



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA



TESIS

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA UN
SISTEMA DE CONTROL EN EL PROCESO DE POST
COSECHA DE LA MIEL DE ABEJA EN LA EMPRESA
PRODUCTOS NATURALES PERÚ MIEL E.I.R.L.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO**

ELABORADO POR

Bach. Damian Reyes William Joel

Bach. Díaz Morales Joaquín Luis Daniel

LAMBAYEQUE – PERÚ

2021

TESIS

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA UN SISTEMA DE CONTROL EN EL PROCESO DE POST COSECHA DE LA MIEL DE ABEJA EN LA EMPRESA PRODUCTOS NATURALES PERÚ MIEL E.I.R.L.

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

**ING. CHICLAYO PADILLA HUGO
PRESIDENTE**

**ING. SEGURA ALTAMIRANO SEGUNDO FRANCISCO
SECRETARIO**

**ING. NOMBERRA LOSSIO MARTIN
VOCAL**

TESIS

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA UN SISTEMA DE CONTROL EN EL PROCESO DE POST COSECHA DE LA MIEL DE ABEJA EN LA EMPRESA PRODUCTOS NATURALES PERÚ MIEL E.I.R.L.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

AUTORES:



BACH. DAMIAN REYES WILLIAM JOEL



BACH. DIAZ MORALES JOAQUÍN LUIS DANIEL

ASESOR:



MG. ING. ROMERO CORTEZ OSCAR UCHELLY

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DECANATO
Ciudad Universitaria - Lambayeque



ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL N°044-2021-D/FACFyM

Siendo las 10:00 am del día 16 de diciembre del 2021, se reunieron vía plataforma virtual, <https://meet.google.com/vtx-mmxxn-ydd> los miembros del jurado evaluador de la Tesis titulada:

“Diseño e Implementación de un Prototipo para un Sistema de Control en el Proceso de Post Cosecha de la Miel de Abeja en la Empresa Productos Naturales Perú Miel E.I.R.L.”

Designados por Resolución N° 370-2019-D/FACFyM de fecha 20 de marzo del 2019 con la finalidad de evaluar y calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformada por los siguientes docentes:

M.Sc. Ing. Hugo Javier Chiclayo Padilla Presidente

Ing. Segundo Francisco Segura Altamirano Secretario

Mg. Ing. Martín Augusto Nombera Lossio Vocal

La tesis fue asesorada por el Mg. Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez nombrado por Resolución N° 105-2019-D/FACFyM de fecha 29 de enero de 2019


El Acto de Sustentación fue autorizado por Resolución N° 897-2021-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 07 de diciembre del 2021, modificada Resolución N° 639-2021-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 06 de setiembre de 2021 en el sentido de nombrar al docente Ing. Segundo Francisco Segura Altamirano, como miembro del jurado en reemplazo del docente Mtro. Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vera, quedando el jurado conformado como ya se indicó.

La Tesis fue presentada y sustentada por los Bachilleres Damian Reyes William Joel y Díaz Morales Joaquín Luis Daniel, y tuvo una duración de 30 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el Calificativo de 16 (dieciséis) en la escala vigesimal, mención Bueno


Por lo que quedan aptos para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico** de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 10:50am se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto con la firma de los miembros del jurado.


M.Sc. Ing. Hugo Javier Chiclayo Padilla
Presidente


Ing. Segundo Francisco Segura Altamirano

Secretario


Mg. Ing. Martín Augusto Nombera Lossio
Vocal


Mg. Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez
Asesor

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Los investigadores principales William Joel Damián Reyes; Joaquín Luis Daniel Díaz Morales y Oscar Uchelly Romero Cortez, asesor del trabajo de investigación “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA UN SISTEMA DE CONTROL EN EL PROCESO DE POST COSECHA DE LA MIEL DE ABEJA EN LA EMPRESA PRODUCTOS NATURALES PERÚ MIEL E.I.R.L.”, declaramos bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso se demostrará lo contrario, asumimos responsablemente la anulación de este informe y por ende el proceso administrativo a que hubiera lugar. Que puede conducir a la anulación del título o grado emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, 30 de noviembre del 2021

Nombre de los investigadores: Bach. William Joel Damian Reyes.

Bach. Joaquín Luis Daniel Díaz Morales.

Nombre del asesor: Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios, ser divino por darme la vida y guiar mis pasos día a día, enseñándome como vencer las dificultades y miedos que se nos presentaba sin rendirse en el intento.

Agradecer a nuestro asesor, el Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez, por su valioso tiempo y apoyo que nos brindó cuando más lo necesitábamos, por su constante asesoría que valoramos mucho.

Agradecemos a los ingenieros de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica por su constante orientación en cada clase, que nos sirvió mucho en la realización de nuestra tesis ya que sin ellos no hubiera sido posible.

A todos muchas gracias.

Joaquín Luis Daniel Díaz Morales

Bachiller Ingeniería Electrónica

Lambayeque, 2021

Queremos agradecerle a Dios por darnos fuerzas para seguir adelante y no desfallecer en las complicaciones que se presentaban, enseñándonos a encarar las adversidades sin rendirnos en el intento.

Agradecemos al Sr. Marcelino Vidaurre Juarez, gerente y dueño de la empresa “PRODUCTOS NATURALES PERU MIEL E.I.R.L.” quien nos brindó su apoyo y sus conocimientos en la práctica de la apicultura para la realización de la presente tesis.

También agradecer a nuestro asesor, el Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez por su constante e incansable guía en la asesoría de nuestra tesis, sus consejos, observaciones y sugerencias fueron valiosos para nosotros.

Agradecemos de manera general a todos los ingenieros de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica por su constante orientación, motivación y apoyo recibido, a todas las personas, amigos y familiares que de una u otra forma estuvieron dándonos los ánimos de poder sacar adelante este proyecto.

A todos y cada uno de ellos, muchas gracias.

William Joel Damian Reyes

Bachiller Ingeniería Electrónica

Lambayeque, 2021

DEDICATORIA

A Dios que estuvo presente en todos los momentos decisivos de mi vida quitándome y presentándome a las personas indicadas en el momento exacto cuando más las necesitaba.

A mis padres Flor y Steven que me apoyaron incansablemente a seguir en mis objetivos hasta el final a pesar de los grandes impedimentos que encontré a lo largo de mi camino.

A mi hermana Lourdes que me apoyó de manera profesional y personal.

A mis abuelos, tíos, primos, que desde muy pequeño me han apoyado en forjarme una persona de bien y guiarme por el buen camino.

A mis amigos que confiaron en mí y me dieron las fuerzas necesarias para avanzar en cada paso de mi carrera.

Joaquín Luis Daniel Díaz Morales

Bachiller Ingeniería Electrónica

Lambayeque, 2021

A mi padre Gregorio Damian Cajusol.

Quien es motor y motivo, por la oportunidad de haber estudiado mi carrera universitaria, por su sacrificio, trabajo y enseñanzas de cómo afrontar la vida en todos estos años.

A mi madre Juana Reyes Santamaría.

Por haberme brindado todo su amor estando a mi lado para apoyarme en los buenos y malos momentos de mi vida, por darme sus sabios consejos para así lograr terminar mi carrera universitaria

William Joel Damian Reyes
Bachiller Ingeniería Electrónica

Lambayeque, 2021

RESUMEN

Este proyecto de tesis tuvo como objetivo principal el diseño de un prototipo para un sistema de control en el proceso de post cosecha de miel de abeja en la Empresa “PRODUCTOS NATURALES PERÚ MIEL E.I.R.L”, con el propósito de optimizar la producción, calidad, eficiencia y ahorro de tiempo en la elaboración de miel de abeja.

Se realizó una investigación de campo entrevistando a pequeños apicultores y trabajadores de la empresa “PRODUCTOS NATURALES PERÚ MIEL E.I.R.L” para conocer el procedimiento de la producción de miel de abeja, el cual empieza con la crianza de las colmenas hasta el punto que empiezan a producir miel. De esta manera, pudimos observar y analizar las principales deficiencias y malas prácticas seguidas en el proceso de la extracción de la miel para poder plantear el diseño de un sistema automatizado. El sistema automatizado tendrá la capacidad de controlar tres subprocesos: la centrifugación, el filtrado y calentamiento o cocción de la miel de abeja. Este sistema estará formado por un PLC, un variador de frecuencia, un panel HMI, sensores y actuadores, que, actuando en conjunto, permitirán supervisar el estado actual del proceso a través de gráficas. El material utilizado para la implementación de la estructura mecánica fue acero inoxidable AISI 316, el cual es apto para el contacto con alimentos. El diseño del sistema eléctrico y electrónico se realizó en base a los requerimientos necesarios para la extracción de miel de abeja. Es por ello, que la finalidad del proyecto de tesis fue automatizar los subprocesos para generar los siguientes beneficios en la empresa: incremento del nivel de producción e ingresos, optimización de la producción con reducción de las pérdidas de miel al manipularse artesanalmente.

Palabras clave: Apicultura, Sistema de control, Automatización industrial.

ABSTRACT

The main objective of this thesis project was the design of a prototype for a control system in the post-harvest process of honey in the company "PRODUCTOS NATURALES PERÚ MIEL E.I.R.L", in order to optimize production, quality, efficiency and saving time in the production of honey.

A field investigation was conducted by interviewing small beekeepers and workers of the company "PRODUCTOS NATURALES PERÚ MIEL E.I.R.L" to know how the process of production of honey is developed, which begins with the raising of the hives to the point that they begin to produce honey. In this way, we were able to observe and analyze the main deficiencies and bad practices followed in the process of making honey to be able to propose the design of an automated system. The automated system will have the ability to control three subprocesses: centrifugation, filtering and heating or cooking of honey. This system will be formed by a PLC, a frequency inverter, an HMI panel, sensors and actuators, that acting together, will allow to monitor the current state of the process through graphics. The material used for the implementation of the mechanical structure was stainless steel AISI 316, which is suitable for contact with food. The design of the electrical and electronic system was made based on the requirements necessary for the extraction of honey. That is why the purpose of the thesis project was to automate the subprocesses to generate the following benefits in the company: increase in the level of production and income, optimization of production with reduction of honey losses when handled by hand.

Keywords: *Beekeeping, Control system, Industrial automation.*

ÍNDICE GENERAL

1.	CAPÍTULO I ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
1.1.	Información General	10
1.1.1.	Título.....	10
1.1.2.	Personal Investigador.....	10
1.1.3.	Línea de Investigación	10
1.1.4.	Lugar de Ejecución	10
1.1.5.	Duración Estimada del Proyecto.....	10
1.2.	Planteamiento de la Investigación.....	11
1.2.1.	Síntesis de la Situación Problemática	11
1.2.2.	Formulación del Problema de Investigación.....	11
1.2.3.	Hipótesis del Problema	12
1.2.4.	Objetivos	12
1.3.	Diseño Teórico	13
1.3.1.	Antecedentes	13
1.3.2.	Definición y Operacionalización de Variables	15
1.3.3.	Diseño Metodológico.....	16
2.	CAPÍTULO II	18
2.1.	Empresa Productos Naturales Perú Miel E.I.R.L.....	18
2.1.1.	Proceso de formación de la miel de abeja.....	19

2.1.2.	Implementos de Protección:.....	22
2.1.3.	Etapas del proceso en la miel de abeja.....	24
2.1.4.	Diagrama del proceso de extracción de miel:	30
	30
2.2.	Sistemas de control.....	31
2.2.1.	Sistemas en lazo cerrado:.....	31
2.2.2.	Sistemas en lazo abierto.....	32
2.2.3.	Ventajas y desventajas de los sistemas de control en lazo cerrado:	33
2.3.	Controladores automáticos industriales:	34
2.3.1.	Control de dos posiciones (ON/OFF):	34
2.3.2.	Controlador de acción proporcional (P):.....	34
2.3.3.	Controlador de acción Integral (I):	35
2.3.4.	Controlador de acción proporcional e integral (PI):	36
2.3.5.	Controlador de acción proporcional derivativa (PD):.....	36
2.3.6.	Controlador de acción proporcional, integral y derivativa (PID):	38
3.	CAPÍTULO III DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y ESTRUCTURA	39
3.1.	Introducción	39
3.2.	Filosofía de control.....	39
3.3.	Descripción del sistema.....	40

3.4.	Variables de sistema.....	41
3.4.1.	Control de velocidad	41
3.4.2.	Control de nivel.....	42
3.4.3.	Control de temperatura	43
3.5.	Función de Transferencia	44
3.6.	Selección del Controlador	57
3.7.	Diseño de la estructura	58
3.7.1.	Dimensionamiento y forma de la estructura:	58
3.7.2.	Materiales utilizados:	59
3.7.3.	Especificaciones de la estructura:	60
3.7.4.	Diseño de la centrifuga	62
3.7.5.	Diseño tanques de filtrado:	79
3.7.6.	Diseño del tanque de cocción:	80
3.8.	Selección de equipos	81
3.8.1.	Interruptores termomagnéticos	81
3.8.2.	Guardamotor	82
3.8.3.	Contactor.....	83
3.8.4.	Variador de frecuencia:	84
3.8.5.	Pantalla HMI.....	85

3.8.6.	PLC	86
3.8.7.	Relé de estado sólido	87
3.8.8.	Pulsador de emergencia	88
3.8.9.	Lámparas de señalización	89
3.8.10.	Motor trifásico.....	90
3.8.11.	Bomba centrífuga	91
3.8.12.	Resistencia calefactora	92
3.8.13.	Sensor PT100	93
3.8.14.	Transmisor PT100	94
3.8.15.	Sensor de nivel tipo boya	94
3.9.	Diseño de planos	96
3.9.1.	P&ID	96
3.9.2.	Circuito de Potencia.....	97
3.9.3.	Circuito de Control	98
3.9.4.	Conexión PLC y HMI.....	100
3.9.5.	Arquitectura de Red	100
3.9.6.	Planos de cada tanque	101
3.10.	Diseño de lógica de control:	105
3.11.	Configuración del variador	111

3.12.	Diseño y configuración del HMI:	111
3.13.	Ensamblado del prototipo:	113
4.	CAPÍTULO IV PRUEBAS Y RESULTADOS	117
4.1.	Pruebas mecánicas de la centrifuga:	117
4.2.	Pruebas de transmisión de la centrifuga:	118
4.3.	Pruebas del proceso:	118
4.4.	Alcances y limitaciones:	126
4.5.	Análisis de costos:	127
5.	CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	130
5.1.	Conclusiones	130
5.2.	Recomendaciones	131
6.	CAPÍTULO VI BIBLIOGRAFÍA	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Definición y Operacionalización de Variables	15
Tabla 2: Medidas de Temperatura al 50% de potencia	44
Tabla 3: Acero inoxidable AISI 316	60
Tabla 4: Características ITM	81
Tabla 5: Características del guardamotor	82
Tabla 6: Características del contactor	83
Tabla 7: Características del variador ATV312.	84
Tabla 8: Características pantalla HMI	85
Tabla 9: Características del PLC	86
Tabla 10: Características Relé Estado Solido	87
Tabla 11: Características pulsador de emergencia.	88
Tabla 12: Características lámparas de señalización	89
Tabla 13: Características Motor Baldor	90
Tabla 14: Características de bomba centrifuga	91
Tabla 15: Características de resistencia	92
Tabla 16: Características PT100	93
Tabla 17: Características transmisor RTD	94
Tabla 18: Características sensor tipo boya	95
Tabla 19: Lista de Instrumentación del P&ID.	96
Tabla 20: Lista de Equipos del Circuito de Potencia.	97
Tabla 21: Lista de E/S Digitales.	98
Tabla 22: Lista de E/S Analógicas.	99
Tabla 23: Materiales a utilizar	115
Tabla 24: Pruebas de transmisión:	118
Tabla 25: Tiempo de desoperculado	119

Tabla 26: Tiempos por ciclo con centrifuga manual _____	120
Tabla 27: Tiempos por ciclo en centrífuga automática _____	121
Tabla 28: Muestra de filtrado(prototipo) por cada 40 kg de miel _____	122
Tabla 29: Tiempos de filtrado en 18 baldes cosechados _____	123
Tabla 30: Tiempos de cocción con la resistencia _____	124
Tabla 31: Tiempos de cocción a base de leña _____	124
Tabla 32: Presupuesto para la construcción del prototipo _____	127
Tabla 33: Presupuesto para el tablero de control _____	128
Tabla 34: Presupuesto para herramientas _____	129
Tabla 35: Presupuesto para mano de obra _____	129
Tabla 36: Presupuesto del proyecto _____	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Apícola Productos Naturales PERU MIEL E.I.R.L. _____	18
Figura 2: Proceso de recolección de miel _____	19
Figura 3: Cuadro móvil sin cera _____	20
Figura 4: Cuadro móvil con cera y miel operculada. _____	20
Figura 5: Caja de colmena con 9 cuadros dentro _____	21
Figura 6: Cuadro sellado para la extracción de miel _____	21
Figura 7: Careta _____	22
Figura 8: Ropón _____	23
Figura 9: Humador _____	23
Figura 10: Operario echando humo en la colmena _____	24
Figura 11: Operario quitando el opérculo _____	25
Figura 12: Centrifuga tangencial existente _____	26
Figura 13: Centrifuga radial _____	27
Figura 14: Filtro de Acero Inoxidable _____	28
Figura 15: Tanque de cocción _____	28
Figura 16: Envasado de miel _____	29
Figura 17: Sistema en lazo cerrado _____	32
Figura 18: Sistema de control en lazo abierto _____	33
Figura 19: Diagrama de control de velocidad. _____	41
Figura 20: Sensor de nivel encendido _____	42
Figura 21: Sensor de nivel apagado _____	43
Figura 22: Diagrama de control de temperatura _____	43
Figura 23: Gráfica de Medidas de Temperatura _____	44
Figura 24: Importación de Datos _____	45
Figura 25: Modelo Estimado por Matlab _____	46

Figura 26: Respuesta de la Planta al Escalón con Control PI	47
Figura 27: Parámetros del Control PI	48
Figura 28: Respuesta de la Planta al Escalón con Control PID	49
Figura 29: Parámetros del Control PID	50
Figura 30: Gráfica de Medidas de Temperatura	51
Figura 31: Importación de Datos	52
Figura 32: Modelo Estimado por Matlab	53
Figura 33: Respuesta de la Planta al Escalón con Control PI	54
Figura 34: Parámetros del Control PI	55
Figura 35: Respuesta de la Planta al Escalón con Control PID	56
Figura 36: Parámetros del Control PID	57
Figura 37: Bosquejo de la estructura	58
Figura 38: Vista frontal 3D en Solidworks	59
Figura 39: Medidas de la estructura metálica	61
Figura 40: Canastilla diseñada en Solidworks	62
Figura 41: Canastilla diseñada en Taller	62
Figura 42: Tensión de Von mises de la canastilla	65
Figura 43: Deslizamiento estático de la canastilla	66
Figura 44: Barra de acero	68
Figura 45: Tensión de Von Mises de la barra	69
Figura 46: Análisis de transmisión de movimiento	70
Figura 47: Tensión de Von Mises	71
Figura 48: Deslizamiento estático	72
Figura 49: Factor de seguridad	72
Figura 50: Tensión de Von Mises	74
Figura 51: Deslizamiento estático	75

Figura 52: Factor de seguridad	75
Figura 53: Inercia de la canastilla	76
Figura 54: Diseño tanque de filtrado	80
Figura 55: Diseño tanque de cocción	80
Figura 56: Interruptores termomagnéticos	81
Figura 57: Guardamotor	82
Figura 58: Contactor	83
Figura 59: Variador de frecuencia ATV312	84
Figura 60: Pantalla HMI Siemens	85
Figura 61: PLC Siemens	86
Figura 62: Relé Estado Solido	87
Figura 63: Pulsador de Emergencia	88
Figura 64: Lámparas de señalización	89
Figura 65: Motor Baldor	90
Figura 66: Bomba Humboldt	91
Figura 67: Resistencia	92
Figura 68: Sensor PT100	93
Figura 69: Transmisor RTD	94
Figura 70: Sensor tipo boya	95
Figura 71: P&ID.	96
Figura 72: Circuito de Potencia.	97
Figura 73: E/S Digitales	98
Figura 74: E/S Analógicas	99
Figura 75: Conexiones Eléctricas del HMI	100
Figura 76: Conexión de Red PLC y HMI	100
Figura 77: Plano tanque de centrifuga	101

Figura 78: Plano tanque de filtrado 1	102
Figura 79: Plano tanque de filtrado 2	103
Figura 80: Plano tanque de cocción	104
Figura 81: Variables PLC	105
Figura 82: Segmento 1	106
Figura 83: Segmento 2	106
Figura 84: Segmento 3	107
Figura 85: Segmento 4	107
Figura 86: Segmento 5	108
Figura 87: Programa PID del PLC	108
Figura 88: Parámetros PID del PLC	109
Figura 89: Parámetros PID del PLC	109
Figura 90: Diagrama de Flujo PLC	110
Figura 91: Conexión HMI-PLC	111
Figura 92: Variables HMI	112
Figura 93: Pantalla principal HMI	112
Figura 94: Pantalla de control HMI	113
Figura 95: Montaje de la centrifuga	113
Figura 96: Montaje tanques de filtrado	114
Figura 97: Montaje tanque de cocción	114
Figura 98: Ensamblado final del tablero	116
Figura 99: Ensamblado general del prototipo	116
Figura 100: Pruebas mecánicas	117
Figura 101: Pruebas de transmisión	118
Figura 102: Desoperculado	119
Figura 103: Comparación manual-automático	122

Figura 104: Comparación manual- automático filtrado	123
Figura 105: Comparación manual- automático cocción.	125
Figura 106: Muestra de miel	125

INTRODUCCIÓN

Este proyecto de tesis tiene como finalidad diseñar e implementar un prototipo a bajo costo para la extracción y proceso de la miel de abeja, para mejorar la producción calidad e inocuidad de la miel. Este sistema permitirá a la empresa y pequeños apicultores obtener nuevos resultados en el periodo de cosecha, capacitándose continuamente en el desarrollo de las nuevas tecnologías en la Apicultura.

En el Capítulo I: ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN, se presenta la situación problemática de la empresa y los hechos que acontecen en la explotación de la miel de abeja y que gracias a ellos nos condujeron a la investigación y desarrollo de la tesis.

En el Capítulo II: MARCO TEÓRICO, se define la base teórica de las etapas para la producción de miel de abejas en la empresa productos naturales Perú Miel E.I.R.L, se define también todos los conceptos necesarios de la apicultura para luego entender los parámetros e indicadores que influyen en el diseño.

En el Capítulo III: DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL, se realiza la descripción general del proceso de manera artesanal en la producción de la miel de abejas para proponer un diseño factible del prototipo. Luego, se muestra la filosofía de control, la selección de dispositivos, la elaboración de planos eléctricos y de instrumentación y la lógica de control para el sistema.

En el Capítulo IV: RESULTADOS, se muestra las pruebas de funcionamiento realizadas para comprobar el buen funcionamiento del prototipo diseñado e implementado.

En el Capítulo V: CONCLUSIONES, aparecen las razones fundamentales por la que consideramos que el desarrollo de la tesis es correcto y viable. Finalmente se concluye que el proyecto de tesis permitirá a la empresa optimizar sus cosechas obteniendo una buena producción, calidad e inocuidad de la miel de abejas.

CAPÍTULO I

ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Información General

1.1.1. Título

Diseño e implementación de un prototipo para un sistema de control en el proceso de post cosecha de la miel de abeja en la empresa PRODUCTOS NATURALES PERU MIEL E.I.RL.

1.1.2. Personal Investigador

1.1.2.1. Autores

Bach. Damian Reyes William Joel.

Bach. Díaz Morales Joaquín Luis Daniel.

1.1.2.2. Asesor

Mg. Ing. Romero Cortez Oscar Uchelly.

1.1.3. Línea de Investigación

Especialidad de Automatización Industrial.

1.1.4. Lugar de Ejecución

Empresa Productos Naturales Perú Miel E.I.R.L., Distrito de Túcume, Región Lambayeque.

1.1.5. Duración Estimada del Proyecto

La investigación e implementación tendrá una duración de 4 meses aproximadamente.

1.1.5.1. Fecha de inicio

La investigación se inició en julio del 2020.

1.1.5.2. Fecha de término

La investigación se concluyó en noviembre del 2020.

1.2. Planteamiento de la Investigación

1.2.1. Síntesis de la Situación Problemática

Lambayeque es una de las regiones que produce la miel a nivel nacional, de acuerdo los últimos registros en el Bosque de Pomac hay un alrededor de 500 colmenas que pertenecen a 85 productores (Gonzales, 2018). Además, alrededor de 240 toneladas métricas de miel de abejas se produce al año en la región Lambayeque que concentra más de 2500 apicultores que manejan un promedio de 30000 colmenas en esta parte del país, afirmó el gerente regional de agricultura, Ricardo Romero Renteria (Andina, 2016).

La Empresa Productos Naturales Perú Miel E.I.R.L. se desenvuelve dentro del sector Apícola en las actividades de producción de miel de abejas, polinización cruzada, entre otros. En la actividad de producción de miel de abejas, la empresa continúa aplicando prácticas artesanales de cosecha en campo comercializándola solo al mercado interno para su respectivo proceso.

Actualmente, las colmenas en la empresa Productos Naturales Perú Miel E.I.R.L. producen entre 05 a 07 kilos de miel (colmena sin alza), y entre 10 a 15 kilos de miel (Colmena con alza), la miel la extraen en centrifugas manuales, almacenando la miel en baldes hasta terminar la cosecha en campo, posteriormente la miel es llevada a almacén para filtrar manualmente con espátulas dejando la miel sin impurezas, la cocción la realizan mediante leña van calentando cada balde de miel para después ser envasado al público, la mayor parte de miel es vendida a Lima para su respectivo procesamiento y pasteurización.

1.2.2. Formulación del Problema de Investigación

¿Cómo el diseño e implementación de un prototipo y sistema de control puede optimizar la producción en el proceso de postcosecha de miel de abeja en la empresa Productos Naturales Perú Miel E.I.R.L.?

1.2.3. Hipótesis del Problema

Si diseñamos e implementamos el prototipo para un sistema de control automatizado en las etapas de centrifugado, filtrado y cocción de la miel de abejas, se logrará incrementar la producción, calidad e inocuidad del producto, la eficiencia de su proceso y reducción de tiempos. Comprobando al final la producción mediante cuadros la cosecha artesanal y la postcosecha mediante nuestro prototipo implementado.

1.2.4. Objetivos

1.2.4.1. Objetivo General

Diseñar e implementar un prototipo para un sistema de control automático en el proceso de postcosecha de la miel de abejas en la empresa Productos Naturales Perú Miel E.I.R.L.

1.2.4.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos de esta investigación son los siguientes:

- Visitar las instalaciones de la Empresa Productos Naturales Perú Miel E.I.R.L. para obtener información y estudiar el proceso artesanal de cosecha de la miel de abejas, así establecer los parámetros e indicadores que deben cumplir nuestro prototipo y sistema de control.
- Diseñar la lógica de control para implementarla en el PLC para la etapa de centrifugado filtrado y cocción, también la interfaz gráfica para visualizar las principales variables del proceso en la pantalla HMI.
- Diseñar la estructura y partes del prototipo en el software SolidWorks.
- Diseñar los planos eléctricos y los diagramas de tuberías e instrumentación del proceso (P&ID).
- Dimensionar y seleccionar los sensores, transmisores, controladores y actuadores para supervisar y controlar el proceso de post cosecha de la miel de abejas.

- Implementar el prototipo y realizar las pruebas de funcionamiento.

1.3. Diseño Teórico

1.3.1. Antecedentes

A) Nacional

Título: Diseño de una maquina centrifuga para el aprovechamiento de las proteínas del suero de leche mediante la producción de requesón a humedad relativa aproximadamente del 60% con una capacidad de un 1kg/hora, para el sector rural.

Institución: Pontificia Universidad Católica del Perú – Lima, Perú.

Año de publicación: 2015.

Autor: Huamani Tapia Ángel Jhan.

Resumen: El presente estudio, contiene un diseño de una maquinaria de centrifuga, el cual tiene como propósito y función primordial el aprovechamiento íntegro de las proteínas del suero de la leche, a través de la producción del requesón a humedades relativas cerca al 60%. La maquinaria fue planificada de manera exclusiva para el sector rural por ello el motor elegido es monofásico con una potencia de 1.5 Kw, motivo por el cual, que en diversos sectores rurales no hay un sistema trifásico, por ende, se ha dejado la alternativa directamente para el motor monofásico; en tanto, la maquinaria centrifuga es un prototipo, condicionante a que la capacidad del trabajo sea baja, siendo 1kg/hora. Además, se diseñó de una forma más compacta posible, mediante el cual ocupan espacios de 1064 mm de largo por 500 mm de ancho y una altura de 1147 mm. Para encender la maquinaria deberá realizarse mediante un tablero de control, en donde se incorporó cambios de velocidad. Se propuso 3 clases de velocidad de trabajo: baja de 1200 rpm y otra alta de 2600 rpm. Trasmisiones de potencia se efectuará mediante un sistema de poleas y fajas trapezoidales.

B) Internacional

Título: Diseño y construcción de una maquina centrífuga, con mecanismo de giro de marcos de 180 grados, para la extracción de miel de abeja con capacidad de 20 kg/H

Institución: Escuela politécnica del ejercito – Lacatunga, Ecuador.

Año de publicación: 2016.

Autor: Edgar Leonardo Batson Quispe, Oswaldo Isaías Taípe Topón.

Resumen: El presente estudio cuenta con un diseño y construcción de una maquinaria centrífuga tangencial de miel para el Lic. Klever Oswaldo Taípe Topón. Quien se encuentra en un proceso de creación de una empresa que se dedica a la producción de miel. La extracción que se practica se realizaba mediante medios de aplastamiento, esta manera de extracción es muy anticuada, puesto que, destruyen el marco de cera y elaborarla demora un promedio de 90 días, para dar solución a ese problema, en tanto, se hizo una búsqueda de otras maneras de extracción y la que mejor convenía era la centrifugación. Está es un método más eficaz, puesto que, subsume cantidades mayores de miel en un tiempo reducido y no genera perjuicio a la estructura que tiene la miel, acelerando la producción, debido que el cuadro al no tener alteración alguna regresa a la colmena, donde las abejas tienen como función solo producir la miel y no reconstruir la cera. La desventaja de las maquinarias de centrífuga que existen es que extraen la miel de una sola parte del marco después tienen que dar vuelta los marcos uno por uno, generando que el producto se manipule más de lo debido, para solucionar ello se planteó la creación de un sistema, que conecte a los 6 marcos de miel y pueda voltear con un solo movimiento. Por otro lado, esta maquinaria fue creada en el taller TECNITROQUEL y otros servicios, a quienes se les fue contratado dependiendo de las necesidades. Se realizó pruebas de funcionamiento, resultados exitosos puesto que la

centrifugación logró el propósito propuesto al inicio del proyecto, quien generó que la producción sea eficiente y tenga menos daños en su estructura del marco de miel.

1.3.2. Definición y Operacionalización de Variables

En este proyecto de investigación se distinguen las siguientes variables:

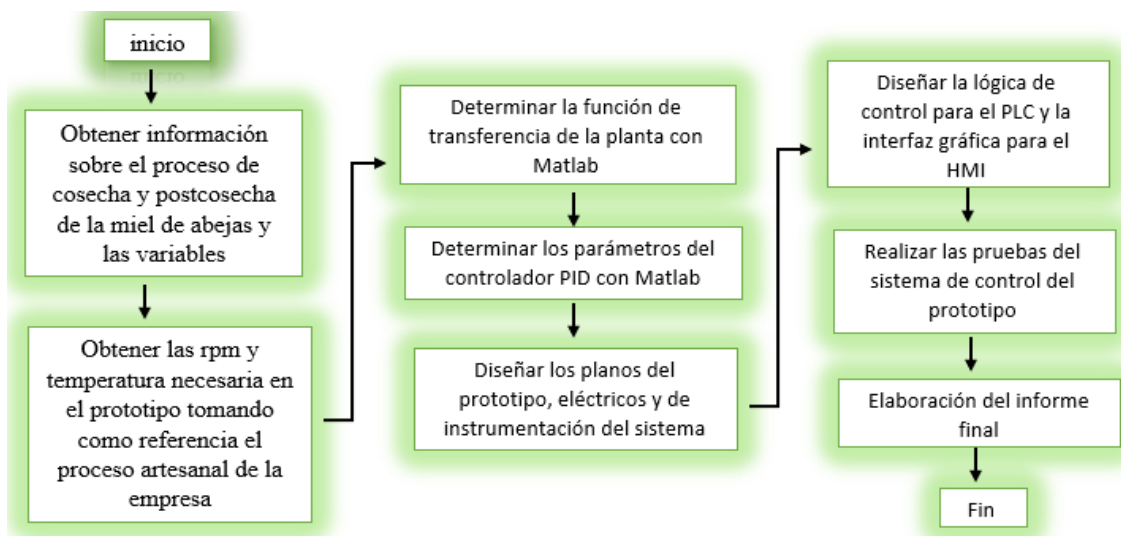
Tabla 1: Definición y Operacionalización de Variables

Variables		Definición Operacional	Indicadores
Independiente Diseño e implementación de un prototipo para un sistema de control automático en el proceso de postcosecha de la miel de abeja	Centrifugado	El sistema se encargará de supervisar y controlar la etapa de centrifuga, filtrado y cocción, además detectará el nivel alto y bajo en cada tanque activando así sus respectivas bombas.	Velocidad
	Filtrado		Potencia
	Cocción		Nivel
			Nivel
			temperatura
			Humedad
Dependientes Mejora al automatizar el proceso de postcosecha de la miel de abeja		Automatizando el proceso de postcosecha de la miel de abeja el operario encargado del prototipo podrá observar el estado de cada subproceso a través de una pantalla HMI. De esta manera, se obtendrá mejoras en cada subproceso, calidad del producto, reducción de tiempo y esfuerzo laboral.	Tiempo (horas) Producción (kilogramos)

Fuente: Elaboración propia.

1.3.3. Diseño Metodológico

1.3.3.1. Diseño de Contrastación de Hipótesis



1.3.3.2. Población

Las principales empresas y centros de acopio apícolas de la región Lambayeque son:

- Empresa Apícola el floral.
- Empresa Apícola del norte El Paraíso.
- Empresa Apícola Miel y Salud MB-DRAL.
- Empresa Apícola Chiclayo.
- Empresa Apícola Productos Naturales Perú miel E.I.R.L.

1.3.3.3. Muestra

Empresa Productos Naturales Perú Miel E.I.R.L.

1.3.3.4. Técnicas, Instrumentos, Equipos y Materiales

En esta investigación se utilizarán los siguientes recursos:

- Bibliografía sobre la producción de miel de abeja, entrevistas con apicultores de la región Lambayeque, sistemas de control automatizados e instrumentación industrial.

- Software de programación de PLC: TIA Portal (Siemens).
- Software de programación de interfaces humano-máquina (HMI): WinCC (Siemens).
- Software de diseño de planos eléctricos: AutoCAD Electrical 2018 (versión de estudiante).
- Software de diseño de estructuras SolidWorks.
- Software para estimar funciones de transferencia a partir de datos experimentales: PID Tuner de Matlab.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Empresa Productos Naturales Perú Miel E.I.R.L.

Productos Naturales Perú Miel E.I.R.L es una empresa Apícola ubicado en el distrito de Túcume, provincia de Lambayeque, región de Lambayeque. La empresa se dedica a la producción de miel de abejas, polen, propóleos, jalea real, Polinización Cruzada entre otros. La empresa apícola continúa esforzándose por cumplir con sus pedidos de producción y los más altos estándares calidad productiva e inocuidad de la miel.

Figura 1: Apícola Productos Naturales PERU MIEL E.I.R.L.



Fuente: https://www.facebook.com/perumielaabejas/photos/?ref=page_internal

2.1.1. Proceso de formación de la miel de abeja

La miel tiene su procedencia de las plantas que producen néctar estos a su vez son recolectado por abejas, que usan como materia prima a la savia elaborada y el néctar. Esta se procesa por las abejas en su colmena el cual le adiciona enzimas y lo convierte en miel tal y como lo describe la siguiente figura 2.

Figura 2: Proceso de recolección de miel



Fuente: (Ayala, 2016) Obtenido de <https://www.slideshare.net/DonaAyala/modulo-polinizaion>

El mundo de las abejas es un mundo con muchas ventajas. Dedicarse a la crianza de las mismas trae dulces premios con la cosecha de: miel, polen, propóleos, cera y jalea real, utilizados para múltiples fines comestibles y medicinales. Las colmenas se preparan durante todo el año para la cosecha de miel, teniendo temporadas de buena producción, para ello se busca lugares tanto en la costa como en la sierra para que las Colmenas produzcan miel. El objetivo es obtener la mayor cantidad y calidad de miel para su comercialización. Es necesario observar y manejar los componentes de la estructura del enjambre, el cual se desarrollan cuadros de madera móvil y extraíbles. Los cuales enmarca y protege la cera de abejas; existen marcos de distintos tamaños,

pero, el más común es el llamado “estándar”, y entre sus medidas son: 22 cm, 49 cm, 3.5 cm. En la figura 3 y 4 se puede visualizar los cuadros con cera y sin cera de abeja.

Figura 3: *Cuadro móvil sin cera*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4: *Cuadro móvil con cera y miel operculada.*



Fuente: Elaboración propia.

Ingresan 10 cuadros o marcos vacíos paralelamente en una caja de madera, teniendo en cuenta que la caja que contiene abejas trabaja con 09 marcos para mayor optimización y producción de miel. La medida para un cajón normalmente es de 23.5 cm, 51 cm, 41 cm.

Figura 5: Caja de colmena con 9 cuadros dentro



Fuente: Elaboración propia.

Una vez que la colonia de abejas empieza su trabajo, en los cuadros vacíos se empieza a tejer una cera nueva formando un panal. Las abejas en temporada de floración tienden a construir sus panales incrementando su población, pero si no se le da su mantenimiento respectivo estiran sus panales en la tapa de la caja.

Figura 6: Cuadro sellado para la extracción de miel



Fuente: Elaboración propia.

2.1.2. *Implementos de Protección:*

CARETA: La cabeza y cara del apicultor se debe proteger con una máscara y, además, partes donde hay tejidos de maya, que pueden ser de distintos materiales; metálicos, poliéster, plásticos, entre otros. El propósito es la protección y separación del rostro ante las picaduras de abejas. Se arman con sombreros y pueden estar unidos al overol o pueden ser por separado amarrándose con cordones a la cintura.

Figura 7: *Careta*



Fuente: Elaboración propia.

ROPON: Son enteros tipo mameluco y medios trajes, es una traje de protección, y en tanto las características esenciales de la tela usada es que es gruesa, normalmente es de color blanco y otros colores. Son de color blanco u otro color que no sea el negro, puesto que este color tranquiliza a las abejas.

Figura 8: *Ropón*



Fuente: Elaboración propia.

HUMADOR: Su función es alcanzar el control de las abejas, que, ante la presencia del humo, estas se van pensando que hay incendio. Esta acción es un comportamiento natural en las colmenas. consta de una bomba echa de jebe con agujeros para que el aire ingrese al interior de la cámara de combustión, en la cual el apicultor quema aserrín de madera, pasto seco y hojas.

Figura 9: *Humador*



Fuente: Elaboración propia.

2.1.3. Etapas del proceso en la miel de abeja

EXTRACCION DE CUADROS CON MIEL: Para comenzar la cosecha, hay que ponerse el mameluco o ropa de color blanca y una protección a la cara, después preparar el humador, una vez que se cuenta con todos los medios mencionados se empieza la cosecha de la miel de abeja.

Por un lado, un operador realiza humo en función al cajón, el otro saca la tapa del mismo y separa los cuadros con miel, al sacar el cuadro se sacuden las abejas al interior de la colmena con apoyo del cepillo.

Se ingresa de manera rápida el panal cosechado al interior del cajón de manera previa elaborado y con piquera cerrada. A medida que se carga el panal hasta su culminación, este se mantiene tapado, de manera rápida se traslada el cajón a un espacio elaborado para que se pueda extraer la miel.

Figura 10: *Operario echando humo en la colmena*



Fuente: Elaboración propia.

DESOPERCULADO DE PANALES: Ya al interior del ambiente preparado, sea en campo o un lugar de recepción de miel, se comienza al desoperculado del panal; se denomina acción de rebanar el opérculo de manera superficial, las celdillas del panel que tienen miel.

Figura 11: *Operario quitando el opérculo*



Fuente: Murillo (2013). Las abejas, un mundo fascinante: La cosecha de miel. Parte I y II. Recuperado <https://indiblogs.wordpress.com>

CENTRIFUGADO: Ejecutado el anterior paso, se deja el cuadro de miel trabajando al interior de la maquina centrifugadora, maquinas sencillas que ayudan a la extracción integra de la miel de los panales adheridas en el cuadro. El procedimiento para extraer la miel es fácil de comprender, se hace a través de la fuerza centrifugadora. La miel planificada sobre la pared del extractor fluye sobre el fondo y se recoge. Un extractor tiene sus componentes que se detallan a continuación:

- Cubas, con características de acero inoxidable, para recolectar la miel.
- Manivelas y un instrumento para arrastrar la caja.

- El manejo de estas máquinas necesita una velocidad pequeña al inicio, que acelera de manera gradual, hasta que se llegue a una velocidad máxima, de unos 600 a 800 rpm en un lapso de 1 a 2 minutos, de acuerdo la viscosidad de la miel.

Estas centrífugas pueden ser de 2 tipos:

A. Tangenciales: Inventada por F. Von Hruschka en 1865.

- **Ventajas:** Mientras los cuadros se encuentren más lejos del centro de rotación, ayuda a una fuerza centrífuga más potente sobre el panal, en tanto, se logra extracciones más profundas de las celdillas, en función al radial. se menciona que el tangencial da un rendimiento de un aproximado de 2% mayor al radial. Sobre todo, la miel dura en cuadros más extensos como el Layens y el Dadant de cámara de cría, los cuadros de cera no se destruyen en el proceso de centrifugación.
- **Desventajas:** Para sacar la miel de las dos partes del cuadro se tiene que sacar y cambiarlo de lado.

Figura 12: *Centrifuga tangencial existente*



Fuente: Elaboración propia.

B. Radiales: El cuadro se coloca de manera vertical en torno al eje, como el radio de una bicicleta.

Esta clase de canasta da buen resultado para la miel líquida.

- **Ventajas:** A diferencia del tangencial, saca la miel de las dos partes del cuadro y, asimismo, gira en un solo lado, sin ser necesario realizar más movimiento. Suponiendo un ahorro de tiempo y trabajo. Otro beneficio que tiene es que un diámetro puede refugiar más cuadros. Gracias a ello, existe un mejor aprovechamiento. De esta forma se puede ver en el mercado extractores radiales que alcanzan un alrededor de 50 cuadros.
- **Desventajas:** Se rompe fácilmente el panal cuando la cera es nueva. Es más complejo vaciar de forma total la celdilla, puesto que la fuerza de la centrifugadora es menor a la que se realiza en el tangencial. Asimismo, los cuadros de mayor tamaño como el Layens o el Dadant cámara de cría, a veces no tiene la capacidad de sacar la zona superior del cabezal de los cuadros.

Figura 13: *Centrifuga radial*



Fuente: Ivars Joshua (2019). Qué extractor de miel elegir: Tipos y modelos. Recuperado de <https://www.latiendadelapicultor.com>.

FILTRADO: La miel es recogida de la centrífuga y es filtrada debido a la acción de la gravedad, para eliminar los cuerpos extraños como son la cera, larvas y abejas que se pegan en el momento de la centrifugación. Este procedimiento generalmente se elabora en tanques cubierto a través de una tela metálica de acero inoxidable o maya de nylon.

Figura 14: *Filtro de Acero Inoxidable*



Fuente: Ivars Joshua (2019). Filtros para miel. Recuperado de <https://www.latiendadelapicultor.com>

COCCION: Para los apicultores es un problema común de superar. Esto se debe a que la miel cruda pura se cristaliza y pasa de un estado líquido a un estado semisólido a temperaturas inferiores a 21°C. Para volver a licuar la miel y revertir el proceso de cristalización, la miel debe calentarse lenta y uniformemente a aproximadamente 40°C a 60 °C para aumentar la fluidez.

Figura 15: *Tanque de cocción*



Fuente: Elaboración propia.

ENVASADO: Se refiere, al depósito de la miel en un envase nuevo y autorizado para su utilización alimentario, al momento en que se filtra y decantada. El envase suele ser bolsas plásticas con sus respectivas etiquetas, también otra presentación son los envases de vidrio.

Figura 16: *Envasado de miel*



Fuente: Gil Ruiz (2017). La envasadora de Benaoján, especializada en productos apícolas. Recuperado de <https://www.diariosur.es>

2.1.4. Diagrama del proceso de extracción de miel:



2.2. Sistemas de control

Es un sistema que conserva una vinculación determinada entre la salida y entrada referencial, asemejándola y utilizándola como instrumento de control, se llama sistema de control realimentado o lazos cerrados. Además, hay sistemas de lazos abiertos en el cual la salida no perjudica a la acción de control.

2.2.1. *Sistemas en lazo cerrado:*

El sistema de control realimentado se llama sistema de lazo cerrado. En la práctica, el término control realimentado se utiliza de manera indistinta. (Erniman, 2012).

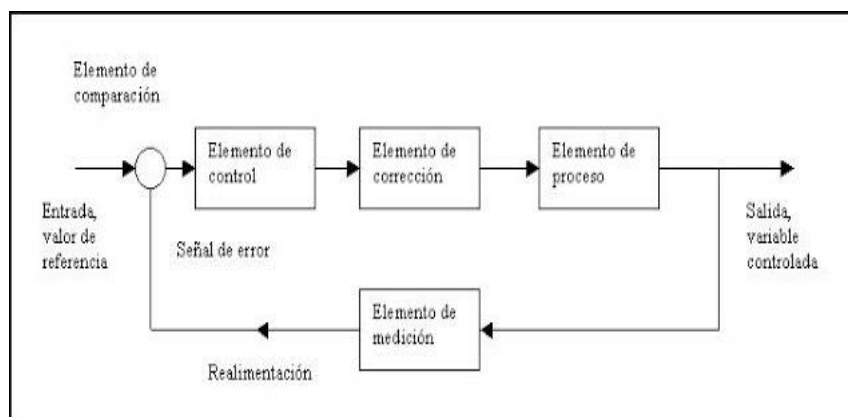
Es un sistema que alimentan a los controladores de la señal de error de actuaciones, que es la distinción entre la señal de entrada con la salida, en la finalidad de disminuir los errores y llevar la salida de los sistemas a valores convenientes. La terminología de control en lazos cerrados siempre genera utilización de acciones de control realimentados para disminuir los errores del sistema. (Erniman, 2012).

Un sistema de control en lazo cerrado está constituido por los siguientes elementos:

- A. Elemento de comparación:** Esta clase de elementos comparan valores necesarios o referenciales de las variables por vigilar con los valores medidos de lo que se obtienen a la salida, y generan señales de error el cual señala la distinción de los valores obtenidos a la y los valores necesarios.
- B. Elemento de control:** Esta clase, toma la decisión de que acciones consideran cuando reciben señales de error.
- C. Elemento de corrección:** Esta clase usa para generar cambios en el procedimiento al extinguir el error.
- D. Elemento de proceso:** El proceso o planta, es el sistema dónde se va a controlar la variable.

E. Elemento de medición: Esta clase genera señales vinculadas con las condiciones de las variables controladas y proporcionan señales reto-alimentadoras al elemento de similitud para establecer si existe o no errores.

Figura 17: Sistema en lazo cerrado



Fuente: (Erniman, 2012). Recuperado de <http://eet602ei.blogspot.com/2012/05/sistemas-de-control-lazo-abiertocerrado.html>

2.2.2. Sistemas en lazo abierto

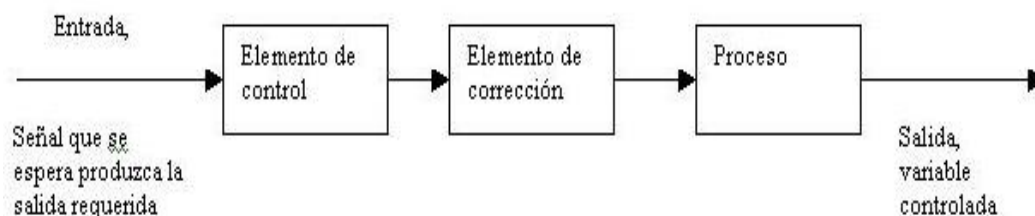
Es un sistema en el cual la salida no perjudica a la acción de control. Los sistemas de lazos abiertos no se miden las salidas ni realimentan para una comparación en las entradas. (Erniman, 2012).

En todos los sistemas de control en lazos abiertos no se comparan con las entradas de referencia. En tanto, cada entrada tiene condiciones operativas fijas; como resultados, las precisiones del sistema dependen de la calibración. Ante la existencia de una perturbación, los sistemas de control en lazos abiertos no realizan actividades deseadas. En la práctica, los controles se usan en caso sean conocidos la vinculación entre la entrada y la salida, y si no existe perturbación interna ni externa. Es lógico que este sistema no es de control realimentado. (Pisiltron-De Procesos Industriales a lazo abierto, 2013).

Un sistema de control en lazo abierto está conformado por los siguientes elementos (Erniman, 2012):

- A. Elemento de control:** Estos elementos establecen qué acciones tomar en función a la entrada del sistema de control.
- B. Elemento de corrección:** Estos elementos responden a la entrada que vienen de los elementos de control y empiezan las acciones para generar cambios en las variables controladas a los valores requeridos.
- C. Proceso:** El procedimiento en los sistemas en el que se controlan las variables.

Figura 18: Sistema de control en lazo abierto



Fuente: (Pisiltron-De Procesos Industriales a lazo abierto, 2013). Recuperado de <http://www.pisiltron.com.ar/index.php/2013-10-12-12-09-19/2013-10-16-16-32-47/de-procesos-industriales-a-lazo-abierto>

2.2.3. Ventajas y desventajas de los sistemas de control en lazo cerrado:

La ventaja de contar con una experiencia de realimentación, en tanto, es un sistema en lazos cerrados en función de sistemas en lazos abiertos es (UNEFA sistemas IM, 2012).

- Tiene exactitud en la igualdad del valor real y necesario para las variables.
- Tiene una menor sensibilidad a las perturbaciones.
- Tiene menor sensibilidad a la modificación de las características de los componentes.
- Aumenta la rapidez de respuesta, asimismo, el ancho de la banda es más grande.

Sin embargo, existe algunas desventajas (UNEFA sistemas IM, 2012):

- Existe pérdidas en las ganancias.
- Hay posibilidades de inestabilidad.
- Sistemas complicados, y generalmente, no solo es más costoso, sino más común en sus descomposturas.

2.3. Controladores automáticos industriales:

2.3.1. Control de dos posiciones (ON/OFF):

Esta clase de control, los elementos finales de control se movilizan de manera rápida entre una de 2 posiciones fijas a la otra, con valores únicos de las variables controladas

Los controladores on-off operan sobre las variables manipuladas solo cuando las variables de proceso cruzan el valor deseado o set point. Las salidas tienen 2 estados, que están de manera completa activados y también desactivados. Un estado es utilizado cuando las temperaturas están en cualquier lugar sobre los valores deseados y el otro estado es utilizado cuando las variables del proceso están en cualquier punto debajo del SP. (Control e Instrumentación Industrial, 2016).

2.3.2. Controlador de acción proporcional (P):

En estos controladores, las señales de acción son equivalentes a las señales de error de los sistemas. Consisten en amplificar las señales de error previamente al ser aplicadas a la planta. Las funciones de transferencia de esta clase de regulación son variables reales, llamadas K_p que establecen el nivel de amplificación de los elementos de control:

Si $y(t)$ es la señal de salida y $e(t)$ es la señal de error, en un sistema equivalente se tendrá:

$$y(t) = K_p \cdot e(t)$$

Lo que en dominio de Laplace sería:

$$Y(s) = K_p \cdot E(s)$$

Entonces su función de transferencia será:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{E(s)} = K_p$$

Tenemos que $Y(s)$ es la salida del regulador o controlador, $E(s)$ la señal de error y K_p la ganancia del bloque de control.

En la teoría, si las señales de error son cero en esta clase de controlador, entonces lo será la salida de los controladores. La solución, teóricamente es rápida, en la cual el tiempo no influye en el control. En la práctica, no pasa esto, si las variaciones de las señales de entrada son muy rápidas, los controladores no pueden continuar con dichas variaciones y presentarán trayectorias exponenciales hasta lograr la salida adecuada. (Control e Instrumentación Industrial, 2016).

2.3.3. *Controlador de acción Integral (I):*

En este regulador los valores de las acciones de control son equivalentes a la integración de las señales de error, por lo tanto, en esta clase de control las acciones varían respecto a las desviaciones de la salida y del tiempo en que se conserva esta desviación.

Si se considera que

- $Y(t)$ =salida integral.
- $E(t)$ =Error (diferencia entre el valor medido y el punto de consigna).
- T_i =tiempo integral.

La salida de este regulador es:

$$y(t) = \frac{1}{T_i} \cdot \int e(t) dt$$

Lo que en dominio de Laplace sería:

$$Y(s) = \frac{1}{T_i \cdot s} \cdot E(s)$$

Entonces su función de transferencia será:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{E(s)} = \frac{1}{T_i \cdot s}$$

El inconveniente de los controlares integrales es que la respuesta demora, y los controladores no son eficientes hasta pasar un determinado tiempo. Sin embargo, elimina el error remanente que presentan los controladores equivalentes (Controlador de acción Integral, s.f.).

2.3.4. Controlador de acción proporcional e integral (PI):

Realmente no hay un controlador que trabaje solo con una acción integral, en cualquier caso, trabaja mezclado con un regulador de acciones equivalentes, llegando a complementarse las dos clases de reguladores. Al iniciar ingresa en acción el regulador equivalente, mientras que el integral trabaja durante intervalos de tiempo.

La Función de transferencia del bloque de control PI responde a la ecuación:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{E(s)} = K_P \cdot \left(\frac{1}{T_i \cdot s} + 1 \right)$$

K_P y T_i es un parámetro que puede adecuarse de acuerdo a la necesidad de los sistemas. Si T_i es amplio la pendiente de la rampa, entonces corresponde a la consecuencia integral y será pequeña, y su efecto será atenuado.

Entonces, la respuesta de los reguladores PI serán la adición de las respuestas debido a un control equivalente P, que será de forma rápida para detectar las señales de error y con una determinada demora ingresará en acción los controles integrales, que serán los encargados de eliminar de forma total las señales de error. (Controlador de acción Integral, s.f.).

2.3.5. Controlador de acción proporcional derivativa (PD):

Los controles derivativos se interponen a la desviación de las señales de entrada, con respuesta que son equivalentes a la prontitud con la que se desarrollan.

Considerando que:

- $Y(t)$ = Salida diferencial

- $e(t)$ = Error (diferencia entre medición y punto de consigna [PC]. El PC no es otra cosa que el nivel deseado al que queremos que vuelva el sistema).
- T_d = Tiempo diferencial, se usa para dar mayor o menor trascendencia a la acción derivativa.

Por consiguiente, la salida de este regulador es:

$$y(t) = t_d \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

Lo que en dominio de Laplace sería:

$$Y(s) = T_d \cdot s \cdot E(s)$$

Entonces su función de transferencia será:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{E(s)} = T_d \cdot s$$

Si las variables de entrada son consecuentes, no dan oportunidad a respuestas de reguladores diferenciales, cuando los cambios de las entradas sean rápidos, la velocidad de variaciones será alta, por lo que las respuestas de los reguladores diferenciales serán bruscas, lo que hace desaconsejables su trabajo.

Los reguladores diferenciales tampoco trabajan de manera exclusiva, sino que siempre están asociados a actuaciones de reguladores equivalentes.

La salida del bloque de control responde a la siguiente ecuación:

$$y(t) = K_P \cdot t_d \cdot \frac{de(t)}{dt} + K_P \cdot e(t)$$

K_P y T_d es un parámetro ajustable al sistema. T_d es llamado tiempo derivativos y son medidas rápidas con que los controladores PD compensan cambios en las variables reguladas, comparadas con controladores P puro.

Lo que en dominio de Laplace sería:

$$Y(s) = K_P \cdot T_d \cdot s \cdot E(s) + K_P \cdot E(s)$$

Entonces su función de transferencia del bloque de control PD será:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{E(s)} = K_P \cdot (T_d \cdot s + 1)$$

En los controladores diferenciales, debido a que la derivada de cualquier constante es igual a cero, el control derivativo no genera ninguna consecuencia (Controlador proporcional e integradora PI - Horno, s. f.).

2.3.6. Controlador de acción proporcional, integral y derivativa (PID):

Son sistemas regulatorios que tratan de aprovecharse de los beneficios de los controladores de acciones sencillas, si las señales de error varían de manera lenta en el tiempo, predominan las acciones equivalentes e integrales, mientras si las señales de error varían de forma rápida, predominan las acciones derivativas. Tienen beneficio el ofrecimiento de respuestas muy rápidas y compensaciones de las señales de error inmediatas si es que llegara a suceder alguna alteración. (Controlador de acción proporcional, integral y derivativa (PID), s.f.).

La salida del regulador está dada por la siguiente ecuación:

$$y(t) = K_P \cdot e(t) + K_P \cdot t_d \cdot \frac{de(t)}{dt} + K_P \cdot \frac{1}{t_i} \cdot \int e(t) dt$$

Lo que en dominio de Laplace sería:

$$Y(s) = K_P \cdot E(s) + K_P \cdot T_d \cdot s \cdot E(s) + K_P \cdot \frac{1}{T_i \cdot s} \cdot E(s)$$

Entonces su función de transferencia del bloque de control PID será:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{E(s)} = K_P \left(a + T_d \cdot s + \frac{1}{T_i \cdot s} \right)$$

Donde K_p , T_i y T_d son parámetros ajustables del sistema.

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y ESTRUCTURA

3.1. Introducción

Se realizará el diseño e implementación de un sistema de control automático para mejorar el proceso de post cosecha en la empresa “PRODUCTOS NATURALES PERÚ MIEL E.I.R.L”. Este sistema se propone como solución a la problemática en la que se encuentra actualmente el proceso de cosecha y post cosecha de la miel de abeja en el sector de Lambayeque, el cual, al carecer de una planta procesadora de miel, imposibilita una buena práctica y producción de la miel de abeja. Los subprocesos de la post cosecha de la miel de abeja suelen ser los siguientes:

- Desoperculado
- Centrifugado
- Filtrado
- Cocción
- Envasado

3.2. Filosofía de control

En base a los requerimientos, se desarrollará un sistema de control en la etapa de centrifugación, filtrado y la etapa de cocción que servirán para mejorar la producción de la miel de abeja, para lo cual se deberán controlar tres variables fundamentales.

- Velocidad
- Nivel
- Temperatura

3.3. Descripción del sistema

Luego de haber realizado el estudio inicial de la explotación y procesamiento de la miel de abeja, dónde se obtuvieron las premisas del diseño que determinaron las variables involucradas en el sistema, se presentará de manera general cómo sería el funcionamiento del prototipo, detallando las acciones que desempeñaría a continuación:

- 1) Para que el sistema entre en funcionamiento, se levantarán las llaves termomagnéticas, con lo cual se encenderá una lámpara amarilla que indicará si el sistema está operativo
- 2) En el tablero eléctrico se mostrarán (durante 03 segundos) los nombres de los Tesisistas: DAMIÁN REYES WILLIAM y DÍAZ MORALES JOAQUÍN.
- 3) De manera inmediata, se presentará en la pantalla de inicio el siguiente mensaje: “PROCESO DE POST COSECHA DE LA MIEL DE ABEJA EN LA EMPRESA PRODUCTOS NATURALES PERÚ MIEL E.I.R.L.”. Este mensaje sólo durará hasta que el sistema se haya puesto en funcionamiento. En los subprocesos se mostrarán los siguientes mensajes “ETAPA DE CENTRIFUGADO” y “ETAPA DE COCCIÓN”.
- 4) Pulsar el botón encendido para iniciar, por separado y de forma independiente, los subprocesos de CENTRIFUGADO Y COCCIÓN.

En el CENTRIFUGADO se ingresarán 04 cuadros con miel desoperculados en la canastilla para iniciar la extracción.

El motor es controlado por un variador de frecuencia que recibe la señal del PLC, trabajará con una velocidad de 500 RPM. Al extraer la miel de un lado, se mostrará el siguiente mensaje: “DAR VUELTA A LOS CUADROS CENTRIFUGADOS”. Cuando se extrae toda la miel por ambos lados, se cambiarán los cuadros vacíos por cuadros con miel nuevamente. Adicionalmente, en esta etapa se realizará un control de nivel haciendo uso de un sensor de boya el cual detectará

un nivel alto o un nivel bajo para dar paso al flujo de la miel y poner en operación una bomba centrífuga que transportará la miel hacia los tanques de filtrado.

El FILTRADO se realiza por gravedad una vez la miel haya sido transportada al tanque filtro 1, en el tanque filtro 2 se hace un control de nivel haciendo uso de un sensor de boya para que pueda accionar la bomba de cocción y esta a su vez traslada la miel del tanque filtro 2 al tanque de cocción.

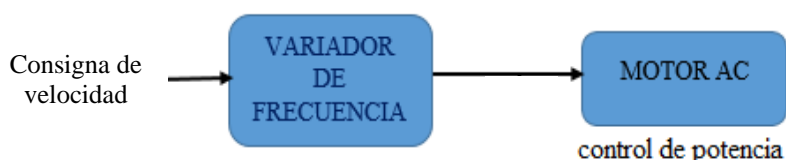
En la COCCIÓN se mostrarán los valores de temperatura y se activará la resistencia para que la miel pueda ser calentada, sin que la temperatura sobrepase el nivel de consigna (60°C), ya que si lo hace la miel pierde propiedades orgánicas en su composición. Por último, la miel calentada a 60°C ya puede ser envasada en presentaciones de frasco y bolsas, siendo embalada para su respectiva venta.

3.4. Variables de sistema

3.4.1. Control de velocidad

Para que la miel sea extraída de las celdillas del panal o cera sin ser dañado, es indispensable tener un óptimo control sobre la velocidad con un tiempo programado. Se realizará mediante un variador de frecuencia, el cual recibe información del PLC con la consigna de velocidad del motor. En la centrifugación de la miel de abeja son necesarias 600 a 800 RPM, este control es ON-OFF.

Figura 19: Diagrama de control de velocidad.



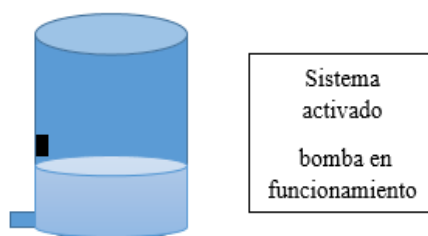
Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Control de nivel

El control de nivel estará implementado con un detector de nivel en el tanque de la centrifuga, filtrado y cocción detectando un nivel alto y un nivel bajo que nos permite dar aviso cuando el tanque está a su capacidad máxima para que encienda la bomba de centrifugado permitiendo el transporte de la miel. Mientras el sensor no emita ninguna señal al controlador el proceso seguirá con la secuencia programada normalmente.

El tanque tendrá una capacidad de 40 litros y que alcance este volumen, el sensor de nivel detectará un nivel alto, con lo cual se permitirá el paso a la miel mediante una válvula, activando así una bomba centrifuga. El sensor estará ubicado por debajo de la canastilla y deberá contar con un rango de medición de 80 cm como mínimo.

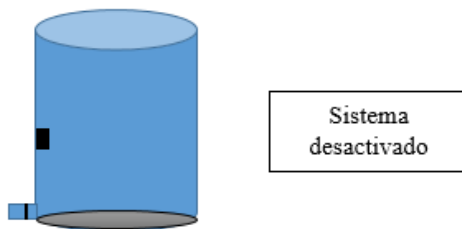
Figura 20: Sensor de nivel encendido



Fuente: Elaboración propia.

Entretanto, si el sensor de nivel no emite ninguna señal al controlador (nivel bajo), el proceso continuará y se seguirá centrifugando cuadros con miel.

Figura 21: Sensor de nivel apagado



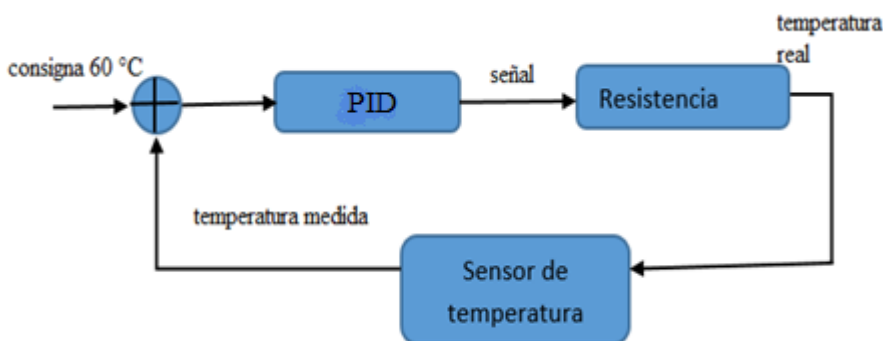
Fuente: Elaboración propia.

3.4.3. Control de temperatura

Para realizar el diseño de nuestro bloque de control de temperatura, se tendrá que analizar y decidir con qué tipo de sensor se trabajará, las características a tomar en cuenta para la elección deben estar orientadas a la capacidad de detectar temperaturas que estén dentro de un rango realista del ambiente que se pretende controlar.

Se diseñó un control de temperatura PID de forma que no se excedan los 60°C , así la miel fluiría con más facilidad para su envasado evitando la cristalización de la misma. Si se superan los 60°C , se pueden alterar las propiedades de la miel.

Figura 22: Diagrama de control de temperatura



Fuente: Elaboración propia

3.5. Función de Transferencia

Para el control de temperatura se aplicó una señal al 50% de la potencia total.

Tabla 2: *Medidas de Temperatura al 50% de potencia*

TIEMPO (min)	POTENCIA (%)	TEMPERATURA (°C)
0.00	0.00	25.1
5.00	50.00	25.2
10.00	50.00	32.5
15.00	50.00	35.58
20.00	50.00	37.24
25.00	50.00	38.4
30.00	50.00	40.1
35.00	50.00	40.4
40.00	50.00	40.62
45.00	50.00	40.88
50.00	50.00	41.12
55.00	50.00	41.12
60.00	50.00	41.13

Fuente: Elaboración propia

En la Fig. 23 se observa la gráfica de las medidas de temperatura.

Figura 23: *Gráfica de Medidas de Temperatura*



Fuente: Elaboración propia

Las medidas de temperatura se al software System Identification de Matlab.

Figura 24: *Importación de Datos*

Import - C:\Users\Personal\Desktop\FT\DATOS_TEMPERATURA.xlsx

IMPORT VIEW

Range: A2:C14

Output Type: ☐ Replace

Variable Names Row: 1

Text Options

SELECTION IMPORTED DATA

DATOS_TEMPERATURA.xlsx

	A	B	C
	TIEMPO1	POTENCIA1	TEMPERAT...
	Number	Number	Number
1	TIEMPO	POTENCIA	TEMPERAT...
2	0	0	25.1000
3	5	50	25.2000
4	10	50	32.5000
5	15	50	35.5800
6	20	50	37.2400
7	25	50	38.4000
8	30	50	40.1000
9	35	50	40.4000
10	40	50	40.6200
11	45	50	40.8800
12	50	50	41.1200
13	55	50	41.1200
14	60	50	41.1300

Fuente: Elaboración propia

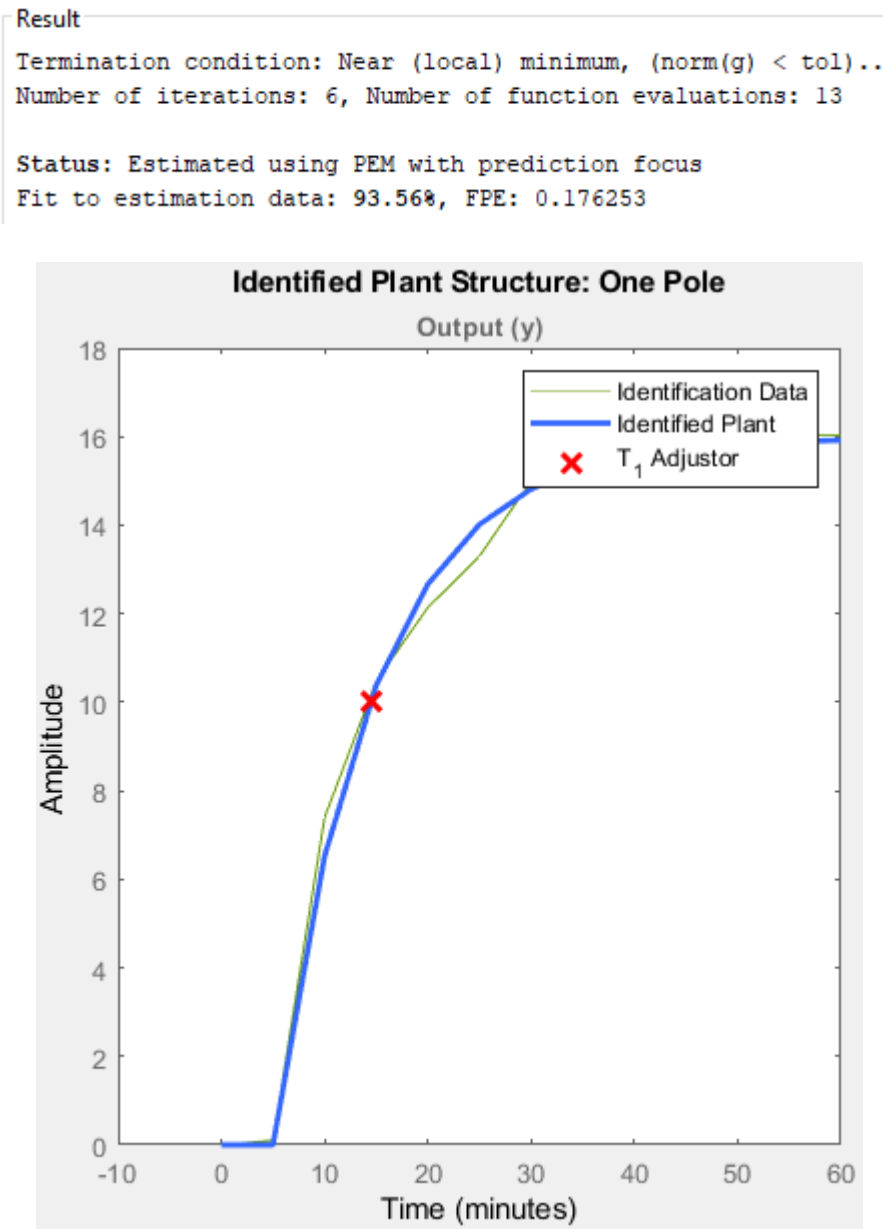
Se modeló el sistema de control de temperatura como un sistema de primer orden.

Structure: ☒ One Pole ☐ Delay ☐ Zero ☐ Integrator

$\frac{K}{(T_1 s + 1)}$

Luego se estimó la función de transferencia obteniendo una similitud entre los datos reales y el modelo de Matlab del 93.56%.

Figura 25: *Modelo Estimado por Matlab*



Fuente: *Elaboración propia*

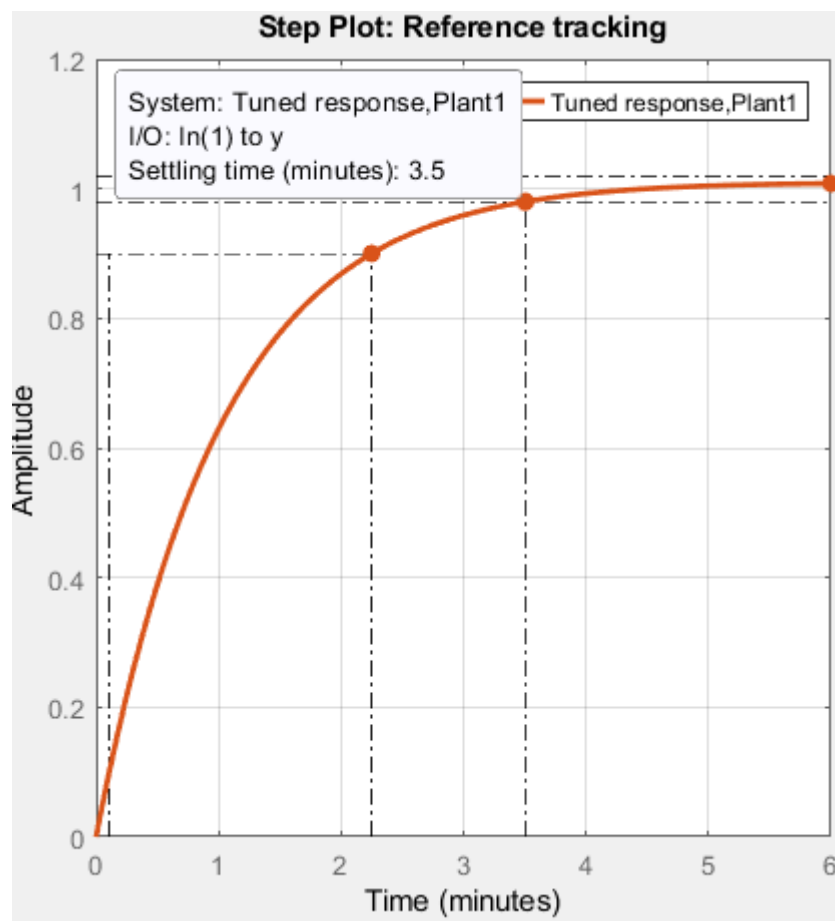
La función de transferencia es la siguiente:

```
Plant1 =
Process model with transfer function:
      Kp
G(s) = ----
      1+Tp1*s

      Kp = 0.31936
      Tp1 = 9.5148
```

Con el software PID Tuner se procedió a sintonizar el controlador. Primero se determinó la respuesta al escalón de la planta utilizando un control PI.

Figura 26: *Respuesta de la Planta al Escalón con Control PI*



Fuente: Matlab

Figura 27: *Parámetros del Control PI*

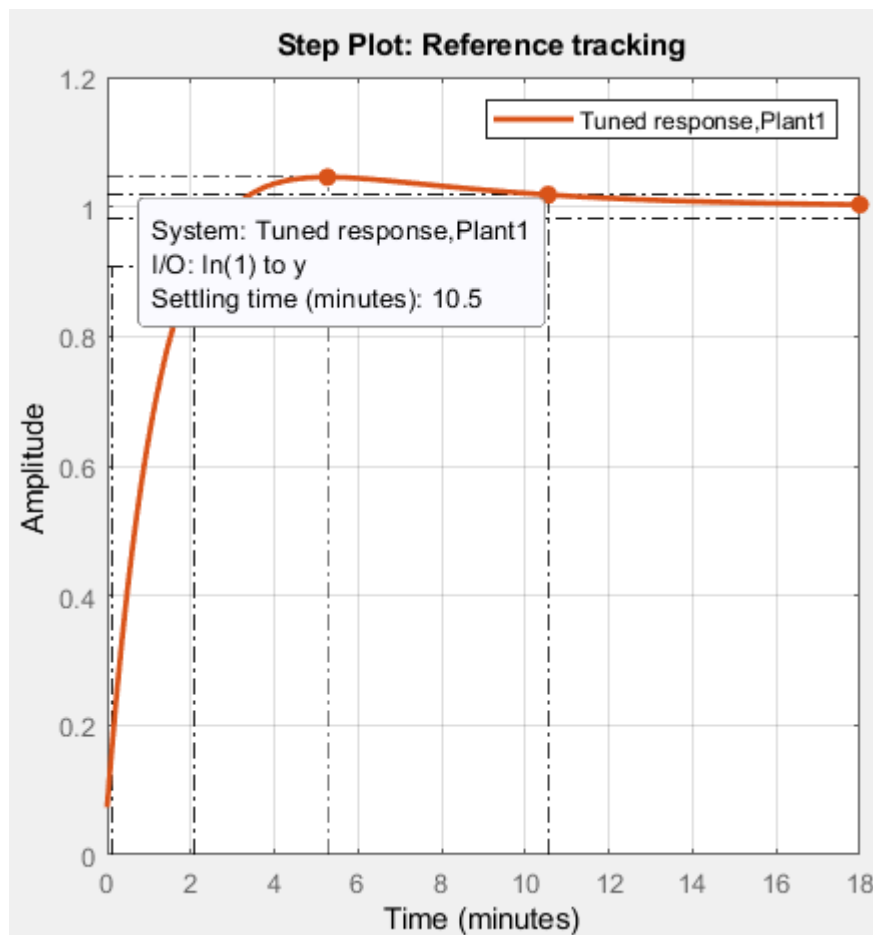
Controller Parameters	
	Tuned
Kp	29.2085
Ki	3.5773
Kd	n/a
Tf	n/a
Performance and Robustness	
	Tuned
Rise time	2.14 minutes
Settling time	3.5 minutes
Overshoot	0.871 %
Peak	1.01
Gain margin	Inf dB @ NaN rad/minute
Phase margin	89 deg @ 0.982 rad/minute
Closed-loop stability	Stable

Fuente: Matlab

De acuerdo a los parámetros de performance y robustez del controlador PI, podemos concluir que presenta sobreimpulso en la etapa transitoria de 1.01 y alcanza el estado estacionario en 3.5 minutos.

Luego se determinó la respuesta al escalón de la planta utilizando un control PID.

Figura 28: *Respuesta de la Planta al Escalón con Control PID*



Fuente: Matlab

Figura 29: *Parámetros del Control PID*

Controller Parameters	
	Tuned
Kp	29.2085
Ki	5.8505
Kd	2.3556
Tf	n/a
Performance and Robustness	
	Tuned
Rise time	1.97 minutes
Settling time	10.5 minutes
Overshoot	4.57 %
Peak	1.05
Gain margin	Inf dB @ NaN rad/minute
Phase margin	89 deg @ 0.982 rad/minute
Closed-loop stability	Stable

Fuente: Matlab

De acuerdo a los parámetros de performance y robustez del controlador PID, podemos concluir que presenta sobreimpulso en la etapa transitoria de 1.05 y alcanza el estado estacionario en 10.5 minutos.

Por lo tanto, el controlador que ofrece la mejor respuesta es el PI con sobreimpulso de 1.01 y tiempo de establecimiento de 3.5 minutos

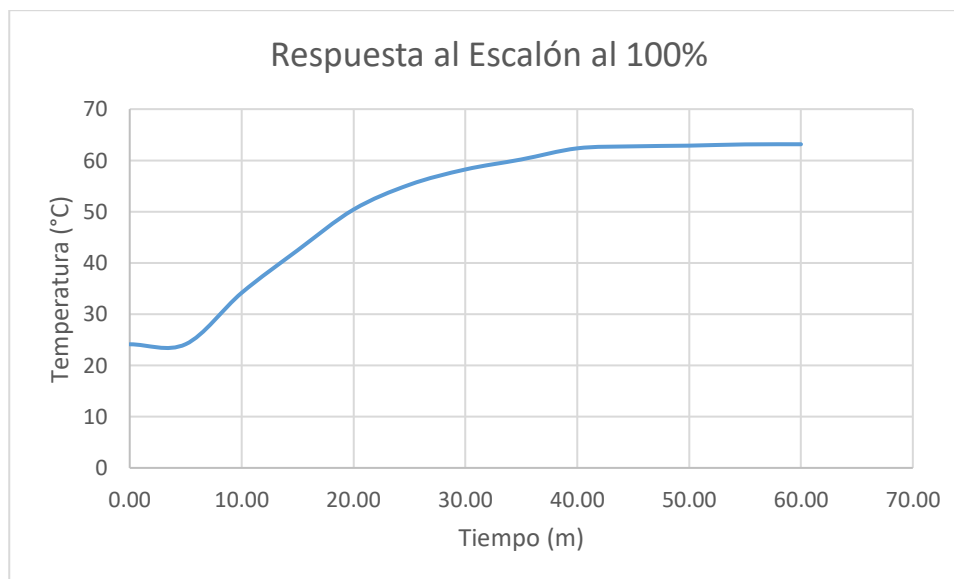
También se aplicó una señal al 100% de la potencia para obtener la curva de reacción de la planta.

TIEMPO (min)	POTENCIA (%)	TEMPERATURA (°C)
0.00	0.00	24.12
5.00	100.00	24.14
10.00	100.00	34.15
15.00	100.00	42.45
20.00	100.00	50.4
25.00	100.00	55.25
30.00	100.00	58.23
35.00	100.00	60.18
40.00	100.00	62.35
45.00	100.00	62.74
50.00	100.00	62.88
55.00	100.00	63.12
60.00	100.00	63.15

Fuente: Matlab

En la Fig. 30 se observa la gráfica de las medidas de temperatura.

Figura 30: *Gráfica de Medidas de Temperatura*



Fuente: Elaboración propia

Las medidas de temperatura se al software System Identification de Matlab.

Figura 31: *Importación de Datos*

Import - C:\Users\Personal\Desktop\FT\DATOS_TEMPERATURA.xlsx

IMPORT VIEW

Range: A2:C14

Output Type: Table

Variable Names Row: 1

Text Options

SELECTION IMPORTED DATA

DATOS_TEMPERATURA.xlsx

	A	B	C
	DATOSTEMPERATURAS1		
	TIEMPO1	POTENCIA1	TEMPERAT...
	Number	Number	Number
1	TIEMPO	POTENCIA	TEMPERAT...
2	0	0	24.1200
3	5	100	24.1400
4	10	100	34.1500
5	15	100	42.4500
6	20	100	50.4000
7	25	100	55.2500
8	30	100	58.2300
9	35	100	60.1800
10	40	100	62.3500
11	45	100	62.7400
12	50	100	62.8800
13	55	100	63.1200
14	60	100	63.1500

Fuente: Matlab

Se modeló el sistema de control de temperatura como un sistema de primer orden.

Structure: One Pole

☐ Delay ☐ Zero ☐ Integrator

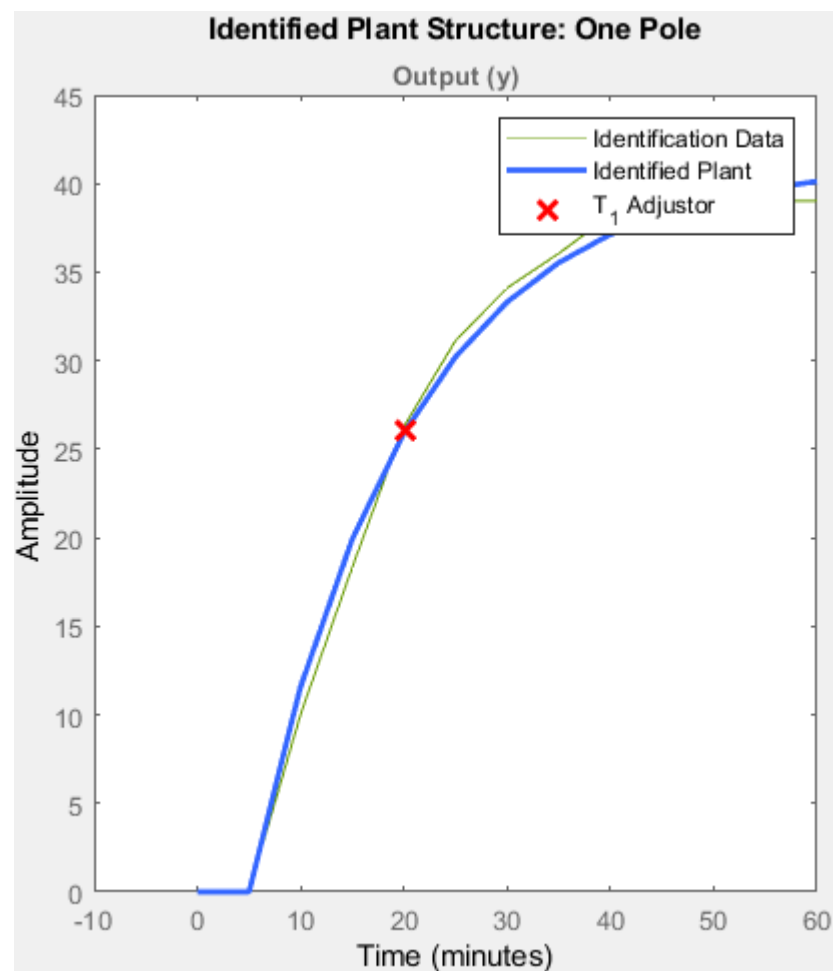
$\frac{K}{(T_1 s + 1)}$

Luego se estimó la función de transferencia obteniendo una similitud entre los datos reales y el modelo de Matlab del 93.87%.

Figura 32: *Modelo Estimado por Matlab*

```
Result
Termination condition: Near (local) minimum, (norm(g) < tol)..
Number of iterations: 6, Number of function evaluations: 14

Status: Estimated using PEM with prediction focus
Fit to estimation data: 93.87%, FPE: 1.04883
```



Fuente: Matlab

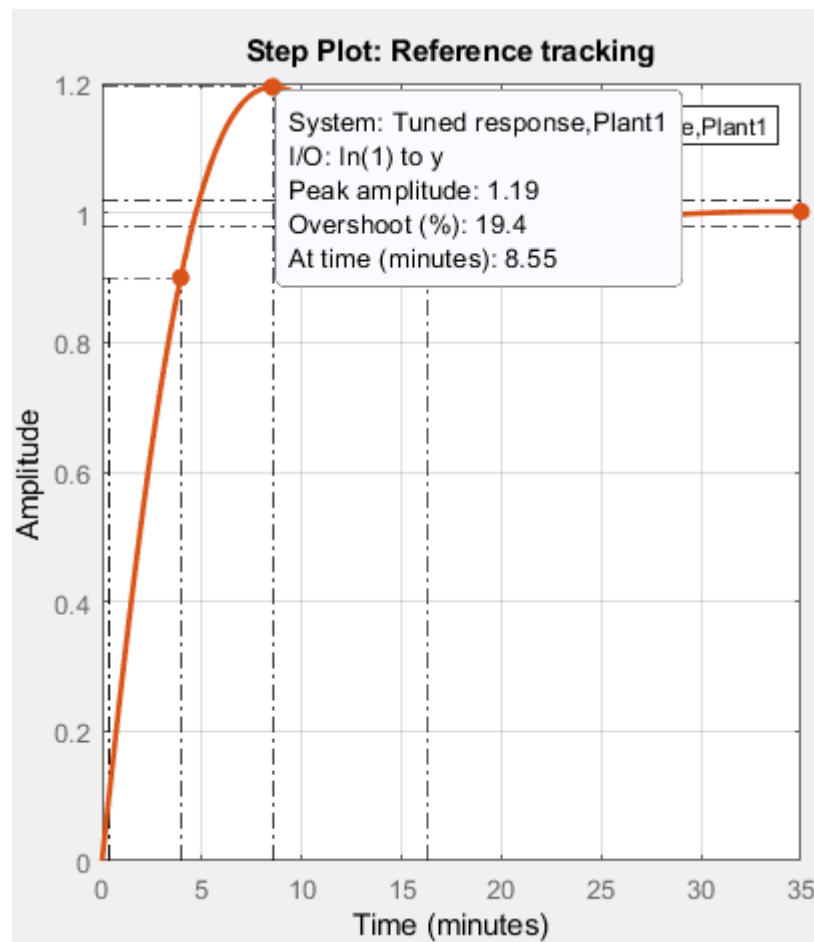
La función de transferencia es la siguiente:

```
Plant1 =
Process model with transfer function:
      Kp
G(s) = ----
      1+Tp1*s

      Kp = 0.41214
      Tp1 = 15.132
```

Con el software PID Tuner se procedió a sintonizar el controlador. Primero se determinó la respuesta al escalón de la planta utilizando un control PI.

Figura 33: Respuesta de la Planta al Escalón con Control PI



Fuente: Matlab

Figura 34: *Parámetros del Control PI*

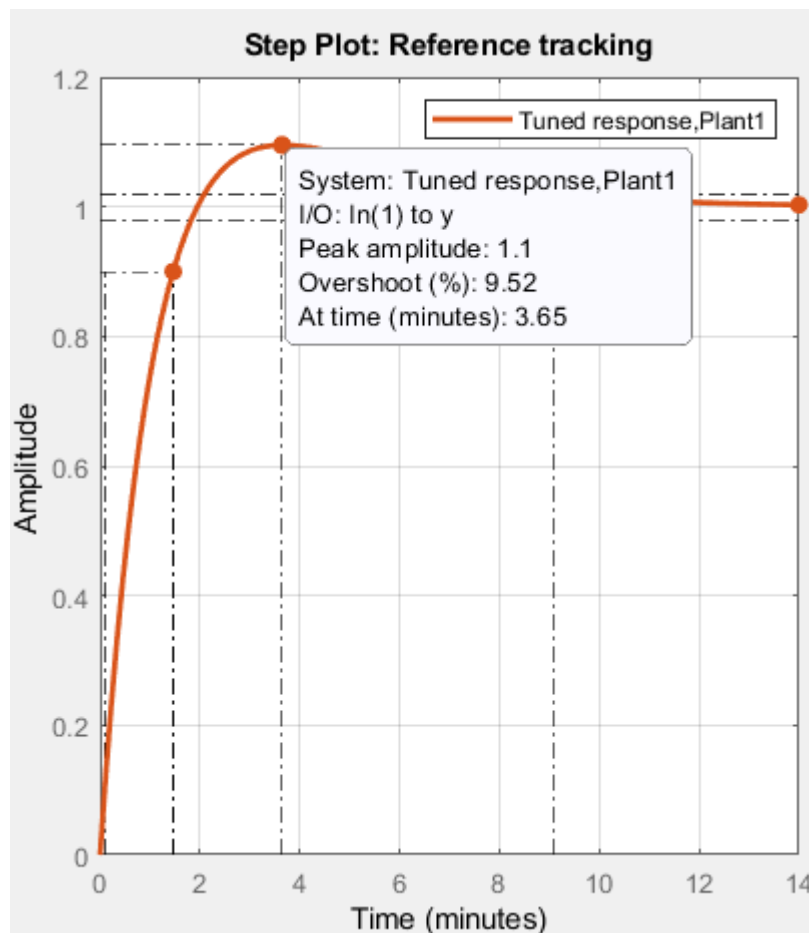
Controller Parameters	
	Tuned
Kp	10.6215
Ki	3.3252
Kd	n/a
Tf	n/a
Performance and Robustness	
	Tuned
Rise time	3.59 minutes
Settling time	16.3 minutes
Overshoot	19.4 %
Peak	1.19
Gain margin	Inf dB @ NaN rad/minute
Phase margin	60 deg @ 0.372 rad/minute
Closed-loop stability	Stable

Fuente: Matlab

De acuerdo a los parámetros de performance y robustez del controlador PI, podemos concluir que presenta sobreimpulso en la etapa transitoria de 1.19 y alcanza el estado estacionario en 16.3 minutos.

Luego se determinó la respuesta al escalón de la planta utilizando un control PID.

Figura 35: *Respuesta de la Planta al Escalón con Control PID*



Fuente: Matlab

Figura 36: *Parámetros del Control PID*

Controller Parameters	
	Tuned
Kp	42.0694
Ki	11.975
Kd	0
Tf	n/a
Performance and Robustness	
	Tuned
Rise time	1.37 minutes
Settling time	9.1 minutes
Overshoot	9.52 %
Peak	1.1
Gain margin	Inf dB @ NaN rad/minute
Phase margin	79.6 deg @ 1.18 rad/minute
Closed-loop stability	Stable

Fuente: Matlab

De acuerdo a los parámetros de performance y robustez del controlador PID, podemos concluir que presenta sobreimpulso en la etapa transitoria de 1.1 y alcanza el estado estacionario en 9.1 minutos. De los dos controladores, este último presenta la mejor respuesta.

3.6. Selección del Controlador

SELECCIÓN DE CONTROLADOR		
TIPO	PICO	TIEMPO ESTABLECIMIENTO
PI	1.01	3.5 minutos
PID	1.1	9.1 minutos

Fuente: Matlab

Podemos concluir que el mejor controlador es el PI, el cual presenta un sobreimpulso de 1.01, esto es importante porque la temperatura de la miel no debe superar en exceso los 60°C porque perdería sus propiedades. Además, presenta un tiempo de establecimiento de 3.5 minutos.

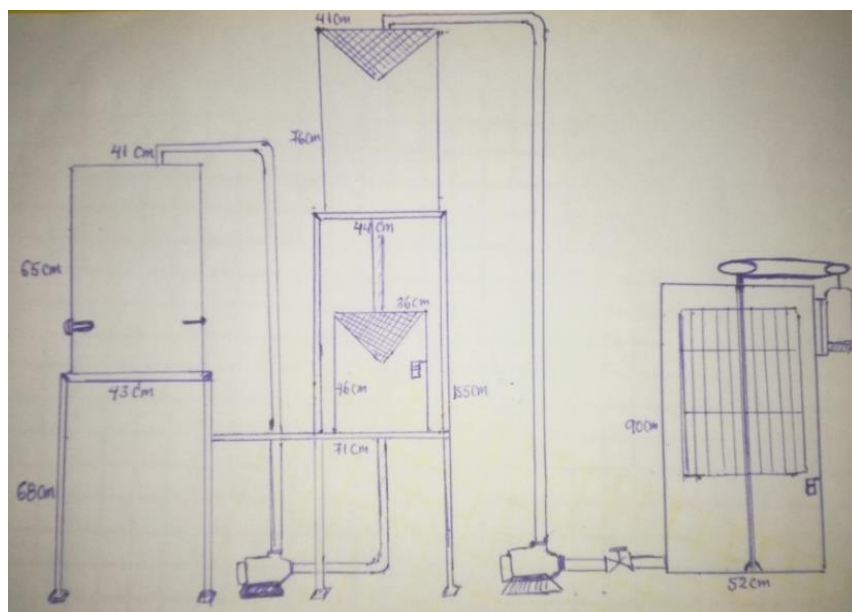
3.7. Diseño de la estructura

3.7.1. Dimensionamiento y forma de la estructura:

A. Bosquejo hecho a mano:

Una vez conocida las medidas generales del prototipo, se diseñó a mano la estructura del equipo y de algunas partes que irían adheridas, este bosquejo nos dio una idea muy tentativa de lo que se construiría.

Figura 37: Bosquejo de la estructura

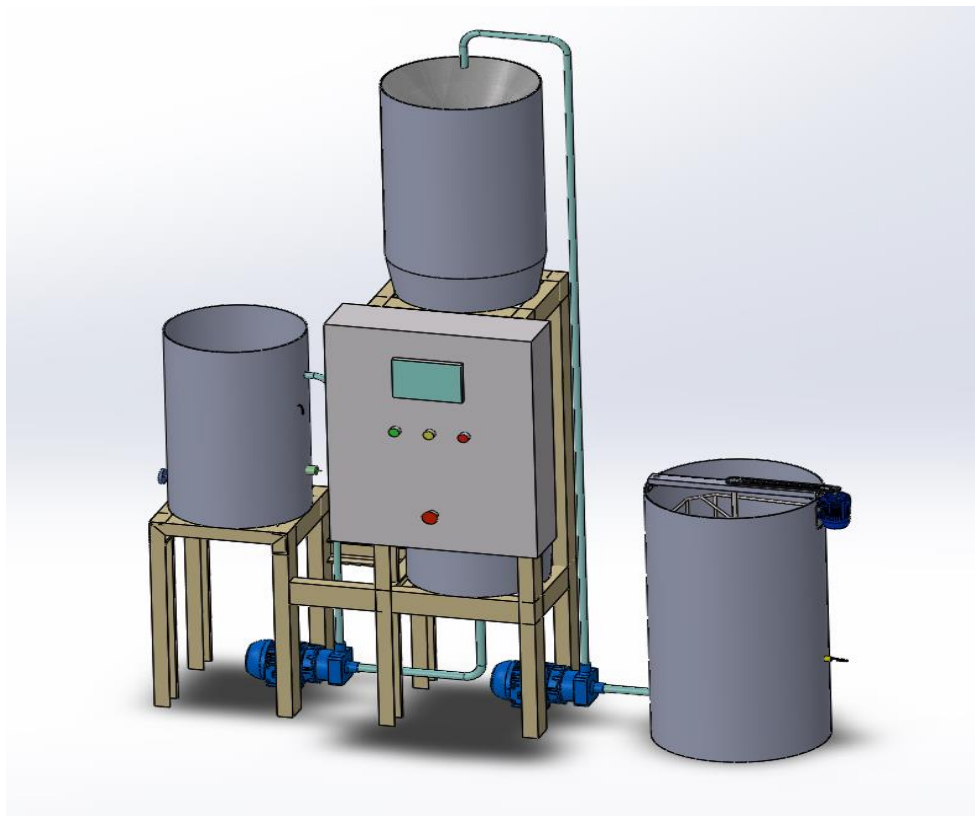


Fuente: Elaboración propia

B. Diseño utilizando SolidWorks:

Utilizando las herramientas de ingeniería para diseño como es el Software Solidworks se pudo conseguir diseñar el prototipo con sus respectivos elementos, se obtuvo distintas vistas del proceso de construcción, teniendo así una perspectiva más exacta para su implementación en la realidad.

Figura 38: Vista frontal 3D en Solidworks



Fuente: Elaboración propia

3.7.2. Materiales utilizados:

Para construir la estructura, tanques y maquina centrifuga se utilizó acero inoxidable utilizados en procesos para el contacto con alimentos, las propiedades del material empleado en el procesamiento de alimentos son:

- Separar sustancias nocivas.
- No alterar de forma negativa los sabores y olores de los alimentos.
- No reaccionar productos de mantenimiento ni químicos antimicrobianos.
- Resistente a las corrosiones.
- Estable mecánico.

- Diseños para que los materiales no sufran alteraciones.

El acero inoxidable AISI-316 cuenta con una alta resistencia al deterioro en lugares con gran corrosión. Se puede soldar con facilidad, inclusive a los metales no ferrosos. Es indispensable usar instrumentos de elevada capacidad para ejecutar un adecuado corte, debido que presenta una elevada presión en la mecanización, Para la unión de partes de la estructura y los tanques, se utilizó 18 electrodos de soldadura de acero.

La tabla No. 3 presenta las características más destacadas del acero inoxidable AISI 316.

Tabla 3: *Acero inoxidable AISI 316*

Parámetros	Acero AISI 316
Normas involucradas	ASTM A 276
Propiedades físicas	Densidad: 7.8 g/cm^3
	Cobre: 0.008%
Propiedades químicas	Manganeso: 2.00%
	Cromo: 18-20%
	Níquel: 8-10.5%

3.7.3. Especificaciones de la estructura:

El prototipo de postcosecha de la miel de abeja está formado por una estructura base el cual es apta para soportar los pesos de los tanques y el producto agregado en el proceso.

Consta de las siguientes partes:

A. Base para tanque de cocción:

Medidas:

- Altura: 68 cm
- Ancho: 42 cm
- Largo: 42 cm

B. Base para tanque de filtrado1:

Medidas:

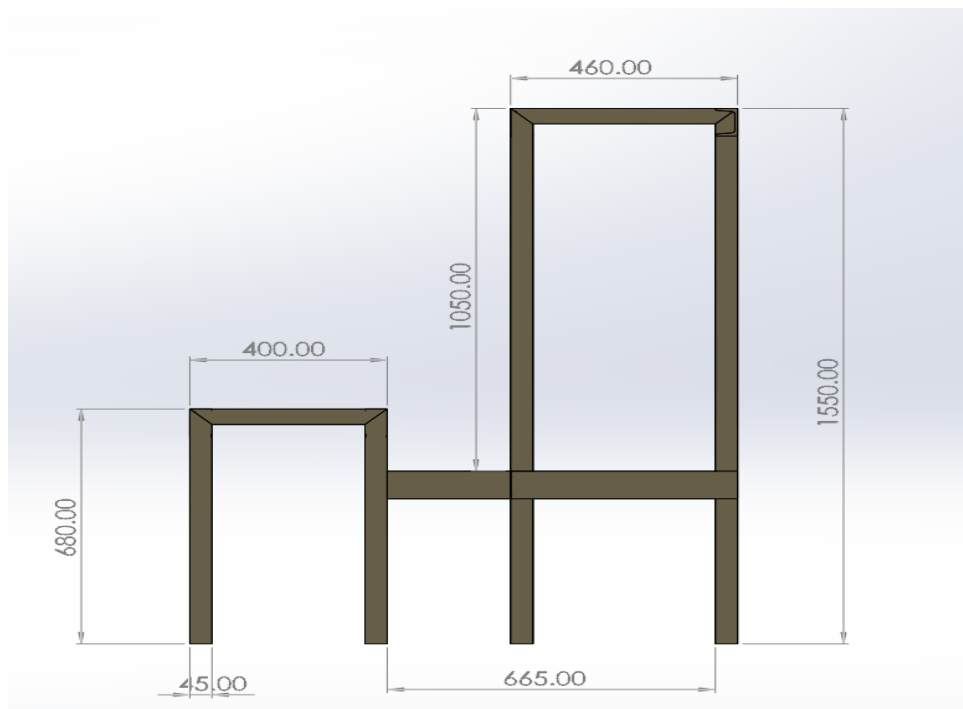
- Altura: 1.55 m
- Ancho: 44 cm
- Largo: 44 cm

C. Base para tanque de filtrado 2:

Medidas:

- Altura: 50 cm
- Ancho: 44 cm
- Largo: 44cm

Figura 39: *Medidas de la estructura metálica*



Fuente: Elaboración propia

3.7.4. Diseño de la centrifuga

A. Diseño de la canastilla: Se debe tener en cuenta que ingresarán 04 cuadros de miel, tangencialmente al tanque, por lo que la miel se extraerá por un solo lado para posteriormente voltearlos y centrifugarlos nuevamente.

Consta de las siguientes medidas:

- Altura: 54.5 cm
- Ancho: 38.5 cm
- Largo: 38.5 cm

Figura 40: *Canastilla diseñada en Solidworks*



Fuente: Elaboración propia

Figura 41: *Canastilla diseñada en Taller*



Fuente: Elaboración propia

La canastilla debe constar de 04 partes: Parte superior, parte inferior, eje de la canastilla y guía para los marcos.

Los marcos que ingresan tienen las siguientes medidas:

- Altura: 22 cm
- Ancho: 3.5 cm
- Largo: 49 cm

Análisis de la canastilla:

La canastilla realizará un movimiento circular uniforme variado, el cual permitirá analizar las fuerzas que dichos movimientos generan cuando los 04 marcos ingresan a la canastilla.

Para analizar, se debe considera:

- Masa de los marcos: $m = 03 \text{ kg} * 4 = 12 \text{ kg} = 117.679 \text{ N}$
- Radio: $r = 0,26 \text{ m}$.
- Velocidad angular para $\omega = 52,359 \text{ rad/s}$.
- $\omega = 83.775 \text{ rad/s}$

Máxima velocidad para centrifugas extractoras de miel

- Tiempo: $t = 60 \text{ s}$.
- Estudio para Para $\omega = 500 \text{ RPM} = 52,359 \text{ rad/s}$.

$$Fc = m * ac$$

$$ac = r * \omega^2$$

$$ac = 0,26 \text{ m} * (52,359 \frac{\text{rad}}{\text{seg}})^2$$

$$ac = 712,780 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}$$

Donde:

$$Fc = m * ac$$

$$Fc = 3 \text{ Kg} * 712,780 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}$$

$$Fc = 2138,34 \text{ N}$$

$$Ft = m * at$$

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

$$\frac{52,359 \text{ rad/seg}}{60 \text{ seg}}$$

$$\alpha = 0,8726 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

$$at = \alpha * r$$

$$at = 0,8726 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2} * 0,26\text{m}$$

$$at = 0,2268 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}$$

$$Ft = m * at$$

$$Ft = 3\text{Kg} * 0,2268 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}$$

$$Ft = 0,6804 \text{ N}$$

Estudio estático de la canastilla:

Los estudios estáticos manifestarán de una forma más cerca a la realidad si las canastillas serán capaces de aguantar fuerzas en el cual se someten y con eso contar con una protección que será garantizada para estas aplicaciones, esto, tiene la posibilidad gracias al resultado que tiene el software de diseño SolidWorks 2018 que son:

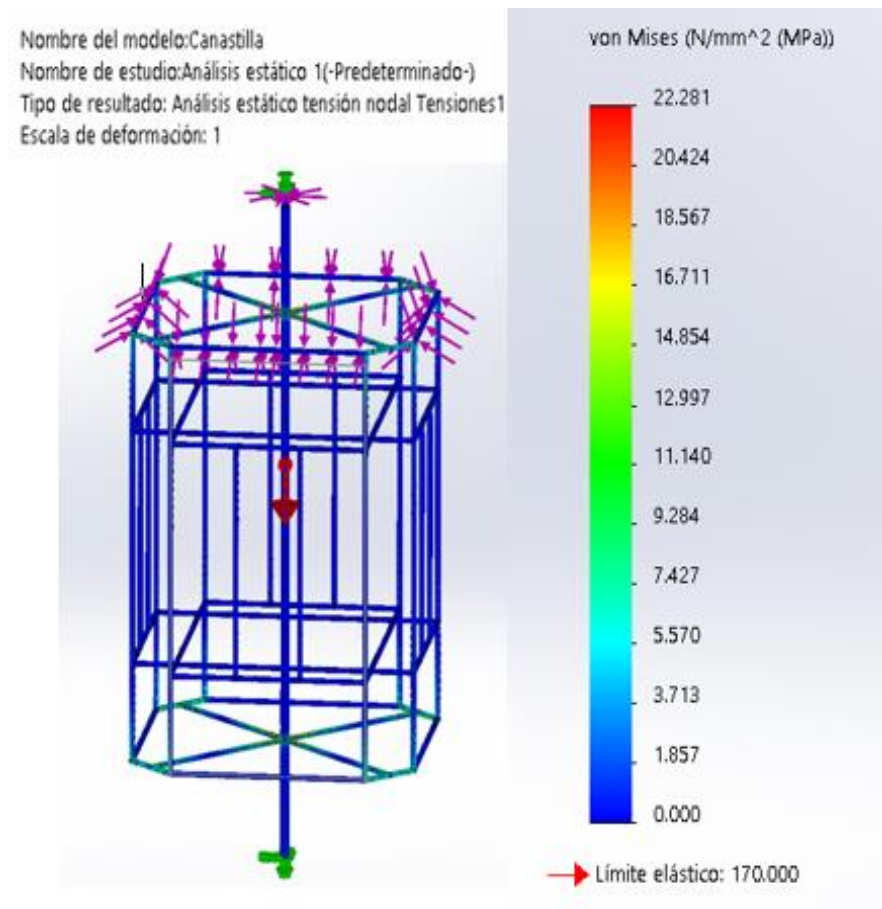
- Tensión de Von Mises.

- Desplazamiento resultante.
- Factor de seguridad.

Mediante pruebas, se debe determinar si la canastilla esta apta para soportar la fuerza que se le aplicará, y con ello tener un grado de confiabilidad para el prototipo.

Según los estudios estáticos desarrollados en el software Solidworks 2018, se encuentra la tensión, el deslizamiento, las deformaciones y el factor de seguridad en zonas de la canastilla.

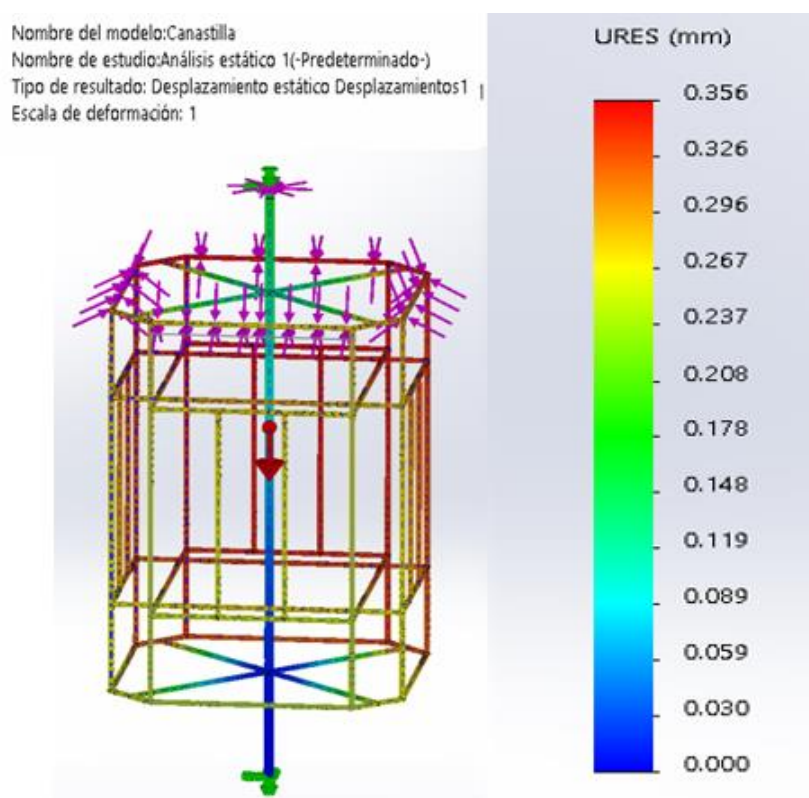
Figura 42: *Tensión de Von mises de la canastilla*



Fuente: Elaboración propia

La figura No. 42 se evidencia que los resultados del esfuerzo máximo que se desarrolló en algunos puntos de la canastilla, el cual se observan en un color rojo y señala que en esa parte está el esfuerzo más riguroso, por lo que se deforma. Las canastillas tienen esfuerzos máximos de 22.281 MPa.

Figura 43: *Deslizamiento estático de la canastilla*



Fuente: Elaboración propia

La figura No. 43 se evidencia las cantidades de deformaciones que padece la canastilla, tienen conocimiento como las deflexiones que tienen unas vigas al momento que se va aplicar las cargas; las partes rojas de los elementos se evidencia donde tienen mayores deformaciones. La distancia máxima resultante en este elemento es de 0.356 mm, puesto que estos valores no son altos, y podrán ser despreciables y no perjudicará el funcionamiento de la canastilla cuando está laborando.

B. Diseño de la barra: La estructura de soporte se atraviesa por el eje, en el cual debe encontrarse un orificio en los centros de diámetros iguales al eje, y sus longitudes deben exceder los diámetros del tanque, está sujeta a dos platinas soldadas al tanque.

Análisis de la barra:

Para analizar esta clase de estructura se considerará las fuerzas que ejercen el peso de toda la canastilla en conjunto con los ejes mediante de los rodamientos, y peso de los motores, asimismo, la fuerza de transmisión de movimiento a través de la banda, entonces tenemos:

Fuerza ejercida en el centro:

- Masa medida en los marcos = 12 kg
- Masa medida en la canastilla= 7 kg
- Masa del eje = 1 kg
- Masa medida de la polea = 0,50 kg

$$M1 = (\text{marcos} + \text{canastilla} + \text{eje} + \text{polea})$$

$$M1 = 12\text{kg} + 7\text{ kg} + 1\text{ kg} + 0,50\text{ kg}$$

$$M1 = 20.5\text{ kg}$$

$$F1 = 20.5\text{ kg} * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F1 = 201.10\text{ N}$$

Fuerza ejercida por la banda de transmisión:

- Masa medida en la banda de transmisión= 0.1 kg
- Masa medida en las sujeciones= 0,2 kg

$$M2 = (\text{masa de banda} + \text{masa de sujeciones})$$

$$M2 = 0.2\text{ kg} + 0,1\text{ kg}$$

$$M2= 0.3 \text{ kg}$$

$$F2= 0.3 \text{ kg} * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F2= 2.94 \text{ N}$$

Fuerza ejercida por el motor:

- Masa medida en el motor= 5 kg
- Masa medida en las sujeciones= 0,20 kg
- Masa medida en la polea= 0,134 kg

$$M3= (\text{motor} + \text{sujeciones} + \text{polea})$$

$$M3= 5 \text{ kg} + 0,20 \text{ kg} + 0,134 \text{ kg}$$

$$M3= 5.334 \text{ kg}$$

$$F3= 5.334 \text{ kg} * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F3= 52.32 \text{ N}$$

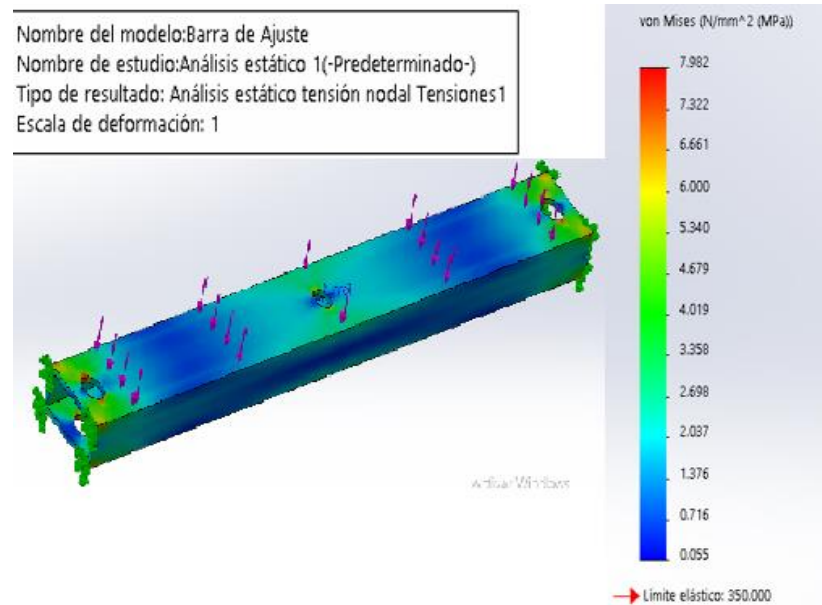
Figura 44: Barra de acero



Fuente: Elaboración propia

Según los estudios estáticos que se ejecutan en el software Solidworks 2018, está comprendido la tensión de Von mises.

Figura 45: Tensión de Von Mises de la barra



Fuente: Elaboración propia

C. Diseño del eje: El eje primordial soporta el cual está sujeta a toda la estructura de la canastilla, sus dimensiones dependen de la altura de todo el tanque y la capacidad de recepción de miel a extraer. Para analizar las fuerzas en los ejes, se considera que hay 2 zonas de sujeción, una zona que aguanta el peso de las estructuras de la canastilla y, asimismo, hay reacciones que son causadas por los sistemas de transmisión de movimiento.

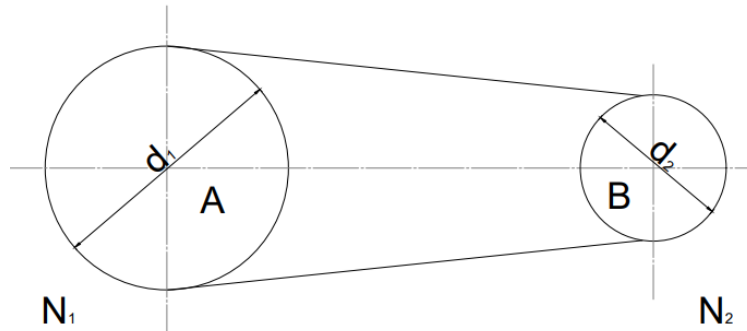
Datos:

- Masa de un marco: $m = 3 \text{ kg}$
- Numero de marcos: $n = 4$
- Masa de la canastilla: 8 kg
- Masa total = $(m \times n) + \text{masa de la canastilla}$

$$\text{Masa total} = 3\text{kg} \times 4 \text{ kg} + 8\text{Kg} = 20 \text{ Kg} = 176.52\text{N}$$

Por ende, es indispensable el análisis del sistema de transmisión de movimiento, puesto que, ejercen fuerza, como se señala:

Figura 46: *Análisis de transmisión de movimiento*



Fuente: Elaboración propia

Datos:

- Radio menor: $r_1 = 0,035\text{m}$
- Radio mayor: $r_2 = 0.05\text{m}$
- Velocidad angular del motor: $\omega = 500 \text{ rpm} = 52,359 \text{ rad/s}$
- Potencia del motor: $0,5\text{Hp} = 373 \text{ Nm/S}$

$$P = T * \omega$$

$$T = \frac{P}{\omega}$$

$$T = \frac{373 \text{ Nm/S}}{52,359 \text{ rad/s}}$$

$$T = 7,12 \text{ Nm}$$

$$F = F_1 + F_2$$

$$T = (F_1 - F_2) * r_2$$

$$T = F_1 * r_1$$

$$F_1 = \frac{T}{r_1}$$

$$F_1 = \frac{7,12 \text{ Nm}}{0.035 \text{ m}}$$

$$F1 = 203,42 \text{ N}$$

$$F2 = \frac{T}{r2}$$

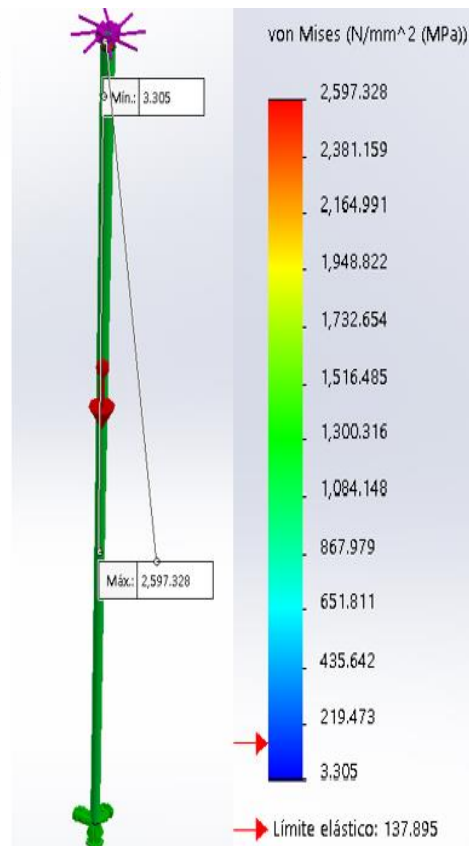
$$F2 = \frac{7,12 \text{ Nm}}{0.05 \text{ m}}$$

$$F2 = 142,4 \text{ N}$$

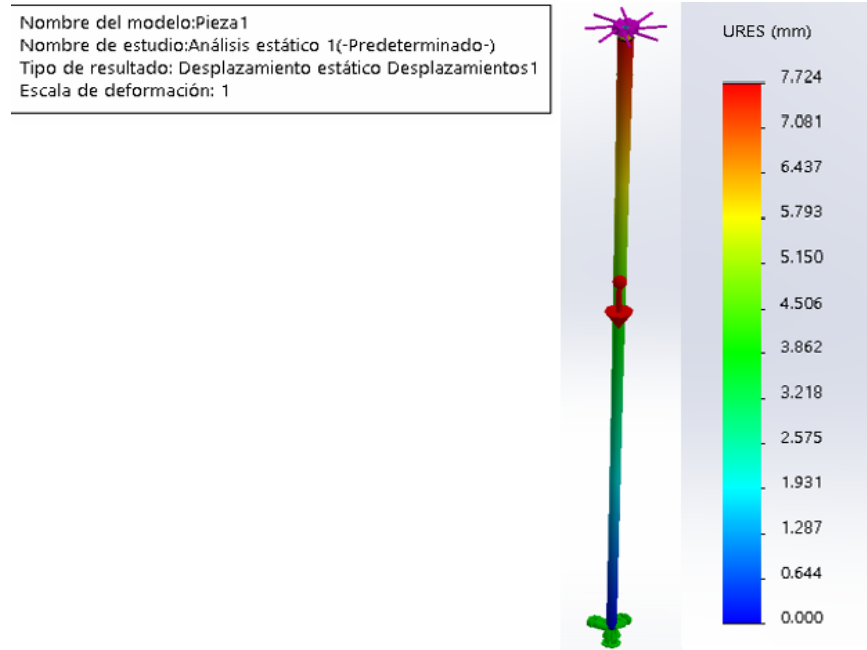
Este estudio nos señalará de una forma más cerca a la realidad si es que los ejes serán capaces de aguantar la fuerza en el cual será sometida en la centrifugación.

Figura 47: *Tensión de Von Mises*

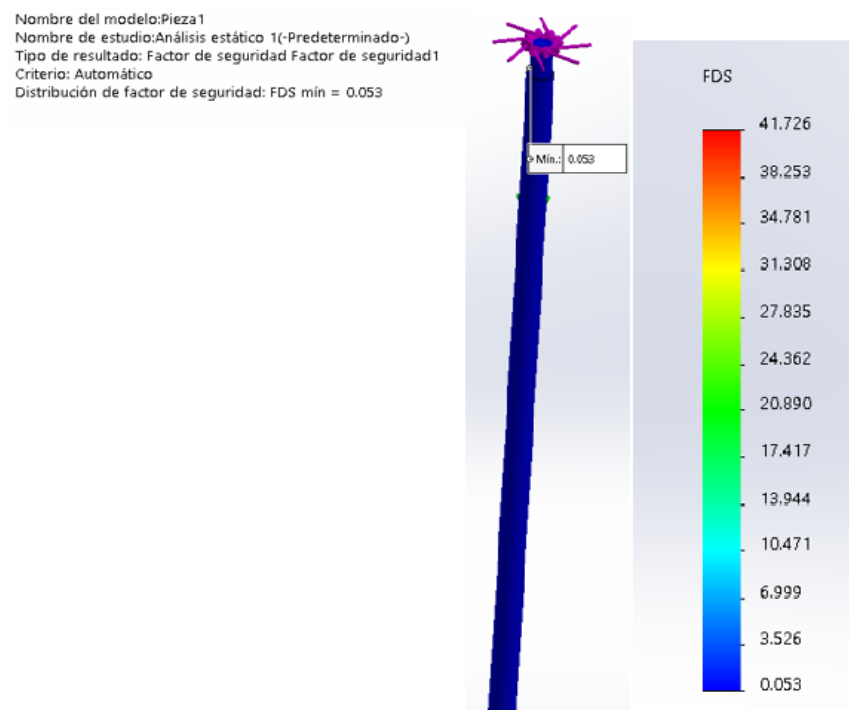
Nombre del modelo: Pieza1
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 48: *Deslizamiento estático*

Fuente: Elaboración propia

Figura 49: *Factor de seguridad*

Fuente: Elaboración propia

D. Diseño del tanque: Se diseñó una máquina centrífuga tangencial tomando de referencia una maquina existente con capacidad de 30 kilos, la maquina diseñada tiene una capacidad de 50 kg de miel de abeja.

Para dicho tanque es indispensable considerar el parámetro que interviene en el procedimiento:

- Capacidad de la canastilla: 4 marcos.
- Peso por marco: 3 kg.
- Dimensionamiento de marcos

Las medidas del tanque centrífugo son las siguientes:

- Altura: 90 cm
- Diámetro: 52 cm

El tanque son estructuras primordiales, puesto que se someten a todos los elementos canastilla (conformada con el eje), barra de soporte, asimismo, en la parte inferior se va acumulando la miel que se extrajo y puede tener hasta 40 litros equivalentes a 50 kg; por lo que, se tiene en cuenta el procedimiento siguiente:

Fuerza ejercida por la miel:

- Masa de la miel acumulada: 50 kg

$$M1=50\text{kg} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F1=490.5 \text{ N}$$

Otras fuerzas:

- Fuerza ejercida en el centro: $F_a=201.10 \text{ N}$
- Fuerza ejercida por la banda: $F_b= 2.94 \text{ N}$

- Fuerza ejercida por el motor: $F_c = 52.32 \text{ N}$
- Fuerza ejercida por la barra: 1.8 kg ; $F_d = 17.65 \text{ N}$

$$F_t = F_1 + F_a + F_b + F_c + F_d$$

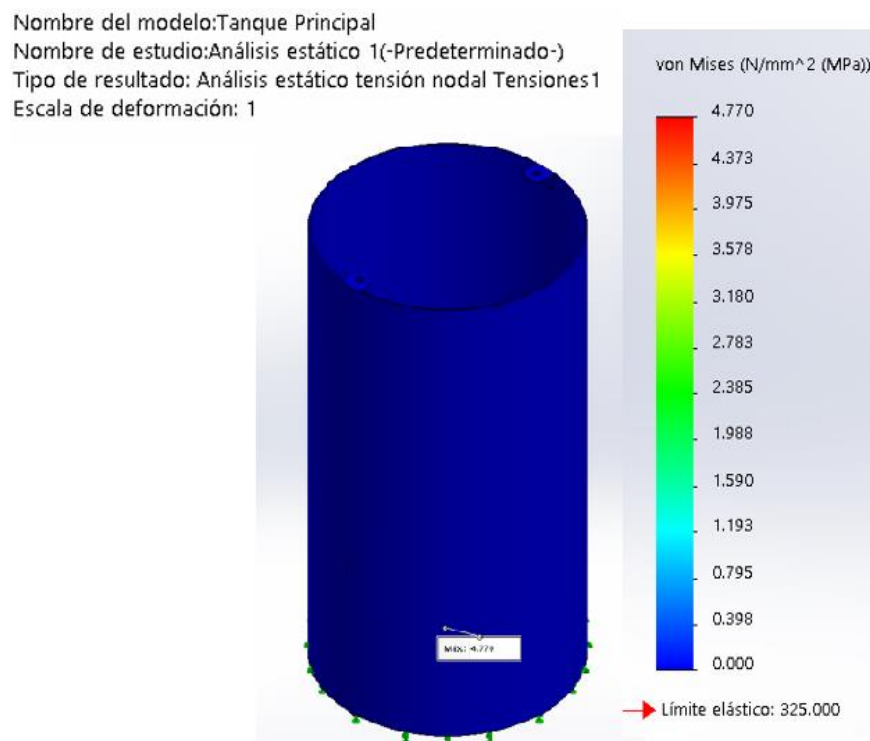
$$F_t = 490.5 \text{ N} + 201.10 \text{ N} + 2.94 \text{ N} + 52.32 \text{ N} + 17.65 \text{ N}$$

$$F_t = 764.51 \text{ N}$$

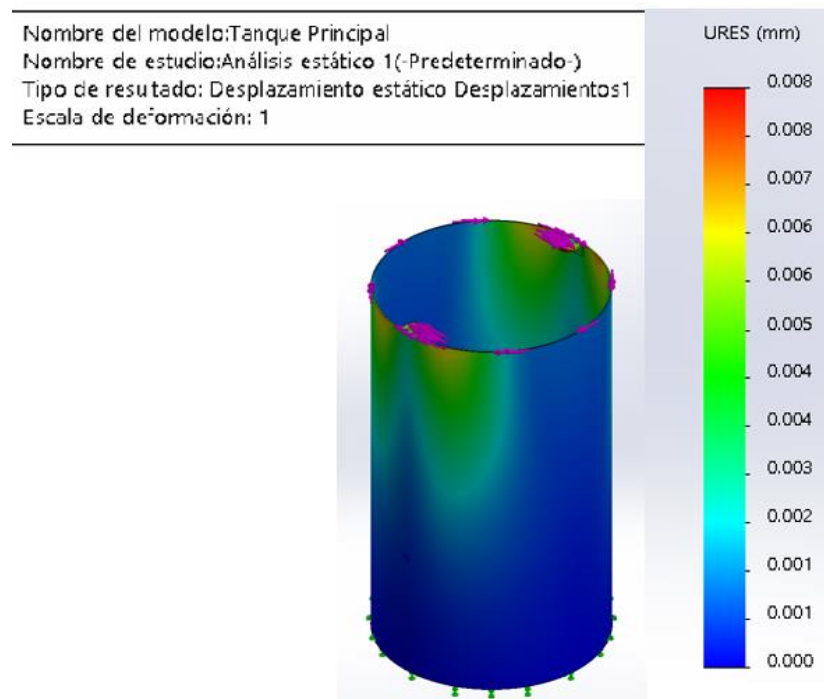
Esta fuerza esta ejercida sobre el tanque y deben ser analizados en espacios determinados.

Según, los estudios estáticos que se desarrollan en el software solidworks 2018, tienen tensión, deslizamiento, factor de seguridad y las deformaciones en distintas partes del tanque del centrifugado, que se evidencia en las figuras No. 50-51-52.

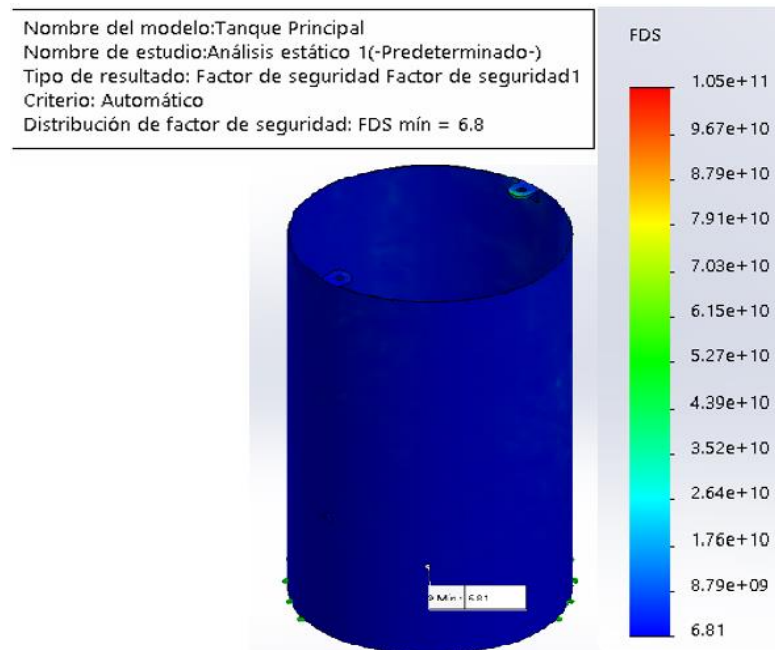
Figura 50: *Tensión de Von Mises*



Fuente: Elaboración propia

Figura 51: Deslizamiento estático

Fuente: Elaboración propia

Figura 52: Factor de seguridad

Fuente: Elaboración propia

E. Cálculos para el motor de la centrifuga: Para elegir el motor idóneo, se deberá tener en cuenta la aceleración para la etapa de centrifugado. Para ello se usa la manera rotacional de la segunda ley de Newton, siendo:

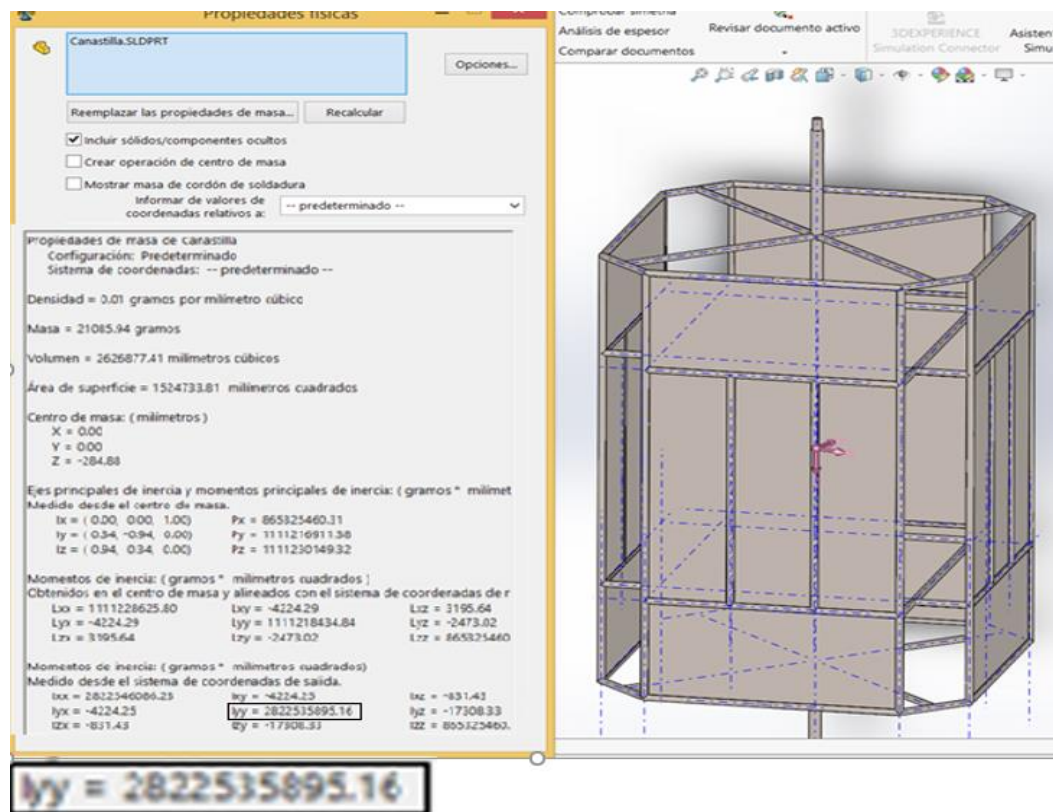
$$T = I * \alpha$$

Donde:

- T = torque
- α = aceleración angular.
- I = inercia rotacional

Por lo tanto, necesitamos los momentos de inercia, los cuales se tomaremos a partir del modelo de la canastilla y los 04 cuadros que ingresan, como muestra la figura 53.

Figura 53: Inercia de la canastilla



Fuente: Elaboración propia

Obteniendo estos datos en el software Solidworks se encontrará la inercia de la canastilla con los 4 cuadros dentro:

$$I = 2822535895.16 \text{ gr. mm}^2 * \frac{1Kg}{1000 \text{ gr}} * \frac{m^2}{(1000 \text{ mm})^2}$$

$$I = 2.82 \text{ Kg.m}^2$$

Para la aceleración angular tenemos que:

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

Donde:

- α = aceleración angular.
- ω = velocidad angular = 800 rpm
- t = tiempo

$$\alpha = \frac{800 \text{ Rpm}}{60 \text{ seg}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} * \frac{2 \pi \text{ rad}}{1 \text{ Rpm}}$$

$$\alpha = 1.396 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

$$T = I * \alpha$$

$$T = 2.82 \text{ Kg.m}^2 * 1.396 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

$$T = 3.936 \text{ Nm}$$

“T” es el torque, este valor se usa para calcular la potencia de cada motor que se necesita para ejecutar operaciones de centrifugadora:

$$P = T * \omega$$

Donde:

- P = potencia
- T = torque(N*m).
- ω = velocidad angular (rad/seg).

$$P = 3.936 \text{ N m} \frac{800 \text{ rev}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} * \frac{2 \pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}}$$

$$P = 329.74 \text{ watts}$$

$$P = 329.74 \text{ watts} * \frac{1 \text{ Hp}}{745.7 \text{ watts}}$$

$$P = 0.442 \text{ Hp} = 0.5 \text{ Hp}$$

F. Cálculo de poleas: Conociendo la potencia del motor, se procede a diseñar la correa de transmisión y las poleas. La potencia del motor conductor (P) es valor inicial, pero este valor real se debe modificar por factor correctivo(K) en función de diversos factores.

$$P_c = P * K$$

Donde:

- P_c = Potencia de corrección [HP]
- P = Potencia de transmisión = 0,5 [HP]
- K = Factor correctivo = 1,2

$$P_c = 0,5 * 1,2$$

$$P_c = 0,6 \text{ HP}$$

En el anexo C, los fabricantes disponen de gráficas en las cuales se evidencian las clases de correas idóneas para trabajar de acuerdo la potencia a transmitir y a las revoluciones de giro de la polea menor, en este caso tenemos 0,6 Hp y 800 Rpm en la sección A, donde:

- $P_c = 0,6 \text{ HP}$.
- Numero revoluciones polea motriz: $n_1 = 800 \text{ Rpm}$.
- Numero de revoluciones polea arrastrada $n_2 = i$
- Diámetro polea motriz: $d_1 = 70 \text{ mm}$
- Diámetro polea arrastrada: $d_2 = 100 \text{ mm}$
- Relación de transmisión: i

Ahora, teniendo en cuenta los datos obtenidos:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D}{d}$$

$$\frac{800}{n_2} = \frac{100mm}{70mm}$$

$$n_2 = 560 \text{ Rpm}$$

Donde la relación de transmisión:

$$i = \frac{D}{d} = \frac{100mm}{70mm} = 1.428$$

G. Cálculo de la faja:

Para hallar la longitud que debe tener la banda, aplicamos:

$$Lp = 2C + 1,57(D + d) + \frac{(D - C)^2}{4C}$$

Donde:

- Lp: Longitud de paso de la banda
- C = Distancia = 360 mm.
- D = Diámetro polea mayor = 100 mm.
- d = Diámetro polea menor = 70 mm.

$$Lp = 2 * (360) + 1,57(100 + 70) + \frac{(100 - 70)^2}{360}$$

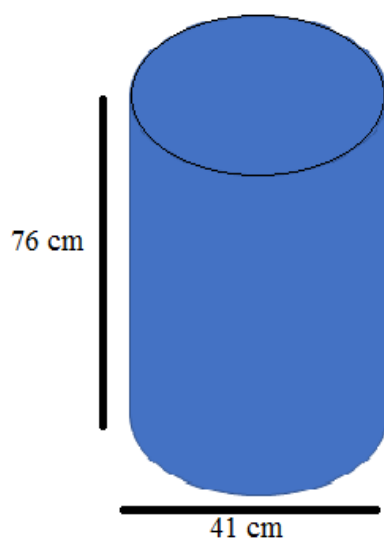
$$Lp = 1011 \text{ mm}$$

En el anexo D se muestra las longitudes estándar, entonces, se ha elegido una correa 47 A de una longitud de 1200 mm.

3.7.5. Diseño tanques de filtrado:

Para seleccionar los tanques adecuados se tuvo en cuenta el número de productos que surgen de la centrifuga e ingresará a cada tanque teniendo en cuenta una distancia considerable donde llevaran mallas de nylon para el filtrado, el segundo tanque llevara un sensor infrarrojo el que se encargara de activar y desactivar la segunda bomba cuando detecte un cierto nivel.

Figura 54: *Diseño tanque de filtrado*

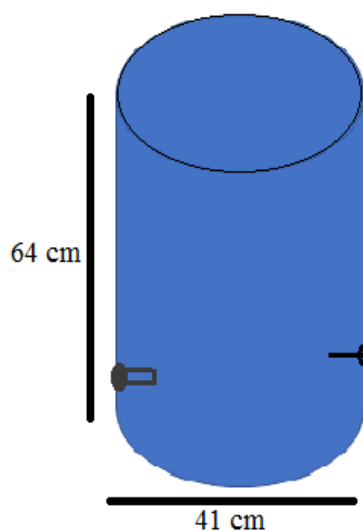


Fuente: Elaboración propia

3.7.6. Diseño del tanque de cocción:

El tanque de cocción se diseñó de acuerdo al producto que va a procesar teniendo en cuenta las distancias para ensamblar la resistencia y la PT100.

Figura 55: *Diseño tanque de cocción*



Fuente: Elaboración propia

3.8. Selección de equipos

3.8.1. Interruptores termomagnéticos

El prototipo cuenta con 4 interruptores termomagnéticos C60H (3 monofásicos y 1 trifásico) de la marca Bticino y STRONGER. Para el diseño y la instalación se tuvo en cuenta el consumo de corriente para cada actuador, es así que se dimensiono cada interruptor termomagnético de acuerdo a la corriente de consumo, siendo los interruptores automáticos de 10, 15, y 25 amperios. Estos elementos de protección son de uso obligatorio según lo estipula el Código Nacional de Electricidad del Perú. (NAVARRO, 2019)

Características fundamentales:

Tabla 4: *Características ITM*

Marca del producto	Bticino, Stronger
Numero de polos	2P,3P
Corriente nominal	10,15,25 A
Aplicaciones	Distribución de energía
Red	CA.
Protección	Térmico - Magnético
Tipo de montaje	Riel DIN
Tensión asignada de empleo	220 VCA, 50/60 Hz

Figura 56: *Interruptores termomagnéticos*



Fuente: Elaboración propia.

3.8.2. Guardamotor

El prototipo cuenta con 4 guardamotores de la marca Chint. Los guardamotores (MMS) es un dispositivo que protege los circuitos esenciales. Mezclan el control del motor y la protección de los dispositivos. Los MMS se usan primordialmente para la activación o desactivación de los motores de forma manual y para la protección del motor, y la instalación sin fusible ante cortocircuitos, sobrecarga y fallos de las fases (Guardamotores ABB, 2016).

Características fundamentales:

Tabla 5: *Características del guardamotor*

Marca del producto	Bticino, Stronger
Numero de polos	2P,3P
Corriente nominal	10,15,25 A
Aplicaciones	Distribución de energía
Red	CA.
Protección	Térmico - Magnético
Tipo de montaje	Riel DIN
Tensión asignada de empleo	220 VCA, 50/60 Hz

Figura 57: *Guardamotor*



Fuente: Elaboración propia

3.8.3. Contactor

El prototipo cuenta con 2 contactores. Está formado por una bobina y unos contactos, que pueden estar abiertos o cerrados, y que hacen de interruptores de apertura y cierre de la corriente en el circuito. (BRICOVOLTIO, 2017).

a. Contactos principales: 1-2, 3-4, 5-6.

Tienen por finalidad apertura o cierre del circuito de fuerza o potencia.

b. Contactos auxiliares: 13-14 (NO) Se emplean en el circuito de mando o maniobras.

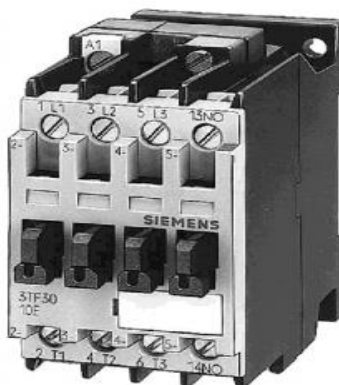
Por este motivo soportarán menos intensidad que los principales. (Vilchez, 2017)

Características fundamentales:

Tabla 6: *Características del contactor*

Marca del producto	Stronger
Tipo de producto	Contactor
Numero de polos	3P
Categoría de empleo	AC-3, AC-1, AC-4
Corriente asignada de empleo	25 A <= 440 VCA AC-1
Aplicación	Carga resistiva/ Control de motor
Tensión asignada	230 VCA, 50/60 Hz

Figura 58: *Contactor*



Fuente: (BRICOVOLTIO, 2017). CONTACTOR. [Figura]. Recuperado de <http://bricovoltio.com>.

3.8.4. Variador de frecuencia:

El prototipo cuenta con un variador de frecuencia ALTIVAR 312 (ATV312H U15N4), que cuenta con grado de protección IP.

También cuenta con puerto de comunicación RJ - 45 para conectar dispositivos como un terminal grafico o remoto. (Schneider Electric, ATV312 Manual de programación, 2014):

Características fundamentales:

Tabla 7: Características del variador ATV312.

Marca del producto	Schneider Electric
Tensión normalizada	230v AC
Grado de protección	IP-20 /IP-21/IP-31/IP-41
Norma utilizada	IEC 61800-3/IEC 61800-5-1
Potencia	1500 W
Voltaje de Fuente	500 VAC

Figura 59: Variador de frecuencia ATV312



Fuente: (Schneider Electric, ATV312HU15N4, s.f.). recuperado de: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File_Name=ATV312_programming_manual_SP_BBV46387_04.pdf&p_Doc_Ref=BBV46387.

3.8.5. Pantalla HMI

El prototipo cuenta con una unidad SIMATIC HMI TP 177B de la marca SIEMENS.

El modelo TP 177B PN/DP también se suministra con frontal de acero inoxidable (DIN EN 1672-2). El frontal de acero inoxidable cumple así mismo con los elevados requerimientos de algunos sectores, como p. ej. la industria alimentaria. (Motion Control, s.f.)

Tabla 8: *Características pantalla HMI*

Marca del producto	Siemens
Tensión de entrada	18 a 32 VDC
Intensidad Nominal	0.24 A
Tamaño	5.7 pulgadas
Resolución	320*240
DRAM	2048 kb
Almacenamiento	2048 kb

Figura 60: *Pantalla HMI Siemens*



Fuente: (MasVoltaje, MasVoltaje, 2019) Obtenido de <https://masvoltaje.com/home/1131-simatic-panel-tactil-tp-177b-dp-display-57-stn-blue-mode-4025515076490.html>.

3.8.6. PLC

El prototipo cuenta con un PLC S7 1200 de la marca SIEMENS. Se dimensiono este PLC por los siguientes requerimientos.

- a. 1 entrada analógica: 1-PT100.
- b. 2 entradas digitales: 3 sensores Tipo Boya.
- c. 7 salidas digitales: 2 bombas centrifugas, 1 motor, 1 resistencia eléctrica, 3 lámparas.

Características fundamentales:

Tabla 9: *Características del PLC*

Marca del producto	SIEMENS
Número de entradas digitales	14
Tipo de entrada analógica	Tensión: 0-10V
Tensión nominal de alimentación	24V DC
Altura	100 mm
Ancho	110 mm
Profundidad	75 mm

Figura 61: *PLC Siemens*



Fuente: (MasVoltaje, MasVoltaje, s.f.) Obtenido de <https://masvoltaje.com/simatic-s7-1200/1199-simatic-s7-1200-cpu-1214c-cpu-compacta-dc-dc-rele-6940408101319.html>

3.8.7. Relé de estado sólido

El prototipo cuenta con 1 relé de estado sólido de 25 A, es un interruptor electrónico que controla la conexión de corriente alterna de 220 VCA, carga máxima 25A, sin pieza de contacto. No hay sonido en el trabajo No hay problema de polvo en contacto. Puede trabajar muy rápido, es decir, no requiere un sistema electrónico en DC para activar la carga. así que se pueden hacer circuitos sencillos de control AC. (electronics, s.f.)

Características fundamentales:

Tabla 10: *Características Relé Estado Solido*

Marca del producto	FOTEK
Modelo	SSR-25A
Tipo	AC a AC es el control de CA
Aplicación	Control de cargas usando PLC
Corriente de activación	5 mA
Voltaje de carga	24-380 VCA
Voltaje de control	80-250 VCA

Figura 62: *Relé Estado Solido*



Fuente: (electronics, s.f.) Obtenido de <https://www.dynamoelectronics.com/tienda/rele-de-estado-solido-ssr-25aa/>

3.8.8. Pulsador de emergencia

El prototipo cuenta con un pulsador de emergencia, La cabeza de este pulsador es demasiado ancho que en lo normal y es de color rojo, sobre el fondo amarillo. Ayuda a la parada rápida de las instalaciones eléctricas cuando se genera un accidente

Este pulsador lleva un dispositivo de manera interna de enclavamiento de forma que, una vez presionado, no podrá reanudarlo su funcionamiento de las instalaciones hasta que se desenclaven. (CETRONIC, s.f.)

Características fundamentales:

Tabla 11: *Características pulsador de emergencia.*

Tipo	Pulsador de emergencia
Dimensiones (Diámetro x profundidad)	40x74mm
Montaje	Centrado para abertura de 22.5 mm
Sección de cable	1.5mm ²
Tensión máxima permitida	600v
Consumo máximo permitido	10A

Figura 63: *Pulsador de Emergencia*



Fuente: Elaboración propia

3.8.9. Lámparas de señalización

El piloto de señalización conforma parte del dialogo hombre-maquinaria, se usa el circuito de mando para señalar la situación actual de los sistemas. De manera general, está conformado por una lámpara montada en un envoltorio idóneo a las condiciones laborales.

Características fundamentales:

Tabla 12: *Características lámparas de señalización*

Tipo de producto	Piloto luminoso
Diámetro de montaje	22mm
Forma de la cabeza de señalización	circular
Colores	Verde/rojo/amarillo
Tensión nominal	230-240 VCA, 50/60 Hz
Límites de tensión de alimentación	195-264 VCA
Consumo de corriente	14 mA

Figura 64: *Lámparas de señalización*



Fuente: <https://www.se.com/ww/en/product/XB4BVM3/pilot-light%2C-metal%2C-green%2C-%D0%22%2C-plain-lens-with-integral-led%2C-230...240-vac/>

3.8.10. Motor trifásico

Para la selección del motor en la etapa de centrifugación, se realizó un cálculo reemplazando parámetros de la estructura echa en SolidWorks el cual arrojo como resultado una potencia de 0.442 Hp. De acuerdo a los cálculos hechos se dimensiono y selecciono un motor marca BALDOR.

El cual fue montado en la estructura de la centrifuga cumpliendo con los requerimientos mínimos para que pueda operar en la máquina.

Características fundamentales:

Tabla 13: *Características Motor Baldor*

Marca	Baldor
Voltaje	190/380/230/460
Potencia	0.5 HP
Corriente de trabajo	2,4/1,2 A
Fases	03
RPM	1425-1725

Figura 65: *Motor Baldor*



Fuente: Elaboración propia

3.8.11. Bomba centrífuga

Para poder succionar la miel y transportarla a los tanques de filtrado y de cocción se dimensiono 2 bombas centrífugas marca Humboldt, la primera es para transportar la miel de la maquina centrífuga hacia el primer tanque de filtrado, la segunda bomba es para transportar la miel del segundo tanque de filtrado hacia el tanque de cocción., lo cual cumplen con las exigencias técnicas y los requisitos previstos de seguridad vigente, asegurando un caudal constante y una presión uniforme.

Características fundamentales:

Tabla 14: *Características de bomba centrífuga*

Marca	Humboldt
Potencia	0,5 HP
Voltaje	220 V - 60 Hz
Alcance máximo	21 m
Caudal	85 l/m
Velocidad del motor	3400 RPM
Diámetro de succión	1"

Figura 66: *Bomba Humboldt*



Fuente: *Elaboración propia*

3.8.12. Resistencia calefactora

Para el tanque de cocción se dimensiono una resistencia eléctrica monofásica de 2000 w de potencia, que cumple con las condiciones de poder calentar entre 40 a 50 kg de miel a una temperatura de 60 °C.

Son elementos tubulares en cobre niquelado o acero inoxidable AISI 321 de Ø8 mm, con Cabezales roscados en latón estampado, caperuzas de protección de poliéster con fibra de vidrio o de acero bicromatizado, con grado de protección contra la humedad IP-40. (Escoda, 2004).

Características fundamentales:

Tabla 15: *Características de resistencia*

Tensión normalizada	230v AC
Grado de protección	IP-40
Norma utilizada	AISI 321
Potencia	2000 W
Presión de trabajo	15 bar
Numero de Horquillas	1

Figura 67: *Resistencia*



Fuente: Escoda, Salvador (2014). RESISTENCIAS CALEFACTORAS PARA CALDERAS ELÉCTRICAS. [Figura].

Recuperado de <https://www.salvadorescoda.com>

3.8.13. Sensor PT100

Para el control de temperatura en la etapa de cocción del prototipo se seleccionó un sensor PT100 de 3 hilos.

Consiste en un alambre de platino encapsulado con una resistencia de 100 Ohm a 0°C (característica principal que da nombre al sensor). La resistencia del PT100 varía en función de su temperatura, por lo que si logramos medir el valor de resistencia podremos saber cuál es la temperatura en ese instante. Una ventaja es cuando el sensor se degrada y da lecturas equivocadas, el PT100 abre el circuito y se puede saber cuándo es necesario cambiarlo. (Soto, 2009)

Características fundamentales:

Tabla 16: *Características PT100*

Rango de trabajo	-100 °C hasta 400°C
Conexión	3 hilos
Dimensiones	D5mm x L100mm
Diámetro del cable	0.5m
Diámetro de la rosca	8mm/0.31"
Longitud del cable	1m

Figura 68: *Sensor PT100*



Fuente: Soto, David (2019). Sensor de Temperatura PT100 (3 hilos). [Figura]. Recuperado de <https://naylampmechatronics.com>

3.8.14. Transmisor PT100

El prototipo cuenta con un transmisor RTD de 4-20mA para sensor PT100

Características fundamentales:

Tabla 17: *Características transmisor RTD*

Corriente de excitación	$\leq 800\mu\text{A}$
Precisión	$\pm 0.2\% \text{ FS}$
Coeficiente de temperatura	$\leq 150\text{ppm/K.F. S}$
Operación temperatura	$-20^{\circ}\text{C}-885^{\circ}\text{C}$
Humedad de funcionamiento	$\leq 98\% \text{ RH}$
Presión de aire de funcionamiento	80-110 kPa
Potencia	24 VDC $\pm 10\%$
Salida	4-20mA
Límite de corriente de salida	26 mA, de 80-250 VAC

Figura 69: *Transmisor RTD*



Fuente: [Figura]. Recuperado de https://electropro.pe/index.php?route=product/product&product_id=710

3.8.15. Sensor de nivel tipo boya

Los minisensores de accionamiento magnético LS consiste en flotadores articulados acoplados a un cuerpo guía. En el interior del cuerpo lleva insertado 1 contacto Reed N.A. Cuando el nivel del líquido llega a la altura del interruptor, el flotador cambia de posición un cierto ángulo y el contacto Reed invierten su estado debido a la acción del campo magnético del imán, que va

alojado en el interior del flotador, sobre el contacto. El contacto Reed vuelve a su estado inicial cuando el flotador deja de estar a su altura.

Este modelo cuenta con característica que el contacto Normalmente Abierto que incorpora, si se le invierte la posición del minisensor 180° se obtiene un contacto Normalmente Cerrado.

Características fundamentales:

Tabla 18: *Características sensor tipo boya*

Parámetros	E18d80nk
Voltaje de Operación	5V DC
Corriente de trabajo	20mA máx.
Rango de detección	3cm a 80cm
Dimensiones	D18mm*L50mm
Tipo de led	Infrarrojo

Figura 70: *Sensor tipo boya*

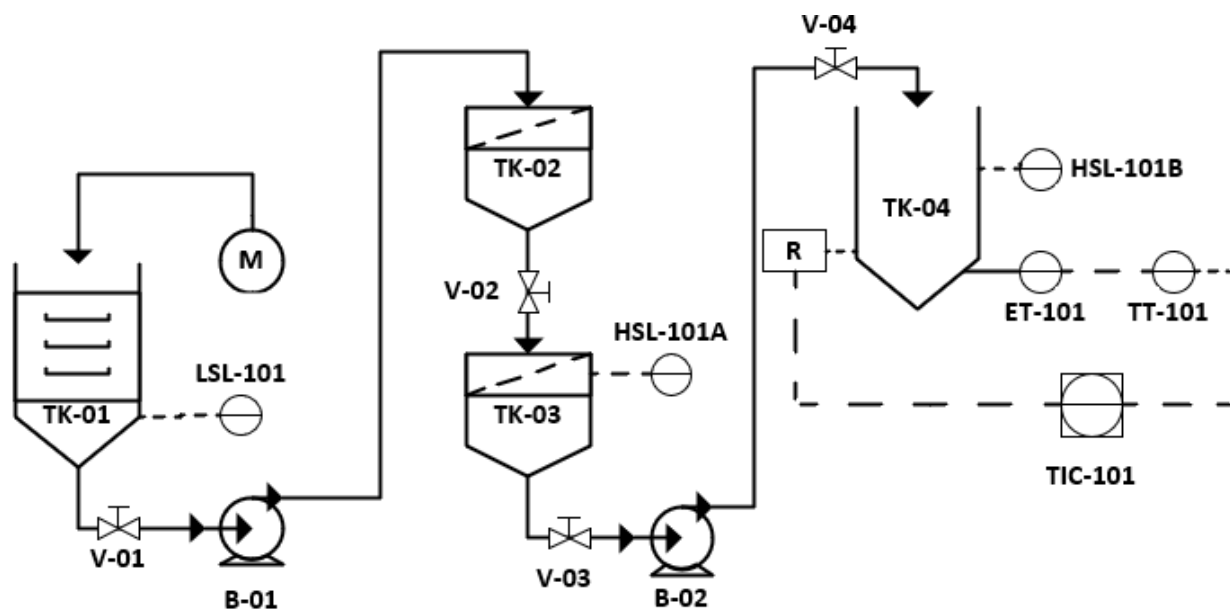


Fuente: Recuperado de <http://suministrosbox.com/2506-LS-303-51-Nylon-horizontal-Mini-sensor-de-boya-accionamiento-magnetico>.

3.9. Diseño de planos

3.9.1. P&ID

Figura 71: P&ID.



Fuente: Elaboración propia.

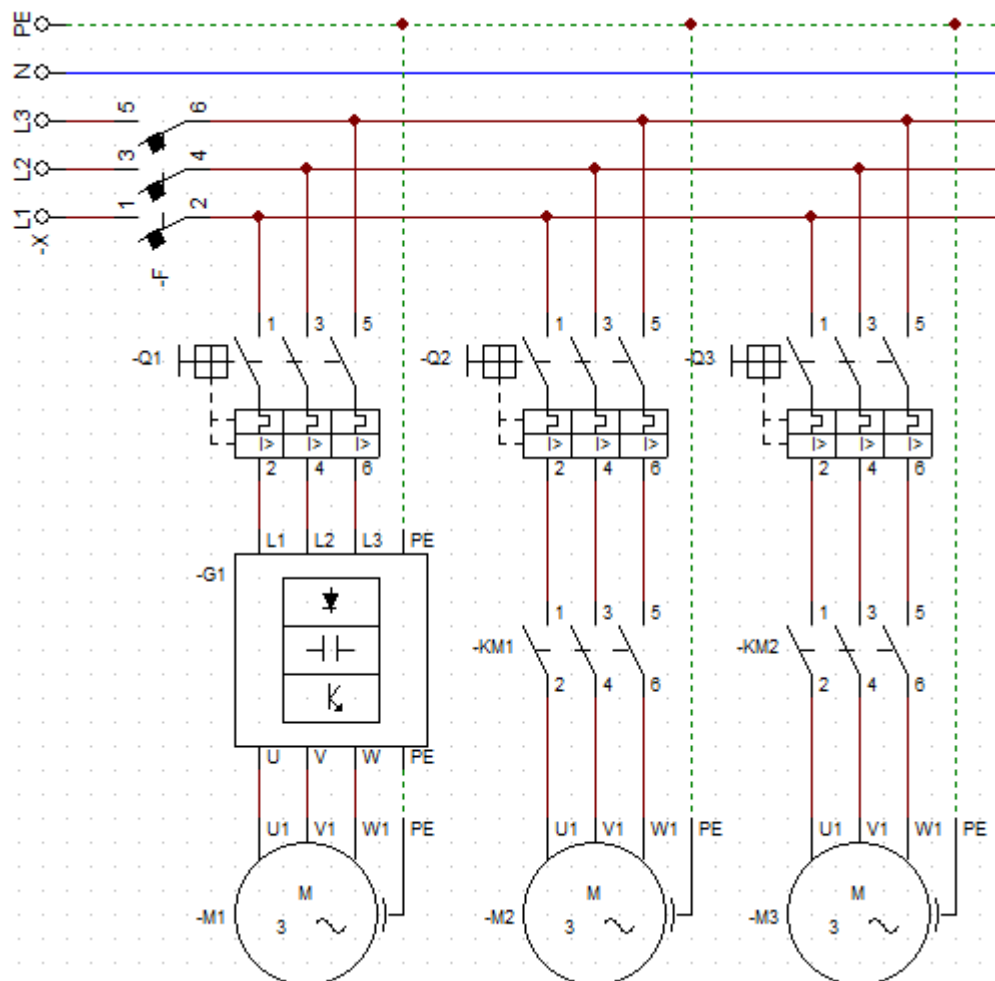
Tabla 19: Lista de Instrumentación del P&ID.

TAG	Descripción
M	Motor
TK-01	Tanque Centrifuga
LSL-101	Detector de Nivel Bajo
V-01	Válvula Manual
B-01	Bomba Centrifuga
TK-02	Tanque de Almacenamiento
V-02	Válvula Manual
HLS-101A	Detector de Nivel Alto
TK-03	Tanque Filtro
V-03	Válvula Manual
B-02	Bomba Centrifuga
V-04	Válvula Manual
TK-04	Tanque Cocción
HLS-101B	Detector de Nivel Alto
R	Resistencia Calefactora
ET-101	Sensor de Temperatura
TT-101	Transmisor de Temperatura
TIC-101	Controlador Indicador de Temperatura

Fuente: Elaboración propia.

3.9.2. Circuito de Potencia

Figura 72: Circuito de Potencia.



Fuente: Elaboración propia.

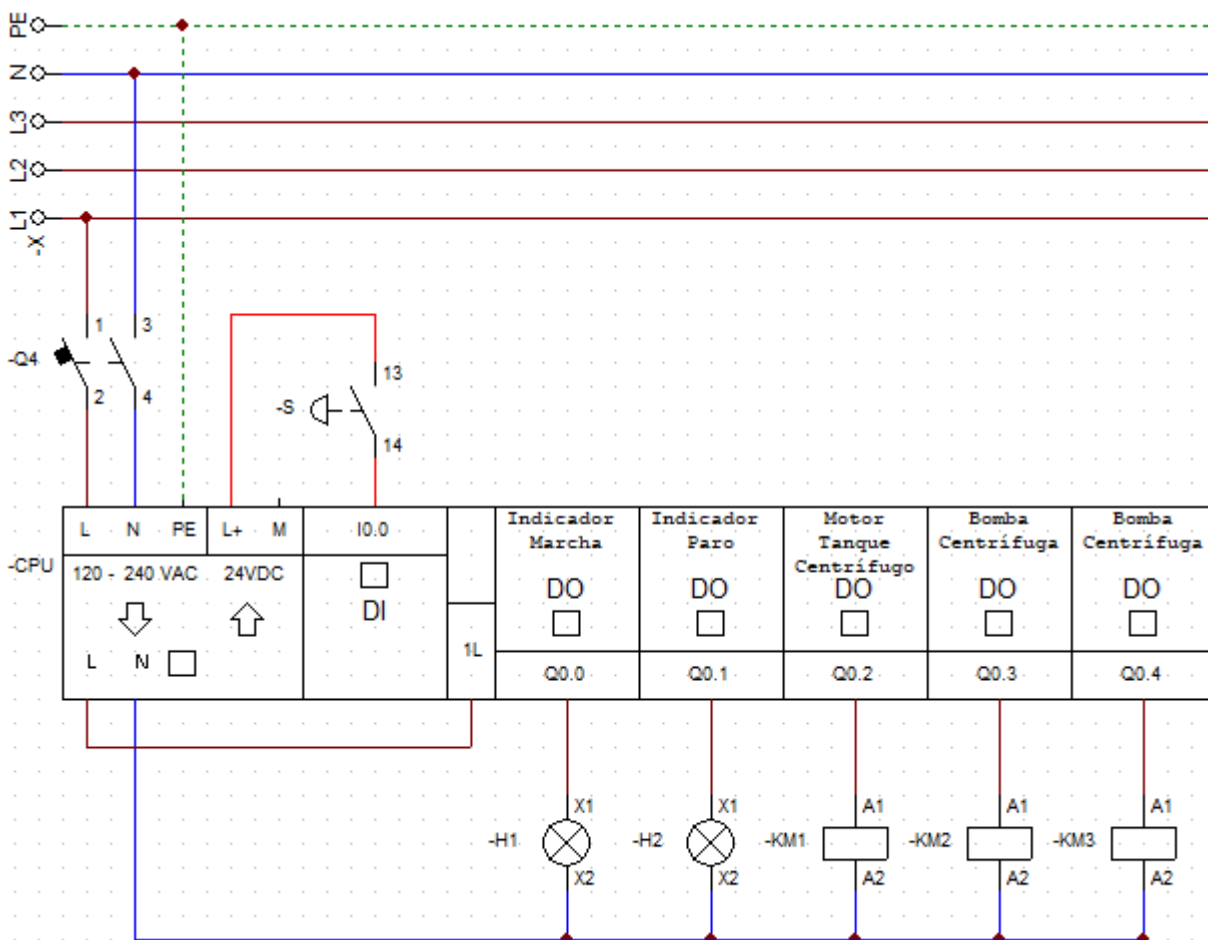
Tabla 20: Lista de Equipos del Circuito de Potencia.

TAG	Descripción
F	ITM General
Q1	Guardamotor
G1	Variador de Frecuencia
M1	Motor Tanque Centrífugo
Q2	Guardamotor
KM1	Contactador
M2	Bomba Centrífuga
Q3	Guardamotor
KM2	Contactador
M3	Bomba Centrífuga

Fuente: Elaboración propia.

3.9.3. Circuito de Control

Figura 73: E/S Digitales



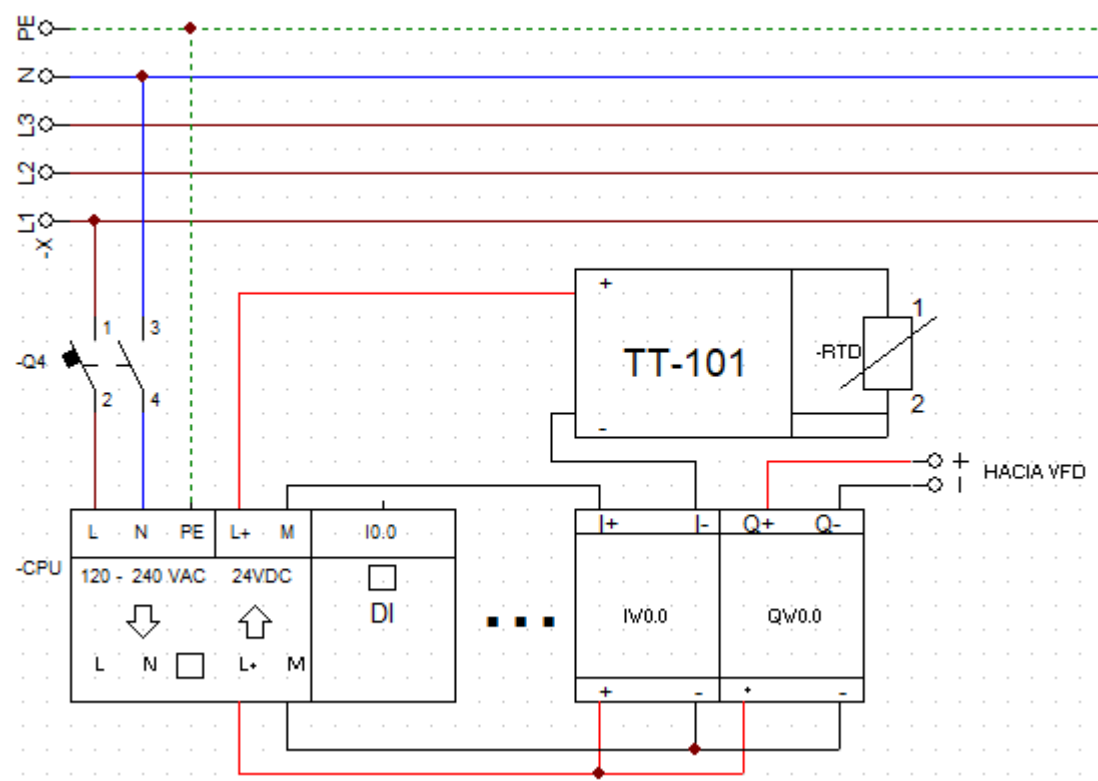
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21: Lista de E/S Digitales.

TAG	Descripción
S	Parada de Emergencia
H1	Indicador de Marcha
H2	Indicador de Paro
KM1	Bobina Motor Tanque Centrifugo
KM2	Bobina Bomba Centrífuga
KM3	Bobina Bomba Centrífuga

Fuente: Elaboración propia.

Figura 74: E/S Analógicas



Fuente: Elaboración propia.

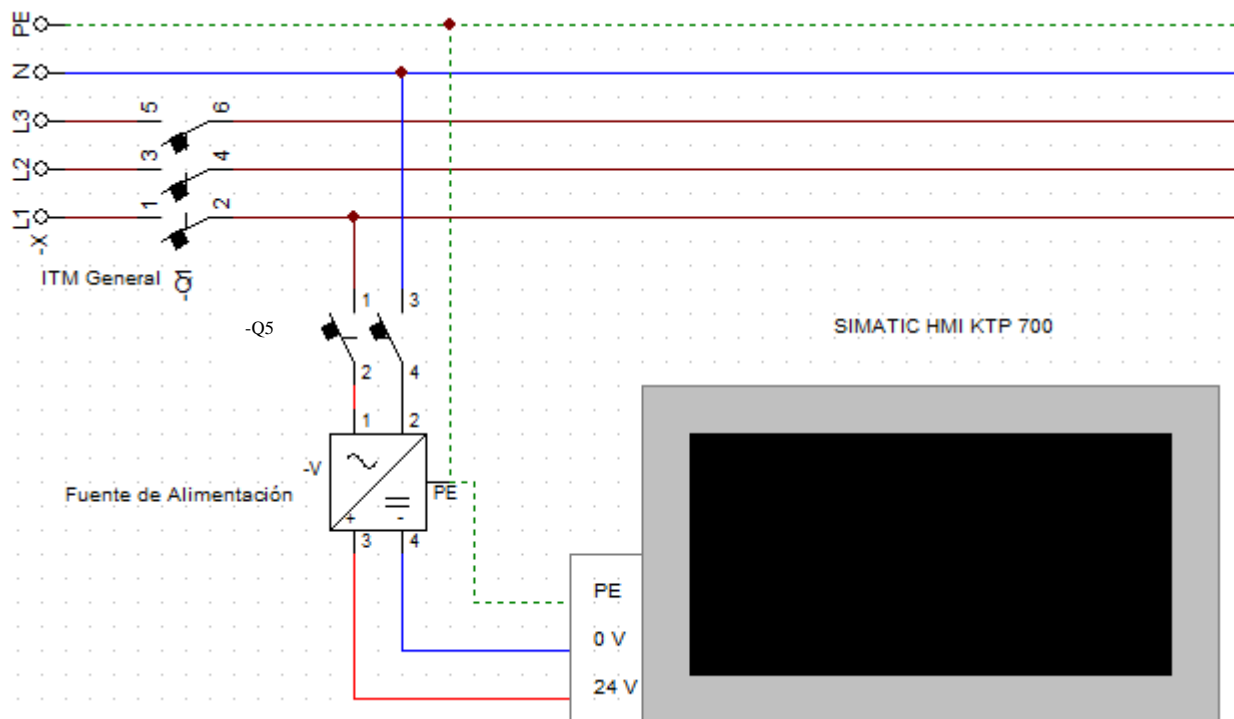
Tabla 22: Lista de E/S Analógicas.

TAG	Descripción
TT-101	Transmisor de Temperatura
Hacia VFD	Salida de PLC hacia VFD

Fuente: Elaboración propia.

3.9.4. Conexión PLC y HMI

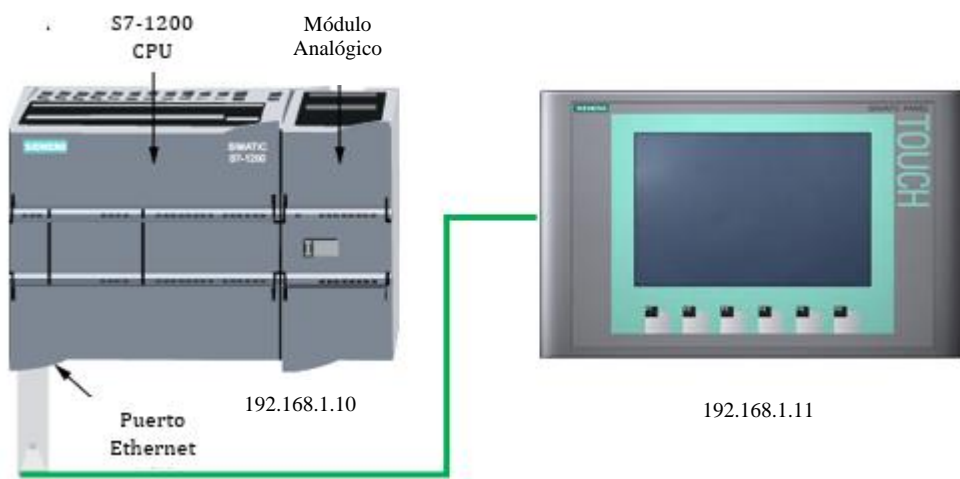
Figura 75: Conexiones Eléctricas del HMI



Fuente: Elaboración propia.

3.9.5. Arquitectura de Red

Figura 76: Conexión de Red PLC y HMI

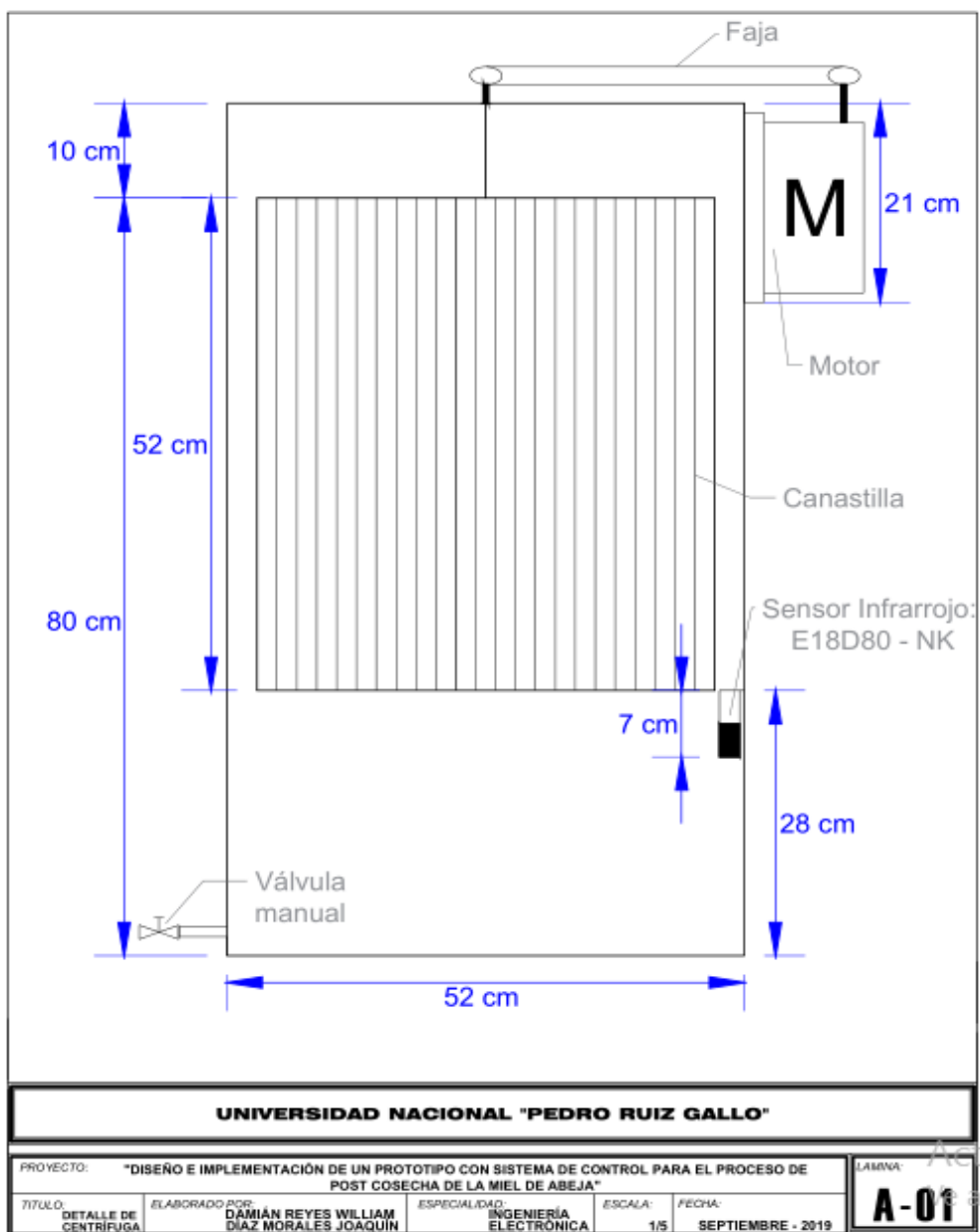


Fuente: Elaboración propia.

3.9.6. Planos de cada tanque

A. Tanque de centrifuga:

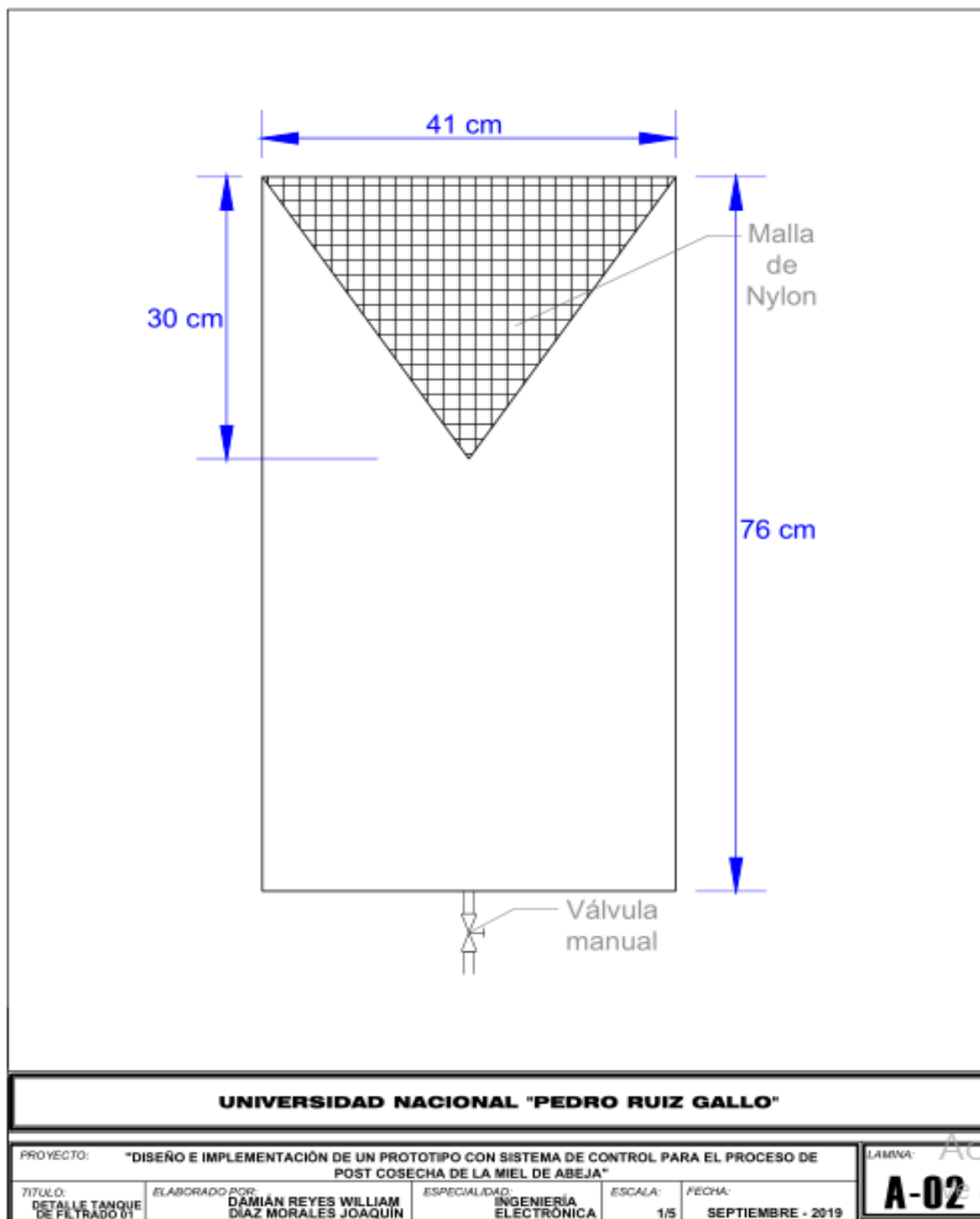
Figura 77: Plano tanque de centrifuga



Fuente: Elaboración propia.

B. Tanque de filtrado 1:

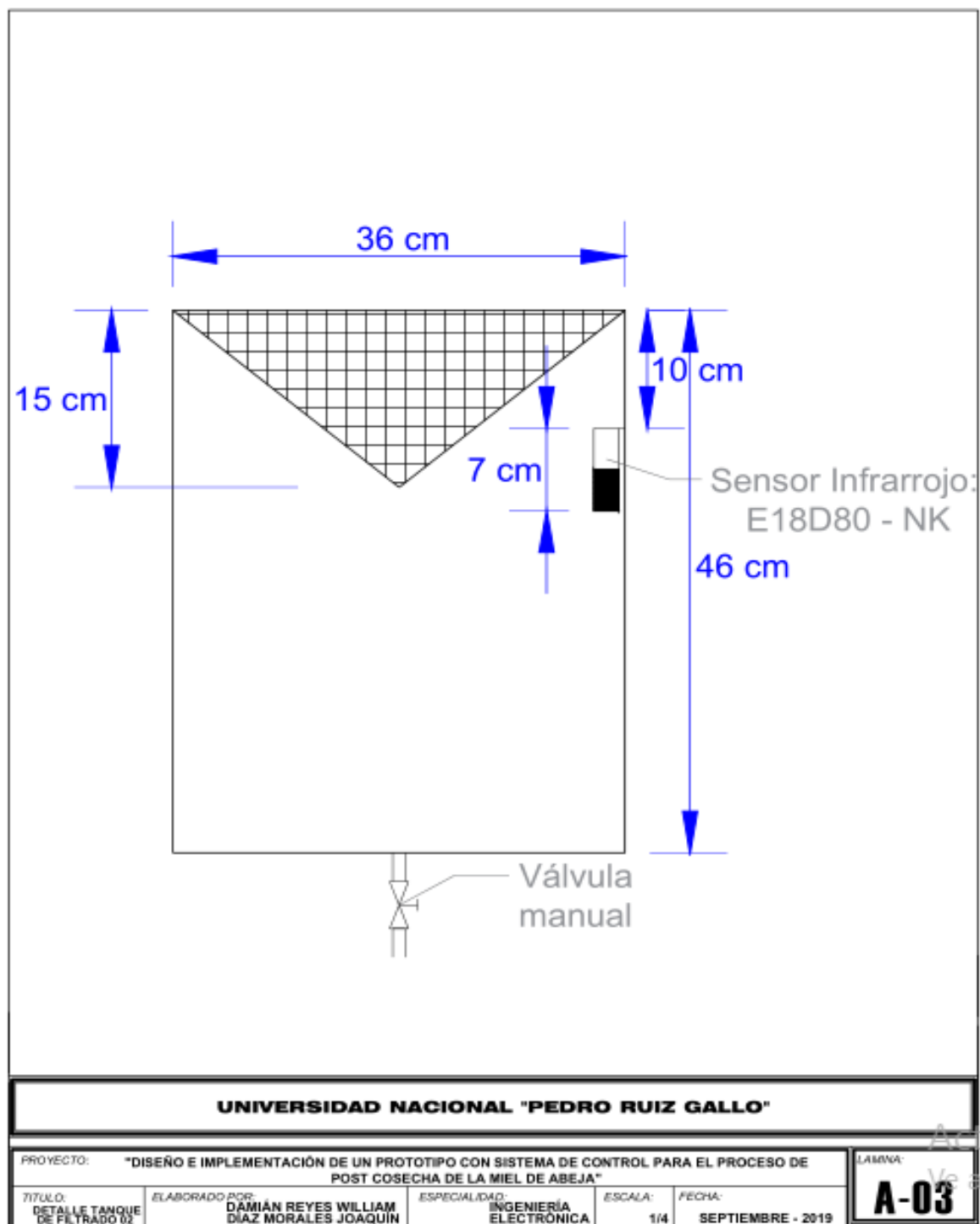
Figura 78: Plano tanque de filtrado 1



Fuente: Elaboración propia.

C. Tanque de filtrado 2:

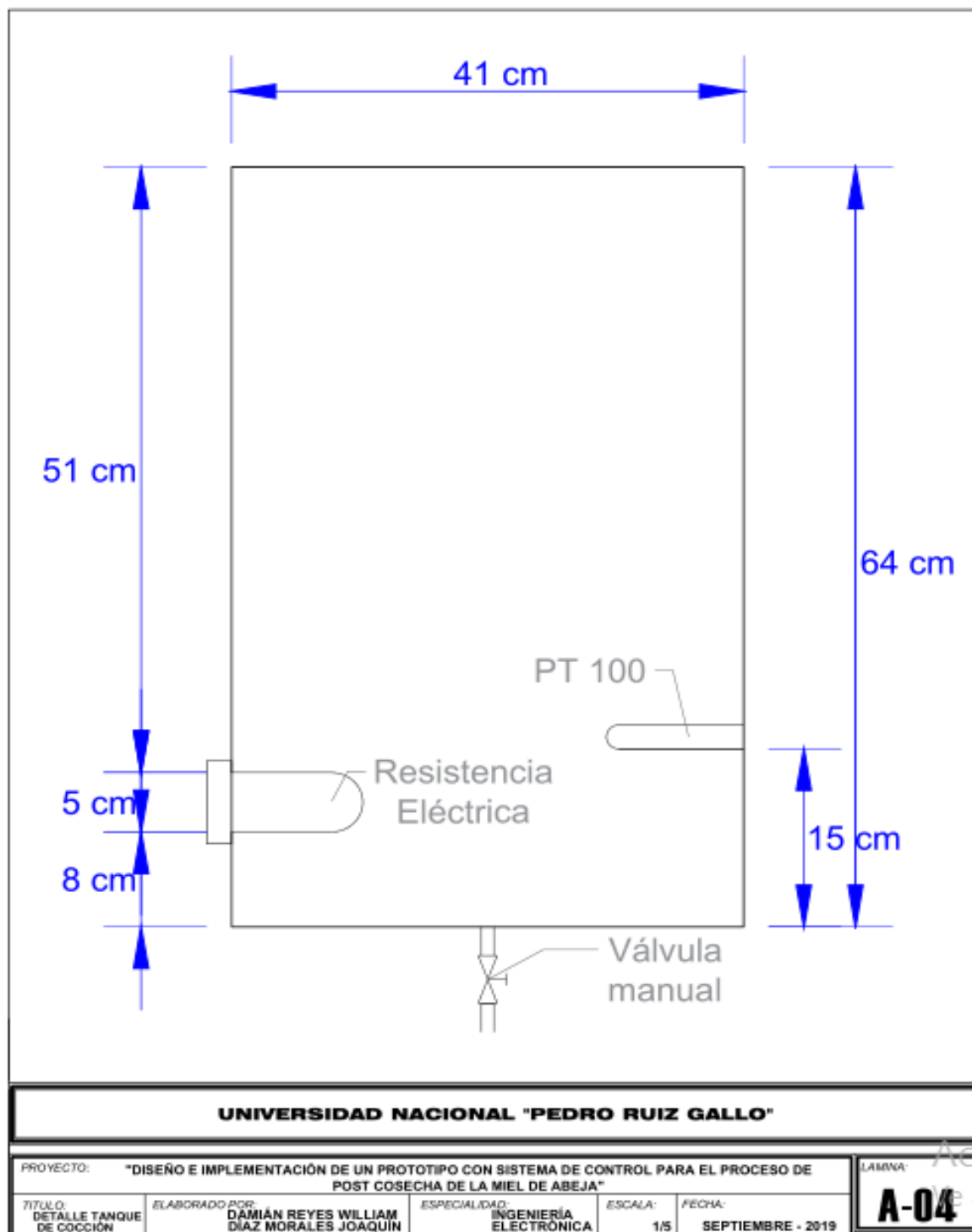
Figura 79: Plano tanque de filtrado 2



Fuente: Elaboración propia.

D. Tanque de cocción:

Figura 80: Plano tanque de cocción






































Fuente: Elaboración propia.

3.10. Diseño de lógica de control:

A. Variables del PLC:

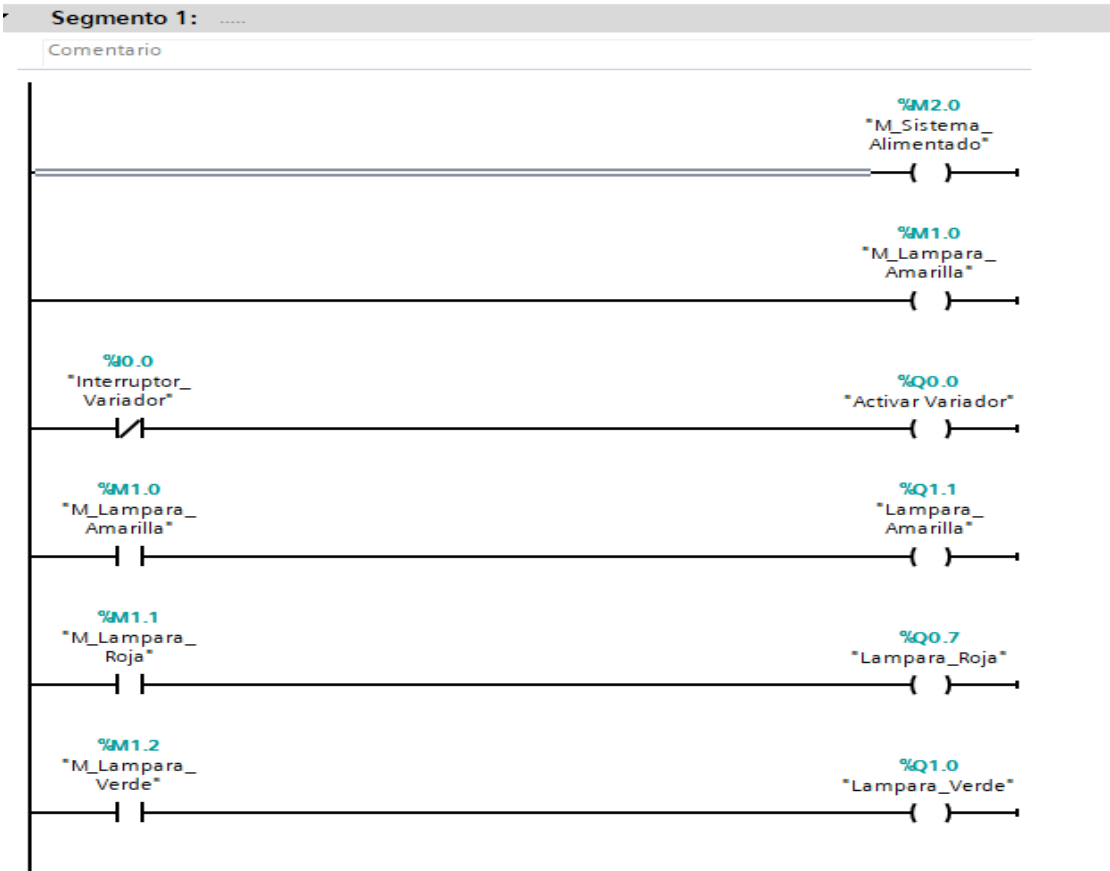
Figura 81: Variables PLC

Variables PLC				
	Nombre	...	Tipo de datos	Dirección ▲
	Interruptor_Variador	...	Bool	%I0.0
	Interruptor_Motor1	...	Bool	%I0.1
	Señal_Contactor1	...	Bool	%I0.2
	Interruptor_Motor2	...	Bool	%I0.3
	Señal_Contactor2	...	Bool	%I0.4
	Sensor_Temperatura	...	Bool	%I0.5
	Sensor_Centrifugado	...	Bool	%I0.6
	Sensor_Filtrado	...	Bool	%I0.7
	Tag_1	...	Word	%IW64
	Activar Variador	...	Bool	%Q0.0
	Tag_5	...	Bool	%Q0.1
	Contactor1	...	Bool	%Q0.5
	Contactor2	...	Bool	%Q0.6
	Lampara_Roja	...	Bool	%Q0.7
	Lampara_Verde	...	Bool	%Q1.0
	Lampara_Amarilla	...	Bool	%Q1.1
	Tag_2	...	Word	%MW0
	Marcha_HMI	...	Bool	%M0.0
	M_Lampara_Amarilla	...	Bool	%M1.0
	M_Lampara_Roja	...	Bool	%M1.1
	M_Lampara_Verde	...	Bool	%M1.2
	M_Sistema_Alimentado	...	Bool	%M2.0
	M_Sistema_Funcionando	...	Bool	%M2.1
	M_Centrifugado	...	Bool	%M2.2
	M_Filtrado	...	Bool	%M2.3
	M_Coccion	...	Bool	%M2.4
	Tag_4	...	Bool	%M3.0
	Tag_6	...	Bool	%M4.0
	Tag_7	...	Bool	%M5.0
	Tag_8	...	Bool	%M6.0
	Tag_9	...	Bool	%M7.0
	Tag_3	...	Real	%MD10
	Temperatura	...	Int	%MW20
	<Agregar>			

Fuente: Elaboración propia.

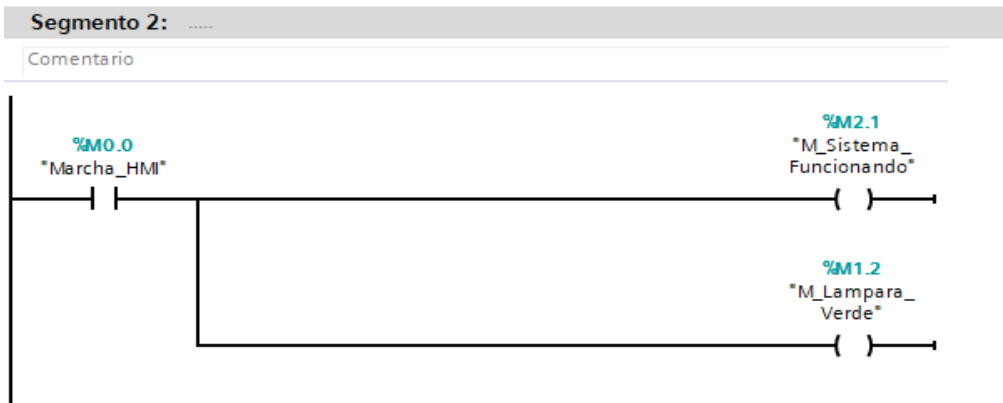
B. Programa del PLC:

Figura 82: Segmento 1



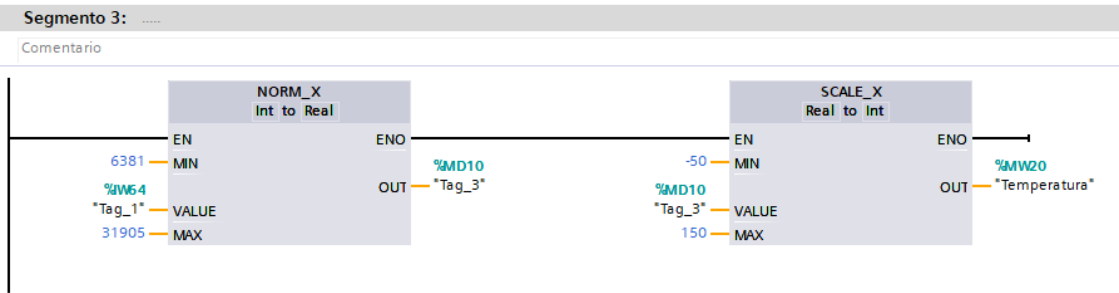
Fuente: Elaboración propia.

Figura 83: Segmento 2



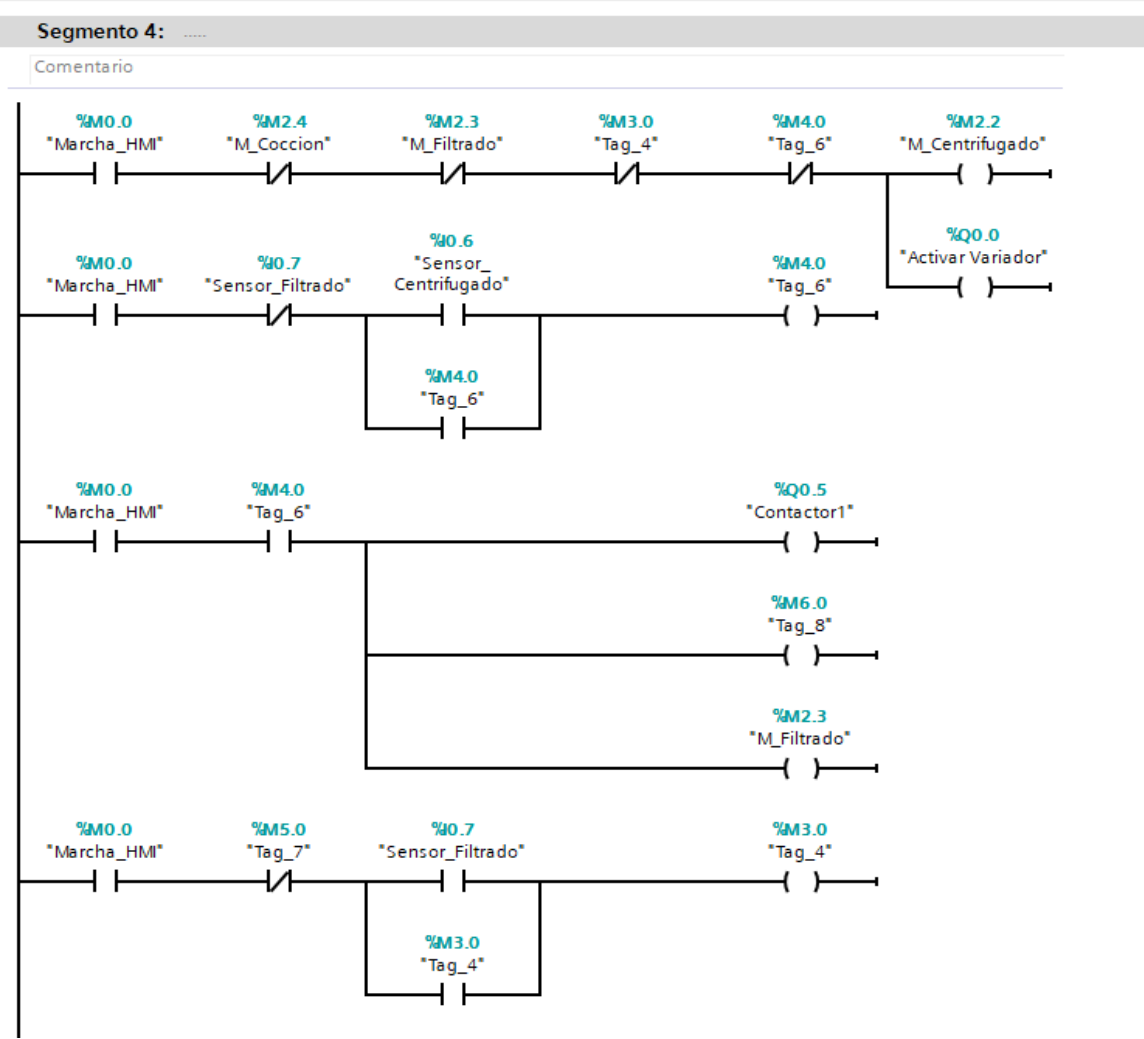
Fuente: Elaboración propia.

Figura 84: Segmento 3

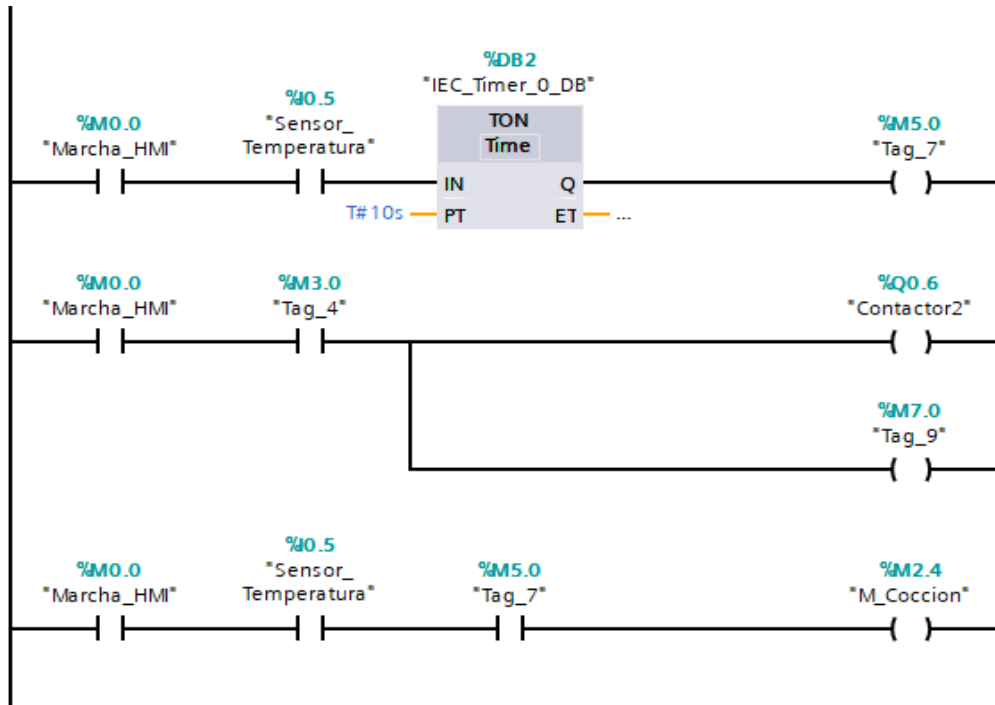


Fuente: Elaboración propia.

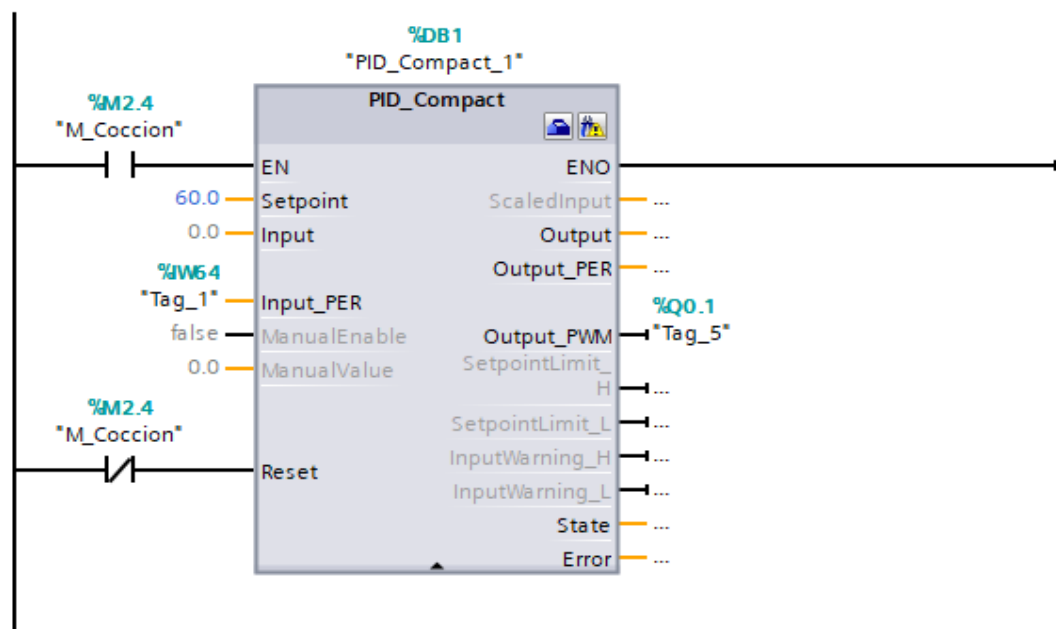
Figura 85: Segmento 4



Fuente: Elaboración propia.

Figura 86: *Segmento 5*

Fuente: Elaboración propia.

Figura 87: *Programa PID del PLC*

Fuente: Elaboración propia.

Figura 88: *Parámetros PID del PLC*

The screenshot shows the 'Controller type' configuration window. On the left, a tree view lists settings: Basic settings (checked), Controller type (checked), Input / output parameters (checked), Process value settings (checked), Process value limits (checked), Process value scaling (checked), Advanced settings (checked), Process value monitoring (checked), PWM limits (checked), Output value limits (checked), and PID Parameters (checked). The main area is titled 'Controller type' and contains the following controls:

- A dropdown menu set to 'Temperature' and a unit dropdown set to '°C'.
- An unchecked checkbox for 'Invert control logic'.
- An unchecked checkbox for 'Activate Mode after CPU restart'.
- A 'Set Mode to:' label followed by a dropdown menu set to 'Automatic mode'.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 89: *Parámetros PID del PLC*

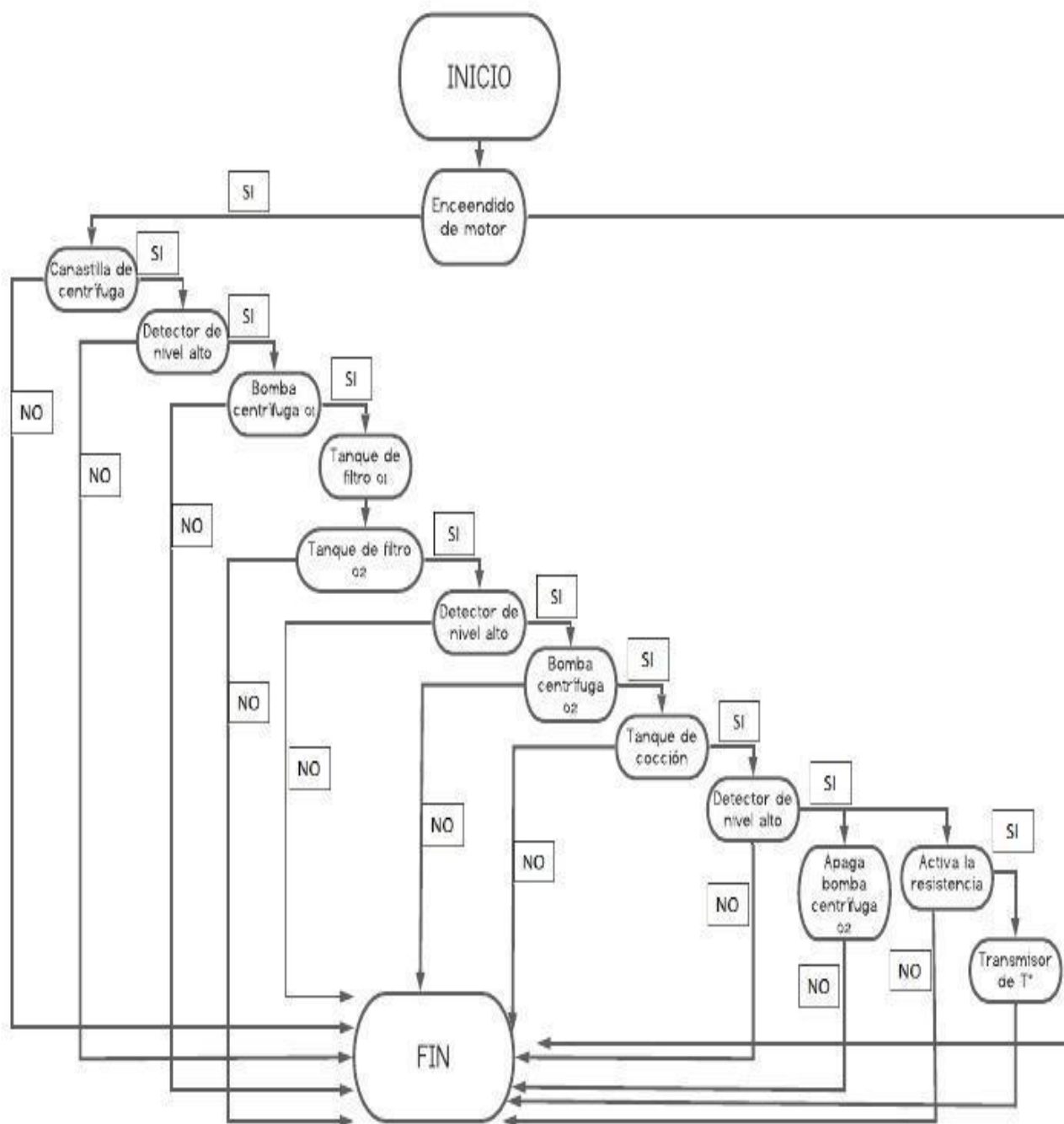
The screenshot shows the 'PID Parameters' configuration window. On the left, the same tree view as in Figure 88 is shown, with 'PID Parameters' now selected and highlighted. The main area is titled 'PID Parameters' and contains the following controls:

- A checked checkbox for 'Enable manual entry'.
- Proportional gain: 29.2085
- Integral action time: 8.1649 s
- Derivative action time: 0.0 s
- Derivative delay coefficient: 0.2
- Proportional action weighting: 1.0
- Derivative action weighting: 1.0
- Sampling time of PID algorithm: 1.0 s
- A 'Tuning rule' section with a 'Controller structure' dropdown menu set to 'PI'.

Fuente: Elaboración propia.

C. Diagrama de flujo PLC:

Figura 90: Diagrama de Flujo PLC



3.11. Configuración del variador

- Encendido del variador sin puesta en funcionamiento.
- Se configura:
 1. La frecuencia del motor [Estándar frec. mot] (bFr) si esta es diferente a 60 Hz
 2. Los parámetros de motor en el menú [CONTROL MOTOR] (drC-) sólo si la configuración por defecto de fábrica del variador no conviene,
 3. Las funciones de aplicaciones en los menús [ENTRADAS/SALIDAS] (I-O-); [CONTROL] (CtL-) y [FUNCIONES DE APLICA.] (FUn-)
- Los parámetros del motor, si la configuración del variador no es adecuada

En el menú [AJUSTES] (SEt-) ajuste los parámetros:

[Rampa aceleración] (ACC)

[Rampa deceleración] (dEC)

[Velocidad mínima] (LSP) y [Vel. máxima] (HSP)

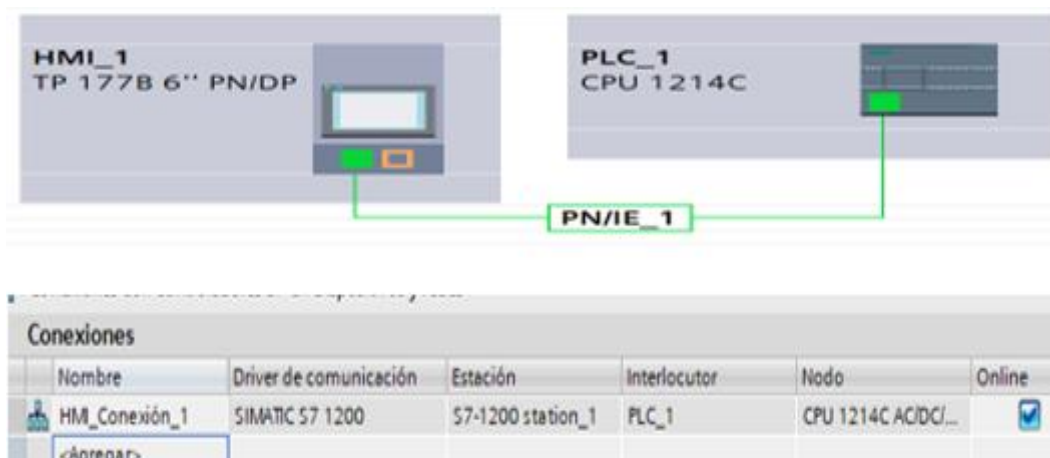
[I Térmica motor] (ItH)

- Arranque el variador

3.12. Diseño y configuración del HMI:

Conexión entre HMI-PLC S71200

Figura 91: *Conexión HMI-PLC*



Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizada la conexión procedemos a configurar y jalar las variables del PLC hacia el HMI.

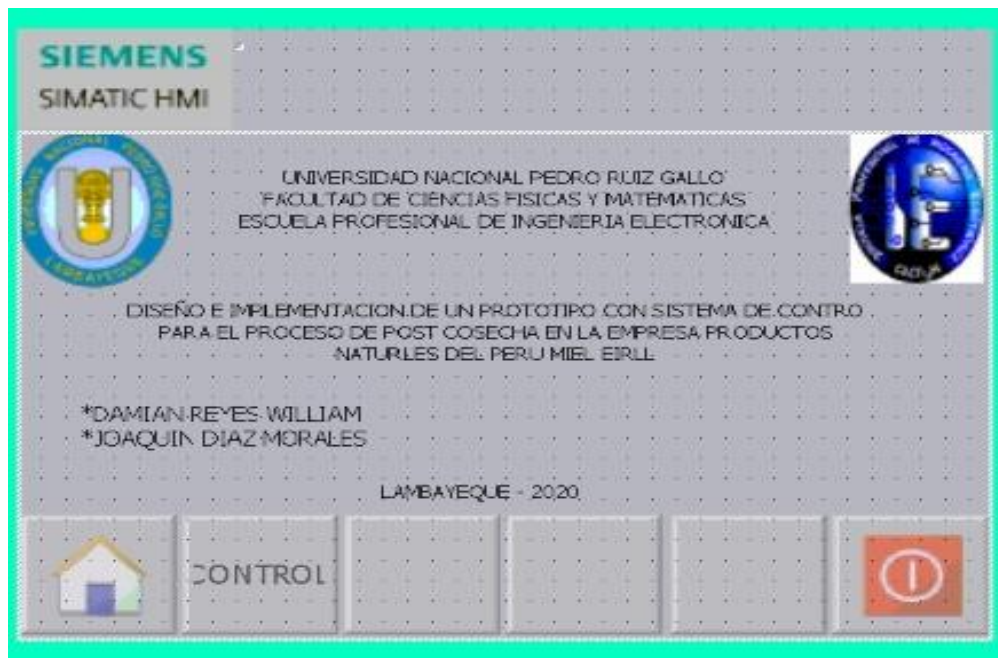
Figura 92: Variables HMI

Variables HMI						
	Nombre ▲	...	Tipo de datos	...	Variable PLC	Dirección
...	M_Centrifugado	...	Bool	...	M_Centrifugado	%M2.2
...	M_Coccion	...	Bool	...	M_Coccion	%M2.4
...	M_Filtrado	...	Bool	...	M_Filtrado	%M2.3
...	M_Sistema_Alimentado	...	Bool	...	M_Sistema_Alimentado	%M2.0
...	M_Sistema_Funcionando	...	Bool	...	M_Sistema_Funcionando	%M2.1
...	Marcha_HMI	...	Bool	...	Marcha_HMI	%M0.0
...	Tag_8	...	Bool	...	Tag_8	%M6.0
...	Tag_9	...	Bool	...	Tag_9	%M7.0
...	Temperatura	▼	Int	...	Temperatura	%MW20 ▼

Fuente: Elaboración propia.

En la pantalla principal podemos observar la caratula de presentación y a su vez nos da la opción de ir hacia el modo de control de la figura 93 donde podemos monitorear y controlar el sistema.

Figura 93: Pantalla principal HMI



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 94 podemos ver el estado de nuestro sistema y a la vez controlar la marcha y paro del mismo. En esta figura observamos el sistema alimentado con 220V y listo para el funcionamiento.

Figura 94: *Pantalla de control HMI*



Fuente: Elaboración propia

3.13. Ensamblado del prototipo:

A. Montaje de centrifuga:

Se construyó cada parte de la centrifuga por separado de acuerdo a los parámetros y especificaciones del diseño hechos en SOLIDWORKS. Las partes en mención están hechas en acero inoxidable apto para el contacto con alimentos.

Figura 95: *Montaje de la centrifuga*



Fuente: Elaboración propia.

B. Montaje tanques de filtrado:

Los tanques de filtrado son 2, contienen una malla de nylon ajustada con cada tapa del tanque.

Figura 96: *Montaje tanques de filtrado*



Fuente: Elaboración propia.

C. Montaje tanques de cocción:

El tanque de cocción esta echo de acero inoxidable, dentro se encuentra una resistencia eléctrica monofásica de 2000W, una PT100 el cual se encargará de sensar la miel a 60°C.

Figura 97: *Montaje tanque de cocción*



Fuente: Elaboración propia.

D. Montaje del tablero eléctrico:

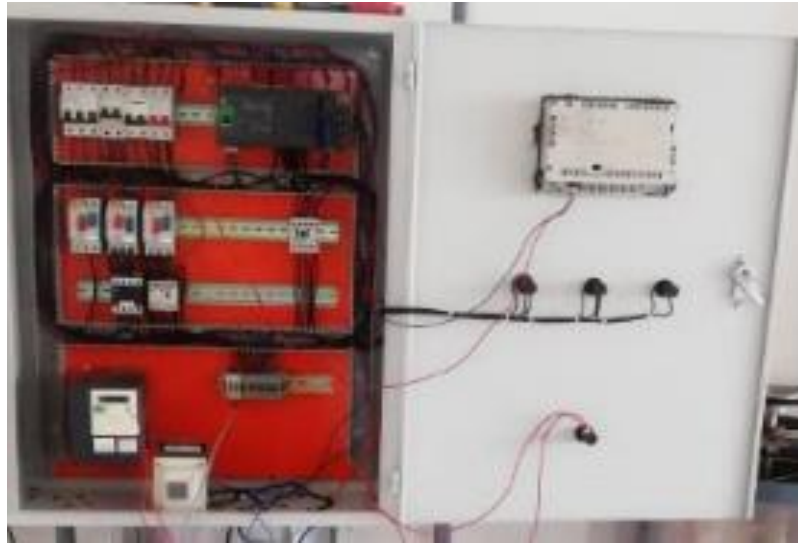
Considerando un orden previo en la distribución de los componentes que irían en el interior del tablero eléctrico se pudo calcular la medida más comercial del tablero. Para el montaje del tablero eléctrico se consideraron las siguientes medidas externas 80 cm de alto, 60 cm de ancho y 20 cm de largo.

Tabla 23: *Materiales a utilizar*

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Tablero de control
1	Pulsador de emergencia
3	Lámparas de señalización
1	Etiqueta adhesiva
1	PLC S7 – 1200
1	Variador de frecuencia
1	Pantalla HMI
3	Guardamotores
3	Contactos auxiliares guardamotor
4	Contactores
2	Canaletas ranuradas
2	Riel DIN
4	Llaves termomagnéticas
15	Mtrs de cable azul y rojo n°18
15	Mtrs de cable negro y rojo n°12
1	Ciento de tornillos autoperforante
1	Ciento de terminales

Teniendo todos los componentes se llevó a cabo la instalación y conexión de cada uno.

Figura 98: *Ensamblado final del tablero*



Fuente: Elaboración propia.

E. Ensamblado general del prototipo:

Teniendo en cuenta el diseño en SolidWorks, se ensambló cada parte del prototipo, se dimensionó cada componente de la estructura para su correcto funcionamiento.

Figura 99: *Ensamblado general del prototipo*



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS

Las pruebas realizadas a los diferentes dispositivos del prototipo de postcosecha de la miel de abeja corroboran el Capítulo III ya que se demuestra físicamente que todo está de acuerdo al diseño realizado en Solidworks y AutoCAD, por lo tanto, es indispensable verificar la forma individual y simultáneamente todos los elementos del proceso.

4.1. Pruebas mecánicas de la centrifuga:

Las pruebas mecánicas dan inicio al ingresar los 4 cuadros con miel desoperculados a la canastilla de la centrifuga, comprobando que no haya un atasco en el momento del ingreso de cada cuadro con miel, en la figura N° 100 se muestra y se confirma el ingreso de los cuadros teniendo un resultado favorable de esta prueba.

Figura 100: *Pruebas mecánicas*



Fuente: Elaboración propia.

4.2. Pruebas de transmisión de la centrifuga:

La verificación del sistema de transmisión de movimiento se realiza tanto en vacío y con carga, tomando los datos con una pinza amperimétrica para que no exista sobrecarga de corriente, validándolo con los valores del variador de frecuencia. Como se muestra el resultado de valores que presenta la Tabla No. 24.

Figura 101: *Pruebas de transmisión*



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24: *Pruebas de transmisión:*

Variador de frecuencia (Hz)	Velocidad del tambor (rpm)	Corriente (A)	
		Vacío	Carga
10	272	0.5	0.6
20	436	0.5	0.7
30	600	0.5	0.8

4.3. Pruebas del proceso:

A. Desoperculado:

Este es el primer paso en la extracción de miel de abejas que se requiere para hacer el ingreso de los cuadros a la centrifuga, esta etapa es manual.

En la figura 102 se muestra el desoperculado en un recipiente de acero inoxidable, la cera mezclada con miel extraída se procesa y se filtra para separarlas.

En la tabla 25 se tiene los tiempos promedios en los cuadros a desopercular, tomando como referencia dos tipos de cera.

Figura 102: *Desoperculado*



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25: *Tiempo de desoperculado*

Cuadro	Tiempo
Cera nueva	Lado A: 10 seg
	Lado B: 10 seg
Cera vieja	Lado A: 15 seg
	Lado B: 15 seg

B. Centrifugado

En la centrifugación tendremos en cuenta el tiempo de carga de los cuadros de miel desoperculado y la rotación en la centrifuga, al contrastarlo con un extractor tangencial manual de 4 marcos de capacidad, en estos casos sacamos los tiempos por ciclo en la centrifuga manual estos datos fueron adquiridos en una cosecha donde se tomaron los

tiempos respectivos y se muestran en la tabla 26, para la centrifuga automática se adquirió muestras de cuadros con miel y se trasladó al prototipo tomando los respectivos tiempos y mostrados en la tabla 27.

Tabla 26: *Tiempos por ciclo con centrifuga manual*

Cuadros	Tiempo de ingreso (s)	Tiempo de giro (s)
1	5	90
2	5	
3	5	
4	5	
Cuadros	Tiempo de volteado (s)	Tiempo de giro(s)
1	5	90
2	5	
3	5	
4	5	
Cuadros	Tiempo de extracción (s)	
1	5	
2	5	
3	5	
4	5	
Total		240

En la tabla N°26 se calcularon los tiempos de ingreso, volteado y extracción de los cuadros, donde cada tiempo es igual 5 segundos por los cuatro cuadros ingresados se obtiene un total de 20 segundos de igual manera para el volteado y el retiro de los cuadros, sumando un total de 60 segundos (1 min), sumamos también el tiempo de giro para ambos lados equivalente a 180 segundos, todos esos tiempos sumados equivale a un ciclo (240 segundos) ya que se termina de extraer la miel por ambos lados y es necesario ingresar nuevos cuadros para centrifugar.

En las cosechas de la empresa productos naturales Perú Miel E.I.R.L se extraen de los apiarios un promedio de 400 cuadros con miel operculada, los que dividiremos entre 4 ya que es el número de cuadros que ingresa a la centrifuga, donde se obtendría 100 ciclos,

donde lo multiplicaremos por los 240 segundos (4 minutos) que es tiempo que demora un ciclo haciendo un total de 400 minutos equivalentes a 6 horas 40min.

Tabla 27: *Tiempos por ciclo en centrífuga automática*

Cuadros	Tiempo de ingreso	Tiempo de giro
1	5 seg	
2	5 seg	
3	5 seg	
4	5 seg	40 seg
Cuadros	Tiempo de volteado	Tiempo de giro
1	5 seg	
2	5 seg	
3	5 seg	
4	5 seg	40 seg
Cuadros	Tiempo de extracción	
1		5 seg
2		5 seg
3		5 seg
4		5 seg
Total		140 seg

En la centrifuga automática se realiza la misma cantidad de ciclos que en la centrifuga manual, los tiempos de ingreso, volteado y extracción son los mismo, en cuanto al tiempo de giro para ambos lados ese sería prácticamente a la mitad, se empleará en los 100 ciclos, y empleando un tiempo de 140 segundos (2.33 min) por ciclo, obtenemos un total de 233 minutos equivalentes a 3 horas 53 min, teniendo resultado favorable con respecto al tiempo de extracción manual.

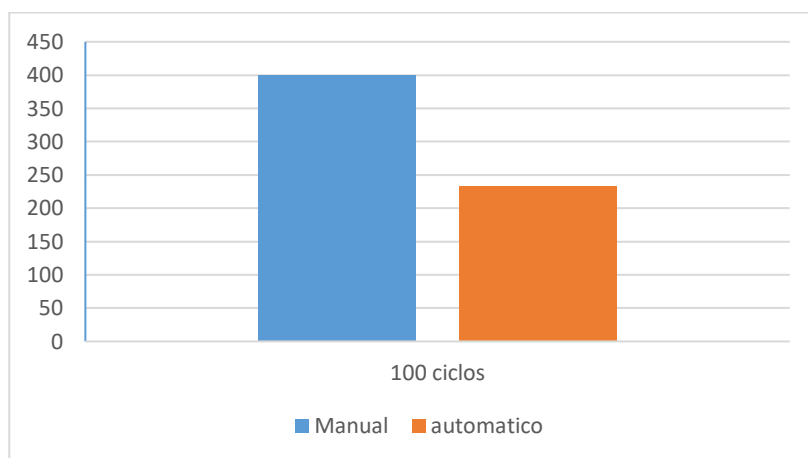
- **Comparación Manual-automático:**

Teniendo como base las pruebas del proceso de esta etapa se pueden relacionar los tiempos empleados y mostrarlos en cuadros estadísticos.

En la figura 103 hacemos una comparación entre centrifugado manual y automático; durante los 100 ciclos, vemos que en el centrifugado manual sombreado de color azul

emplea un total de 400 minutos y en el centrifugado automático sombreado de color naranja emplea 233 minutos

Figura 103: *Comparación manual-automático*



Fuente: Elaboración propia

C. Filtrado:

En el filtrado artesanal se tiene en cuenta el tiempo y el residuo de la miel al cambiar de un envase a otro, se filtra los baldes de miel por separado extrayendo con una espátula de acero inoxidable los cuerpos que salen a la superficie.

En el prototipo existen dos tanques de filtrado capaces de filtrar 50 kg de miel, en el tanque 2 se hace un control de nivel para accionar la bomba de cocción y pueda trasladar la miel al tanque de cocción. Consideramos los siguientes datos obtenidos.

Tabla 28: *Muestra de filtrado(prototipo) por cada 40 kg de miel*

Tanque	Tiempo
Filtro 1	3 min
Filtro 2	3 min
Tiempo total	6 min

En la cosecha realizada donde se tomaron las muestras se obtuvieron 18 baldes de miel, siendo un total de 540 kg.

En la tabla 29 se muestra el tiempo-producto empleado por cada balde cosechado.

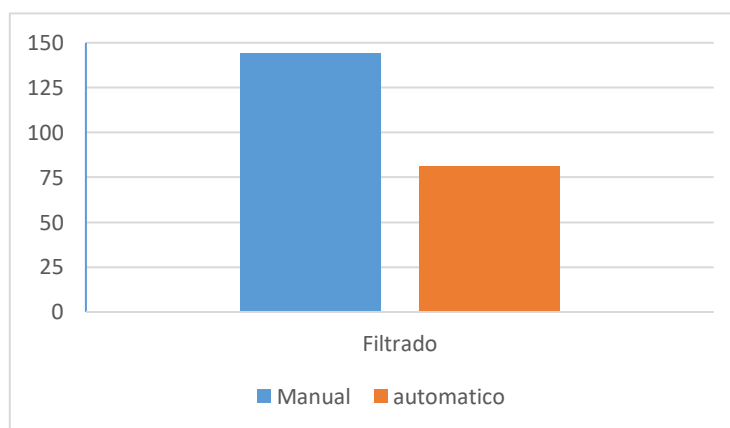
Tabla 29: *Tiempos de filtrado en 18 baldes cosechados*

Baldes	Tiempo de filtrado
18	8 min
Tiempo total	144 min

- **Comparación Manual-automático:**

Teniendo como fundamento las pruebas del proceso por cada una de las etapas podemos vincular los tiempos empleados en esta etapa y mostrarlos en el siguiente cuadro, vemos que en el filtrado manual que es la barra sombreada de color azul se emplean 144 minutos, mientras tanto en el filtrado automático que es la barra de color naranja se emplean 81 minutos.

Figura 104: *Comparación manual- automático filtrado*



Fuente: Elaboración propia

D. Cocción:

Una vez filtrada la miel del segundo tanque se transporta al tanque de cocción donde se calentará a 60 grados. En las pruebas realizadas se tomó la muestra de 40 kg de miel lo

cual para llegar a la temperatura indicada tomo un tiempo de 22 minutos, consideramos los siguientes datos obtenidos de la tabla N°30.

Tabla 30: *Tiempos de cocción con la resistencia*

Cantidad de miel	Tiempo de cocción
40 kg	22 min

En la cocción manual se emplea más tiempo de acuerdo a la cantidad de baldes cosechados, se considera el tiempo de encendido (15 min) y recarga de leña en la cocina ya que la cocción es realizada en base de leña, se añaden los baldes con miel dentro de la olla con agua para que pueda calentarse lentamente, si tomamos la muestra de 40 kg en cantidad de baldes sería un balde y medio, en la tabla 31 se muestra el tiempo empleado por cada balde cosechado y también debe agregarse el tiempo de encendido, para tener una buena calidad hay q tener en cuenta que el humo de la leña no altere sus propiedades adhiriéndose a la miel.

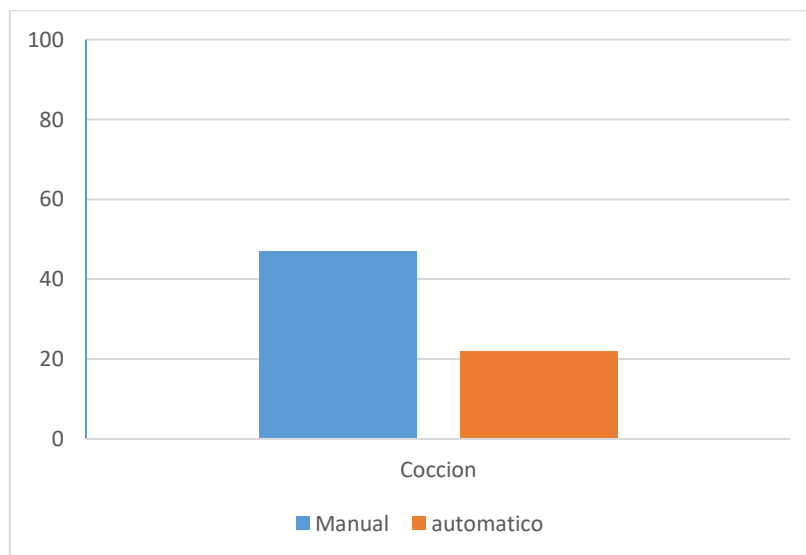
Tabla 31: *Tiempos de cocción a base de leña*

Cantidad de Baldes	Tiempo de Cocción
2(40 kg)	32 min (considerar los 15 minutos de encendido)

- **Comparación Manual-automático:**

Teniendo en cuenta las pruebas del proceso de cocción se tomaron los tiempos y serán mostrados en la figura 105, de acuerdo a la muestra de los 40 kg podemos vincular los tiempos empleados.

Figura 105: Comparación manual- automático cocción.



Fuente: Elaboración propia.

E. Resultados de calidad en la miel:

Aquí se muestran los siguientes parámetros:

- Ph=4,5
- % de humedad=17
- Grados brix=81.5

Figura 106: Muestra de miel



Fuente: Elaboración propia

4.4. Alcances y limitaciones:

A. Alcances:

- El sistema tendrá la capacidad de extraer 50 kg de miel, cuando el tanque está lleno es transportado hacia el tanque de filtrado 1.
- El transporte de la miel hacia cada tanque lo realiza una bomba.
- El filtrado es realizado en dos tanques por gravedad, cada tanque contiene una malla de nylon.
- En el tanque de cocción se lleva a cabo un control de temperatura capaz de calentar la miel extraída por la centrifuga.
- La miel es extraída totalmente aprovechando cada gramo y aumentando más la producción.
- Gran facilidad para encontrar los repuestos ya que los materiales y dispositivos existen en el Perú.
- El prototipo de extracción de miel de abejas tiene un buen diseño y acabado, además el tablero de control está en un lugar accesible para el operario y garantiza un fácil manejo.
- Los costos son muy asequibles para pequeños y medianos apicultores en la región Lambayeque.

B. Limitaciones:

- El prototipo requiere ser instalado en un ambiente apropiado ya que necesita una alimentación de corriente de 220 AC monofásica.
- La desoperculación manual es minuciosa y perfecta, pero requiere de más tiempo.

- El tiempo en dar vuelta a los cuadros dentro de la canastilla para que la miel sea extraída por ambos lados.
- La cera restante en la desoperculación es parte de otro proceso

4.5. Análisis de costos:

Los precios mencionados a continuación formaron parte de nuestro prototipo y futura implementación del sistema de control para la empresa PERU MIEL E.I.R.L. Las marcas de los equipos que usamos por ser de uso comercial se nos resultó fácil adquirirlas, así que pueden ser reemplazadas por otras marcas más económicas que presenten igual o parecidas características.

A. Presupuesto para construcción del prototipo:

Tabla 32: *Presupuesto para la construcción del prototipo*

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL, EN SOLES
1	Máquina centrífuga	1500	1500
1	Motor trifásico 0.5 HP Baldor	200	200
1	Tanque de filtrado	120	120
1	Tanque de almacenamiento	120	120
1	Tanque de cocción	120	120
1	Resistencia eléctrica 2000w	120	120
1	Polea	20	20
1	Faja	10	10
1	Sensor de Temperatura PT100	100	100
2	Bombas Centrífugas	100	200
2	Llaves de paso VALOGIN	20	40
2	Malla para filtrar	20	40
2	Cinta Teflón	2	4
-	Codos y uniones	-	20
3	Sensor de nivel tipo boya	20	60
1	Estructura de metal	300	300
3	Pernos	2	6
2	tubos 1''	30	60
PRESUPUESTO			3040

B. Presupuesto para el tablero de control:

Tabla 33: *Presupuesto para el tablero de control*

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL, EN SOLES
1	Tablero de control 80X40X20 -IP 55	160	160
3	Guardamotor	60	180
3	Auxiliar Frontal	10	30
2	Minicontactores	50	100
1	Llave Trifásica - 32 ^a	30	30
1	Llave Monofásica – 10 ^a	15	15
1	Llave Monofásica – 32 ^a	15	15
1	Llave Monofásica – 15 ^a	15	15
3	Lámparas	5	15
1	Parada de Emergencia	5	5
2	Bolsitas de Conectores	5	10
2	Canaletas para tablero de control 40x40	20	40
2	Riel Din	10	20
1	Cintillos	5	5
40	Metros de cable N° 12	1	40
20	Metros de cable de control	0.7	14
1	Variador 0.5HP Schneider	1	580
15	Borneras	3	45
1	PLC S7SIEMENS	1000	1000
1	Fuente para PLC	230	230
2	Relé Estado Sólido (SSR)	40	300
1	Transformador 360-220 V	50	50
1	Bolsa Autoperforantes	10	10
5	Metros de cables 3 hilos	5	25
1	Transmisor 4-20 mA	40	40
1	HMI SIEMENS	600	600
PRESUPUESTO			3574

C. Presupuesto para herramientas:

Tabla 34: *Presupuesto para herramientas*

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL, EN SOLES
1	Taladro Profesional BOSCH	150	150
1	Amoladora	150	150
1	Juego de cierra de copas	60	60
1	Set de brocas	20	20
1	Cautín	10	10
2	Metros de estaño	1	1
1	Pelacables manual	15	15
1	Pinza amperimétrica	70	70
1	Juego de desarmadores	30	30
1	Pegamento	10	10
1	Nivel	10	10
1	Wincha 3 metros	10	10
1	Alicate de corte	5	5
PRESUPUESTO			541

D. Presupuesto mano de obra:

Tabla 35: *Presupuesto para mano de obra*

DESCRIPCIÓN	COSTO
Construcción del prototipo	300
Construcción del tablero eléctrico	150
Programación y configuración	200
Diseño de planos	200
Instalación	150
Imprevistos	100
TOTAL	1100

E. Costo total del proyecto:

Tabla 36: *Presupuesto del proyecto*

DESCRIPCIÓN	TOTAL
Construcción del prototipo	3040
Construcción del tablero de control	3574
Herramientas	541
Mano de obra	1100
PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO	8255

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Basado en los diagnósticos, se construyó e implemento el prototipo de postcosecha de miel de abeja, desarrollando satisfactoriamente cada etapa del proceso para mejor así la producción, y reducir tiempos.
- La centrifuga se diseñó para almacenar el doble de miel que una convencional, la canastilla es más reforzada y el acceso de los cuadros a esta es accesible, ya que posee unas guías que dirigen a los cuadros a su posición correcta.
- La centrifugación impide que los marcos con cera nueva se arruinen, puesto que su velocidad es controlada. Este proceso beneficia la vida del apicultor, pues disminuye el trabajo físico al no realizarlo manualmente.
- En la figura 103 podemos observar la mejora en el proceso, ya que se redujo el tiempo de centrifugado en un 41.75 %, con respecto al centrifugado manual.
- La filtración se desarrolla en dos tanques para obtener una miel con cero impurezas
- En la figura 104 podemos observar que se redujo el tiempo de filtrado en un 43.75 %, con respecto al filtrado manual.
- El proceso de cocción permite calentar la miel extraída eliminando bacterias y dándole más fluidez a la miel al momento de ser envasada.
- En la figura 105 podemos observar que se redujo el tiempo de cocción en un 53.20 % con respecto a la cocción artesanal.
- Se hizo un control visual y se comprobó un producto de calidad de acuerdo a las muestras tomadas y analizadas por equipos de medición de pH y un refractómetro.

- Se obtuvo una humedad del 16 % el cual es un indicador de no fermentarse
- En la determinación de azúcares Se obtuvo 80° brix el cual es un indicador de pureza de la miel
- En la medición de pH se obtuvo un 4,5 que está dentro del rango de calidad para el consumo
- El prototipo con sistema de control para la postcosecha de la miel de abeja beneficia ampliamente al apicultor artesano proporcionándole un método práctico de realizar el proceso de extracción, haciéndolo en un tiempo reducido con ventajas relevantes
- Se comprobó que el prototipo con sistema de control para la postcosecha de la miel de abeja contribuye a mejorar las competencias apícolas en la región Lambayeque y en el Perú.

5.2. Recomendaciones

- El prototipo con sistema de control debe ser complementado con un sistema de desoperculado automático, un sistema de envasado automático para seguir aumentando su nivel de automatización convirtiéndola así en una línea de extracción.
- La empresa PRODUCTOS NATURALES PERU MIEL E.I.R.L. requiere el apoyo de ingenieros electrónicos para implementar sistemas que den solución a sus necesidades en el proceso de cosecha, también para realizar estudios y nuevos experimentos en el amplio campo laboral apícola que contribuyan a la investigación.
- Comprobar la ejecución eficiente del motor, bombas y cada sensor, para no perjudicar en el proceso.
- Se sugiere usar este modelo a todos los apicultores, también puede operar la centrifuga por separado, trayendo innumerables beneficios en el momento de extraer la miel.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

(s.f.). Obtenido de Motion Control: <http://motioncontrols.com/productos/interfaz-hombre-maquina/simatic-tp-177b.html>

Controlador de acción Integral. (s.f.). Obtenido de http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4926/html/12_controlador_de_accin_integral_i.html

(8 de Febrero de 2016). Obtenido de Control e Instrumentación Industrial:

<http://ceiisa.blogspot.com/2015/01/control-todo-o-nada-on-off.html>

Andina. (19 de setiembre de 2016). Obtenido de <https://andina.pe/agencia/noticia-unas-240-toneladas-metricas-miel-al-ano-se-producen-lambayeque-631606.aspx>

Ayala, D. (05 de junio de 2016). *SlideShare*. Obtenido de

<https://www.slideshare.net/DonaAyala/modulo-polinizaion>

BRICOVOLTIO. (27 de Abril de 2017). *Contactor – Automatismo*. Obtenido de

<http://bricovoltio.com/contactor-automatismo>

CETRONIC. (s.f.). Obtenido de

<https://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=421065010&cPath=1177>

Controlador de acción proporcional, integral y derivativa (PID). (s.f.). Obtenido de

http://cienciasfera.com/materiales/tecnologia/tecno02/tema14/25_controlador_de_accin_proporcional_integral_y_derivativa_pid.html

electronics, D. (s.f.). *rele de estado solido SSR-25AA*. Obtenido de

<https://www.dynamoelectronics.com/tienda/rele-de-estado-solido-ssr-25aa/>

Erniman. (23 de mayo de 2012). *Sistemas de Control: Lazo abierto/cerrado*. Obtenido de

Electrónica Industrial: <http://eet602ei.blogspot.com/2012/05/sistemas-de-control-lazo-abiertocerrado.html>

Escoda, S. (2004). Resistencias Calefactoras para Inmersión. *Resistencias Electricas*, 1.

Gonzales, A. (18 de 06 de 2018). Obtenido de La Republica:

<https://larepublica.pe/sociedad/1263314-lambayeque-capacitan-apicultores-produccion-organica-buenas-practicas/>

Guardamotors ABB. (2016). *Control y Protección de motores*, 2/2.

MasVoltaje. (2019). *MasVoltaje*. Obtenido de MasVoltaje: <https://masvoltaje.com/home/1131-simatic-panel-tactil-tp-177b-dp-display-57-stn-blue-mode-4025515076490.html>

MasVoltaje. (s.f.). *MasVoltaje*. Obtenido de MasVoltaje: <https://masvoltaje.com/simatic-s7-1200/1199-simatic-s7-1200-cpu-1214c-cpu-compacta-dc-dc-rele-6940408101319.html>

NAVARRO, G. (2019). Obtenido de <https://gruponavarro.pe/electricidad-domiciliaria/interruptor-termomagnetico/>

Pisiltron-De Procesos Industriales a lazo abierto. (2013). Obtenido de Pisiltron:

<http://www.pisiltron.com.ar/index.php/2013-10-12-12-09-19/2013-10-16-16-32-47/de-procesos-industriales-a-lazo-abierto>

Schneider Electric. (31 de Julio de 2014). *ATV312 Manual de programación*. Obtenido de

<https://www.se.com/pe/es/product/ATV312HU15N4/variable-speed-drive-atv312---1.5kw---4.2kva---61w---380..500-v--3-phase-supply/>

Schneider Electric. (s.f.). *ATV312HU15N4*. Obtenido de

<https://www.se.com/pe/es/product/ATV312HU15N4/variable-speed-drive-atv312---1.5kw---4.2kva---61w---380..500-v--3-phase-supply/>

Soto, D. (2009). *Naylam Mechatronics*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/236-sensor-de-proximidad-fotoelectrico-infrarrojo-e18-d80nk.html>

UNEFA sistemas IM. (21 de octubre de 2012). Obtenido de <http://sisteunefaim.blogspot.com/2012/10/tipos-de-control.html>

Vilchez, E. (2017). *EL CONTACTOR*. Obtenido de <https://www.eet460rafaela.edu.ar/descargar/apunte/744>