal.

También de todo corazón le dedico este trabajo a mi padre Jorge, de quien recibí buenos consejos que los llevaré siempre en mi corazón y en mi memoria, uno de ellos es que la universidad al igual que la vida no es fácil habrá alegrías y tristezas, talvez alguna caída, pero sin importar que pase o como se vea la situación se debe dar el 100%, siempre ayudar a quien lo necesite y si algo sale mal, seguirlo intentando hasta lograrlo, ya que todos podemos. Se que desde el cielo está pendiente de mí, acompañándome en cada decisión que tomo y cuidándome, quiero que sepas que lo logre, alcance una meta más en mi vida gracias a todo lo que aprendí de ti.

A mi madre Martha y a mi hermana Jessy también quiero dedicar este trabajo ya que son un soporte muy importante en mi vida para no rendirme y seguir a delante en busca de mis sueños, con sus consejos, compañía y risas que siempre fueron muy necesarios en todo momento para seguir adelante y convertirme en un buen Ingeniero Industrial.

FERNANDO MAURICIO HIDALGO CASTELO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la prestigiosa Escuela Superior Politécnica De Chimborazo por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de aprender en sus instalaciones, en las cuales tuve excelentes profesores de quienes aprendí tantos conocimientos científicos como humanos que me van a servir el resto de mi vida.

Al Ingeniero Eduardo García y al Ingeniero Julio Moyano que además de ser docentes, me brindaron su amistad y ayuda en cualquier momento que lo requería, apoyándome y guiándome para seguir adelante, al igual que en la realización del presente proyecto de titulación.

A mis compañeros más cercanos que hice en toda mi vida universitaria, con quienes hemos superado diversas dificultades, apoyándonos unos a otros para salir adelante.

FERNANDO MAURICIO HIDALGO CASTELO

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ECUACIONES	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1.	Antecedentes	2
1.2.	Planteamiento del problema	2
1.3.	Delimitación Geográfica.....	3
1.3.1.	<i>Ubicación geográfica</i>	3
1.4.	Alcance del proyecto.....	4
1.5.	Beneficiarios	4
1.6.	Justificación.....	4
1.6.1.	<i>Justificación Teórica</i>	4
1.6.2.	<i>Justificación metodológica</i>	4
1.6.3.	<i>Justificación Práctica</i>	5
1.7.	Objetivos.....	6
1.7.1.	<i>Objetivos General</i>	6
1.7.2.	<i>Objetivos Específicos</i>	6

CAPÍTULO II

2.	REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	7
2.1.	Antecedentes	7
2.2.	Marco teórico	8
2.2.1.	<i>Viscosidad de un fluido</i>	8
2.2.2.	<i>Tipo de maquinaria</i>	8

2.2.3.	<i>Automatización</i>	9
2.2.4.	<i>Repotenciación</i>	9
2.2.5.	<i>Sistema de mando o control</i>	9
2.2.6.	<i>Sistema de operación</i>	9
2.2.7.	<i>Proceso productivo</i>	10
2.2.11.	<i>Carta de control</i>	11
2.2.12.	<i>Indicadores de la capacidad del proceso</i>	11
2.2.12.1.	<i>Índice de capacidad potencial del proceso (Cp)</i>	11

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	13
3.1.	Tipo de Estudio	13
3.2.	Tipo de Investigación	13
3.2.1.	<i>Investigación de Campo</i>	13
3.2.2.	<i>Investigación Documental</i>	13
3.2.3.	<i>Investigación Exploratoria</i>	13
3.3.	Metodología	14
3.3.1.	<i>Método Inductivo</i>	14
3.3.2.	<i>Método Deductivo</i>	14
3.3.	Procesamiento de Datos	14
3.3.1.	<i>Unidad de análisis</i>	14
3.3.2.	<i>Técnica</i>	14
3.3.3.	<i>Instrumento</i>	14
3.4.	Análisis del proceso productivo	15
3.4.1.	<i>Situación inicial del proceso de envasado</i>	22
3.6.	Mapa del proceso	26
3.7.	Componentes implementados	27
3.7.1.	<i>Características del motor</i>	27
3.7.2.	<i>Driver de control del motor paso a paso</i>	28
3.7.3.	<i>Características del sistema de transmisión</i>	29
3.7.4.	<i>Implementación del Sistema de transmisión</i>	31
3.7.5.	<i>Escala de medición implementada</i>	34
3.8.	Programación implementada	34

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	38
4.6.	Análisis de resultados	39
4.6.1.	<i>Comparación de resultados</i>	42
	CONCLUSIONES.....	43
	RECOMENDACIONES.....	44
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Datos generales de la ubicación.....	3
Tabla 1-2:	Categorías del proceso según el C_p	12
Tabla 1-3:	Diagrama de proceso del grupo 1	16
Tabla 2-3:	Diagrama de proceso del grupo 2	18
Tabla 3-3:	Diagrama de proceso del grupo 3	20
Tabla 4-3:	Datos obtenidos para los cálculos indicados.	23
Tabla 5-3:	Datos para el cálculo de los indicadores C_p	24
Tabla 6-3:	Especificaciones del motor NEMA 23	27
Tabla 7-3:	Bobinado del motor NEMA 23	27
Tabla 8-3:	Terminales del Arduino UNO	36
Tabla 9-3:	Número de pasos y pulsos necesarios para la dosificación.	37
Tabla 1-4:	Datos obtenidos con la implementación del proyecto.	39
Tabla 2-4:	Datos para el cálculo de los indicadores C_p	40
Tabla 3-4:	Comparación de resultados.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Ubicación de la Procesadora Agroindustrial Mis frutales.....	3
Figura 1-2:	Proceso productivo.....	10
Figura 1-3:	Diagrama de recorrido de la elaboración del grupo 1 de pulpa de fruta	17
Figura 2-3:	Diagrama de recorrido de la elaboración del grupo 2 de pulpa de fruta	19
Figura 3-3:	Diagrama de recorrido de la elaboración del grupo 1 de pulpa de fruta	21
Figura 4-3:	Toma de Datos de la situación inicial	22
Figura 5-3:	Dimensiones del motor NEMA 23.....	28
Figura 6-3:	Motor NEMA 23.....	28
Figura 7-3:	Controlador del motor NEMA 23	28
Figura 8-3:	Configuración escogida para el driver HY-DIV268N-5A	29
Figura 9-3:	Arduino uno	29
Figura 10-3:	Boceto de los engranajes del sistema de transmisión.....	30
Figura 11-3:	Engranajes del sistema de transmisión.....	31
Figura 12-3:	Implementación de prisioneros de sujeción	32
Figura 13-3:	Implementación de prisioneros de sujeción	32
Figura 14-3:	Llaves para los prisioneros de sujeción.....	32
Figura 15-3:	Desplazamiento del eje regulador	33
Figura 16-3:	Modelo del sistema de rieles para el motor.....	33
Figura 17-3:	Implementación del sistema.....	34
Figura 18-3:	Calibración para la dosificación.....	34
Figura 19-3:	Esquema de conexión del Arduino, controlador y motor	36
Figura 20-3:	Aplicación de control.....	37

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Carta de control y sus partes.....	11
Gráfico 1-3:	Carta de control de la situación inicial del proceso de envasado	24
Gráfico 2-3:	Situación inicial del proceso de envasado	25
Gráfico 3-3:	Mapa del proceso de la elaboración del trabajo de titulación.....	26
Gráfico 4-3:	Esquema de conexión del Arduino, controlador y motor	35
Gráfico 1-4:	Carta de control del proceso automatizado.....	40
Gráfico 2-4:	Situación inicial del proceso de envasado	41

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2: Índice de capacidad potencial del proceso (C_p).....	11
Ecuación 2-2: Índice de capacidad real del proceso C_{pk}	12

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA MÁQUINA ENVASADORA
- ANEXO B:** ESQUEMA NEUMÁTICO DE LA MÁQUINA ENVASADORA
- ANEXO C:** PROCESADORA AGROINDUSTRIAL MIS FRUTALES

RESUMEN

El objetivo principal del presente proyecto fue la aplicación de técnicas de automatización en la procesadora agroindustrial “Mis Frutales” en la parroquia de San Luis de la ciudad de Riobamba, con el fin de optimizar el proceso de envasado de la pulpa de fruta. En la planificación inicial se realizó un estudio bibliográfico y de campo para indagar sobre los sistemas de envasado empleados en la industria de líquidos de alta y baja viscosidad, también se definió los parámetros iniciales del proceso y la maquinaria que la empresa utilizaba, con la finalidad de identificar las posibles mejoras que se puede aplicar para optimizar el proceso y de esta forma identificar el nuevo hardware que se requiere para la repotenciación de maquinaria existente lo cual se realizó satisfactoriamente. Para el análisis estadístico se utilizaron cartas de control, indicadores de capacidad de procesos (C_p y C_{pk}) y la campana de Gauss para analizar el nivel sigma del proceso tanto antes de la implementación del proyecto como después de la misma para su comparación, dando como resultado una mejora significativa lo cual indica que con la implementación del proyecto se obtendrá un proceso satisfactorio con un alto nivel sigma. Se concluye que al implementar el presente proyecto se logró que la máquina dosifique las cantidades requeridas por la empresa, optimizando los recursos de la misma como el talento humano, el tiempo del proceso, el producto semielaborado, también se eliminó el problema ergonómico existente y se tiene un producto que no tiene contacto directo con el operario cumpliendo con los POES que se requieren para solicitar la certificación de la Norma ISO 22000 de inocuidad alimentaria, siendo un gran aporte para la empresa. Se recomienda que con la implementación se proceda a realizar una mejora continua en el proceso de producción.

Palabras claves: <AUTOMATIZACIÓN>, <PRODUCCIÓN>, <AGROINDUSTRIAL>, <PULPA DE FRUTA>, <VISCOSIDAD>, <NEUMÁTICA>.



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

0450-DBRA-UPT-2022

2022-03-10


ABSTRACT

The main objective of this project was the application of automation techniques in the "Mis Frutales" agro-industrial processing plant of San Luis parish in Riobamba city, to optimize the fruit pulp packaging process. In the initial planning, a bibliographical and field study was carried out to investigate the packaging systems used in the industry of high and low viscosity liquids. The initial parameters of the process and the machinery used by the company were also defined, with the purpose of identifying the possible improvements that can be applied to optimize the process and, in this way, identify the new hardware that is required for the repowering of existing machinery, which was carried out satisfactorily. For the statistical analysis, control charts, process capability indicators (C_p and C_{pk}) and the Gaussian bell were used to analyze the sigma level of the process both before the implementation of the project and after it for comparison, resulting in a significant improvement, which indicates that with the implementation of the project a satisfactory process with a high sigma level will be obtained. It is concluded that when implementing this project the machine was prepared to dose the quantities required by the company, optimizing its resources such as human talent, process time, the semi-finished product, the existing ergonomic problem was also eliminated and there is a product that does not have direct contact with the operator, complying with the POES that is required to apply for ISO 22000 food safety certification, being a great contribution to the company. It is recommended that with the implementation proceed to carry out a continuous improvement in the production process.

Keywords: <AUTOMATION> <PRODUCTION> <AGROINDUSTRIAL>

<FRUIT PULP> <VISCOSITY> <PNEUMATIC>.

SANDRA
PAULINA
PORRAS
PUMALEMA



Firmado
digitalmente por
SANDRA PAULINA
PORRAS PUMALEMA
Fecha: 2022.03.16
08:59:20 -05'00'

INTRODUCCIÓN

El mundo se encuentra en constante evolución y los seres humanos buscan la manera de seguir adelante adaptándose a los diferentes cambios, las industrias de igual forma tratan de brindar productos que cumplan con los requerimientos del cliente, para lo cual algunas empresas optan por automatizar ciertos procesos de la línea de producción para su optimización y para minimizar o evitar esfuerzos y riesgos en los trabajadores.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo automatizar el proceso de envasado de la pulpa de fruta para la optimización de la producción en la procesadora agroindustrial Mis Frutales en la parroquia de San Luis de la ciudad de Riobamba.

El proyecto está desarrollado en cuatro capítulos, en el primero se realizó el diagnóstico y planteamiento del problema que se presenta en la empresa y el cual se buscará solucionar, en el segundo capítulo se realizó una revisión bibliográfica para adquirir la información necesaria para el desarrollo del proyecto, en el capítulo tres se especificó la situación actual del proceso como también los parámetros de la metodología utilizada y en el cuarto capítulo se determinó los resultados alcanzados con la implementación del proyecto, así como también las respectivas conclusiones y recomendaciones.

La posible solución es establecer una escala en el eje regulador del pistón mediante prueba y error para saber la posición exacta en la que va a dosificar cierta cantidad, luego proceder a implementar un motor paso a paso NEMA 23 el cual estará conectada a un sistema de transmisión por engranajes y cadena al eje regulador del pistón, de esta forma el operario solo tendrá que seleccionar la cantidad a dosificar para que el mecanismo y la programación implementada ubique al eje regulador del pistón en la posición correcta para tener una dosificación con la cantidad requerida, cabe mencionar que se requiere ubicar al motor sobre un sistema de rieles para que los engranajes estén alineados al momento que el eje regulador avance.

El motor paso a paso estará conectado al driver HY-DIV268N-5A para que mediante la programación implementada en el Arduino gire el número de pasos necesarios según la señal que mande el operario desde el celular al módulo bluetooth del Arduino, esto estará más detallado en el desarrollo del documento.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

La empresa Procesadora Agroindustrial Mis Frutales empezó su actividad de producción y comercialización en septiembre del 2006, en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, en la parroquia de San Luis, realizando la extracción y procesamiento de pulpa de fruta para su comercialización a nivel nacional, aportando de esta manera al desarrollo económico e industrial del país, brindando fuentes de trabajo para los ciudadanos de la localidad, y garantizando un producto 100% natural pensando en la nutrición y salud de sus clientes.

La empresa produce productos de las siguientes frutas: frutilla, guanábana, guayaba, mango, maracuyá, mora, naranjilla, piña, tamarindo, tomate, limón, naranja y taxo.

El proceso de elaboración de la pulpa de fruta comienza en el almacén de materia prima, en donde se recibe la fruta, se inspecciona y se almacena, según los pedidos se planifica la producción y se escoge el tipo de fruta que se necesita, luego el operario transporta las frutas al área de lavado, después las frutas ya lavadas son transportada al área de cocción, en donde el operario coloca la fruta en dos marmitas (ollas de doble fondo) para cocinarlas a vapor, esto se lo realiza a 95°C para eliminar cualquier microorganismo de la fruta, posteriormente, se transporta las frutas cocinada al área de despulpado para que la máquina despulpadora separe la pulpa de la cascara y semillas, la pulpa sale por un ducto a un recipiente de acero inoxidable para su homogenización, esto es muy importante para que todo el lote tenga las mismas características, seguidamente, se lleva al área de envasado y empaquetado, lo cual se lo realiza manualmente, luego al área de etiquetado y finalmente el producto es llevado al almacén de productos elaborados, que es un cuarto frio para congelar al producto por 8 hora y ser llevado a los contenedores.

1.2. Planteamiento del problema

El proceso actual de envasado de la pulpa de fruta se lo realiza manualmente cumpliendo con las medidas sanitarias requeridas para realizar un producto saludable y de calidad.

En la fábrica se realiza envases de 100g, 500g y 1000g de pulpa de fruta, en el caso para envasar los de 100g se utiliza la maquinaria disponible en la planta, pero para 500g y 1000g se lo envasa de forma manual, debido a que la maquinaria no tiene la función de dosificar estas cantidades, porque carece de una calibración adecuada para variar la dosificación.

Además, la máquina disponible genera fallos al realizar los envases de 100g, pues no ejecuta una dosificación constante, en ocasiones dosifica más y en otras, menos producto, por lo que la fábrica opta por calibrar para que en los envases de 100g se dosifique un poco más de pulpa para no perjudicar al cliente y satisfacer sus expectativas con el producto, generando una pequeña pérdida para la empresa.

1.3. Delimitación Geográfica

Tabla 1-1: Datos generales de la ubicación

DETALLE	DESCRIPCIÓN
Nombre de la Empresa:	Procesadora Agroindustrial Mis Frutales
Dirección:	Independencia y Sucre (San Luis)

Fuente: Procesadora Agroindustrial Mis Frutales

Realizado por: Hidalgo Fernando, 2021.

1.3.1. Ubicación geográfica

La empresa Procesadora Agroindustrial “Mis Frutales” está ubicada:

Provincia: Chimborazo.

Cantón: Riobamba

Parroquia: San Luís.

Dirección: Independencia y Sucre

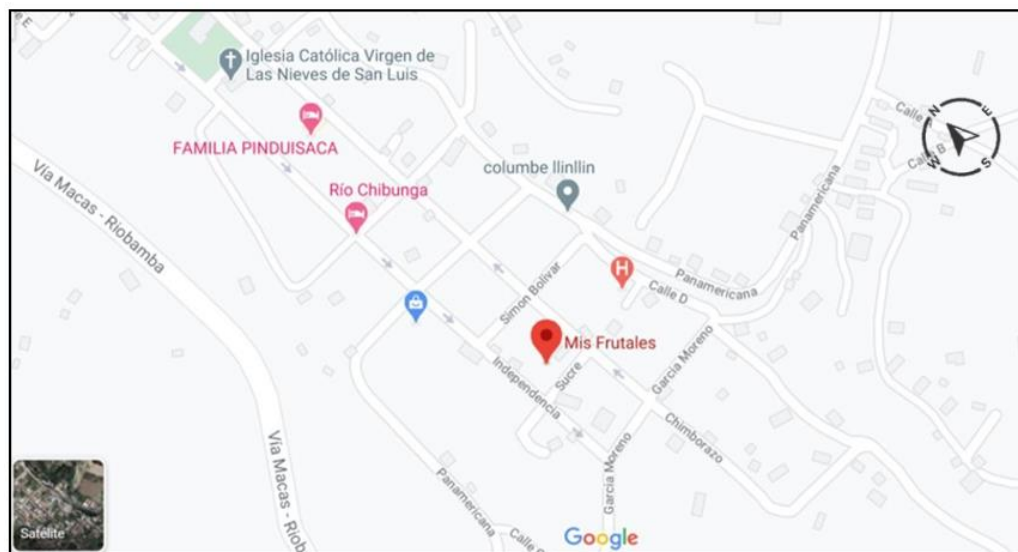


Figura 1-1: Ubicación de la Procesadora Agroindustrial Mis frutales

Fuente: Google Maps. 2021

Las coordenadas de latitud y longitud de la empresa obtenidas de Google Maps, 2021 son las siguientes: (-1,7109071101221198; -78,64361219583076)

1.4. Alcance del proyecto

Realizar la automatización del proceso de envasado de la pulpa de fruta, utilizando los conocimientos adquiridos durante la carrera como la repotenciación que se efectuará en la máquina disponible en la empresa, de esta forma tendrá la capacidad de dosificar las cantidades requeridas, cumpliendo los objetivos planteados en el presente proyecto.

1.5. Beneficiarios

La implementación del proyecto es un gran apoyo para la mediana empresa, ya que le permite controlar de una mejor manera el proceso de envasado, dosificando la cantidad necesaria de producto para la satisfacción de los clientes, beneficiando a la imagen de la empresa, a sus dueños y a los trabajadores de la fábrica debido a que también se disminuirán esfuerzos que en la actualidad existen.

1.6. Justificación

1.6.1. Justificación Teórica

La automatización es un elemento clave en el crecimiento y desarrollo de toda industria, en este caso se lo utilizará como una herramienta para la optimización del proceso de envasado de pulpa de fruta, garantizando un producto de mejor calidad sanitaria, así como también un aumento en el número de envases terminados en un menor tiempo, facilitando el proceso para disminuir la fatiga de los operarios.

1.6.2. Justificación metodológica

La justificación metodológica se basa en realizar una comparación entre los diferentes sistemas existentes de dosificación, para saber cuál será la mejor elección para la optimización del proceso de envasado de pulpa de fruta, teniendo en cuenta que debe ser una dosificación de líquidos de baja y alta viscosidad, para que no exista el problema actual de que al tratar de envasar 100g se dosifica menos o más de la cantidad planteada, optando la empresa programar que en los envases de 100g se dosifique un poco más de pulpa para no perjudicar al cliente y satisfacer sus

expectativas del producto, pero generando una pérdida para la empresa, por lo cual se requiere la repotenciación de la maquinaria para que dosifique lo que es y se pueda regular para que también envase 500g y 1000g los cuales se lo realiza manualmente en la actualidad debido a que la maquinaria no tiene estas prestaciones, siendo necesaria para alcanzar mejores certificaciones sanitarias y mercados internacionales.

Enfocarle todo lo de métodos técnicas procedimiento

1.6.3. Justificación Práctica

La optimización del proceso de envasado de la pulpa de fruta se lo realizará con la repotenciación de la maquinaria actual en la empresa, siendo una técnica muy utilizada en la automatización, facilitando al operario regular la cantidad de pulpa de fruta a dosificar en cada empaque, para realizar los empaques de 100g, 500g y de 1000g, cumpliendo con los objetivos planteados en el presente proyecto, también cabe destacar que en el plan del buen vivir se incentiva la inserción de los recursos tecnológicos a los procesos industriales a escala de pequeña, mediana y grande empresa.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivos General

Automatizar el proceso de envasado de la pulpa de fruta para optimizar la producción en la Procesadora Agroindustrial Mis Frutales en la parroquia de San Luis de la ciudad de Riobamba.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Realizar un estudio bibliográfico y de campo para la indagación sobre sistemas de envasado existentes en la industrial para líquidos de alta y baja viscosidad y su definición.
- Definir la situación actual del proceso y de la maquinaria disponible en la fábrica para la identificación de los requerimientos del sistema.
- Repotenciar la maquinaria del proceso de envasado con la correcta selección y configuración de hardware para su implementación en la fábrica.
- Determinar la optimización del proceso con la implementación del proyecto

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Antecedentes

El presente trabajo técnico se enfoca en la automatización del proceso de envasado de pulpa de fruta, para lo cual se analizará las siguientes investigaciones para saber lo que se debe considerar para encaminar de mejor forma el presente proyecto.

De acuerdo con Obregón (2017, p.xix), en su trabajo titulado “Diseño e implementación de un sistema automatizado para envasado de fluidos semipastosos tarrinera n°2, para la empresa EPACEM S.A en la ciudad de Santo Domingo.” Los pasos que se deben realizar para automatizar un proceso, para lo cual especifica que se debe identificar los equipos involucrados en él, como también las características del producto, para analizar y determinar la manera correcta de realizar dicho proceso, con el fin de elaborar la programación y configuración del sistema de control con ayuda de un hardware y un software, después realizar la experimentación de las hipótesis presentadas para escoger la mejor opción su implementación.

Según Carrillo & Calero (2016, p.xv), en su trabajo titulado “Automatización del proceso de dosificación, ensacado y control de peso en lazo cerrado para la máquina mezcladora de balanceado de la estación experimental Tunshi ESPOCH.” Busca mejorar el tiempo de producción con la automatización, considerando la técnica de control en adelante debido a la presencia de una perturbación medible, también se usa un sistema de control retroalimentado para la variable de peso. En este proyecto la dosificación se lo realiza con la activación de dos compuertas para disminuir el error, con lo cual se logró mejorar el tiempo de producción en el 59.92% sin tener desperdicios.

De acuerdo con Sánchez & Pacheco (2016, p.xviii), en su trabajo titulado “Diseño e implementación de un sistema automatizado para el proceso de producción de leche en el Centro Experimental de Tunshi.” El sistema SCADA está formado de tres subsistemas, que se encargan de la medición del producto producido, el control de puertas y la dosificación de alimento. En este caso el PLC tiene la función de la comunicación con los dispositivos del sistema, después mediante un servidor OPC se integra a un sistema creado en Labview para el control del sistema. De acuerdo con Ojeda & Ochoa (2016, p.18), en su trabajo titulado “Repotenciación y automatización de una envasadora de líquidos vertical para la Corporación Bimarch CIA. LTDA.” Mediante la repotenciación y la automatización se planea darle mejor uso a una envasadora que se encuentra inactiva debido a que presenta fallos, para el presente proyecto se busca que la máquina envase bebidas de 100 ml, 160 ml, 250 ml y 300 ml. En la repotenciación se analiza el

estado inicial de los equipos y elementos de máquina para determinar cuáles se deben reemplazar y cuales reutilizar. En la automatización se emplea LOGO en el software LOGOSoft de la marca SIEMENS, mediante lenguaje de programación LADDER.

De acuerdo con Medina (2017, p.20), en su trabajo titulado “Desarrollo de una máquina envasadora y tapadora de yogurt para la fábrica lácteos San francisco.” Si se dosifica correctamente el producto, se puede reducir el tiempo de ciclo del proceso, trayendo consigo varios beneficios la empresa, para lo cual se debe determinar los requerimientos del cliente para encontrar una solución óptima. En este trabajo de titulación se decidió implementar una máquina envasadora lineal con dosificación volumétrica, la cual constaría de un sistema automatizado que es controlado con un PLC Siemens S7-1200, que se encarga de coordinar correctamente cada una de las diferentes funciones existentes de la máquina.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Viscosidad de un fluido

La viscosidad es la resistencia que tiene un líquido para fluir, el producto a dosificar es pulpa de fruta lo cual según la fruta tiene su grado de viscosidad, por lo tanto, se debe realizar diferentes pruebas para encontrar la presión óptima para que el pistón pueda realizar una correcta dosificación.

Al aumenta la temperatura del fluido, la energía cinética promedio es mayor, haciendo que las moléculas superen la fuerza de atracción entre ellas, obteniendo una disminución de viscosidad (Del Hierro & Siza, 2012, p.22).

2.2.2. Tipo de maquinaria

En el mercado existen diferentes máquinas para envasar, dependiendo de la forma de dosificar el producto, como la envasadora másica, la cual tiene celdas donde se acumula el producto hasta llegar a la masa especificada para realizar el llenado del envase, también existe la envasadora de dosificación volumétrica en la que se toma el volumen que se requiere y se dosifica, en este tipo de máquina es muy importante tomar en cuenta el lugar donde se encuentra el depósito, si se encuentra en la parte superior de la envasadora se puede utilizar la gravedad como medio de dosificación, pero si se encuentra por debajo o a nivel de la máquina se requiere una bomba para la circulación del producto hacia los envases, el esquema eléctrico y neumático de la máquina a reportar se lo encuentra en el anexo A y anexo B respectivamente del presente documento.

2.2.3. Automatización

En la actualidad la automatización es muy utilizada para optimizar y controlar la producción en las empresas.

En la automatización se debe realizar un sistema de control y un sistema de operación, el primer sistema consta de hardware y software los cuales tienen la función de controlar a los componentes del sistema de operación para que realicen el proceso determinado en la programación.

2.2.4. Repotenciación

La repotenciación es una técnica muy utilizada en la automatización ya que un Ingeniero industrial busca optimizar los recursos de la empresa en donde está laborando, al momento de automatizar un proceso se puede reutilizar piezas de una máquina, para esto se debe evaluar el estado de la máquina a repotenciar y verificar que componentes se pueden reutilizar y cuales se deben reemplazar.

Automatizar un proceso es una inversión para la empresa ya que ayudará a mejorar la eficiencia del proceso productivo y generar mayores ingresos.

2.2.5. Sistema de mando o control

El sistema de control tiene la función de mandar una señal al componente del sistema de operación para que ejecute una acción establecida en la programación.

La utilización de un módulo lógico inteligente es una buena opción, el más utilizado es LOGO de la marca Siemens, se lo puede conectar a una computadora mediante cable Ethernet o WiFi según el modelo, si se requiere mayor número de puertos se puede adicionar un módulo de expansión y para su programación se lo realiza con el software de LOGOSoft confort.

Los Arduino son microcontroladoras muy utilizados en la automatización y robótica, en este proyecto será utilizado para controlar los pasos que el motor debe girar según lo que se va a dosificar, el Arduino puede recibir señales desde el celular mediante un módulo bluetooth que se le conecte, lo cual ayuda al operario a que la utilización del sistema sea más fácil.

2.2.6. Sistema de operación

En el sistema de operación se va a utilizar componentes neumáticos, como la unidad de mantenimiento FLR para que filtre impureza, exista un flujo constante y para una correcta lubricación, también se requiere pistones y válvulas para realizar el proceso de dosificación.

Los sistemas de operación también consisten en motores y sistemas de transmisión los cual de igual manera reciben la señal para que realicen lo programado en el microcontrolador.

2.2.7. *Proceso productivo*

El proceso productivo es el conjunto de actividades secuenciales para la realización de un bien o servicio en una empresa, para su análisis es necesario la elaboración del diagrama de proceso y el diagrama de recorrido.

Los diagramas de procesos representan de forma gráfica el método de trabajo, simbolizan las actividades de operación, transporte, inspección, demora, almacén y acciones combinadas mediante signos convencionales normalizados (Villota, 2015, p.29).

El diagrama de recorrido representa el trayecto que efectúan los materiales sobre el plano de distribución de la maquinaria del taller.

Los símbolos utilizados en los diagramas mencionados se indican en la siguiente figura:










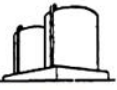










Operación  Un círculo grande indica una operación, como	 Clavar	 Mezclar	 Taladrar orificio
Transporte  Una flecha indica transporte, como	 Mover material mediante un carro	 Mover material mediante una banda transportadora	 Mover material transportándolo (mediante un mensajero)
Almacenamiento  Un triángulo representa almacenamiento, como	 Materia prima en algún almacenamiento masivo	 Producto terminado apilado sobre tarimas	 Archiveros para proteger documentación
Retrasos  Una letra D mayúscula indica un retraso, como	 Esperar un elevador	 Material en un camión o sobre el piso en una tarima esperando a ser procesado	 Documentos en espera a ser archivados
Inspección  Un cuadrado indica inspección, como	 Examinar material para ver si está bien en cuanto a cantidad y calidad	 Leer el medidor de vapor en el quemador	 Analizar las formas impresas para obtener información

Figura 1-2: Proceso productivo

Fuente: Niebel ; Freivalds. 2009

2.2.11. Carta de control

La carta de control es una herramienta de la calidad que permite dar seguimiento a la evolución de una característica medible de la producción, como el tiempo, el peso, la longitud, entre otras, para su aplicación se toma datos y se establece los límites de especificación (Gillet, 2015, p.146). En el siguiente gráfico se puede encontrar las diferentes partes de una carta de control, en este caso las unidades de estudio son kilogramos (kg).

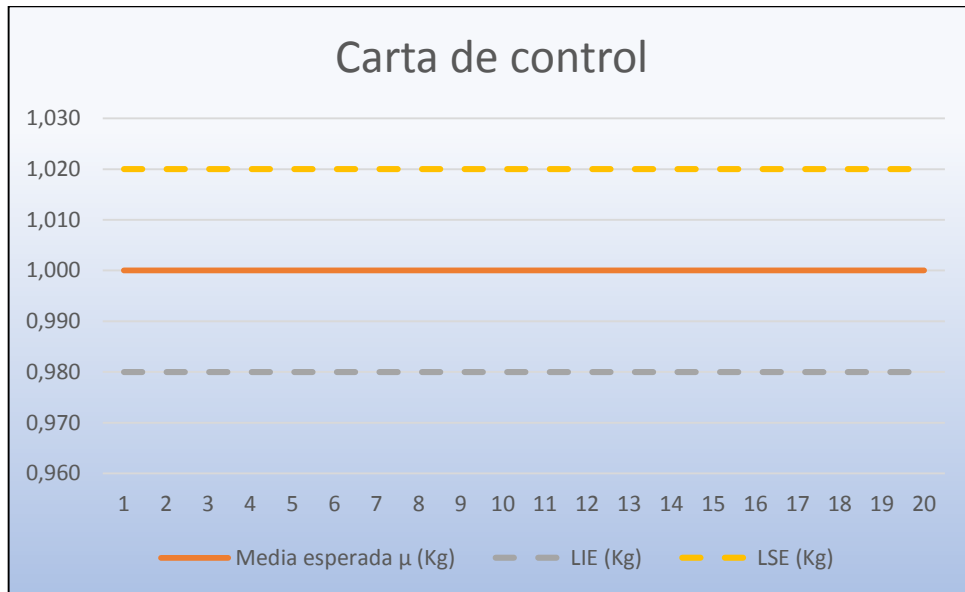


Gráfico 1-2: Carta de control y sus partes

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

2.2.12. Indicadores de la capacidad del proceso

2.2.12.1. Índice de capacidad potencial del proceso (Cp)

El Cp es el indicador de la capacidad potencial que tiene un proceso y se lo calcula con la siguiente formula:

Ecuación 1-2: Índice de capacidad potencial del proceso (Cp)

$$Cp = \frac{Es - Ei}{6\sigma}$$

En donde:

Es: Valor del límite superior que se puede tolerar.

Ei: Valor del límite inferior que se puede tolerar.

σ : Desviación estándar.

Según el valor que se obtenga en el cálculo del indicador C_p , se ubica en la siguiente tabla y se realiza las conclusiones respectivas.

Tabla 1-2: Categorías del proceso según el C_p

Valor Del índice C_p	Clase o categoría del proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
C_p	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
C_p	1	Adecuado.
C_p	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
C_p	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria
C_p ;	4	No adecuado para el trabajo. Requiere modificaciones serias.

Fuente: Humberto & de la Vara, 2009.

Realizado por: Hidalgo Fernando, 2021.

2.2.12.2. Índice de capacidad real del proceso C_{pk}

El C_{pk} es el indicador de la capacidad real de un proceso, considerado como un ajuste del índice C_p , , para el cálculo se utiliza la media central en la siguiente formula:

Ecuación 2-2: Índice de capacidad real del proceso C_{pk}

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{Es - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - Ei}{3\sigma} \right\}$$

Para la toma de decisión se debe especificar que sí $C_{pk} > 1,25$ el proceso es satisfactorio y capaz en realidad, pero si $C_{pk} < 1$ la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones, y se necesita controlar y mejorar el proceso (Humberto & de la Vara, 2009, p.105).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de Estudio

El presente trabajo es de carácter técnico que se llevará a cabo en la Procesadora Agroindustrial “Mis Frutales”. El proyecto parte de las necesidades y requerimientos identificados en el área de envasado de pulpa de fruta, ya que la máquina envasadora no realiza las funciones que la empresa requiere, teniendo que realizar el proceso manualmente, para la realización del proyecto y cumplimiento de los objetivos planteados se aplicará la repotenciación que es una técnica muy utilizada en la automatización.

3.2. Tipo de Investigación

3.2.1. *Investigación de Campo*

La investigación de campo se utilizó para analizar la situación inicial del proceso, de la máquina envasadora y para la obtención de los datos de las cantidades dosificadas (Kg) en cada producto, como también del tiempo empleado en el envasado.

3.2.2. *Investigación Documental*

La investigación documental se utilizó para obtener información acerca de la viscosidad, tipos de máquinas envasadoras y las maneras de dosificar un producto, se investigó también sobre la repotenciación como técnica de la automatización, especificando tanto el sistema de control como el sistema de mando, además se indagó sobre el proceso productivo y sus indicadores.

3.2.3. *Investigación Exploratoria*

La investigación exploratoria se utilizó para analizar posibles maneras de repotenciar la máquina envasadora y que brinde las funciones que la empresa requiere, como envasar productos de 100g, 500g y 1000g con una mínima variabilidad controlada.

3.3. Metodología

3.3.1. Método Inductivo

Los componentes del sistema de control y del sistema de operación que conforman la máquina repotenciada realizan la dosificación de la pulpa de fruta para su envasado y sellado.

3.3.2. Método Deductivo

La máquina envasadora repotenciada elabora productos de 100g, 500g y 1000g con una variabilidad controlada satisfaciendo las necesidades y requerimientos de los clientes de la empresa.

3.3. Procesamiento de Datos

3.3.1. Unidad de análisis

Los datos que se requieren para la aplicación de los indicadores son:

- La cantidad dosificadas en cada producto (kg).
- El tiempo empleado en el proceso (min).
- La cantidad total de producto envasado.

3.3.2. Técnica

La técnica que se utilizará es la observación directa del proceso, en el cual se anotará las cantidades dosificadas en cada producto, el tiempo empleado en el proceso y la cantidad total de producto envasado.

3.3.3. Instrumento

Con los datos obtenidos de la experimentación se procede al procesamiento de los datos con la aplicación de Excel que es herramienta muy utilizada para diferentes cálculos, dicha aplicación pertenece al grupo de aplicaciones de Office 365, de la cual la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo tiene la licencia correspondiente para sus estudiantes, con la ayuda de Excel se podrá calcular los indicadores especificados en capítulos anteriores para realizar las comparaciones necesarias y llegar a las debidas conclusiones.

3.4. Análisis del proceso productivo

Para analizar el proceso productivo se debe tener en cuenta que los productos que se realizan en la fábrica son de frutilla, guanábana, guayaba, mango, maracuyá, mora, naranjilla, piña, tamarindo, tomate, limón, naranja y taxo.

El proceso de ciertas frutas difiere de otras, para lo cual se ha clasificado en tres grupos para realizar los diagramas de proceso respectivos.

En el grupo 1 se encuentran las frutas que necesitan cocción como el taxo, tomate, tamarindo, naranjilla, mora, maracuyá, mango, guayaba, guanábana y frutilla

En el grupo 2 se encuentran las frutas que necesitan ser exprimidas como la naranja y limón.

En el grupo 3 se encuentran las frutas que necesitan ser trituradas como el coco y la piña.

Tabla 1-3: Diagrama de proceso del grupo 1

DIAGRAMA N° 01										Elaborado por:
DIAGRAMA DEL PROCESO TIPO MATERIAL										Hidalgo Castelo Fernando Mauricio
Metodo actual: X										Fecha:
Metodo propuesto:										2021-06-18
Proceso: Elaboracion de pulpa de fruta del grupo 1										Hoja 1
Sujeto del diagrama:										
El diagrama empieza en el almacenaje de la materia prima y termina en el almacenaje del producto terminado.										
N°	Distancia (m)	Tiempo (min)	N° Operación	Simbolo						Descripción del proceso
1			1							Almacén de materia prima, en donde se encuentra la fruta.
2	1,4	5	1							Transporte de la fruta desde el almacén de materia prima a la sección de lavado y desinfectado.
3		10	1							Lavado y desinfectado de la fruta.
4	1,2	5	2							Transporte de la fruta lavada desde la sección de lavado a la sección de cocción.
5		35	2							Cocinado de la fruta.
6	3,4	4	3							Transporte de la fruta semiprocesada desde la sección de cocción a la sección de despulpado.
7		3	1							Inspección.
8		28	3							Despulpado de la fruta semiprocesada.
9		20	4							Homogenizado de la pulpa.
10	4	2	4							Transporte de la pulpa de fruta desde la sección de despulpado a la sección de envasado.
11		65	1							Envasado, inspección y sellado de la pulpa de fruta.
12	8	3	5							Transporte de la pulpa envasada desde la sección de envasado a la sección de etiquetado.
13		10	5							Etiquetado del envase con la pulpa de fruta.
14	6	3	6							Transporte producto terminado desde la sección de etiquetado al cuarto frío el cual es el almacén del producto terminado.
15			2							Almacén de producto terminado. (cuarto frío)

Fuente: Procesadora Agroindustrial Mis Frutales

Realizado por: Hidalgo Fernando, 2021.

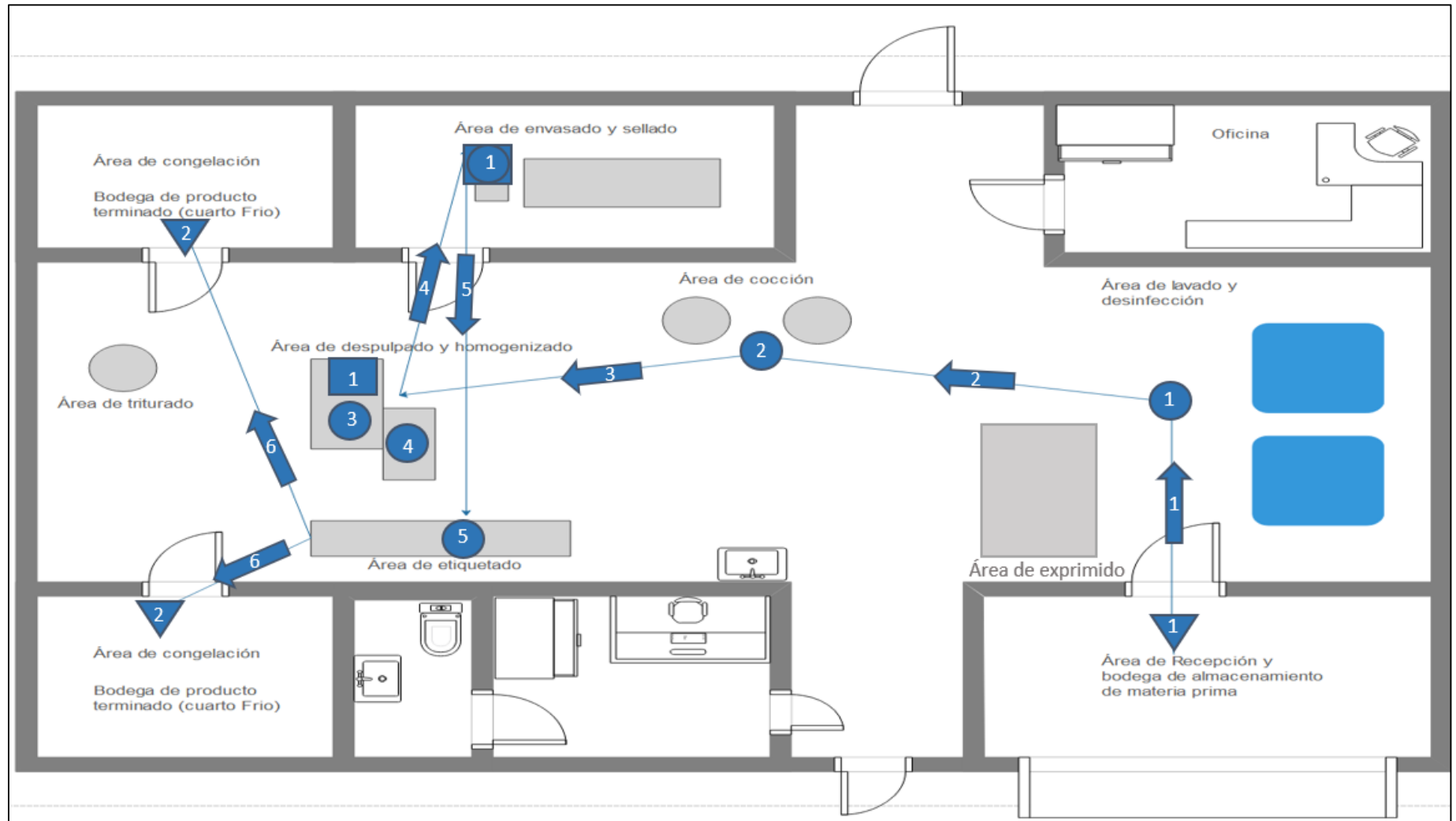


Figura 1-3: Diagrama de recorrido de la elaboración del grupo 1 de pulpa de fruta

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

Tabla 2-3: Diagrama de proceso del grupo 2

DIAGRAMA N° 02										Elaborado por:
DIAGRAMA DEL PROCESO TIPO MATERIAL										Hidalgo Castelo Fernando Mauricio
Metodo actual: X										Fecha:
Metodo propuesto:										
Proceso: Elaboracion de pulpa de fruta del grupo 2										2021-06-25
Sujeto del diagrama:										Hoja 1
El diagrama empieza en el almacenaje de la materia prima y termina en el almacenaje del producto terminado.										Descripcion del proceso
N°	Distancia (m)	Tiempo (min)	N° Operación	Simbolo						
1			1	○	→	□	⊂	▽	⊕	Almacén de materia prima, en donde se encuentra la fruta.
2	1,4	5	1	○	→	□	⊂	▽	⊕	Transporte de la fruta desde el almacén de materia prima a la sección de lavado y desinfectado.
3		10	1	●	→	□	⊂	▽	⊕	Lavado y desinfectado de la fruta.
4	0,6	2,5	2	○	→	□	⊂	▽	⊕	Transporte de la fruta lavada desde la sección de lavado a la sección de exprimido.
5		35	2	●	→	□	⊂	▽	⊕	Exprimido de la fruta.
6	4	1,5	3	○	→	□	⊂	▽	⊕	Transporte de la fruta semiprocada desde la sección de cocción a la sección de despulpado.
7		3	1	○	→	■	⊂	▽	⊕	Inspección.
8		28	3	●	→	□	⊂	▽	⊕	Despulpado de la fruta semiprocada.
9		20	4	●	→	□	⊂	▽	⊕	Homogenizado de la pulpa.
10	4	2	4	○	→	□	⊂	▽	⊕	Transporte de la pulpa de fruta desde la sección de despulpado a la sección de envasado.
11		65	1	○	→	□	⊂	▽	●	Envasado, inspección y sellado de la pulpa de fruta.
12	8	3	5	○	→	□	⊂	▽	⊕	Transporte de la pulpa envasada desde la sección de envasado a la sección de etiquetado.
13		10	5	●	→	□	⊂	▽	⊕	Etiquetado del envase con la pulpa de fruta.
14	6	3	6	○	→	□	⊂	▽	⊕	Transporte producto terminado desde la sección de etiquetado al cuarto frio el cual es el almacén del producto terminado.
15			2	○	→	□	⊂	▽	⊕	Almacén de producto terminado. (cuarto frio)

Fuente: Procesadora Agroindustrial Mis Frutales

Realizado por: Hidalgo Fernando, 2021.

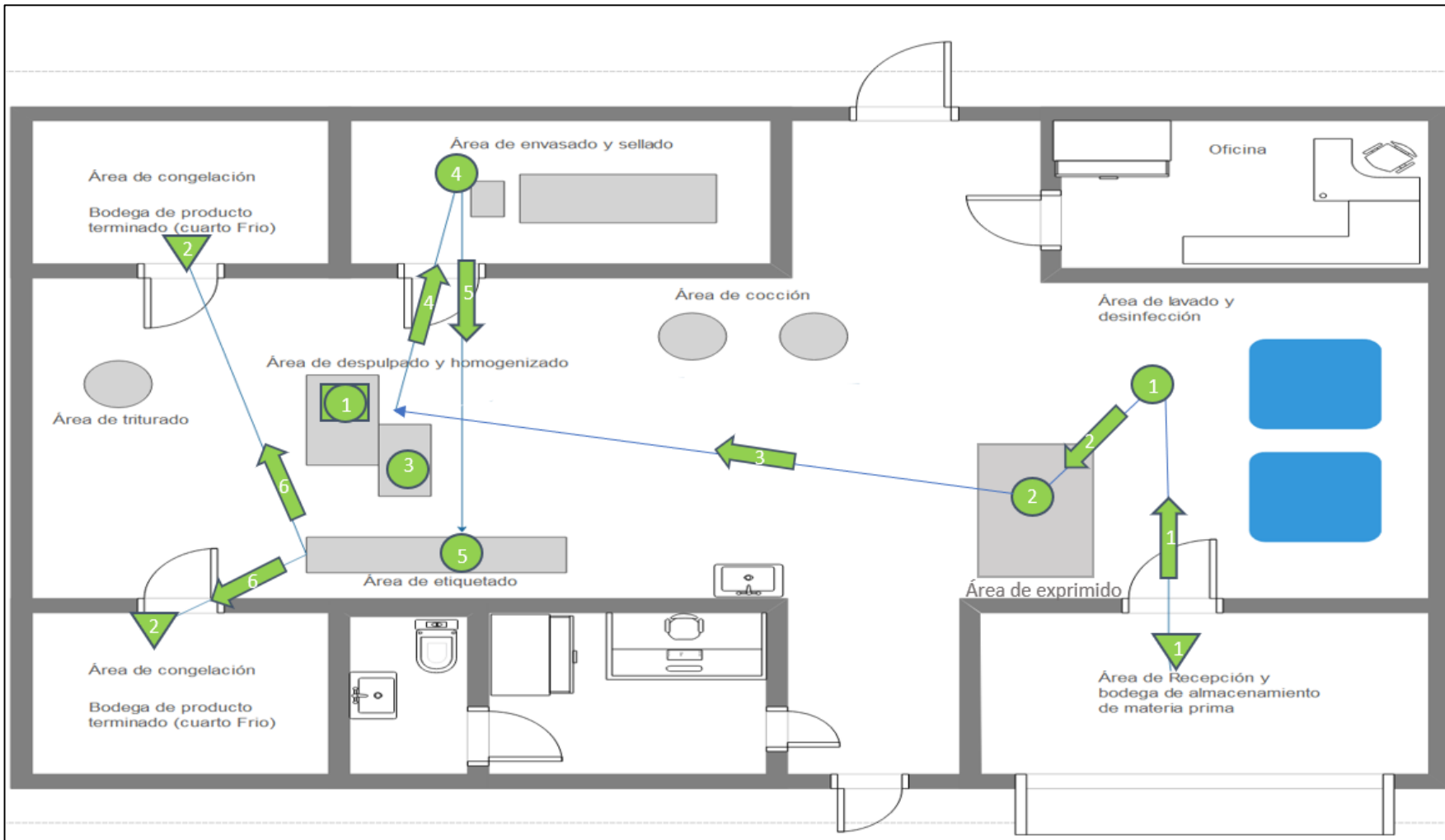


Figura 2-3: Diagrama de recorrido de la elaboración del grupo 2 de pulpa de fruta

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

Tabla 3-3: Diagrama de proceso del grupo 3

DIAGRAMA N° 03										Elaborado por:
DIAGRAMA DEL PROCESO TIPO MATERIAL										Hidalgo Castelo Fernando Mauricio
Metodo actual: X										Fecha:
Metodo propuesto:										
Proceso: Elaboracion de pulpa de fruta del grupo 3										2021-06-25
Sujeto del diagrama:										Hoja 1
El diagrama empieza en el almacenaje de la materia prima y termina en el almacenaje del producto terminado.										Descripción del proceso
N°	Distancia (m)	Tiempo (min)	N° Operación	Símbolo						
1			1	○	→	□	D	▽	⊗	Almacén de materia prima, en donde se encuentra la fruta.
2	1,4	5	1	○	→	□	D	▽	⊗	Transporte de la fruta desde el almacén de materia prima a la sección de lavado y desinfectado.
3		10	1	●	→	□	D	▽	⊗	Lavado y desinfectado de la fruta.
4	5,8	9,6	2	○	→	□	D	▽	⊗	Transporte de la fruta lavada desde la sección de lavado a la sección de triturado
5		25	2	●	→	□	D	▽	⊗	Triturado de la fruta
6	1,2	0,6	3	○	→	□	D	▽	⊗	Transporte de la fruta semiprocada desde la sección de cocción a la sección de despulpado.
7		3	1	○	→	■	D	▽	⊗	Inspección.
8		28	3	●	→	□	D	▽	⊗	Despulpado de la fruta semiprocada.
9		20	4	●	→	□	D	▽	⊗	Homogenizado de la pulpa.
10	4	2	4	○	→	□	D	▽	⊗	Transporte de la pulpa de fruta desde la sección de despulpado a la sección de envasado.
11		65	1	○	→	□	D	▽	●	Envasado, inspección y sellado de la pulpa de fruta.
12	8	3	5	○	→	□	D	▽	⊗	Transporte de la pulpa envasada desde la sección de envasado a la sección de etiquetado.
13		10	5	●	→	□	D	▽	⊗	Etiquetado del envase con la pulpa de fruta.
14	6	3	6	○	→	□	D	▽	⊗	Transporte producto terminado desde la sección de etiquetado al cuarto frío el cual es el almacén del producto terminado.
15			2	○	→	□	D	▽	⊗	Almacén de producto terminado. (cuarto frío)

Fuente: Procesadora Agroindustrial Mis Frutales

Realizado por: Hidalgo Fernando, 2021.

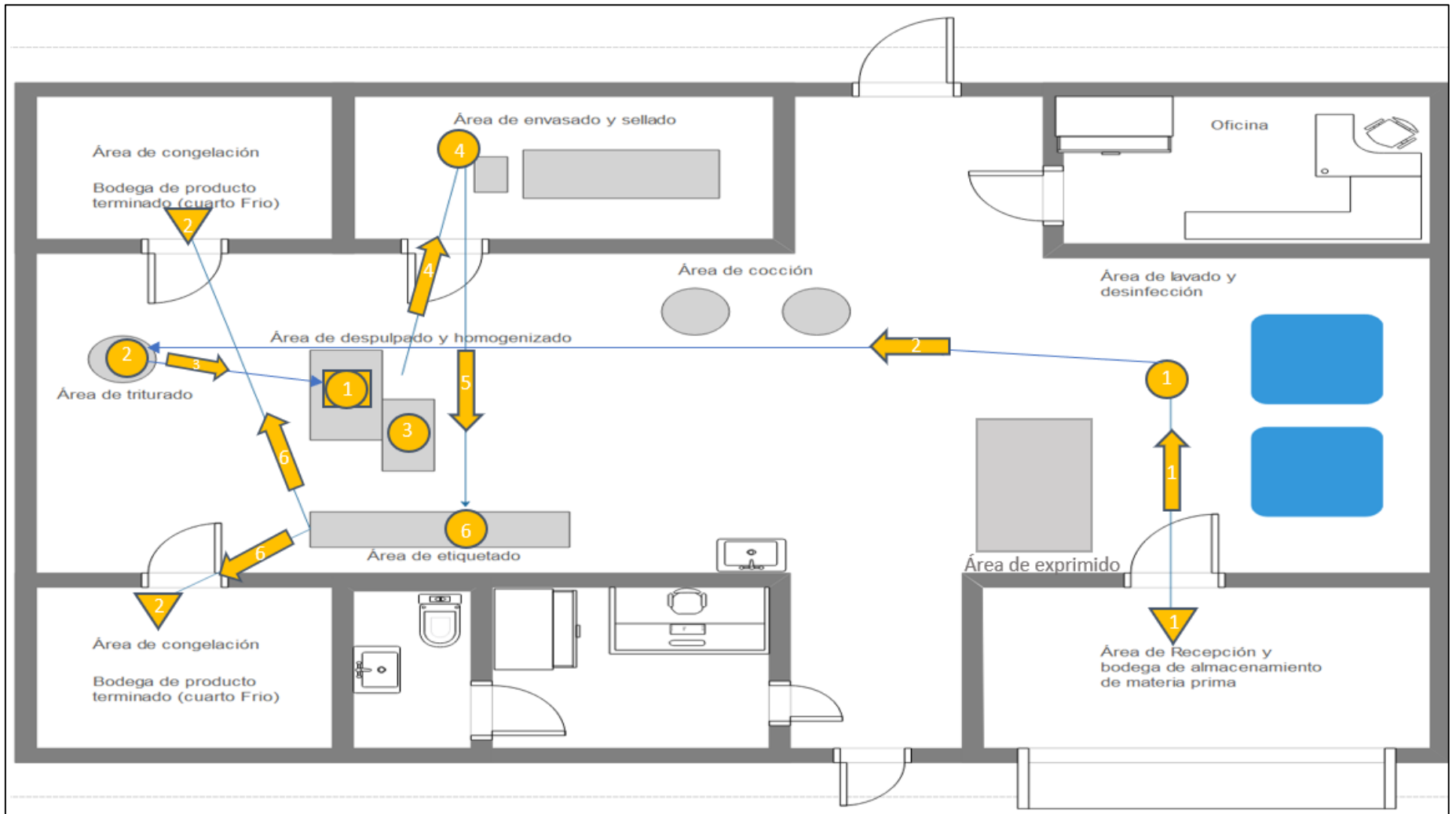


Figura 3-3: Diagrama de recorrido de la elaboración del grupo 1 de pulpa de fruta

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

Al observar los diferentes procesos de la Procesadora Agroindustrial “Mis frutales” se puede evidenciar que todas las líneas de producción llegan al proceso de envasado, el cual presenta un tiempo de realización alto, con la implementación del presente proyecto se puede mejorar el tiempo empleado en el proceso.

3.4.1. *Situación inicial del proceso de envasado*

Para determinar la situación inicial del sistema de envasado de pulpa de fruta, se cronometró el tiempo empleado en el proceso, se anotó la cantidad que se envasa en cada producto y la cantidad total de envases producidos en el tiempo cronometrado.



Figura 4-3: Toma de Datos de la situación inicial

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

El proceso actual del envasado se lo realiza por tres operadores, el primer operador se encarga de llenar los envases, el segundo operador se encarga de controlar la cantidad de producto envasado dentro de las tolerancias de la empresa y el tercer operario se encarga de sellar y ubicar al producto en el anaquel móvil.

El día 25 de junio del 2021 que se estaba envasando pulpa de limón, se realizó la toma de datos requeridos para el análisis respectivo.

El proceso empezó a las 15h50 y terminó a las 16h55, el tiempo exacto que duró el proceso fue de 1 hora, 4 minutos y 46 segundos, en el que se envasó 458 unidades de 1Kg.

En la tabla 5-3 se encuentran especificado las cantidades de producto que se colocaba en cada envase, con el fin de realizar la carta de control y calcular la capacidad actual que tienen el proceso con los indicadores C_p y C_{pk} mencionados en el capítulo anterior.

Tabla 4-3: Datos obtenidos para los cálculos indicados.

Muestras	Medición de peso (Kg)					Media μ (Kg)	Media esperada μ (Kg)	LIE (Kg)	LSE (Kg)
	T1	T2	T3	T4	T5				
1	1,010	1,020	1,020	1,010	1,010	1,014	1,000	0,980	1,020
2	1,010	1,010	1,000	1,000	1,020	1,008	1,000	0,980	1,020
3	1,020	1,020	1,000	1,010	1,010	1,012	1,000	0,980	1,020
4	1,010	1,010	1,020	1,010	1,010	1,012	1,000	0,980	1,020
5	1,010	1,020	1,020	1,010	1,020	1,016	1,000	0,980	1,020
6	1,010	1,010	1,020	1,000	1,010	1,010	1,000	0,980	1,020
7	1,020	1,010	1,010	1,020	1,010	1,014	1,000	0,980	1,020
8	1,010	1,020	1,020	1,000	1,010	1,012	1,000	0,980	1,020
9	1,020	1,020	1,020	1,010	1,010	1,016	1,000	0,980	1,020
10	1,020	1,010	1,010	1,020	1,010	1,014	1,000	0,980	1,020
11	1,010	1,020	1,020	1,010	1,020	1,016	1,000	0,980	1,020
12	1,000	1,010	1,010	1,020	1,010	1,010	1,000	0,980	1,020
13	1,010	1,020	1,010	1,020	1,020	1,016	1,000	0,980	1,020
14	1,020	1,000	1,010	1,020	1,020	1,014	1,000	0,980	1,020
15	1,010	1,020	1,000	1,010	1,010	1,010	1,000	0,980	1,020
16	1,010	1,020	1,010	1,020	1,010	1,014	1,000	0,980	1,020
17	1,020	1,000	1,000	1,010	1,020	1,010	1,000	0,980	1,020
18	1,010	1,020	1,020	1,010	1,010	1,014	1,000	0,980	1,020
19	1,000	1,000	1,010	1,010	1,000	1,004	1,000	0,980	1,020
20	1,010	1,020	1,010	1,010	1,020	1,014	1,000	0,980	1,020
				Media μ (Kg) =		1,013			

Fuente: Procesadora Agroindustrial Mis Frutales

Realizado por: Hidalgo Fernando, 2021.

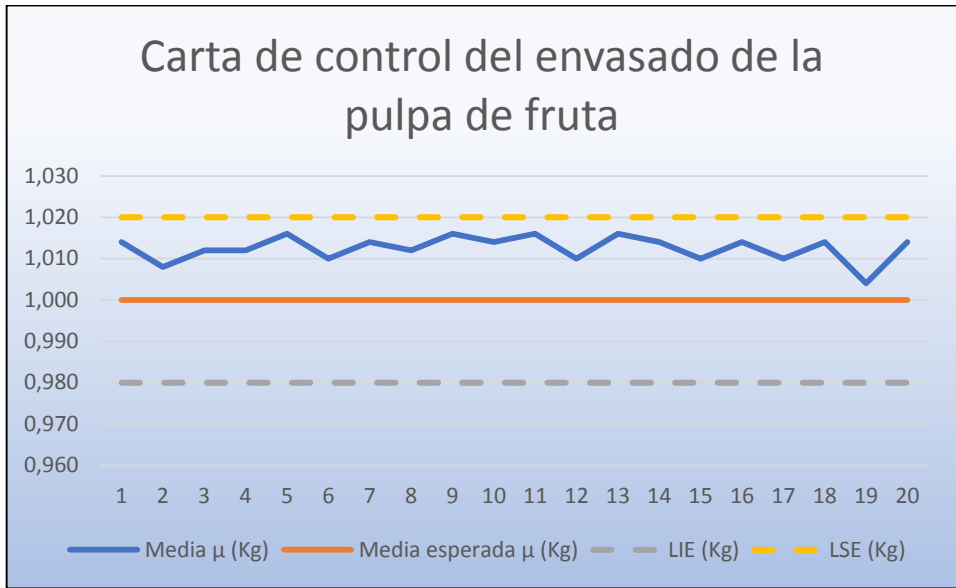


Gráfico 1-3: Carta de control de la situación inicial del proceso de envasado

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

La carta de control indica que el proceso de estudio se encuentra dentro de los límites de tolerancia de la empresa, pero es importante especificar que la cantidad que se envasa estaba sobre lo ideal, con la implementación del proyecto se obtendría un proceso centralizado.

En la siguiente tabla se encuentra los datos requeridos para calcular los indicadores C_p y C_{pk} con las fórmulas descritas en el capítulo 2.

Tabla 5-3: Datos para el cálculo de los indicadores C_p

Datos	
Es	1,020
Ei	0,980
μ	1,013
σ	0,006723245

Fuente: Procesadora Agroindustrial Mis Frutales

Realizado por: Hidalgo Fernando, 2021.

El C_p se calcula de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{Es - Ei}{6\sigma}$$

$$C_p = \frac{1,020 - 0,980}{6 * (0.00672324476737388)}$$

$$C_p = 0,99$$

Debido a que el valor obtenido de C_p es menor que 1, se le ubica en la categoría 3, con lo cual se concluye que se necesita realizar un análisis del proceso ya que se requiere implementar modificaciones para alcanzar una calidad satisfactoria del mismo.

El C_{pk} se calcula de la siguiente manera:

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{Es - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - Ei}{3\sigma} \right\}$$

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{1,020 - 1,013}{3 * (0.00672324476737388)}, \frac{1,013 - 0,980}{3 * (0.00672324476737388)} \right\}$$

$$C_{pk} = \min\{0,39; 1,83\}$$

$$C_{pk} = 0,35$$

Al realizar el C_{pk} se concluye que al ser menor que 1, el proceso no cumple con por lo menos una de las especificaciones, lo cual significa que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones.

En la siguiente figura se muestra la campana de Gauss de los datos de la Tabla 5-3 en la cual se puede evidenciar que el nivel actual sigma es de 1,2 y además se puede comparar que el valor C_{pk} resulta el mismo que calculamos anteriormente.

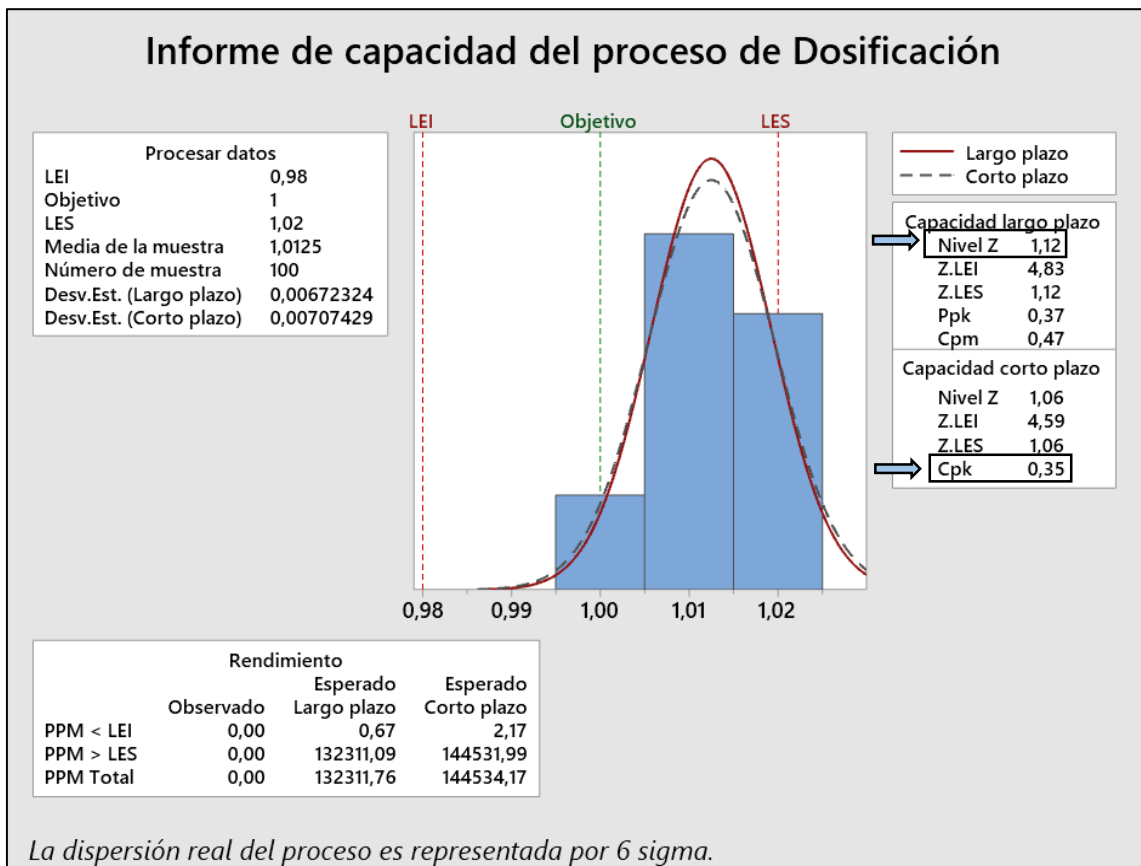


Gráfico 2-3: Situación inicial del proceso de envasado

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

3.6. Mapa del proceso

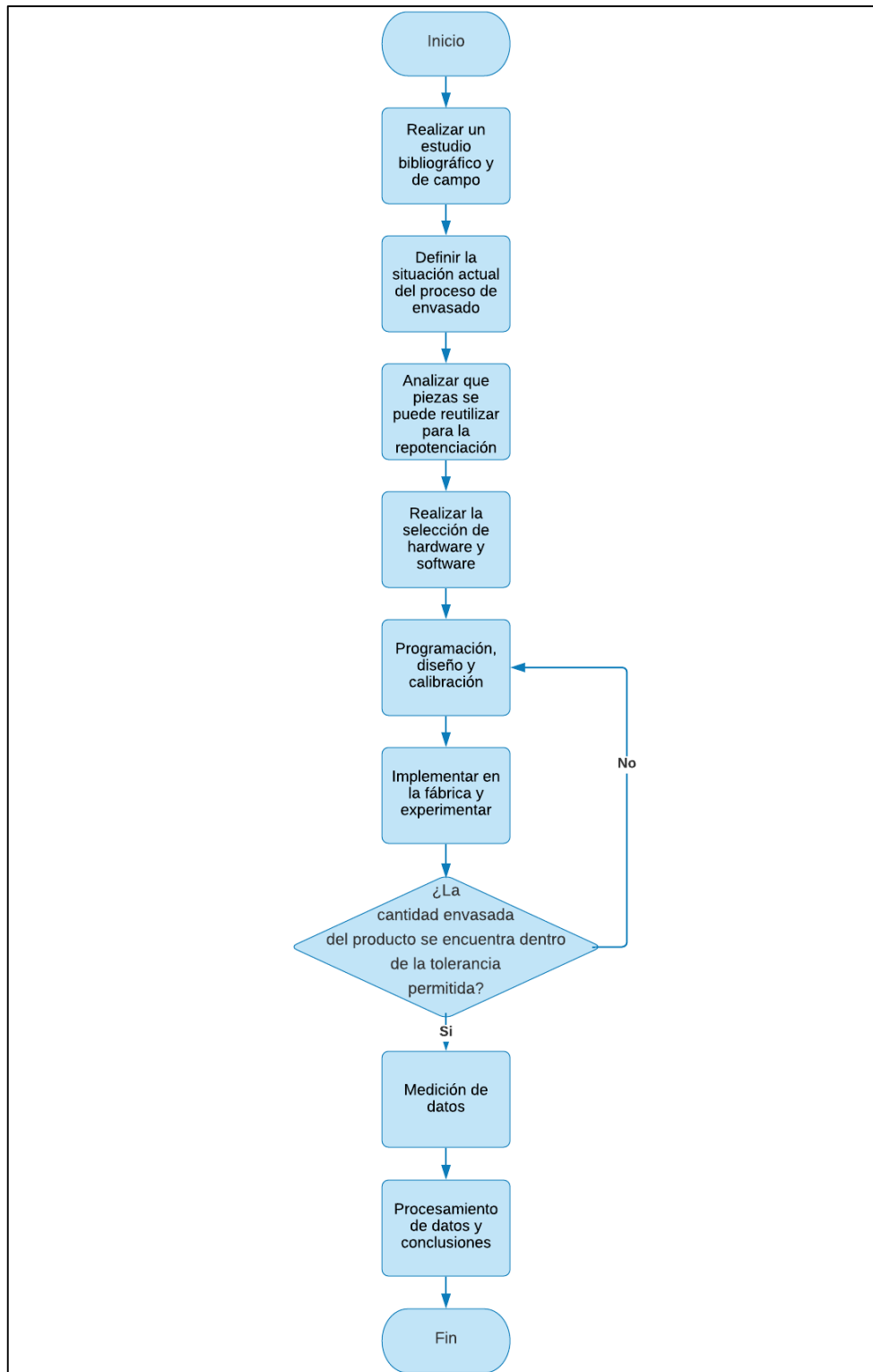


Gráfico 3-3: Mapa del proceso de la elaboración del trabajo de titulación

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

3.7. Componentes implementados

3.7.1. Características del motor

El motor que se utilizó en el sistema de control de la cantidad a dosificar es el motor paso a paso NEMA 23 el cual es un motor bipolar de 4 hilos que tiene un ángulo de paso de 1,8 y un par de sujeción de 1,2 Nm.

Tabla 6-3: Especificaciones del motor NEMA 23

Especificaciones Generales			
Ángulo de paso (°)	1,8	Aumento de temperatura (°C)	80 (Max)
AMPS/Fase	2,80	Temperatura ambiente (°C)	-10 +50
Inercia del rotor (g-cm ²)	300	Clase de aislamiento	Clase B 130 °C
Número de fase	2	Resistencia de aislamiento (MΩ)	100 min (500VDC)
Precisión de paso (no acumulable)	±5%	Resistencia por fase (± 10% Ω) a 25 °C)	0,9
Humedad del ambiente max.	85% (Sin condensación)	Inductancia por fase (± 20% mH) a 1KHz)	2,6
Peso (Kg)	1,05	Par de sujeción (N.m)	1,2

Fuente: STEPPERONLINE

Realizado por: Hidalgo Fernando, 2021.

Tabla 7-3: Bobinado del motor NEMA 23

TIPO DE CONECCIÓN EXTERNA		MOTOR	
N° Pin	BIPOLAR	LEADS	Winding
1	A+	BLK	
2	A-	GRN	
3	B+	RED	
4	B-	BLU	

Fuente: STEPPERONLINE

Realizado por: Hidalgo Fernando, 2021.

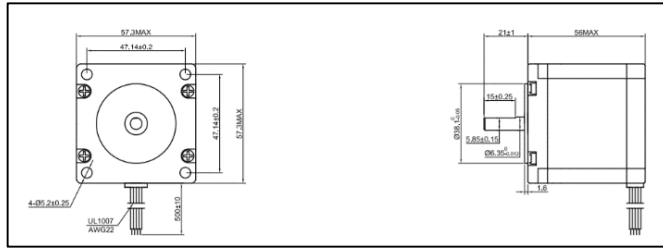


Figura 5-3: Dimensiones del motor NEMA 23

Fuente: Stepperonline. 2020



Figura 6-3: Motor NEMA 23

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

3.7.2. Driver de control del motor paso a paso

El Driver que se utiliza para controlar el motor NEMA 23 es el HY-DIV268N-5A que tiene la facilidad de realizar cambios de giro con los puertos (DIR+, DIR-) y también que motor gire paso por paso con los puertos (PUL+, PUL-) dando precisión en el posicionamiento.

Según el datasheet del producto se especifica que se necesita una fuente de alimentación DC 12 ~ 48V y una corriente de entrada de 1 a 5 amperios, en nuestro caso utilizaremos una fuente de poder de DC 12V y de 5A.



Figura 7-3: Controlador del motor NEMA 23

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

El driver se configuró para que el amperaje de salida sea de 2.5 A, con un micro paso de 1/8 para tener el torque que se requiere y para que el motor tenga una vida útil adecuada, estos parámetros se eligieron con las especificaciones de la tabla 8-4 como también por las pruebas que se realizaron, con esta combinación se evita que exista vibración debido a la velocidad.



Figura 8-3: Configuración escogida para el driver HY-DIV268N-5A

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

El control del driver se lo realizará mediante la programación establecida en el Arduino UNO, que tendrá conectado un módulo bluetooth para que el operario pueda controlar el sistema implementado desde el celular.

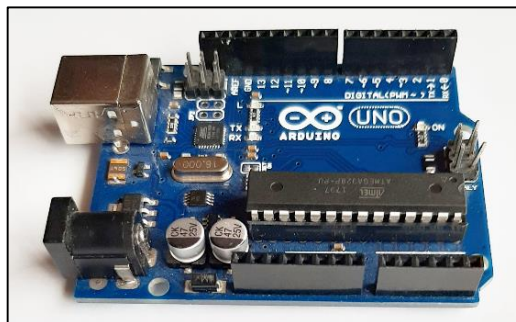


Figura 9-3: Arduino uno

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

3.7.3. Características del sistema de transmisión

El sistema de transmisión empleado para calibrar la carrera del pistón dosificador se lo realiza mediante el engranaje conductor ($z=10$, $d=35\text{mm}$) conectado al eje del motor y el engranaje conducido ($z=50$, $d=155\text{mm}$) conectado al eje del regulador de carrera del pistón.

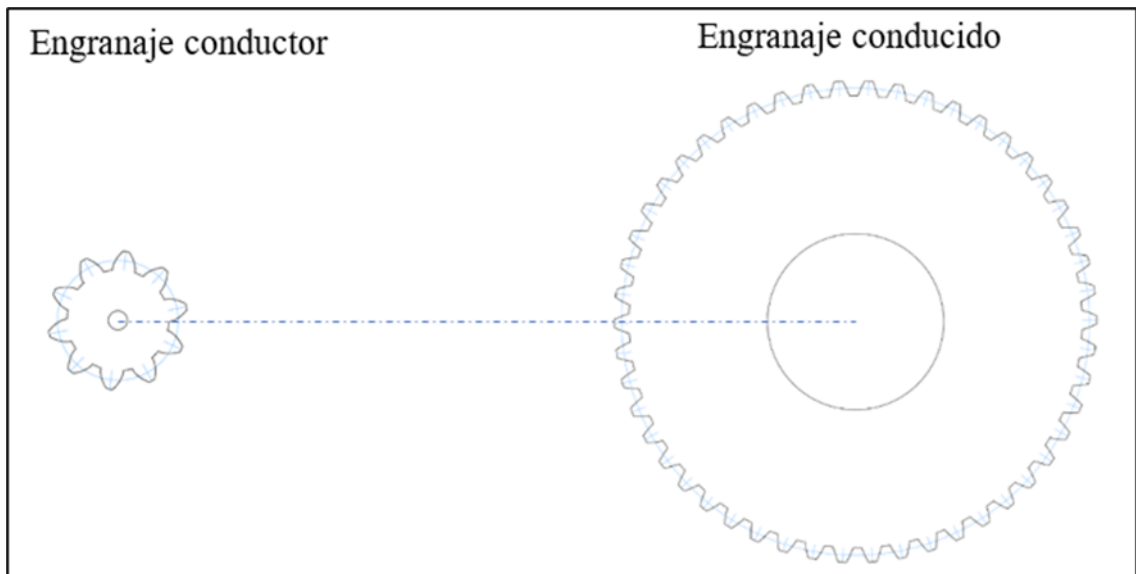


Figura 10-3: Boceto de los engranajes del sistema de transmisión

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

Conociendo estos datos y las características del motor, se calcula la relación de transmisión (i) de la siguiente manera:

$$i = \frac{Z_2}{Z_1}$$

$$i = \frac{50 \text{ dientes}}{10 \text{ dientes}}$$

$$i = 5$$

El valor calculado nos indica que la relación de transmisión del sistema es de 5, es decir, que por cada 5 vueltas que realice el motor, el eje regulador del pistón realizará una vuelta como se puede comprobar en la tabla 8-4.

Sabiendo que el ángulo de paso del motor es de $1,8^\circ$ se calcula el número de pasos por revolución de la siguiente manera:

$$\#p_{rev} = \frac{360^\circ}{\text{ángulo de paso 1}}$$

$$\#p_{rev} = \frac{360^\circ}{1,8^\circ}$$

$$\#p_{rev} = 200 \text{ pasos por revolución}$$

Teniendo estos datos se puede encontrar el ángulo de paso del eje conducido (eje regulador de carrera).

$$i = \frac{\text{ángulo de paso 2}}{\text{ángulo de paso 1}}$$

$$\text{ángulo de paso 1} = \frac{\text{ángulo de paso 2}}{i}$$

$$\text{ángulo de paso 1} = \frac{1,8^\circ}{5}$$

$$\text{ángulo de paso 1} = 0,36^\circ$$

Sabiendo que el ángulo de paso de la parte conducida del sistema es de 9° se puede calcular cuantos pasos se necesitan para realizar una revolución de la siguiente manera:

$$\#p_{rev} = \frac{360^\circ}{\text{ángulo de paso 2}}$$

$$\#p_{rev} = \frac{360^\circ}{0,36^\circ}$$

$$\#p_{rev} = 1\ 000 \text{ pasos por revolución}$$

Con los cálculos realizados podemos concluir que la relación de transmisión obtenida ($i=5$) también se cumple en el número de pasos por revolución, ya que se requiere 5 veces el número de pasos que el motor da en una vuelta para realizar el número de pasos para una revolución del eje de regulación.

3.7.4. Implementación del Sistema de transmisión

Para la implementación del proyecto se necesitan adquirir los engranajes mencionados en el numeral anterior y en el caso del piñón conducido se le realiza una nueva manzana para colocarlo en el eje regulador de carrera del pistón.



Figura 11-3: Engranajes del sistema de transmisión

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

Luego se procede a realizar en las manzanas de los engranajes dos prisioneros para poder ajustar y desajustar de una mejor manera el engranaje de sus ejes.

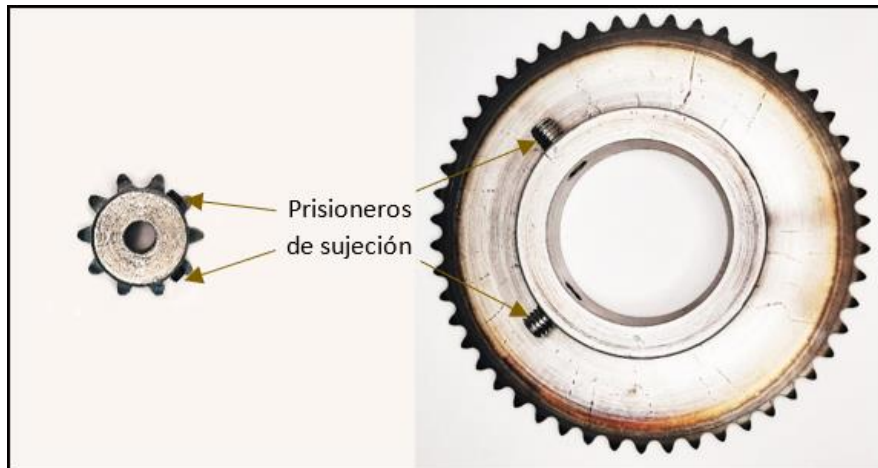


Figura 12-3: Implementación de prisioneros de sujeción

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

Luego de realizar los trabajos indicados en el torno se procede a colocar los engranajes en el eje del motor y en el eje regulador del pistón quedando de la siguiente manera:

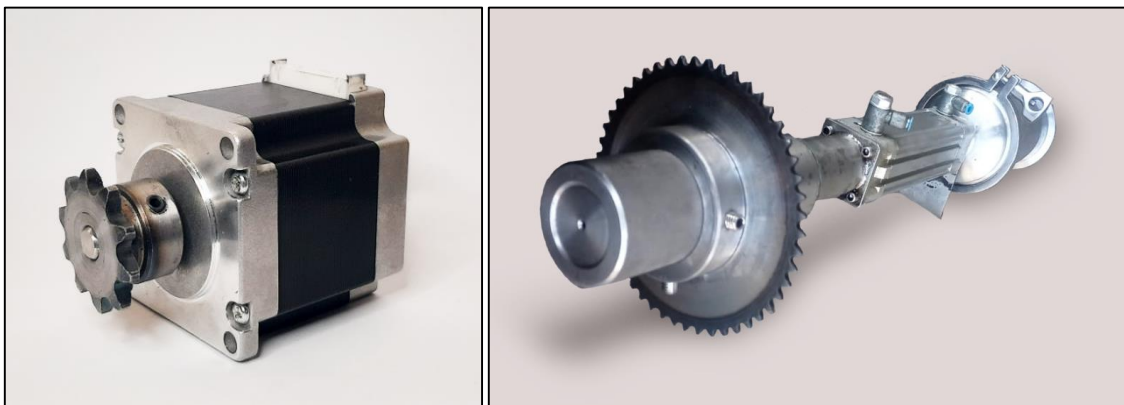


Figura 13-3: Implementación de prisioneros de sujeción

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

Para ajustar y desajustar los prisioneros se utiliza una llave hexagonal #2,0 y una #3,5 respectivamente.

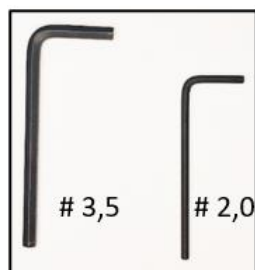


Figura 14-3: Llaves para los prisioneros de sujeción

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

Al momento de regular la carrera del pistón mediante giros del eje, este se desplaza en la dirección indicada en la Figura 19-4, por tal motivo se debe implementar un sistema de riel en el cual se ubique el motor para que los engranajes se encuentren alineados en todo momento.



Figura 15-3: Desplazamiento del eje regulador

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

El modelo del sistema de riel implementado para el motor es el siguiente:



Figura 16-3: Modelo del sistema de rieles para el motor

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

Quedando de la siguiente manera la implementación del sistema de regulación automática:

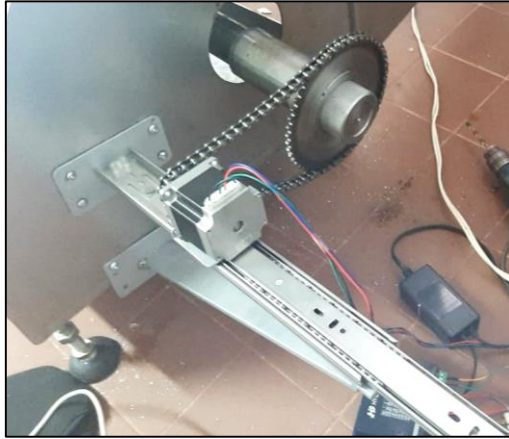


Figura 17-3: Implementación del sistema

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

3.7.5. *Escala de medición implementada*

Mediante prueba y error se realizaron diferentes dosificaciones para realizar la escala de medición en el eje regulador indicada en la Figura 22-4 en la que cada unidad representa 100g.



Figura 18-3: Calibración para la dosificación

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

3.8. Programación implementada

La programación que se encuentra subida al Arduino UNO, la cual nos permite leer la señal que el módulo bluetooth recibe de la aplicación instalada en el celular del operador (Figura 25-4) , según la señal que reciba el Arduino se efectúa la condición de esta señal, por ejemplo si el operador aplasta el botón de 100g, el Arduino leerá la letra “a” y se ejecutará el número de pulsaciones necesarias para llegar a las cuatro vueltas del motor mediante el controlador HY-DIV268N-5A, siguiendo el siguiente diagrama de flujo:

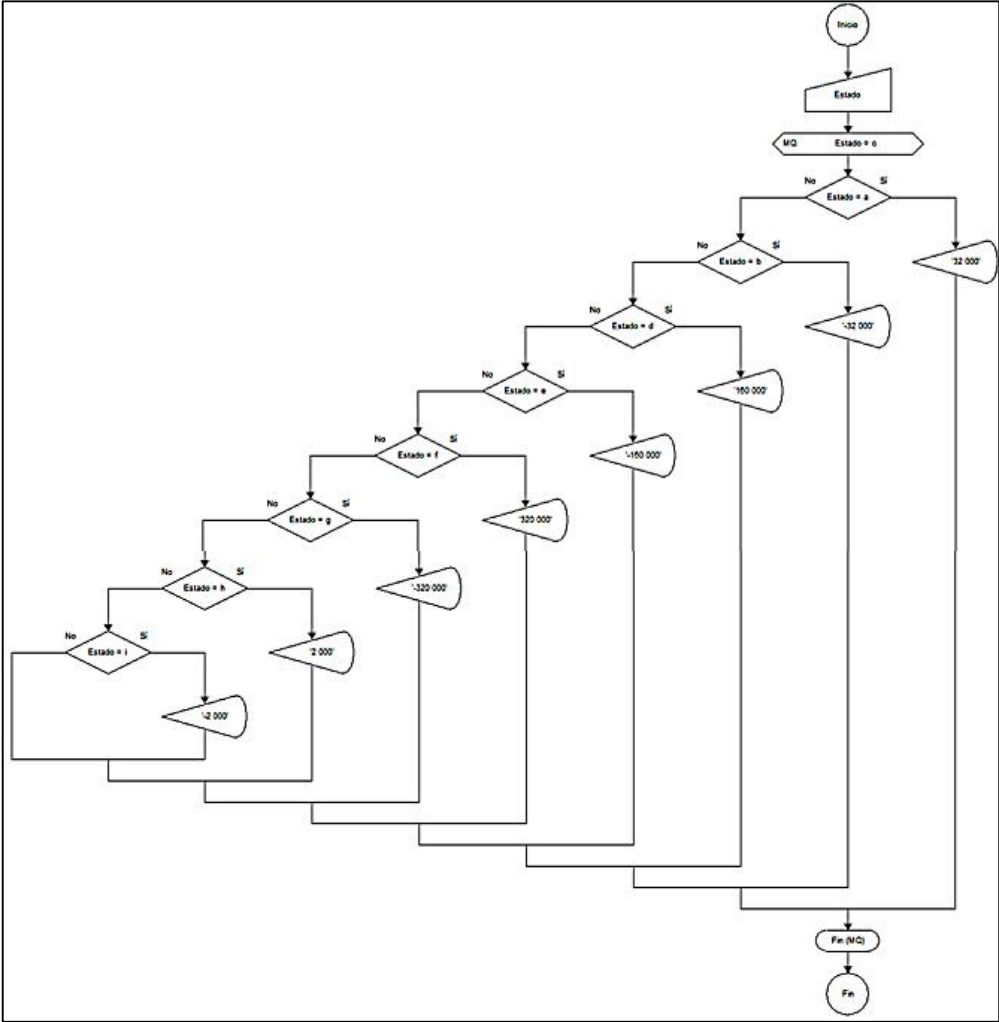


Gráfico 4-3: Esquema de conexión del Arduino, controlador y motor

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

La conexión de los diferentes componentes se encuentra especificado en la siguiente figura:

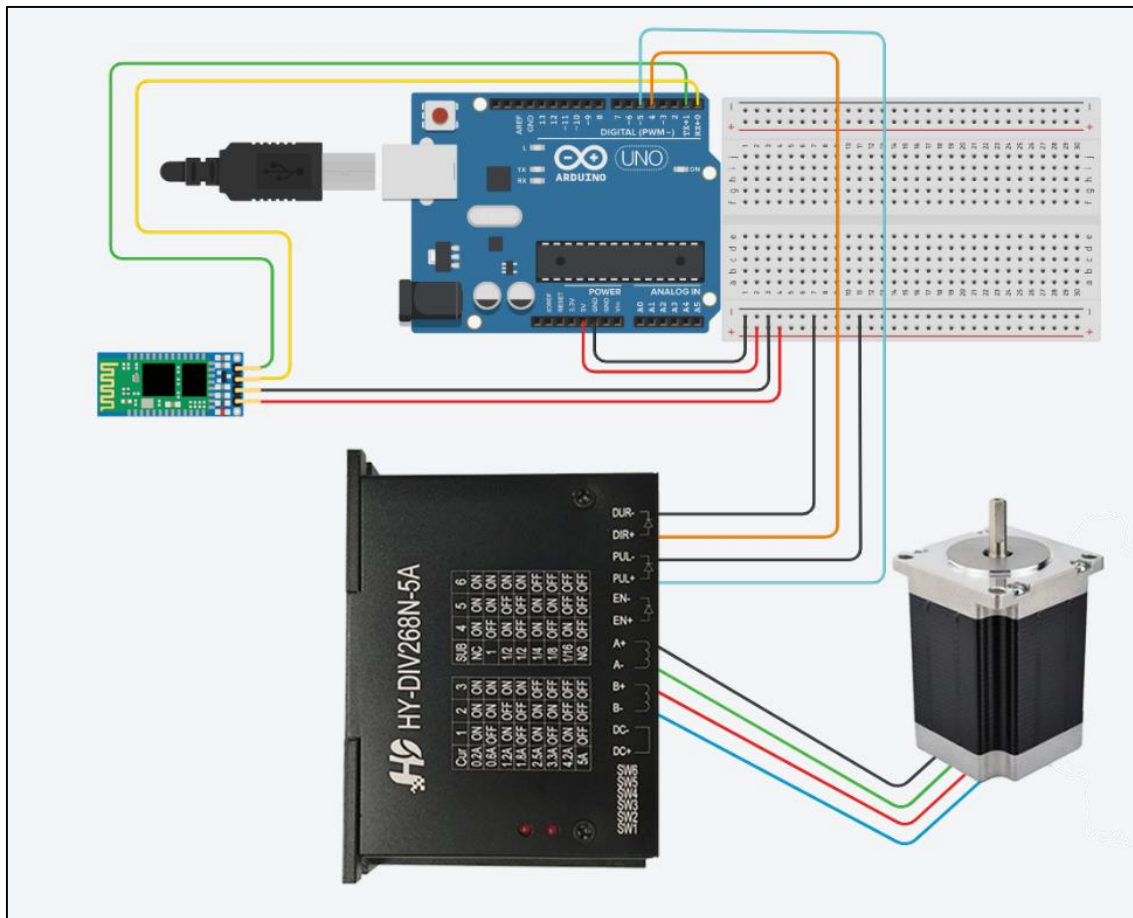


Figura 19-3: Esquema de conexión del Arduino, controlador y motor

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

Tabla 8-3: Terminales del Arduino UNO

Arduino	HC-06 (TX)	HC-06 (RX)	+DIR	+PUL
Terminal 0 (RX)	IN			
Terminal 1 (TX)		OUT		
Terminal 4			OUT	
Terminal 5				OUT

Realizado por: Hidalgo Fernando, 2021.

La aplicación realizada para el celular tiene la siguiente interfaz:



Figura 20-3: Aplicación de control

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

Mediante diferentes pruebas se determinaron el número de pasos y de pulsos que se requiere para regular el eje de carrera del pistón y que dosifique las cantidades necesita la empresa.

Tabla 9-3: Número de pasos y pulsos necesarios para la dosificación.

	NÚMERO DE VUELTAS		
	MOTOR	EJE REGULADOR	MICROPASO (1/8)
-	5	1	8000
100G	20	4	32000
500G	100	20	160000
1 000G	200	40	320000

Realizado por: Hidalgo Fernando, 2021.

Como se puede observar se cumple la relación de transmisión de $i=5$.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

En el eje regulador de carrera del pistón de la máquina envasadora a repotenciar se realizó una escala de medición mediante prueba y error para saber en qué posición debe encontrar el eje regulador y dosificar las cantidades que la empresa necesita (100g, 500g y 1000), para que el posicionamiento del eje siempre sea preciso se implementó un sistema de transmisión mediante engranajes y cadena que irán conectados al eje de regulación y a un motor paso a paso NEMA 23, de esta forma el operario tendrá que escoger una de las tres cantidades que necesita dosificar mediante la aplicación desde su celular para que el Arduino reciba la señal mediante el módulo de bluetooth y realice la programación indicada en el sketch, cabe recalcar que el motor necesita estar ubicado en un sistema de rieles para que los piñones se encuentren alineados en todo momento debido a que el eje tiene un desplazamiento al momento de la regulación.

4.6. Análisis de resultados

Con la implementación del sistema del control se realizó diferentes pruebas para observar cuanto se dosifica y realizar los análisis respectivos.

Tabla 1-4: Datos obtenidos con la implementación del proyecto.

Muestras	Medición de peso (Kg)					Media μ (Kg)	Media esperada μ (Kg)	LIE (Kg)	LSE (Kg)
	T1	T2	T3	T4	T5				
1	1,004	1,006	1,002	1,000	1,003	1,003	1,000	0,980	1,020
2	1,008	1,007	1,000	1,000	1,005	1,004	1,000	0,980	1,020
3	1,004	1,005	1,000	1,003	1,006	1,004	1,000	0,980	1,020
4	1,007	1,004	1,003	1,002	1,000	1,003	1,000	0,980	1,020
5	1,002	1,004	1,005	1,006	1,000	1,003	1,000	0,980	1,020
6	1,005	1,009	1,008	1,000	1,006	1,006	1,000	0,980	1,020
7	1,004	1,005	1,001	1,003	1,002	1,003	1,000	0,980	1,020
8	1,006	1,003	1,005	1,000	1,007	1,004	1,000	0,980	1,020
9	1,008	1,006	1,005	1,008	1,006	1,007	1,000	0,980	1,020
10	1,007	1,008	1,006	1,006	1,000	1,005	1,000	0,980	1,020
11	1,003	1,005	1,008	1,000	1,000	1,003	1,000	0,980	1,020
12	1,000	1,005	1,006	1,008	1,004	1,005	1,000	0,980	1,020
13	1,000	1,005	1,004	1,008	1,009	1,005	1,000	0,980	1,020
14	1,005	1,000	1,006	1,004	1,009	1,005	1,000	0,980	1,020
15	1,005	1,006	1,000	1,008	1,008	1,005	1,000	0,980	1,020
16	1,007	1,005	1,006	1,004	1,005	1,005	1,000	0,980	1,020
17	1,003	1,000	1,000	1,005	1,002	1,002	1,000	0,980	1,020
18	1,005	1,008	1,007	1,007	1,000	1,005	1,000	0,980	1,020
19	1,000	1,000	1,006	1,005	1,007	1,004	1,000	0,980	1,020
20	1,001	1,007	1,005	1,000	1,002	1,003	1,000	0,980	1,020
					Media μ (Kg) =	1,004			

Fuente: Procesadora Agroindustrial Mis Frutales

Realizado por: Hidalgo Fernando, 2021.

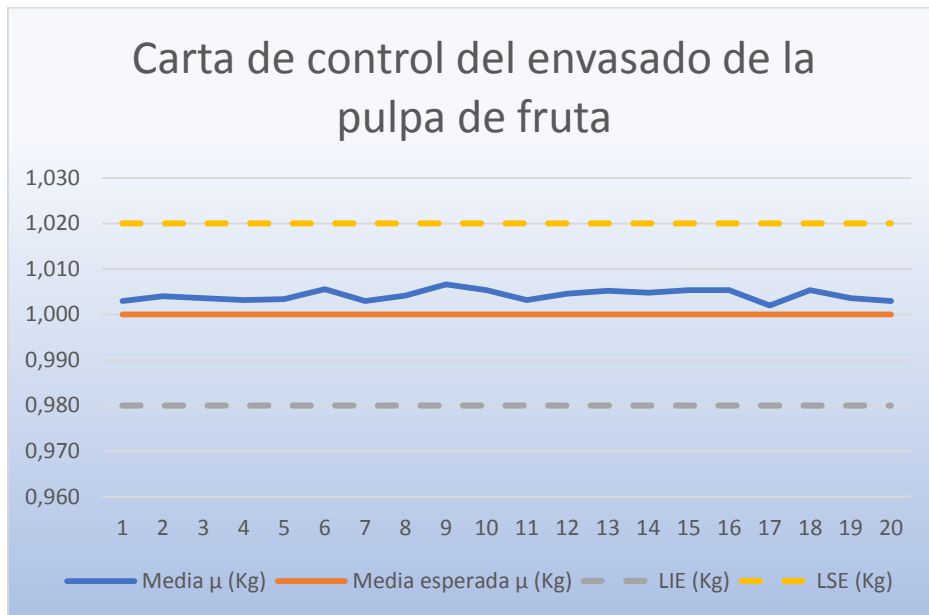


Gráfico 1-4: Carta de control del proceso automatizado

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

La carta de control indica que el proceso de estudio se encuentra dentro de los límites de tolerancia especificados, cumpliendo con los requerimientos del cliente, en esta nueva carta de control se puede observar que existe mayor centralidad de los datos.

En la siguiente tabla se encuentra los datos requeridos para calcular los indicadores C_p y C_{pk} con las fórmulas descritas en el capítulo 2.

Tabla 2-4: Datos para el cálculo de los indicadores C_p

Datos	
Es	1,020
Ei	0,980
μ	1,004
σ	0,0028172

Fuente: Procesadora Agroindustrial Mis Frutales

Realizado por: Hidalgo Fernando, 2021.

El C_p se calcula de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{Es - Ei}{6\sigma}$$

$$C_p = \frac{1,020 - 0,980}{6 * (0,00281717316586407)}$$

$$C_p = 2,37$$

Debido a que el valor de Cp se encuentra en la categoría de clase mundial, se concluye que el proceso tiene calidad Seis Sigma.

El C_{pk} se calcula de la siguiente manera:

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{Es - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - Ei}{3\sigma} \right\}$$

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{1,020 - 1,004}{3 * (0,00281717316586407)}, \frac{1,004 - 0,980}{3 * (0,00281717316586407)} \right\}$$

$$C_{pk} = \min\{1,866; 2,87\}$$

$$\mathbf{C_{pk} = 1,866}$$

Al realizar el Cpk se concluye que al ser mayor que 1,25 el proceso es satisfactorio.

En la siguiente figura se elaboró la campana de Gauss de los datos de la Tabla 10-4, en ella se puede evidenciar que el nivel sigma es de 5,6 con lo cual se puede afirmar que el proceso es satisfactorio y además se puede comparar que el valor C_{pk} resulta el mismo que calculamos anteriormente.

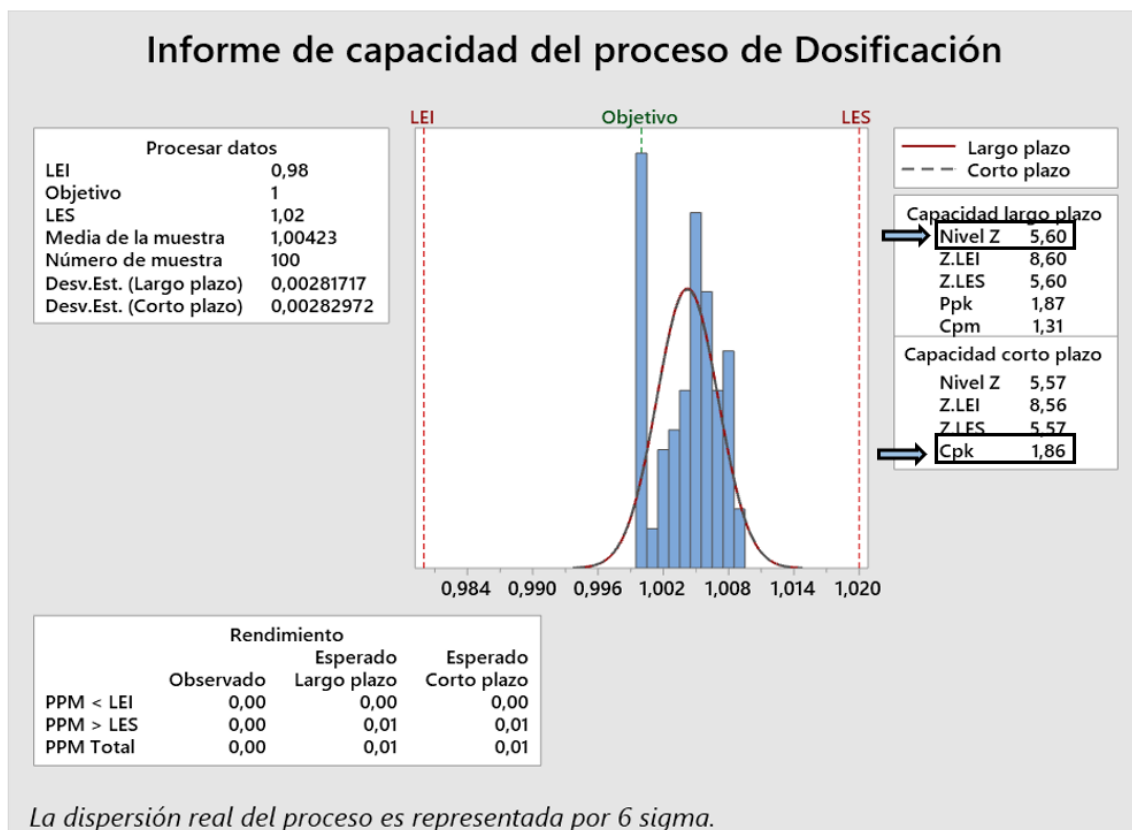


Gráfico 2-4: Situación inicial del proceso de envasado

Realizado por: Hidalgo, F. 2021

4.6.1. Comparación de resultados

Tabla 3-4: Comparación de resultados.

Proceso anterior		Proceso Actual	
Cp	0,99	Cp	2,37
Cpk	0,35	Cpk	1,866
Nivel Z	1,12	Nivel Z	5,60

Realizado por: Hidalgo Fernando, 2021.

En la tabla comparativa se puede evidenciar que los indicadores de la capacidad del proceso aumentaron, lo cual significa que con la implementación del proyecto se optimizó el proceso de envasado de pulpa de fruta, convirtiéndose en un proceso satisfactorio para la empresa ya que los envases se dosifican de una mejor manera disminuyendo tiempos, recursos y dosificando la cantidad ideal.

CONCLUSIONES

- Con el estudio de campo realizado se pudo concluir que los productos envasados en la máquina de 100g se los enviaba de 110 porque si se intentaba dosificar menos existía el problema de que se podía producir un envase de menos de 100g lo cual no cumpliría con las expectativas del cliente.
- Con la implementación del presente proyecto técnico se logró optimizar diferentes aspectos de la producción como el tiempo empleado en el proceso de envasado, ya que antes se envasaba 458 kg en 01:04:46, ahora se envasa la misma cantidad en 00:36:07. teniendo ese tiempo extra para la limpieza de las instalaciones y terminar la jornada laboral a tiempo.
- Se optimizó el uso de recurso humano ya que con la implementación en el proceso se requiere a dos operarios y el tercero que antes se lo utilizaba en el proceso se lo puede utilizar en la limpieza final.
- Se eliminó el desperdicio de producto y de fundas al momento de tratar de calibra la maquina en forma manual.
- La definición de la situación actual del proceso y de la maquinaria disponible en la fábrica ayudó a determinar que todas las líneas productivas llegaban al envasado del producto, donde se observó que en cada envase iba un poco más de lo indicado, siendo necesario un control, con los estudios iniciales se dedujo mediante una carta de control que los productos envasado estaban dentro de la tolerancia de la empresa, pero los valores necesitaban centralizarse ya que se encontraban cerca del límite superior de especificación, además con los indicadores (Cp, Cpk y nivel sigma) que se obtuvo de 0,99 0,35 y 1,12 respectivamente, nos indican que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones, requiriendo un análisis del proceso para saber que modificaciones implementar y tener un proceso satisfactorio.
- Con los resultados obtenidos de la parte experimental se concluye que el indicador de la capacidad de producción Cp aumentó de 0,99 a 2,37 indicando que con la implementación del proyecto el proceso tiene calidad Seis Sigma, lo que se puede comparar en la campana de Gauss (Figura 27-4) en donde resulta un nivel sigma de 5,60. Además también el indicador Cpk aumentó de 0,35 a 1,866 indicando que proceso ya es satisfactorio.
- Con la implementación del proyecto se logró automatizar el proceso de envasado de la pulpa de fruta con el cual se optimizó la producción en la Procesadora Agroindustrial Mis Frutales en la parroquia de San Luis de la ciudad de Riobamba.

RECOMENDACIONES

- En la implementación realizada se puede seguir aplicando una mejora continua en el proceso.
- Se recomienda también realizar un estudio de balanceo de líneas debido a que con la implementación se puede aprovechar de mejor manera el talento humano de la empresa utilizando al operario en otra actividad que se requiere en el proceso. Revisar el manual de usuario del equipo implementado para darle el uso más adecuado.

GLOSARIO

Proceso Industrial: es todo proceso que transforma una materia prima en un bien o producto final para su comercialización (Edsrobotics, 2020, párr.2).

Mejora continua: es un enfoque que se basa en la necesidad de revisar continuamente las operaciones de los problemas, la reducción de costos oportunidad, la racionalización, y otros factores que en conjunto permiten la optimización (Heflo, 2019, párr.1).

Balaceo de línea: es una herramienta muy importante para el control de la producción, ya que una línea equilibrada permite la optimización de variables que afectan la productividad de un proceso (Utelesup, 2017, párr.1).

Buenas Prácticas de manufactura: son directrices que definen la gestión y manejo de acciones con el objetivo de asegurar condiciones favorables para la producción de alimentos saludables y de buena calidad para el consumidor (Nqa, 2017, párr.2).

Agroindustria: es el subsector económico que se encarga de la producción para su comercialización de todo tipo de productos agropecuarios y forestales (Calero, 2020, párr.3).

BIBLIOGRAFÍA

CARRILLO VELARDE, Cristhyan Javier, & CALERO LÓPEZ, Gerardo Raúl. Automatización del proceso de dosificación, ensacado y control de peso en lazo cerrado para la máquina mezcladora de balanceado de la estación experimental tunshi epoch [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad De Informática Y Electrónica, Carrera Ingeniería Electrónica En Control Y Redes Industriales. Riobamba, Ecuador. 2016. p.xvi. [Consulta: 2021-06-20]. Disponible en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5990>

DEL HIERRO MOSQUERA, Milton Gabriel, & SIZA BUÑAY, Mayra Alexandra. Diseño e Implementación de un Módulo Didáctico para Simulación de Control de Nivel, Dosificación y Mezclado de Líquidos de Baja Densidad con PLC [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad De Informática Y Electrónica, Carrera Ingeniería Electrónica En Control Y Redes Industriales. Riobamba, Ecuador. 2012. p.22. [Consulta: 2021-06-20]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1952>

GILLET, F. *La caja de herramientas: control de calidad* [en línea]. México D.F-México: Grupo Editorial Patria, 2015. [Consulta: 20 de junio del 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esPOCH/39347?page=155>.

GOOGLE MAPS. *Ubicación de la Procesadora Agroindustrial Mis Frutales* [blog]. [Consulta: 23 de junio del 2021].

Disponible en: <https://www.google.com.ec/maps/place/Mis+Frutales/@-1.7110358,-78.6457848,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91d3a94ec5d89095:0xda47982c418709ec!8m2!3d-1.7110358!4d-78.6435961>

GUTIÉRREZ, H. & DE LA VARA, R. *Control Estadístico De Calidad Y Seis Sigma* [en línea]. México D.F-México: McGraw-Hill Education, 2009. [Consulta: 21 de junio del 2021]. Disponible en: <https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf>

MEDINA LESCANO, Giovanni Fernando. Desarrollo De Una Máquina Envasadora Y Tapadora De Yogurt Para La Fábrica Lácteos San Francisco [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad De Mecánica, Carrera Ingeniería Mecánica. Riobamba, Ecuador. 2017. p.20. [Consulta: 2021-06-22]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6716>

NIEBEL, B. & FREIVALDS, A. *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo* [en línea]. México D.F-México: McGraw-Hill Education, 2009. [Consulta: 21 de junio del 2021]. Disponible en:

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38946441/Niebel_Capitulo_II-with-cover-page-

[v2.pdf?Expires=1625546031&Signature=W3LO00fnVoyCNJrHMLfWyp~OFjwikbcNAJgNpANi4FJfE-QQ6D-kKUxX~m6XXvQFnoNIJKcR-](#)

[CskzxJd7IPHeiV5hRa0ps4sCe4KPnZgKm~O0KSuZfVctXoLMfH6PwwVCzYa4Cnr](#)

OBREGÓN GUTIÉRREZ, Javier Oswaldo. Diseño e implementación de un sistema automatizado para envasado de fluidos semipastosos tarrinera n°2, para la empresa EPACEM S.A en la ciudad de Santo Domingo [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad De Informática Y Electrónica, Carrera Ingeniería Electrónica En Control Y Redes Industriales. Riobamba, Ecuador. 2012. p.xix. [Consulta: 2021-06-22]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8988>

OJEDA MERA, David Efrén & OCHOA JARAMILLO, Marcelo Gabriel. Repotenciación y automatización de una envasadora de líquidos vertical para la Corporación Bimarch CIA. LTDA [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad De Mecánica, Carrera Ingeniería Industrial. Riobamba, Ecuador. 2016. p.18. [Consulta: 2021-06-22]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6339>

SÁNCHEZ ACOSTA, Christian Manuel & PACHECO REINOSO, Juan Carlos (2016). Diseño e implementación de un sistema automatizado para el proceso de producción de leche en el Centro Experimental de Tunshi [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad De Informática Y Electrónica, Carrera Ingeniería Electrónica En Control Y Redes Industriales. Riobamba, Ecuador. 2016. p.xviii. [Consulta: 2021-06-23]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6012>

STEPPERONLINE. *Nema23HS22-2804S* [blog]. [Consulta: 24 de junio del 2021].

Disponible en: <https://www.omc-stepperonline.com/download/23HS22-2804S.pdf>

VILLOTA, E. *Unidad 3. Diagramas De Los Procesos De Trabajo.* Riobamba-Ecuador: ESPOCH, 2015, pp. 28–63.

EDSROBOTICS. *¿Qué es un proceso industrial?* [blog]. [Consulta: 24 de junio del 2021].

Disponible en: [https://www.edsrobotics.com/blog/proceso-industrial-que-es/#:~:text=Un%20proceso%20industrial%20es%20todo,Industrial%2C%20en%20el%20siglo%20XVIII.](https://www.edsrobotics.com/blog/proceso-industrial-que-es/#:~:text=Un%20proceso%20industrial%20es%20todo,Industrial%2C%20en%20el%20siglo%20XVIII)

HEFLO. *Mejora continua* [blog]. [Consulta: 24 de junio del 2021].

Disponible en: <https://www.heflo.com/es/definiciones/mejora-continua/>

UTELESUP. *Balanceo de Línea y Control de Producción* [blog]. [Consulta: 24 de junio del 2021].

Disponible en: <https://utelesup.edu.pe/blog-ingenieria-industrial-y-comercial/balanceo-de-linea-y-control-de-produccion/#:~:text=El%20balanceo%20de%20l%C3%ADnea%20es,y%20las%20entregas%20parciales%20de>

NQA. *¿Qué es la GMP?* [blog]. [Consulta: 24 de junio del 2021].

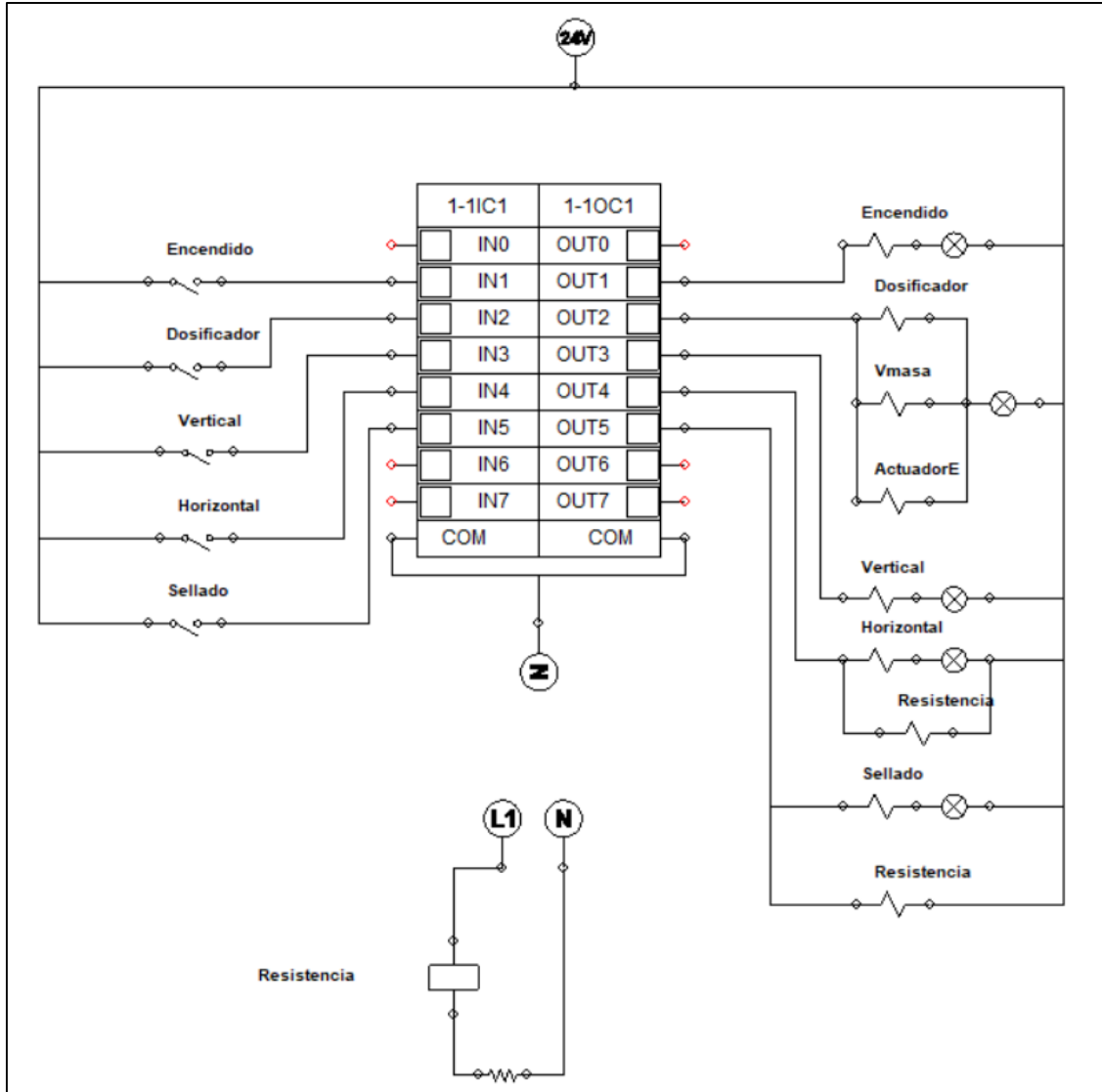
Disponible en: <https://www.nqa.com/es-es/certification/standards/gmp>

OMC-STEPPERONLINE. *Concepto De Agroindustria* [blog]. [Consulta: 24 de junio del 2021].

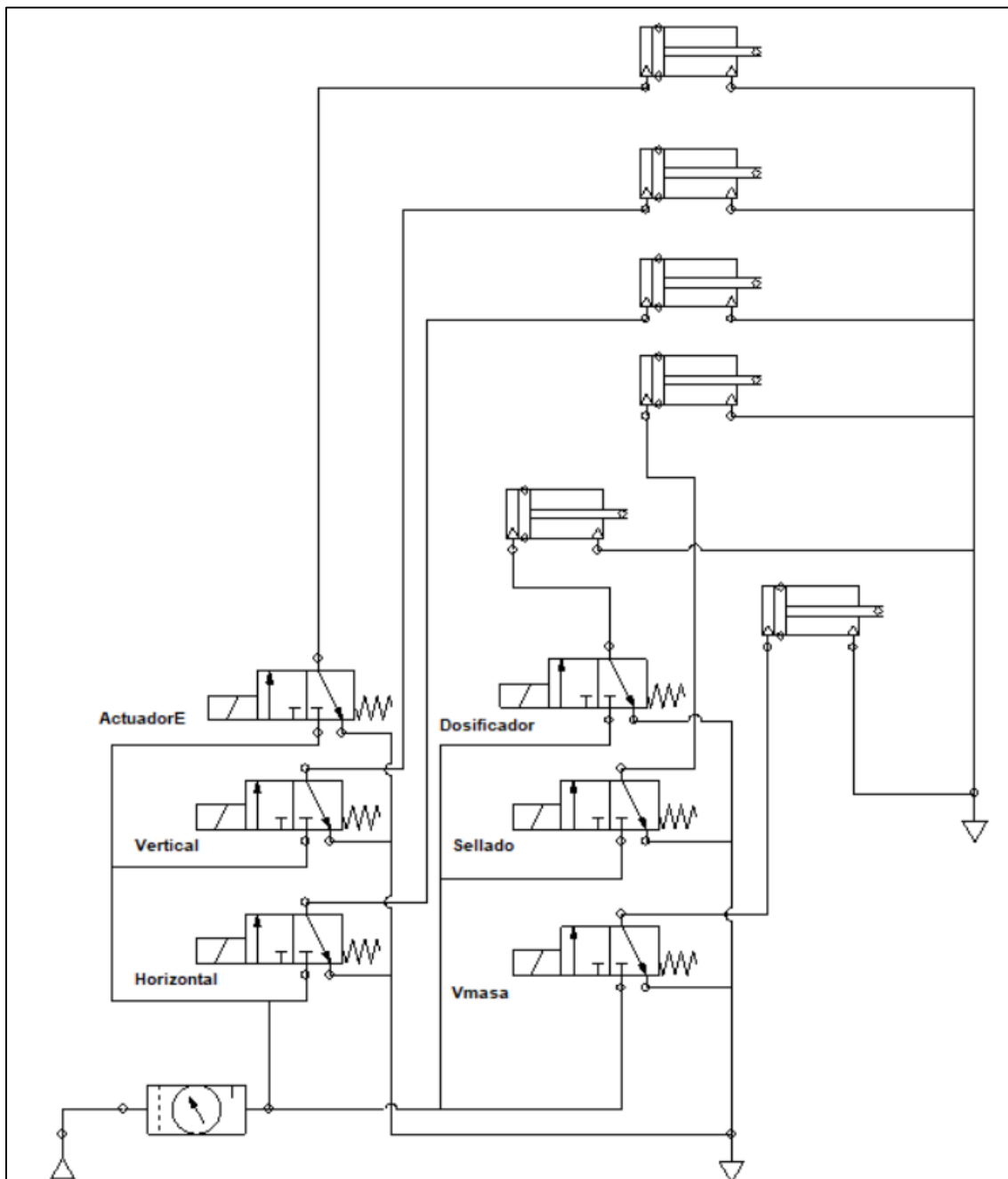
Disponible en: <https://www.omc-stepperonline.com/download/23HS22-2804S.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: Esquema eléctrico de la máquina envasadora



ANEXO B: Esquema Neumático de la máquina envasadora



ANEXO C: Procesadora Agroindustrial Mis Frutales

