



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO ELECTRÓNICO DE
SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA LA EXTRACCIÓN DE MIEL
POR MEDIO DEL CENTRIFUGADO”.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORAS

GERALDINE BRIGITTE CORNEJO CEBALLOS

LUZ ANNABELY SANDOVAL JARAMILLO

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO ELECTRÓNICO DE
SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA LA EXTRACCIÓN DE MIEL
POR MEDIO DEL CENTRIFUGADO”.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORAS: GERALDINE BRIGITTE CORNEJO CEBALLOS

LUZ ANNABELY SANDOVAL JARAMILLO

DIRECTORA: ING. SANDRA GABRIELA BARRAZUETA ROJAS

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, **Geraldine Brigitte Cornejo Ceballos, Luz Annabely Sandoval Jaramillo**

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

Nosotras, Geraldine Brigitte Cornejo Ceballos, Luz Annabely Sandoval Jaramillo declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 25 de marzo de 2024



Geraldine Brigitte Cornejo Ceballos
220050887-3



Luz Annabely Sandoval Jaramillo
230036416-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “**IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO ELECTRÓNICO DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA LA EXTRACCIÓN DE MIEL POR MEDIO DEL CENTRIFUGADO**”, realizado por las señoritas: **GERALDINE BRIGITTE CORNEJO CEBALLOS** y **LUZ ANNABELY SANDOVAL JARAMILLO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Mayra Alejandra Pacheco Cunduri
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



2024-03-25

Ing. Sandra Gabriela Barraqueta Rojas
DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



2024-03-25

Ing. José Enrique Guerra Salazar
ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



2024-03-25

DEDICATORIA

A mis padres y a mi hijo Sebastián, por su amor incondicional, su apoyo y constante aliento a lo largo de todos estos años. Sin duda alguna este viaje académico ha sido una montaña rusa llena de experiencias y un sin número de emociones. Su presencia y respaldo han sido mi mayor fuente de motivación y fortaleza durante cada etapa de este proceso.

Brigitte

Al motor de mi vida mi madre, la persona que siempre está para mí, por su amor y sacrificio que han sido la fuente de mi motivación y perseverancia en este largo camino académico, de igual forma a mi ángel en el cielo que siempre me cuida y me ha dado la fuerza necesaria para poder seguir y no rendirme.

Luz

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres y hermanos, quienes ha estado presentes desde el inicio de mis años de estudio, a mis amigos con quienes compartí largas horas de clase y momentos libres, a mi compañera de tesis y amiga por su dedicación, esfuerzo y colaboración en este trabajo de integración curricular y, por último, pero no menos importante a mi pareja, por acompañarme durante este proceso, ser mi amigo, apoyo y confidente.

Brigitte

Agradezco a mi familia por siempre brindarme su apoyo en este camino para mi formación personal y profesional, a Vinicio por ser una de las personas que me motivaban a seguir a delante y nunca dejarme vencer, de igual forma a cada una de las personas, amigos que me han brindado su apoyo desinteresado e incondicional en todo este tiempo, a mi amiga mi compañera de tesis, aventuras, sacrificios, risas por todo su tiempo y esfuerzo en este trabajo de integración curricular. Al ingeniero José Guerra por confiar en nosotras y siempre darnos la motivación suficiente para culminar la tesis.

Luz

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.1.1 <i>Sistematización del Problema</i>	3
1.2 Justificación	3
1.3 Objetivos	8
CAPÍTULO II	9
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1 Realidad de la zona	9
2.1.1 <i>Importancia de la miel en Ecuador</i>	10
2.2 Características fisicoquímicas de la miel.....	12
2.3 Proceso de extracción de la miel	14
2.3.1 <i>La fuerza centrífuga</i>	15
2.3.2 <i>Extracción de miel por fuerza centrífuga</i>	16
2.3.3 <i>Filtrado de la miel</i>	17
2.4 Marcos de las colmenas.....	19
2.5 Normativa en el sector apícola	20
2.6 Tipos de extractores centrífugos	21
2.6.1 <i>Según el origen de energía</i>	21
2.6.2 <i>Según la ubicación y distribución de los marcos</i>	22

2.7	Extractores de miel comerciales	23
2.8	Tarjetas de desarrollo	25
2.8.1	<i>Análisis comparativo de tarjetas de desarrollo</i>	26
2.9	Sistemas de control e instrumentación industrial	27
2.9.1	<i>Pantallas HMI</i>	27
2.9.2	<i>Análisis comparativo entre pantallas HMI</i>	28
2.10	Motores eléctricos de corriente alterna	29
2.10.1	<i>Análisis comparativo entre tipos de motores eléctricos</i>	29
2.11	Sistemas de sensores	30
2.11.1	<i>Análisis comparativo de sensores</i>	31
2.12	Materiales utilizados en extractores de miel	32
2.12.1	<i>Acero Inoxidable</i>	32
2.12.2	<i>Análisis comparativo de diferentes tipos de acero inoxidable</i>	33
CAPÍTULO III		34
3	MARCO METODOLÓGICO	34
3.1	Requerimientos del equipo electrónico	34
3.2	Concepción de la arquitectura del extractor de miel automatizado	36
3.3	Diseño de la arquitectura del extractor de miel automatizado	37
3.4	Dispositivos <i>hardware</i> para el extractor de miel automatizado	38
3.4.1	<i>Tarjeta de desarrollo ESP32</i>	38
3.4.2	<i>Pantalla Nextion NX8048P070-011C-Y</i>	39
3.4.3	<i>Sensor de proximidad E3F-DS30P1</i>	40
3.4.4	<i>Motor eléctrico de corriente alterna</i>	41
3.4.5	<i>Controlador de velocidad digital Wanshsin</i>	43
3.4.6	<i>Módulo MAX6675</i>	44
3.4.7	<i>Relé de estado sólido SSR-25DA</i>	45
3.4.8	<i>Relé de 12 voltios de 2 canales</i>	46
3.5	Esquema de conexión electrónica del extractor de miel automatizado	47

3.6	Software de desarrollo para el extractor de miel automatizado	50
3.6.1	<i>Programación de la tarjeta de desarrollo ESP32</i>	50
3.7	Interfaz de control y visualización	57
3.7.1	<i>Diseño de las ventanas de la pantalla HMI.....</i>	57
3.8	Estructuras del extractor de miel automatizado	60
3.8.1	<i>Diseño de la estructura principal.....</i>	60
3.8.2	<i>Diseño de la estructura del panel de control</i>	63
 CAPÍTULO IV		66
4	VALIDACIÓN DE PROTOTIPO	66
4.1	Consideraciones generales.....	67
4.2	Validación de sensores	68
4.2.1	<i>Validación del módulo MAX6675.....</i>	68
4.2.2	<i>Validación del sensor E3F-DS30P1</i>	71
4.3	Validación del tiempo de extracción de miel.....	73
4.4	Medición de las velocidades producidas por el motor	75
4.5	Estabilidad de sensores	78
4.5.1	<i>Estabilidad del módulo MAX6675</i>	78
4.6	Análisis descriptivo del tiempo de arranque del extractor de miel automatizado .	79
4.7	Consumo energético del extractor de miel automatizado.....	80
4.8	Análisis económico del extractor de miel automatizado	84
 CONCLUSIONES.....		88
RECOMENDACIONES.....		89
 BIBLIOGRAFÍA		
 ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Temperaturas óptimas para la extracción de miel	14
Tabla 2-2: Características más relevantes de los extractores de miel comerciales	25
Tabla 2-3: Características más relevantes de las diferentes tarjetas de desarrollo	26
Tabla 2-4: Características más relevantes de las pantallas HMI	28
Tabla 2-5: Características relevantes de los tipos de motores eléctricos	29
Tabla 2-6: Comparativa entre sensores	31
Tabla 2-7: Composición química de los diferentes tipos de acero inoxidable	33
Tabla 3-1: Especificaciones principales de la tarjeta de desarrollo ESP32	39
Tabla 3-2: Especificaciones principales de la Nextion NX8048P070-011C-Y	40
Tabla 3-3: Especificaciones principales del sensor E3F-DS30P1	41
Tabla 3-4: Especificaciones principales del motor eléctrico <i>Czerweny</i>	43
Tabla 3-5: Especificaciones principales del controlador de velocidad digital <i>Wanshsin</i>	44
Tabla 3-6: Especificaciones principales del módulo MAX6675	45
Tabla 3-7: Especificaciones principales del relé de estado sólido SSR-25DA	46
Tabla 3-8: Especificaciones principales del relé 12 voltios de 2 canales	46
Tabla 3-9: Medidas principales del tanque del extractor de miel automatizado	61
Tabla 3-10: Medidas principales del soporte de marcos del extractor de miel automatizado	61
Tabla 3-11: Medidas principales del soporte de motor del extractor de miel automatizado	62
Tabla 3-12: Medidas principales del panel de control del extractor de miel automatizado	64
Tabla 4-1: Toma de muestras de la temperatura en el accesorio desoperculador	69
Tabla 4-2: Pruebas de normalidad de la temperatura	70
Tabla 4-3: Prueba t-Student para las muestras independientes de temperatura.	70
Tabla 4-4: Toma de muestras de la distancia detectada por el sensor	72
Tabla 4-5: Toma de muestras del tiempo de extracción de miel	74
Tabla 4-6: Pruebas de normalidad del tiempo	74
Tabla 4-7: Prueba t-Student para las muestras independientes de tiempo	75
Tabla 4-8: Toma de muestras de la velocidad del motor	76
Tabla 4-9: Pruebas de normalidad de la velocidad	77
Tabla 4-10: Prueba t-Student para las muestras independientes de velocidad	78
Tabla 4-11: Prueba de estabilidad del módulo MAX6675	78
Tabla 4-12: Muestra del tiempo de arranque del extractor de miel automatizado	79
Tabla 4-13: Consumo energético del extractor de miel automatizado	80
Tabla 4-14: Obras de ingeniería	86
Tabla 4-15: Análisis económico del extractor de miel automatizado	86

Tabla 4-16: Comparativa entre el extractor de miel automatizado y el extractor “6C” 87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Ubicación geográfica de la apicultura en Ecuador.....	9
Ilustración 2-2: Proceso de extracción de miel.....	15
Ilustración 2-3: Tipos de filtro para centrifuga: a) simple con soportes, b) universal, c) bidón, d) cónico.....	18
Ilustración 2-4: Diagrama del proceso de extracción de miel.....	18
Ilustración 2-5: Marco de panal móvil de pino.....	19
Ilustración 2-6: Dimensiones de un marco <i>Langstroth</i>	20
Ilustración 2-7: Extractores según el origen de energía: a) Manual, b) Automático.....	21
Ilustración 2-8: Extractores según la distribución de marcos: a) Radial, b) Tangencial, c) Reverso.....	22
Ilustración 2-9: Extractor eléctrico de <i>Multi-Sweet Group</i>	23
Ilustración 2-10: Extractor de miel <i>Langstroth</i>	24
Ilustración 2-11: Extractor de miel reversible de <i>Logar</i>	24
Ilustración 3-1: Concepción de la arquitectura del extractor de miel automatizado.....	37
Ilustración 3-2: Diagrama de bloques del extractor de miel automatizado.....	37
Ilustración 3-3: Tarjeta de desarrollo ESP32.....	39
Ilustración 3-4: Nextion NX8048P070-011C-Y.....	40
Ilustración 3-5: Sensor E3F-DS30P1.....	41
Ilustración 3-6: Motor eléctrico <i>Czerweny</i>	43
Ilustración 3-7: Controlador de velocidad digital <i>Wanshsin</i>	44
Ilustración 3-8: Módulo MAX6675.....	44
Ilustración 3-9: Relé de estado sólido SSR-25DA.....	45
Ilustración 3-10: Módulo relé de 12 voltios de 2 canales.....	46
Ilustración 3-11: Esquema de conexiones del extractor de miel automatizado.....	47
Ilustración 3-12: Diseño de PCB del extractor de miel automatizado.....	49
Ilustración 3-13: Implementación física de la PCB del extractor de miel.....	49
Ilustración 3-14: Diagrama de flujo de la inicialización de la tarjeta ESP32.....	51
Ilustración 3-15: Diagrama de flujo de la función de detección de marcos.....	52
Ilustración 3-16: Diagrama de flujo de la generación de datos.....	53
Ilustración 3-17: Diagrama de flujo complementario de la función de generación de datos....	54
Ilustración 3-18: Diagrama de flujo de la función de giro.....	55
Ilustración 3-19: Diagrama de flujo de la función de temperatura.....	56
Ilustración 3-20: Diseño de la ventana de carga de la pantalla Nextion.....	57
Ilustración 3-21: Diseño de la ventana principal de la pantalla Nextion.....	58

Ilustración 3-22: Diseño de la ventana de calentamiento de la pantalla Nextion.....	59
Ilustración 3-23: Diseño de la ventana de centrifugado de la pantalla Nextion.....	60
Ilustración 3-24: Diseño del tanque del extractor.....	61
Ilustración 3-25: Diseño del soporte de marcos del extractor	62
Ilustración 3-26: Diseño del soporte del motor eléctrico	62
Ilustración 3-27: Vistas del extractor ensamblado: a) superior, b) frontal, c) lateral, d) isométrica	63
Ilustración 3-28: Estructura implementada del extractor de miel automatizado	63
Ilustración 3-29: Diseño del panel de control del extractor	64
Ilustración 3-30: Vistas del panel de control: a) superior, b) frontal, c) lateral, d) isométrica..	65
Ilustración 3-31: Estructura implementada del panel de control.....	65
Ilustración 4-1: Extractor de miel automatizado	66
Ilustración 4-2: Accesorio desoperculador.....	67
Ilustración 4-3: Termómetro digital JR-1.....	68
Ilustración 4-4: Toma de muestras del accesorio	69
Ilustración 4-5: Gráfico de normalidad de los datos de temperatura.....	70
Ilustración 4-6: Calibrador digital <i>Neiko</i>	71
Ilustración 4-7: Evidencia de las muestras de distancia	72
Ilustración 4-8: Evidencia de las muestras de tiempo	73
Ilustración 4-9: Gráfico de normalidad de los datos de tiempo.....	75
Ilustración 4-10: Tacómetro RPM 10.....	76
Ilustración 4-11: Evidencia de las muestras tomadas del controlador de velocidad digital en el HMI junto al tacómetro.....	76
Ilustración 4-12: Gráfico de normalidad de los datos de velocidad	77
Ilustración 4-13: Proceso de: a) extracción de colmena, b) extracción de marcos, c) banco desoperculador	81
Ilustración 4-14: Proceso de desoperculado a) configuración de temperatura, b) desoperculación del marco, c) marco listo para extracción	82
Ilustración 4-15: Introducción de marcos en el extractor de miel automatizado.....	82
Ilustración 4-16: Proceso de: a) centrifugado de miel, b) extracción de marcos, c) extracción de miel	83
Ilustración 4-17: Encendido del extractor de miel automatizado.	83
Ilustración 4-18: Ventana principal.....	84
Ilustración 4-19: Proceso de configuración y usabilidad a) ventana principal, b) ventana de calentamiento e introducción de marcos, c) introducción y detección de marcos.	84

Ilustración 4-20: Proceso de configuración y usabilidad a) ventana principal, b) ventana de centrifugado, c) proceso de extracción.....	85
Ilustración 4-21: Extracción de miel	85

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: HOJA DE DATOS DE LA TARJETA DE DESARROLLO ESP32

ANEXO B: HOJA DE DATOS DE LA PANTALLA NEXTION NX8048P070-011C-Y

ANEXO C: HOJA DE DATOS DEL SENSOR DE PROXIMIDAD E3F-DS30P1

ANEXO D: HOJA DE DATOS DEL MOTOR ELÉCTRICO CZERWENY.

ANEXO E: HOJA DE DATOS DEL CONTROLADOR DE VELOCIDAD DIGITAL WANSHSIN

ANEXO F: HOJA DE DATOS DEL RELÉ DE ESTADO SÓLIDO SSR-25DA

ANEXO G: HOJA DE DATOS DEL MÓDULO MAX6675

ANEXO H: HOJA DE DATOS DEL RELAY 12V DE 2 CANALES

ANEXO I: CÓDIGO DESARROLLADO EN ARDUINO IDE 2.1.1 PARA LA TARJETA ESP32

ANEXO J: GUÍA DE USUARIO DE NEXTION EDITOR

ANEXO K: PROGRAMACIÓN PANTALLA HMI

ANEXO L: PLANO DE LA ESTRUCTURA DEL EXTRACTOR DE MIEL AUTOMATIZADO

ANEXO M: ESTRUCTURA DEL PANEL DE CONTROL DEL EXTRACTOR DE MIEL AUTOMATIZADO

ANEXO N: PRUEBAS DE MEDICIÓN DEL MÓDULO MAX6675

ANEXO O: PRUEBAS DE VALIDACIÓN DEL TIEMPO DE EXTRACCIÓN DE MIEL

ANEXO P: HOJA DE DATOS DEL EQUIPO PATRÓN TACÓMETRO

ANEXO Q: PRUEBAS DE MEDICIÓN DE VELOCIDADES DEL MOTOR

ANEXO R: CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO Y USABILIDAD.

ANEXO S: PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO

RESUMEN

En Ecuador, el sector apícola se encuentra en una etapa de desarrollo debido a que existe una insuficiente atención e inversión en avances tecnológicos relacionados con los procedimientos de extracción y purificación de la miel, por lo tanto, el objetivo del presente trabajo de integración curricular fue la “Implementación de un equipo electrónico de supervisión y control para la extracción de miel por medio del centrifugado”. El trabajo comenzó con la investigación del fundamento teórico de las etapas de extracción de miel junto con los diferentes extractores que existen y sus principales características. Posteriormente, se llevó a cabo la construcción del hardware necesario para realizar un extractor de miel automatizado en el cual se pueda controlar variables de velocidad, tiempo de extracción, el número de marcos insertados y un accesorio con control de temperatura para la desoperculación de los marcos, todos estos parámetros serán configurados y visualizados mediante una pantalla HMI. Mediante el uso de algoritmos de procesamiento y métodos estadísticos se realizaron las pruebas de validación de sensores, las velocidades producidas por el motor, el tiempo de arranque del equipo y el funcionamiento correcto del mismo. En este contexto, este estudio logró la extracción de miel por fuerza centrífuga de manera exitosa gracias a la implementación del equipo electrónico de supervisión y control en el que su manejo es sencillo e intuitivo.

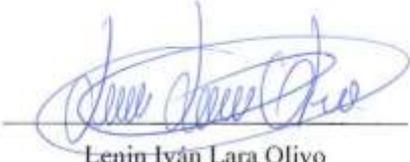
Palabras clave: < APICULTURA >, < EXTRACTORES DE MIEL >, < AUTOMATIZACIÓN >, < CONTROL >, < INNOVACIÓN >. 0358-DBRA-UPT-2024



SUMMARY

In Ecuador, the apiculture sector is in a developmental stage due to insufficient attention and investment in technological advancements related to honey extraction and purification procedures; therefore, the objective of this curricular integration project was the "Implementation of an electronic monitoring and control system for honey extraction through centrifugation." The work began with researching the theoretical foundation of the honey extraction stages, along with the different types of extractors available and their main characteristics. Subsequently, the necessary hardware for an automated honey extractor was constructed. This extractor allows for controlling variables such as speed, extraction time, the number of frames inserted, and an accessory with temperature control for frame uncapping. All these parameters will be configured and displayed through an HMI screen. Validation tests were conducted on sensors, motor speeds, equipment startup times, and correct operation using processing algorithms and statistical methods. In this context, this study successfully extracted honey by centrifugal force thanks to the implementation of electronic monitoring and control equipment, which is easy to handle and intuitive to use.

Keywords: <APICULTURE>, <HONEY EXTRACTORS>, <AUTOMATION>, <CONTROL>, <INNOVATION>. 0358-DBRA-UPT-2024



Lenin Iván Lara Olivo
0602546103

INTRODUCCIÓN

Los equipos centrífugos desempeñan un papel fundamental en la industria apícola, ya que son esenciales para optimizar el proceso de extracción de miel de las colmenas, reduciendo significativamente el tiempo requerido. Estos equipos están disponibles en una variedad de formas, desde sistemas manuales hasta modelos eléctricos, adaptándose a las necesidades de producción de cada apicultor. Antes de la introducción a la centrifugación, el proceso de extracción de miel implicaba la destrucción de los marcos de miel, lo que tenía un impacto negativo en las colmenas. Sin embargo, el uso de centrifugadoras ha revolucionado esta práctica al permitir la reutilización de los marcos, beneficiando tanto a los apicultores como a las colmenas.

Aunque en el mercado existen equipos construidos con materiales de grado alimenticio que cumplen con los estándares de calidad, muchas regiones enfrentan dificultades en el acceso a estos equipos modernos. Como resultado, se utilizan alternativas más económicas que, lamentablemente, tienden a deteriorarse rápidamente, provocando así mayor desperdicio de miel, mayor manipulación, tiempo prolongado de producción, agotamiento físico del apicultor lo que afecta directamente la calidad del producto final. Este desafío de accesibilidad a equipos de calidad se convierte en una oportunidad para el diseño y construcción de sistemas que sean seguros, eficientes y accesibles. En este trabajo de integración curricular implementamos un equipo electrónico de supervisión y control para la extracción de miel por medio de centrifugado con el fin de ayudar a los apicultores que pertenecen a la mediana y pequeña producción.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se analiza el planteamiento del problema referente a procesos de extracción de miel a lo largo de los años, la justificación teórica y aplicada, los objetivos: general y específicos y la metodología que se va a emplear.

1.1 Planteamiento del problema

A lo largo de la evolución de la apicultura han existido diferentes acontecimientos históricos remontándose desde las primeras civilizaciones, dando como resultado la domesticación de las abejas con el fin de generar actividades de recolección de la miel. En 1852 el reverendo Langstroth desarrolló la primera colmena móvil y en base a esta invención en 1857 desarrollo la primera matriz para la elaboración de láminas de cera como punto de partida en la generación de celdas de crianza y almacenamiento de la miel y el polen de las abejas. Dentro del proceso de globalización en la industria apícola los países de mayor producción son: China, Turquía, Estados Unidos, Rusia, Irán, India, México, Brasil, Ucrania y Argentina, teniendo como un dato referencial la cantidad de 570.000 toneladas de miel producida por China y México que anualmente representa 70% la cual es exportada a diferentes países del mundo. Ecuador también ha experimentado un crecimiento en la industria apícola, con 1760 apicultores y más de 19155 colmenas registradas hasta el año 2018 de acuerdo con el censo del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGAP), registrando la mayor cantidad de apicultores en la región interandina con aproximadamente 4.453 colmenas, debido a la diversidad de flora.

Los primeros extractores de miel se remontan a las primeras civilizaciones de la antigüedad como la egipcia, romana y griega, en 1865 se desarrolló el primer extractor de miel empleando la fuerza centrífuga el cual fue un avance tecnológico en el siglo XIX siendo el pionero en la apicultura moderna. A partir del siglo XX se han desarrollado extractores de miel basados de acuerdo con las necesidades de los apicultores, uno de ellos es el extractor de cadena-piñón del cual se pueden recolectar hasta 9 litros de miel, en el año 2015 se desarrolló una investigación acerca de un extractor de miel accionado por pedal el cual permite obtener una eficiencia del 85% generando una extracción más higiénica y eficaz. En el país distintas entidades de educación superior han desarrollado extractores de miel mediante centrifugación con un proceso de automatización escaso ya que contaban con un control on-off.

El propósito del trabajo experimental es diseñar una máquina para la extracción de la miel en los centros apícolas locales con la finalidad de brindarles un proceso automatizado en la recolección y obtención de la miel con los estándares de calidad, higiene, seguridad y eficacia debido que en el país solo existen extractores manuales y los automatizados son de un elevado costo, es por ello que se plantea la siguiente pregunta:

¿Cómo diseñar e implementar un equipo electrónico de supervisión y control para la extracción de miel por medio de centrifugado?

1.1.1 Sistematización del Problema

¿Cuáles son las técnicas y los elementos que componen un extractor de miel?

¿Cuáles son los requerimientos que debe cumplir el equipo electrónico de supervisión y control para la extracción de miel por medio de centrifugado?

¿Qué diseño debe tener el equipo electrónico de supervisión y control para la extracción de miel por medio de centrifugado para que cumpla los requerimientos establecidos?

¿Qué *hardware* y *software* permiten implementar el diseño del equipo electrónico de supervisión y control para la extracción de miel por medio de centrifugado?

¿Qué pruebas permiten validar si el prototipo cumple con los requerimientos planteados al inicio de la investigación?

1.2 Justificación

Justificación Teórica

Existen varios acontecimientos históricos que han tenido una gran trascendencia en el avance de la apicultura a lo largo de los años.

Uno de los hitos más importantes en la historia de la apicultura fue la domesticación de las abejas. Se estima que esto ocurrió hace miles de años, cuando los seres humanos descubrieron los beneficios de recolectar miel y comenzaron a criar abejas en colmenas artificiales. A lo largo del

tiempo, se han desarrollado diferentes tipos de colmenas que han facilitado la cría de abejas y la extracción de miel.

Uno de los diseños más influyentes fue el invento de la colmena móvil por parte del reverendo Lorenzo Langstroth en 1852. Esta colmena permitía un manejo más eficiente de las abejas y revolucionó la apicultura moderna. Johannes Mehring inventó en 1857 la primera matriz para hacer láminas de cera es importante destacar que el desarrollo de las láminas de cera en la apicultura ha sido un proceso gradual a lo largo del tiempo, y ha habido varias contribuciones de diferentes personas en distintas épocas (Astorga López Ángel 2019).

Las láminas de cera son láminas delgadas de cera de abeja que se utilizan en la apicultura para proporcionar una base estructural en los marcos de las colmenas. Estas láminas se insertan en los marcos de colmena y las abejas las utilizan como punto de partida para construir sus celdas de cría y almacenar miel y polen.

Los países de mayor producción apícola son China, Turquía, Estados Unidos, Rusia, Irán, India, México, Brasil, Ucrania y Argentina. China es consciente de la importancia de la polinización de las abejas en la producción mundial de alimentos, por esta razón China ha invertido más de 8 millones en el desarrollo en la industria apícola e investigaciones afines, la república popular de China es el mayor productor y consumidor de miel a nivel mundial, para el año 2015 China produjo 500000 toneladas de miel de la cual más de 144800 toneladas es exportada. México desarrolla métodos de preservación y mejoramiento en la industria apícola por tener un impacto directo en la economía de los estados mexicanos como Yucatán, Quintana Roo y Campeche, los cuales representan el 60% de producción de miel en el estado mexicano, siendo considerado como el tercer exportador de miel a nivel mundial produciendo 70000 toneladas de las cuales 54950 son exportadas representando el 78,5% de la producción de este país (Orús Abigail 2021).

Dentro del territorio nacional se registra los primeros datos de la apicultura en el periodo de conquista introduciendo abejas europeas de origen italiano, en el siglo XIX el hábito de crianza de las abejas se origina en conventos religiosos en la ciudad de Cuenca con el fin de satisfacer la demanda de consumo de miel, debido que la ciudad presenta características favorables para el desarrollo de una industria apícola sostenible, permitiendo la adaptabilidad de las colmenas europeas en el ecuador, el desarrollo de nuevos sectores apícolas como en Guayaquil, Loja, Manabí y Quito.

Ecuador tiene un alto potencial para el desarrollo de la apicultura en las diferentes regiones de este, la región Litoral, Sierra, Amazónica y la región Insular. De las cuatro la que mayor

desempeño ha tenido en la apicultura es la región Sierra debido a su vegetación y al clima con el que cuenta.

Ecuador se encuentra aún en auge en el desarrollo de la industria apícola y actividades como tal, contando con más de 1760 apicultores y 19155 colmenas registradas hasta el año 2018 de acuerdo al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), las provincias donde prevalecen las mayores producciones de miel de abeja son: Loja con 325 apicultores y 2429 colmenas 4 registradas, Santa Elena con 144 apicultores y 828 colmenas, Manabí con 146 apicultores y 1820 colmenas, Azuay tiene 118 apicultores y 854 colmenas registradas y la provincia de Chimborazo 1190 colmenas que pertenecen a 114 apicultores (Ministerio de Agricultura y Ganadería 2018a).

Franz von Hruschka inventó en 1865 el primer extractor de miel mediante fuerza centrífuga. El concepto de utilizar la fuerza centrífuga para extraer la miel de los panales se remonta a la antigüedad, aunque los primeros extractores eran bastante rudimentarios en comparación con los modelos modernos. Se han encontrado registros históricos de diferentes métodos utilizados por los antiguos egipcios, griegos y romanos para extraer la miel. Sin embargo, el desarrollo del extractor de miel centrífugo tal como lo conocemos hoy en día está estrechamente asociado con el avance de la apicultura moderna y los avances tecnológicos del siglo XIX.

Según (Akinnuli B.O, Abadariki S.O y Fasan J. O 2013), se realizó una investigación plasmada en un paper que se informa sobre un extractor de miel accionado por un sistema de transmisión flexible (cadena – piñón). Para la realización del diseño y fabricación del extractor se tomaron en cuenta las características físicas y las propiedades térmicas de la miel, que se puede instalar en el hogar o en la granja. El volumen de miel recolectada por el extractor fue de 9 litros, mientras que el recolectado de un extractor de miel importado fue de 11 litros, esto demostró que el extractor fabricado local tiene un 82% de eficiencia relativa. La única limitación es que no es de accionamiento eléctrico, tiene la ventaja de ser tanto utilizado tanto en áreas urbanas como rurales donde no hay electricidad, finalmente creará empleos y aumentará la economía de Nigeria.

Tomando en cuenta el criterio de (Akinnuli et al. 2016) en el New York Science Journal, realizaron una investigación que se informa sobre un extractor de miel accionado por pedal. Con el paso del tiempo se han implementado varios métodos para extraer esta miel tanto tradicionalmente como por diferentes diseños de extractores desde el primitivo hasta el moderno. Aunque el diseño anterior que fue producido localmente en Nigeria fue conducido manualmente que funciona con bastante eficiencia, sin embargo, hay necesidad de nueva innovación que implicó la introducción

del mecanismo pedaleado. Un diseño de extractor de miel existente se mejoró con la introducción del mecanismo de pedal en comparación con el de mano con el fin de extraer la miel de la manera más higiénica con los materiales adecuados necesarios. La eficiencia de la máquina se estimó en un 85%, en comparación con la anterior.

En la Universidad Católica del Ecuador sede Ambato, (Sanchez Lana Marcelo 2008), diseñó y construyó una máquina centrífuga automatizada para la extracción de miel, donde la automatización consistía en hacer que el extractor de miel gire mediante un motor que se accionaba con un swicht de encendido y apagado, el tiempo de extracción se determina en función de la viscosidad, densidad y humedad de la miel, dentro de este proceso se requería una supervisión constante lo cual limita al apicultor desarrollar otras actividades mientras se está extrayendo la miel.

Universidad Politécnica del Litoral, (Cando Tierra David Miguel y Jaramillo Rodas Ángel Andres 2016) diseñaron una centrifugadora de miel de tipo radial automática con un banco de decantación para los procesos de extracción y filtrado de apiarios provenientes de la provincia del Guayas, la cual trabaja con velocidades de rotación, se puede graduar el tiempo de extracción, cada ciclo de trabajo dura 5 minutos y se podrá extraer aproximadamente 50 litros de miel.

De acuerdo con (Asamblea Nacional de Ecuador 2016) en el “CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS CREATIVIDAD E INNOVACIÓN”, en su Artículo 3, se establece una serie de objetivos fundamentales. En el inciso 1, se destaca la necesidad de promover un modelo económico que democratice la producción, distribución y aprovechamiento del conocimiento como un recurso de interés público, con la finalidad de asegurar una distribución equitativa y sostenible de la riqueza, en armonía con el medio ambiente. El inciso 2, por su parte, insta a fomentar el progreso de la ciencia, la tecnología, la innovación y la creatividad con el propósito de satisfacer las necesidades y garantizar los derechos de las personas, las comunidades y la naturaleza.

El análisis previamente presentado permite determinar que, en Ecuador, el sector apícola se encuentra en una etapa de desarrollo incipiente. Esta situación deriva principalmente de la insuficiente atención e inversión en avances tecnológicos relacionados con los procedimientos de extracción y purificación de la miel. Las herramientas y equipos apícolas disponibles en el ámbito

local adolecen de estándares de diseño adecuados; Esto conlleva a un mayor desperdicio de miel, una manipulación más intensiva, una producción que lleva más tiempo y un agotamiento físico significativo por parte de los apicultores, es por ello que su funcionalidad se limita a sistemas electrónicos básicos de encendido y apagado, o en el mejor de los casos, a controles temporizados.

Esta carencia obliga a los apicultores a recurrir a métodos de extracción improvisados que carecen de fundamentación técnica, ocasionando diversos problemas y desperdicios en el proceso de extracción de la miel, de esta manera con base a la normativa antes mencionada surge la necesidad de implementar de un equipo electrónico de supervisión y control para la extracción de miel por medio de centrifugado, este dispositivo se basa en diversos parámetros con especial énfasis en la calidad, la higiene, la seguridad y eficiencia alimentaria. Dicha normativa tiene su respaldo en la norma (NTE INEN 1572 2016), especifica los estándares sanitarios para la producción y el consumo de miel de abejas, la implementación de un equipo electrónico que permita supervisar y controlar el proceso de extracción de miel promoverá una notable reducción en la utilización de recursos artesanales, al mismo tiempo que optimiza la relación tiempo-productividad al lograr una proporción de 5 a 1 en comparación con las extractoras convencionales permitiendo fomentar un mayor desarrollo y sostenibilidad económica del sector apícola.

Justificación Aplicativa

A medida que la demanda de la miel va en aumento, cada día es más notoria la necesidad de contar con una máquina que realice la extracción del producto de manera automática.

La propuesta de diseñar y desarrollar un equipo electrónico de supervisión y control para la extracción de miel por medio de centrifugado surge para satisfacer el confort del propietario, mejorar los procesos productivos y la eficacia en la industria apícola. Actualmente a nivel nacional solo se cuenta con extractores manuales los cuales dependen de la supervisión de un operario; implementar un extractor automático brinda a los apicultores un aumento en su producción al igual que cumplan con las normas de calidad que rigen en nuestro país dentro de la industria apícola, donde se exigen diferentes normas sanitarias para la producción y consumo de la miel de abejas.

Las normas y leyes son la parte fundamental en la estructura del equipo, ya que, de las mismas se derivan diferentes tipos de circunstancias notables para el diseño de la maquinaria, estructura, seguridad, equipo, eficiencia, etc. El desarrollo y diseño del equipo propuesto, se basa en un método de extracción de miel por medio de centrifugado, el equipo contará con un sistema de

encendido y apagado, control de velocidades y tiempo donde permita al usuario escoger estas diferentes variables de acuerdo con las necesidades del apicultor en cada proceso de extracción. En términos de tecnología y sistemas las soluciones actualmente desplegadas incorporan el uso de una amplia gama de equipos.

Todo este proceso se facilita y controla mediante una tarjeta de desarrollo o módulo programable, un panel que permite mediante una pantalla pequeña controlar el proceso a través de un teclado, diferentes tipos de sensores, motor y sobre todo el material del extractor el cual será de acero inoxidable.

Con el equipo electrónico propuesto se ha logrado aumentar los procesos de extracción de miel, mejorar la eficacia, optimizar tiempos y recursos en la industria apícola.

1.3 Objetivos

Objetivo General:

Diseñar e implementar un equipo electrónico de supervisión y control para la extracción de miel por medio de centrifugado.

Objetivos Específicos:

Investigar y comparar las diferentes técnicas y equipos de extracción de miel.

Establecer los requerimientos que debe cumplir el equipo electrónico de supervisión y control para la extracción de miel por medio de centrifugado.

Establecer el diseño del equipo electrónico de supervisión y control para la extracción de miel por medio de centrifugado para que cumpla los requerimientos.

Seleccionar el *hardware* y *software* que permita implementar el diseño del equipo electrónico de supervisión y control para la extracción de miel por medio de centrifugado.

Realizar las pruebas que permitan validar los requerimientos planteados al inicio de la investigación.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo se centra en las etapas y variables involucradas en el proceso de extracción de miel, donde, se abarca la realidad de la zona, las características fisicoquímicas de la miel, el proceso de extracción, proporcionando así una visión completa de su importancia y valor. Además, se analizan los diferentes equipos de extracción comercialmente disponibles, resaltando sus características y funcionalidades principales con el fin de tener una comprensión clara de las herramientas que actualmente se utilizan en la industria. Por último, se presenta un análisis comparativo detallado de las distintas familias de elementos electrónicos, se examinan los bloques constitutivos, como los sensores y actuadores, también se discuten las tarjetas de desarrollo y el tipo de material de la estructura donde se implementará el equipo electrónico de supervisión y control para la extracción de miel por medio de centrifugado.

2.1 Realidad de la zona

Ecuador siendo un país rico en recursos naturales, posee una gran biodiversidad debido a las distintas regiones y zonas climáticas como bosques tropicales y andinos, presentando a la industria apícola como una actividad socioeconómica de manera artesanal (AGROCALIDAD, 2016), es así, que la producción nacional de miel se encuentra distribuida en las tres regiones del país como se observa en la *Ilustración 2-1* (Falquez, 2014).

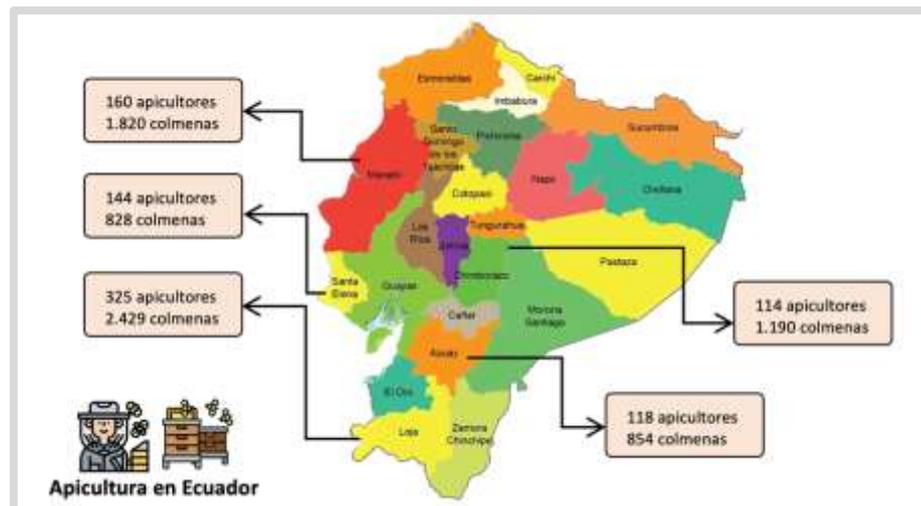


Ilustración 2-1: Ubicación geográfica de la apicultura en Ecuador

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2018

Realizado por: Sandoval L., Comejo B., 2024

De acuerdo con (AGROCALIDAD 2016b), en el país existen 1.760 apicultores y 19.155 colmenas, donde, la mayor parte de productores de miel se localizan en la región andina, siendo cerca de 600 apicultores y considerando que el 90% realizan esta actividad de manera artesanal. Dentro de un ambiente socioeconómico la apicultura ayuda a mitigar el desempleo en el país que genera nuevas plazas de empleo o a su vez trabajos informales, mientras que el 10% restante, vive de la apicultura obteniendo la producción de miel y el resto de los productos de la colmena (Cabrera, 2018).

En las distintas regiones del Ecuador se aprecian distintos tipos de miel de acuerdo con la ubicación geográfica, de los cuales, los de mayor reconocimiento son: la miel de eucalipto que se produce en el Valle de los Chillos, la miel de Ñachag producida en Calacali, la miel de nabo producida en Guaranda y la miel de aguacate que es producida en Guayllabamba; las cuales cumplen con las normas de calidad internacionales (Merelo, 2021).

La biodiversidad presente en el país brinda ventajas significativas para la producción de miel de abeja, sin embargo, la industria apícola presenta niveles de tecnificación, poco desarrollo tecnológico en equipamiento y procesos productivos, obteniendo un desarrollo socioeconómico limitado. Es por eso que el ministerio de Agricultura y Ganadería impulsa el crecimiento de esta industria en base a tres ejes principales: asistencia técnica, transferencia de tecnología y crédito apícola (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2018).

El sector apícola tiene un mayor índice de participación en el mercado en una pequeña-mediana empresa obteniendo un costo por kilogramo de miel de \$2,84 dólares americanos, por lo que con la automatización de un extractor de miel se reducen costos de producción mejorando la rentabilidad de pequeños y medianos sectores apícolas de la región andina de nuestro país (Robalino, 2017).

La miel es un producto natural con una rica tradición en muchas culturas alrededor del mundo, y Ecuador no es la excepción. 10.2 kilogramos de miel por colmena cada año, alcanza la productividad apícola en Ecuador. La apicultura y la producción de miel tienen una historia arraigada y se han convertido en una importante fuente de ingresos para muchas familias rurales (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2018).

2.1.1 Importancia de la miel en Ecuador

La miel es una fuente rica de energía y contiene una variedad de nutrientes y compuestos bioactivos. Ofrece una amplia gama de beneficios nutricionales debido a que contiene

carbohidratos de rápida absorción en forma de fructosa y glucosa, una abundancia de minerales esenciales como calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, fósforo, potasio y zinc, así como vitaminas clave como la B6, niacina, riboflavina y ácido pantoténico. Además, la miel está cargada de antioxidantes, como compuestos fenólicos, flavonoides y enzimas, que protegen las células del daño oxidativo, y contiene pequeñas cantidades de proteínas, principalmente enzimas y aminoácidos. También se caracteriza por su perfil de compuestos bioactivos, como ácido acético, ácido cítrico y diversos compuestos volátiles que contribuyen al distintivo aroma y sabor de la miel, lo que la convierte en un alimento apreciado tanto por su valor nutricional como por sus propiedades para la salud (Insuasty et al., 2016).

La miel es producida por las abejas a partir del néctar de las flores y de otras secreciones extra florales que las abejas transportan hasta su almacenamiento en panales. Constituye uno de los alimentos más primitivos que el ser humano aprovechó para su alimentación. La miel se asocia a otras funciones además de su consumo, aunque la apicultura es una actividad antigua, representa una actividad económica de gran importancia en varios países. Es así que se consideran diferentes factores importantes en los que se emplea la miel, los cuales se presentan a continuación.

Tradición y cultura. – La miel forma parte de la cultura ecuatoriana desde hace varias generaciones, siendo usada no solo como alimento, sino también como remedio casero. Además, en la antigüedad se utilizaba la miel en rituales, desempeñando un papel central en ceremonias, celebraciones y prácticas medicinales (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2018).

Desarrollo económico. – La apicultura se ha establecido como una actividad económica relevante para muchas comunidades rurales en Ecuador, generando empleo y promoviendo el desarrollo local. Por otra parte, el comercio de miel tiene un impacto económico considerable debido a que genera ingresos y se fortalecen las relaciones comerciales internacionales, lo que impulsa la diversificación de productos y la innovación en el sector apícola (Vivanco et al., 2020).

Biodiversidad. – Ecuador es uno de los países con mayor biodiversidad en el mundo. Esto se refleja en las diversas variedades de miel que se producen, dependiendo de la flora de cada región. La miel al ser un producto vinculado al trabajo polinizador de las abejas también contribuye a la reproducción de flores y a la producción de frutos, donde, este proceso es esencial para la diversidad de la flora en los ecosistemas ecuatorianos (AGROCALIDAD, 2016).

Exportación. – La miel producida en Ecuador ha comenzado a ganar reconocimiento internacional por su calidad y diversidad, abriendo oportunidades de exportación y posicionando

al país en el mercado global de la miel. Además, la exportación de la miel tiene un impacto positivo en la balanza comercial debido a su calidad y pureza, atributos que atraen a nuevos consumidores alrededor del mundo (Vivanco et al., 2020).

Medicina tradicional. – La miel ha sido utilizada en la medicina tradicional ecuatoriana para tratar enfermedades gastrointestinales debido a que contiene propiedades calmantes y antibacterianas. También, se empleaba para el tratamiento de quemaduras hasta el alivio de síntomas respiratorios. En la actualidad, su uso se aborda con precaución en base a profesionales de la salud (Naranjas del Carmen, 2016).

Con base al estudio, se infiere que la miel desarrolla un papel fundamental dentro de la vida del ser humano, contribuyendo al desarrollo económico y comercial del país. También se vincula con la biodiversidad gracias al trabajo arduo de las abejas, además, gracias a sus propiedades, la miel también es importante dentro de la medicina tradicional.

2.2 Características fisicoquímicas de la miel

La miel es un producto natural cuyas características físicas y químicas son de gran importancia para su calidad y conservación. En términos de madurez, se evalúa a través de varios indicadores. Los azúcares reductores, calculados como azúcares invertidos, son fundamentales, y deben representar al menos el 65% en el caso de la miel de flores y el 60% en la miel de mielada y su combinación con miel de flores. La humedad, por otro lado, debe ser inferior al 20%. Además, se verifica la presencia de sacarosa aparente, que puede variar, con un límite máximo del 5% en la miel de flores y del 10% en la miel de mielada y su mezcla (Sanchez, 2008).

Calentar la miel para evitar la fermentación por levaduras tolerantes al azúcar y mantenerla líquida el mayor tiempo posible provoca varios cambios deseables e indeseables. La actividad diastasa y el hidroximetilfurfural (HMF) se consideran los principales parámetros para la evaluación de su calidad después del calentamiento. Además de estos parámetros de calidad, hay cambios en la viscosidad, que es necesaria para un flujo fácil; el pH, la acidez y la actividad antioxidante de la miel. El color, un parámetro físico importante, es necesario para las preferencias del consumidor y también sufre cambios durante el calentamiento (Reducción de la humedad de la miel y su calidad., 2018).

La miel que tiene un alto contenido de agua se fermenta fácilmente con el tiempo, por lo que es necesario procesar la miel sometiéndola a un tratamiento térmico para evitar la fermentación por levaduras tolerantes al azúcar. Para evitar que la miel se deteriore, es crucial que no muestre

signos de fermentación ni sea efervescente. La acidez libre no debe superar los 40 miliequivalentes por kilogramo. También se evalúa la frescura de la miel a través de la actividad diastática, que debe ser al menos del 8 en la escala de Gothe, aunque se permite un mínimo de 3 si el contenido de hidroximetil furfural no supera los 15 mg/kg (Insuasty et al., 2016).

La densidad de la miel es un indicador importante, y el estándar ideal es del 20% de humedad, equivalente a una densidad de 1.402 g/ml a 20 °C. La mayoría de compradores prefieren mieles con alrededor del 17.5% de humedad, lo que corresponde a una densidad de 1.424 g/ml. Es común calentar la miel antes de llegar al comercio minorista para prevenir la fermentación y la acidificación, se dice que cuanto mayor sea la temperatura, mayor será la cinética de reducción del agua, pero, calentar la miel por encima de 90 °C podría provocar la caramelización del azúcar (Sanchez, 2008).

La composición de la miel también influye en su viscosidad, y la humedad es un factor clave. Un aumento del 1% de agua en la miel provoca una notable disminución en la viscosidad. La miel tiene una viscosidad de 1,36 Ns/m² a 25 °C y 21,5% de humedad, lo que provoca problemas en su manipulación y procesamiento. Una miel densa se caracteriza por tener una alta viscosidad, mientras que una miel líquida, que fluye como el agua, tiene poca viscosidad (Sanchez, 2008).

La temperatura también es un factor clave debido a que influye en la viscosidad, siendo más fácil de mezclar a temperaturas más altas. Sin embargo, el calentamiento tiene un efecto más pronunciado a 38 °C ya que se vuelve menos viscosa, pero cuando baja la temperatura de los 14 °C la miel se cristaliza (Ulloa et al., 2010).

La miel posee varios tipos de enzimas que desempeñan un papel tanto nutricional como analítico en el producto. Una de las enzimas más importantes de la miel es la diastasa, que es capaz de descomponer los enlaces glicosídicos de los oligo y polisacáridos, que convierte el almidón, en azúcares simples. Además, la miel es muy sensible al calor, por lo que un calentamiento y almacenamiento adecuados son de suma importancia para conservar el valor de mercado de la miel (Reducción de la humedad de la miel y su calidad., 2018). Este parámetro importante en la miel es un excelente indicador de su calidad en cuanto a su frescura. Se considera que una actividad diastásica baja, implica que la miel ha sido sobrecalentada o mal almacenada. Mientras mayor es el contenido de esta enzima, mayor es su calidad. Lo ideal es un tratamiento térmico en la miel de 5, 15, 20 y 25 minutos a 40, 55, 65 y 75°C (KADAR M, 2011).

Del estudio realizado podemos acotar que el control de la temperatura durante la extracción puede ayudar a minimizar la pérdida de enzimas y nutrientes termosensibles en la miel, como se

menciona en (Cranne, 2004). Además, acelera el proceso de centrifugado debido a que asegura una extracción completa, rápida y mucho más sencilla, en la *Tabla 2-1* se muestran las temperaturas óptimas y las características fisicoquímicas en las que influye.

Tabla 2-1: Temperaturas óptimas para la extracción de miel

Temperaturas óptimas	Influencia
20°C – 25°C	Buena densidad y poca humedad
35°C - 40°C	Menor viscosidad y densidad
40°C – 55°C	Alta diastasa

Fuente: (KADAR M, 2011), (Ulloa et al., 2010).

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

En base a la *Tabla 2-1* se determina que la miel requiere una temperatura de mínima de 25°C y una máxima de 60°C. Debido a que las características fisicoquímicas a son mejores dentro de este rango de temperaturas óptimas y garantiza una buena extracción de la miel.

2.3 Proceso de extracción de la miel

Para realizar este proceso, el apicultor debe protegerse mediante el uso de un traje especial, además, debe utilizar un ahumador, herramientas de extracción (cuchillo desoperculador, cepillo), extractor de miel, una centrífuga, recipientes de almacenamiento, filtros y utensilios de trabajo varios como espátulas, cubos, etc (Naranjas del Carmen, 2016). A continuación, se describen los pasos para extraer la miel desde los panales de abejas:

- Se seleccionan los panales de abeja que contengan miel madura, estos panales deben tener una mayoría de celdas selladas y un contenido de humedad adecuado, generalmente alrededor del 17 – 18%.
- Antes de abrir la colmena, se utiliza un ahumador para calmar a las abejas. Estas intuyen que hay un incendio cercano, lo que las lleva a alimentarse de miel y volverse menos agresivas, asegurando la protección del apicultor.
- Se extraen los panales seleccionados, donde, su manipulación debe ser cuidadosa para evitar lastimar a las abejas o romper los marcos.
- Con la ayuda del cuchillo desoperculador, se retira la capa de cera que sella las celdas de los marcos y así, se retira la miel sobrante.

- Se colocan los panales en la centrífuga, donde, después de un tiempo determinado la miel se derrama en el filtro.
- Se deja reposar la miel por unos días antes de su extracción de la centrífuga.
- Se extrae la miel y se llena en los recipientes con sus respectivas etiquetas de acuerdo con el tipo de miel para su posterior entrega o venta.

En la *Ilustración 2-2* se observa de forma gráfica el proceso detallado que los apicultores deben seguir al momento de extraer miel de los panales de abejas (Coordinación General de Ganadería, 2016).



Ilustración 2-2: Proceso de extracción de miel

Fuente: Naranjas del Carmen, 2016

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

2.3.1 *La fuerza centrífuga*

Es una fuerza ficticia o aparente que actúa sobre un objeto en movimiento cuando se encuentra en un sistema de referencia en rotación. Cuando un objeto se mueve en un sistema de referencia en rotación, tiende a mantener su trayectoria recta debido a la inercia. Sin embargo, desde el punto de vista del sistema de referencia en rotación, el objeto parece desviarse hacia afuera de su

trayectoria recta como resultado de la aceleración centrípeta. Esta aparente desviación es lo que se conoce como la fuerza centrífuga (Blas, [s.f.]).

Esta fuerza actúa en dirección opuesta al centro de la rotación y es proporcional a la masa del objeto, su velocidad angular y la distancia desde el centro de rotación. También es responsable de fenómenos observados en sistemas en rotación, como la sensación de ser empujado hacia afuera en un automóvil que gira rápidamente en una curva o la separación de los componentes en una centrífuga utilizada para la separación de mezclas (Blas, [s.f.]).

2.3.2 Extracción de miel por fuerza centrífuga

Es un proceso utilizado para separar componentes de una mezcla utilizando la fuerza generada por la rotación. Se basa en el principio de que los componentes de una mezcla tienen diferentes densidades provocando su separación cuando se someten a una fuerza centrífuga. La fuerza centrífuga permite la extracción de la miel sin dañar los panales (Mercado, 2014).

La miel proyectada sobre las paredes del extractor fluye hacia el fondo donde es recogida. Un extractor esencialmente se compone de (Mercado, 2014):

- Un bastidor o canasta que soporta los cuadros y gira rápidamente alrededor de su eje vertical u horizontal.
- Una cuba, normalmente de acero inoxidable, para recoger la miel una vez que concluye el proceso de centrifugado.
- Un motor o una manivela y un dispositivo de arrastre de la caja o bastidor: engranaje, correa, disco de fricción.

La operación precisa de estas máquinas, especialmente en el caso de unidades más grandes con una circunferencia significativa y una potencia considerable, implica un arranque suave a baja velocidad, que se incrementa gradualmente hasta alcanzar una velocidad máxima de 600 rpm durante un período de 10 a 15 minutos (Ivars, 2017).

Es fundamental evitar que el extractor gire a una velocidad excesiva debido a que se genera una fuerza centrífuga considerable que, en la fase inicial cuando los panales aún están llenos de miel, se pueden generar daños estructurales. El peso de la miel podría ejercer una presión perjudicial

sobre los panales, por lo que se procede a hacer girar los panales hasta que se extrae aproximadamente la mitad de la miel del primer lado; luego, los peines se invierten, y se continúa el giro para extraer completamente la miel del segundo lado. La duración total de este proceso dependerá de la densidad y temperatura específicas de la miel, requiriendo una atención cuidadosa para garantizar una extracción eficiente y preservar la integridad de los panales (Ivars, 2017).

2.3.3 Filtrado de la miel

Después de extraer la miel de las colmenas utilizando un extractor, es necesario someterla a un proceso de filtración para eliminar cualquier sustancia no deseada, como partículas de cera, restos de abejas o cualquier otra impureza que pueda estar presente y, en consecuencia, que afecten el producto final. Este proceso se lleva a cabo en contenedores cerrados, conocidos como tanques, que están equipados con materiales filtrantes, los pasos comunes durante el proceso de filtrado de la miel se describen a continuación (Mouteira, 2014).

Decantación inicial. – Luego de la extracción de la miel de los panales en la centrífuga, es necesario que la miel repose en tanques para que las impurezas como trozos de cera y restos de abejas se asienten en el fondo (Mouteira, 2014).

Filtrado grueso. – Posteriormente, la miel pasa a través de filtros gruesos de diferentes tipos de material. Esto permite la eliminación de sustancias o impurezas más grandes que no se han asentado durante la decantación inicial (Mouteira, 2014).

Filtrado fino. – Luego del filtrado grueso, la miel pasa a través de un proceso de filtrado más fino utilizando filtros de malla más ajustados o incluso filtros de papel específicos para miel. Esto permite la eliminación de partículas más pequeñas y garantiza la claridad y la pureza de la miel previo su almacenamiento (Mouteira, 2014).

Eliminación de burbujas y espuma. – Este proceso en muchos casos es opcional, permite eliminar la espuma de la miel al extraer la misma. Esto se logra mediante el uso de desaireadores o el reposo controlado (Mouteira, 2014).

Almacenamiento final. – Una vez realizados los procedimientos anteriores, la miel se almacena en recipientes finales. Estos recipientes por lo general son de acero inoxidable o vidrio y, además, cumplen con estándares de calidad para garantizar la preservación de las propiedades de la miel (Mouteira, 2014).

El método de filtración puede depender de la gravedad, donde la miel fluye naturalmente a través de los materiales filtrantes debido a la acción de la gravedad, o puede utilizarse la asistencia de bombas para acelerar el proceso, especialmente en instalaciones de mayor escala (Mouteira, 2014). En la *Ilustración 2-3* se observan los materiales filtrantes más usados para este proceso.



Ilustración 2-3: Tipos de filtro para centrifuga: a) simple con soportes, b) universal, c) bidón, d) cónico

Fuente: Tienda Apidroches, 2012

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Todo este proceso puede resumirse mediante el diagrama de la *Ilustración 2-4* y la etapa en la que se enfoca el presente trabajo de integración curricular es en la de centrifugado.

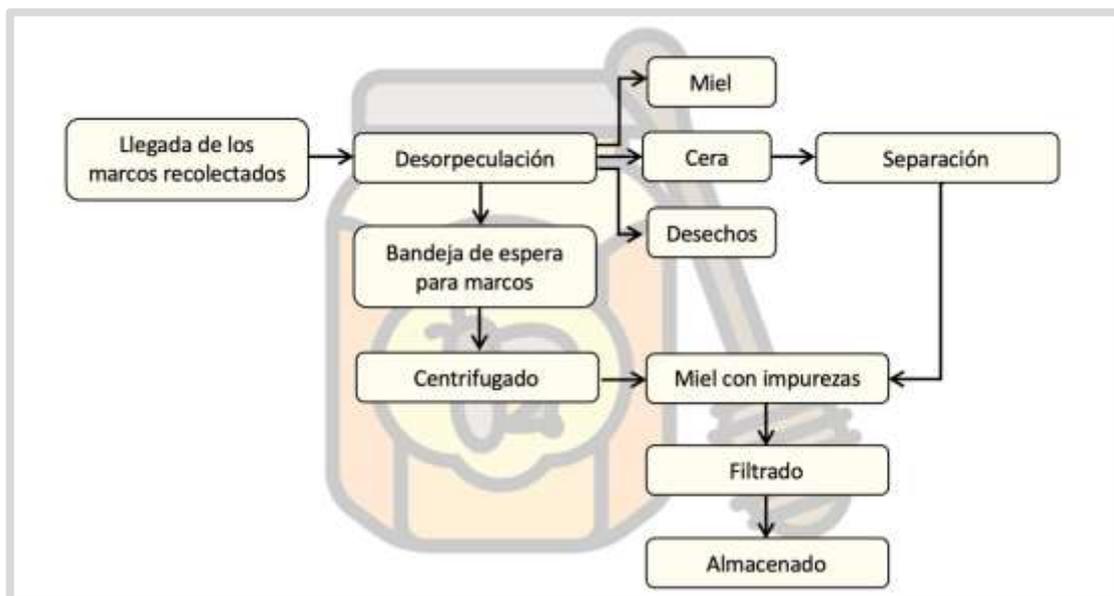


Ilustración 2-4: Diagrama del proceso de extracción de miel

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

2.4 Marcos de las colmenas

Las dimensiones estándar de los marcos han sido establecidas desde 1814, pero no fue sino hasta 1918, durante el congreso de apicultores de Kiev, que se clasificaron en cuatro tipos de colmenas destinadas a la crianza de abejas, junto con las medidas específicas de las partes de una colmena. La correcta dimensión de los marcos asegura una mayor facilidad en el mantenimiento, la limpieza y la manipulación durante la recolección de miel (Corona Apicultores 2013).

Los marcos o cuadros se fabrican con materiales que cumplen diversos requisitos, como ser buenos aislantes, livianos y resistentes. En su mayoría se elaboran en madera, ya que las abejas tienden a aceptar mejor este material en comparación con otros como plástico, resina o fibras. Como se presenta en la *Ilustración 2-5* las maderas generalmente más utilizadas para la elaboración de estos cuadros son el cedro, el pino, el laurel y el ciprés (Apiculturas.org 2016).



Ilustración 2-5: Marco de panal móvil de pino

Fuente:(Jordi Besora Magem 2015)

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Según los estándares establecidos por el congreso de apicultores de Kiev, el marco de *Langstroth*, ampliamente reconocido como el tipo de colmena móvil más utilizada en todo el mundo debido a sus múltiples ventajas, tales como durabilidad, control y facilidad de extracción, menciona que sus medidas son el lado más largo del marco debe tener dimensiones de 482 x 27 x 20 mm, mientras que en el lado opuesto se requiere una medida de 446 x 18 x 10 mm. Los lados restantes deben tener una longitud de 231 mm y un ancho de 10 mm, como se puede apreciar en la *Ilustración 2-6*.

Es importante destacar que estas dimensiones pueden variar según las necesidades individuales del apicultor y las configuraciones específicas del número de colmenas *Langstroth* (Jordi Besora Magem 2015).

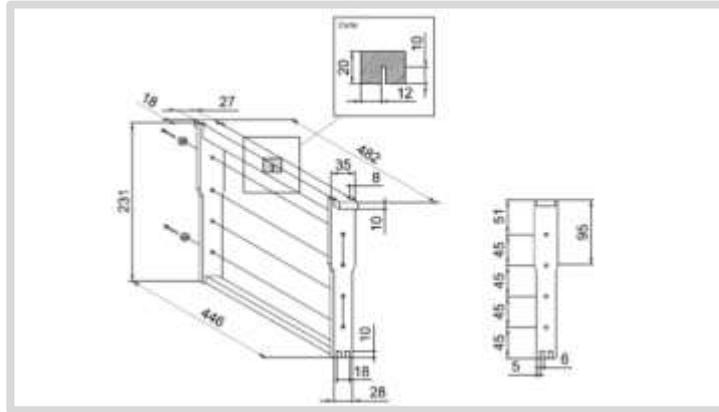


Ilustración 2-6: Dimensiones de un marco *Langstroth*

Fuente: (Jordi Besora Magem 2015)

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Con base en el estudio realizado de opta por utilizar marcos con medida estándar de material de pino debido a la resistencia y durabilidad del mismo, además, en base a la construcción de los marcos se plantea la realización del soporte de marcos requerido para el extractor.

2.5 Normativa en el sector apícola

En el sector apícola existen diferentes regulaciones para garantizar la adecuada producción y consumo de la miel, entre ellas resaltamos especialmente las normativas que tienen como objetivo asegurar la excelencia en la calidad de la miel, de las cuales destacamos las que se presentan a continuación.

Codex. – Esta norma establece los diferentes parámetros que debe cumplir los procesos de extracción de la miel desde la higiene, factores de composición y calidad, además de regularizar los límites máximos de residuos para la miel establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius (CODEX STAN 12-1981 [s.f.]).

INEN 1572.- En esta norma se establecen los requisitos de la miel destinada al consumo o utilizada como ingredientes para alimentos de consumo humano, se destacan los factores organolépticos que tendrá que poseer la miel, al igual que factores como humedad, densidad, viscosidad, entre otras que deberá cumplir la miel para su consumo (Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN 2021).

Buenas prácticas apícolas. – Es un manual de las actividades apícolas desde el manejo, instalación de los apiarios hasta el proceso de envasado de la miel, esta guía tiene como objetivo mejorar la inocuidad del producto para el consumo humano, así como también proteger el medio

ambiente y la biodiversidad de la apicultura en el país (Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario 2015).

2.6 Tipos de extractores centrífugos

El presente trabajo de integración curricular considera el uso de un extractor por fuerza centrífuga que debe ser automatizado. Para lo cual, se realiza un estudio de los diferentes tipos de extractores existentes. En la apicultura, se utilizan diferentes tipos de extractores de miel centrífugos para separar la miel de los panales. Se clasifican de acuerdo con el origen de energía para el funcionamiento y con la ubicación y distribución de los marcos. La elección entre los diferentes tipos de extractores depende de las preferencias del apicultor y del tipo de colmena que se esté utilizando.

2.6.1 Según el origen de energía

Existen dos tipos de extractores que permiten la extracción de miel, los manuales y los que funcionan con energía eléctrica (automáticos). En la *Ilustración 2-7* se observa este tipo de extractores.



Ilustración 2-7: Extractores según el origen de energía: a) Manual, b) Automático

Fuente: ExtractorDeMiel.es, 2019; SiteMap, 2022

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Extractor manual. – Están disponibles en diferentes tamaños y capacidades, que van desde pequeños modelos que pueden contener uno o dos cuadros, hasta extractores más grandes con capacidad para varios cuadros a la vez. La rotación de los cuadros se realiza mediante una manivela que el apicultor gira manualmente para crear la fuerza centrífuga que hace que la miel salga de los cuadros y se acumule en la parte inferior del extractor (Sánchez, 2008).

Extractor automático. – Se alimentan de energía eléctrica para crear la fuerza centrífuga necesaria. Estos extractores son más eficientes en términos de mano de obra debido a que no requieren la intervención manual constante. Suelen utilizarse en operaciones apícolas de mayor escala y el material más utilizado para su fabricación es el acero inoxidable (Sánchez, 2008).

2.6.2 Según la ubicación y distribución de los marcos

Existen tres tipos principales, los cuales pueden ser manuales o automáticos. En la *Ilustración 2-8* se presentan los tipos de extractores según su distribución de marcos.

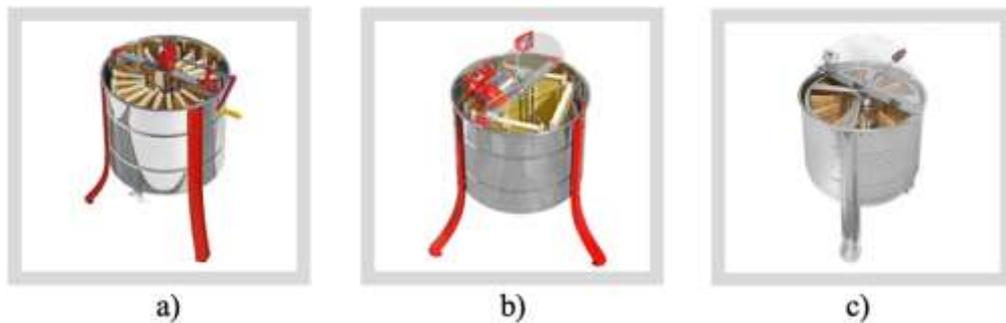


Ilustración 2-8: Extractores según la distribución de marcos: a) Radial, b) Tangencial, c) Reverso

Fuente: Ivars, 2017; Cando y Jaramillo, 2016

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Extractor tangencial. – Este tipo de extractor tiene cestas o canastas en las que se colocan los marcos de los panales. Los marcos se insertan de forma tangencial al eje de rotación del extractor. A medida que el extractor gira, la fuerza centrífuga hace que la miel se desprenda de los panales y se acumule en las paredes del extractor. Los extractores tangenciales son adecuados para pequeñas y medianas operaciones apícolas, y, en su mayoría son manuales (Sánchez, 2008).

Extractor radial. – En este tipo de extractor, los marcos de los panales se insertan de manera perpendicular al eje de rotación del extractor. A medida que el extractor gira, la fuerza centrífuga empuja la miel hacia afuera, separándola de los panales. Los extractores radiales son comunes en operaciones apícolas más grandes y suelen ser más eficientes en términos de extracción de miel ya que estos no requieren de invertir los paneles debido a que expulsan la miel en su totalidad de ambos lados al mismo tiempo (Cando y Jaramillo, 2016).

Extractor reverso. – Los extractores reversos son una variante de los extractores radiales. En este caso, los marcos de los panales se insertan en el extractor de manera opuesta, donde, los panales de ambos lados se colocan en el extractor al mismo tiempo. Esto permite una extracción

más rápida y eficiente debido a que se extrae la miel de ambos lados de los panales simultáneamente (Cando y Jaramillo, 2016).

De acuerdo al estudio realizado, se opta por usar un extractor de tipo tangencial debido a la disposición en la que se pueden ubicar los marcos, permitiendo un mejor proceso de extracción y adherencia de la miel en las paredes de la base del extractor al momento de realizar el proceso de centrifugado.

2.7 Extractores de miel comerciales

Este tipo de extractores utilizan el principio de extracción por fuerza centrífuga para su funcionamiento, además, están diseñados para el manejo de múltiples marcos de colmena al mismo tiempo, permitiendo una producción de miel significativa y eficiente a gran escala. A continuación, se presentan los tipos de extractores de miel comerciales más utilizados por la industria de la apicultura (Beekeeping Basics).

Extractor eléctrico de *Multi-Sweet Group*. – Es de tipo radial, cuenta con capacidad para 6 marcos y está fabricado en acero inoxidable. Funciona mediante corriente alterna a un voltaje de 220/110 V y una potencia de 250 W. Posee un diámetro de marco interior de 42x26 cm que permite que el extractor sea fácil de limpiar, además, su peso es de 44.7kg. Integra un botón de emergencia en la parte superior y un pequeño panel ubicado en la parte central para el control de encendido y apagado del mismo (Henan Multi-Sweet Beekeeping Technology Co., [s.f.]). En la *Ilustración 2-9* se observa este extractor comercial.



Ilustración 2-9: Extractor eléctrico de *Multi-Sweet Group*

Fuente: Henan Multi-Sweet Beekeeping Technology Co., [s.f.]

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Extractor de miel universal (*Langstroth*). – Es un dispositivo ideal para el sector apícola pequeño, este extractor es de tipo tangencial consta de cuatro marcos y está equipado con una

cesta universal que permite adaptar diversos tipos de marcos o cuadros. Funciona con una alimentación eléctrica de 220/110V y ofrece la capacidad autónoma de controlar tanto la velocidad como el sentido de rotación de la cesta gracias al variador incorporado. Fabricado en acero inoxidable de 0.6mm, este dispositivo es resistente a los ácidos, fácil de transportar tiene un peso total de 24kg y presenta facilidades en cuanto a su mantenimiento y uso.(Corona Apicultores 2013). En la *Ilustración 2-10* se observa este extractor universal de tipo *Langstroth*.



Ilustración 2-10: Extractor de miel *Langstroth*

Fuente: (Corona Apicultores 2013)

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Extractor de miel reversible de Logar. – Este dispositivo sirve para la extracción miel de 4 marcos de 23 x 48 cm, tiene una potencia de motor de 110 W y está fabricado en acero inoxidable de grado alimenticio. Tiene el fondo del barril inclinado para mejorar la extracción, posee un grifo inoxidable de alta calidad y, además, está equipado de una pantalla LCD de 2 x 16 y un teclado para seleccionar velocidades y direcciones de la rotación (ExtractorDeMiel.es, 2019). En la *Ilustración 2-11* se observa este extractor comercial.



Ilustración 2-11: Extractor de miel reversible de *Logar*

Fuente: ExtractorDeMiel.es, 2019

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Con base al estudio de los extractores comerciales, es importante tener en cuenta características de su estructura ya que como se observa en la *Ilustración 2-9* e *Ilustración 2-11* su motor se

encuentra en la parte superior permitiendo que la gravedad ayude en el drenaje de la miel y facilitando el acceso para el mantenimiento y las reparaciones. Además, esta ubicación puede ayudar a proteger el motor de posibles derrames de miel, así mismo la forma plana en la parte inferior de los extractores permite una distribución uniforme de la miel, de esta manera se aprovecha al máximo la fuerza centrífuga, lo que mejora la eficiencia del proceso de extracción como se menciona en (Figuroa, 2005). En la *Tabla 2-2* se muestran las características más relevantes de los extractores comerciales.

Tabla 2-2: Características más relevantes de los extractores de miel comerciales

Parámetros	Extractor eléctrico	Extractor universal de miel tangencial	Extractor de miel reversible
Alimentación	220/110 V	220/110 V	220/110 V
Potencia	250 W	120 W	110 W
Peso	44,5 kg	24 kg	–
Capacidad	6 marcos	4 marcos	4 marcos
Material	Acero inoxidable	Acero inoxidable	Acero inoxidable

Fuente: ExtractorDeMiel.es, 2019, Mariano Escudero s.l., 2016, Henan Multi-Sweet Beekeeping Technology Co., [s.f.]

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Los diferentes tipos de extractores comerciales son automáticos y cuentan con diferentes parámetros de acuerdo a la capacidad de marcos que posee como se puede apreciar en la *Tabla 2-2*, sin embargo, ninguno cuenta con un sistema de sensores integrado que permita el monitoreo y control de variables internas como temperatura y nivel de miel al momento de realizar el proceso de centrifugado. Además, no integran una interfaz de visualización que le permita al usuario el manejo de parámetros de una manera más sencilla.

2.8 Tarjetas de desarrollo

Son herramientas que permiten a los usuarios diseñar prototipos tecnológicos. Estas tarjetas incorporan una unidad central de procesamiento y combinan en un solo dispositivo todos los elementos necesarios para llevar a cabo una amplia gama de proyectos de desarrollo e investigación (Sistemas Multimedia, 2015).

Los componentes esenciales de estas tarjetas incluyen memoria, un bus de comunicación, puertos de entrada y salida como unidades USB y Ethernet, pines de entrada y salida de propósito general (tanto digitales como analógicos). En algunos casos, ofrecen conectividad Wi-Fi, y en situaciones más específicas, presentan características especiales que facilitan su integración en sistemas relacionados con el Internet de las Cosas (IoT) y la Industria 4.0 (Sistemas Multimedia, 2015).

Arduino. – Son placas electrónicas que forman parte de la plataforma Arduino. Estas tarjetas están diseñadas para facilitar la creación de proyectos electrónicos, la programación de microcontroladores y la interacción con sensores y actuadores. Cada tarjeta de desarrollo Arduino incluye un microcontrolador y una serie de pines y componentes que permiten a los usuarios conectar y controlar dispositivos externos (Arduino.cl, 2021).

Espressif. – Son fabricados por la empresa china *Espressif Systems*. Estos SoC incorporan tecnología Bluetooth y WiFi, lo que los convierte en componentes ideales para la interconexión con otros dispositivos. Además, debido a sus dimensiones compactas, son fáciles de integrar en placas de circuitos PCB o circuitos impresos. Se enfoca en optimizar el sistema de comunicaciones inalámbricas. Esto se logra mediante la inclusión de tecnologías como amplificadores de potencia, amplificadores receptores de bajo ruido, filtros y módulos de gestión de energía, lo que contribuye a minimizar el consumo energético cuando el dispositivo se encuentra en funcionamiento (Ikiss, 2020).

Raspberry PI. – Son una serie de minicomputadoras ampliamente conocidas y apreciadas por su versatilidad, lo que las convierte en una opción muy popular en el mundo de la tecnología. Estas impresionantes mini PC se destacan por su capacidad para conectarse a Internet, lo que las hace ideales para una amplia variedad de aplicaciones. En particular, han encontrado un lugar especial en la conexión y monitoreo de dispositivos y sistemas mediante sensores, lo que las convierte en herramientas valiosas en proyectos de automatización y control (Solé, 2021).

2.8.1 Análisis comparativo de tarjetas de desarrollo

En la *Tabla 2-3* se presentan las características más relevantes de las tarjetas de desarrollo con el objetivo de elegir la más adecuada.

Tabla 2-3: Características más relevantes de las diferentes tarjetas de desarrollo

Parámetros	Arduino	Espressif	Raspberry PI
Microcontrolador	AVR ATmega	Tensilica	ARM Cortex
Voltaje de alimentación	5V - 12V	2.7V – 5V	5V
Pines digitales	14-54	17-36	40
Pines analógicos	6-16	1-18	-
Corriente DC por pin	20mA-40mA	12mA-40mA	16mA
Almacenamiento	16KB-512KB	4MB	Micro SD
Frecuencia de operación	16MHz-84MHz	80MHz - 240MHz	700 MHz - 1.5 GHz
Conexión Wi-Fi	Si, por módulo externo	Si	Si
Conexión Bluetooth	Si, por módulo externo	Si	Si

Parámetros	Arduino	Espressif	Raspberry PI
Convertor A/D	6 – 16 canales	18 canales	Si, por módulo externo
Convertor D/A	Si, por módulo externo	2 canales	Si, por módulo externo
Peso	7 – 37 gramos	7 – 10 gramos	9 – 46 gramos
Costo	\$12 - \$65	\$10 - \$25	\$30 - \$300

Fuente: Ikiss 2020; Sistemas Multimedia 2015

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Con base a la información de la *Tabla 2-3*, la elección de la tarjeta de desarrollo para el diseño y la construcción del prototipo recae en la familia de productos de Espressif. Esta elección se basa en varias ventajas notables, como la presencia de pines tanto digitales como analógicos, la inclusión de comunicación inalámbrica, como Wi-Fi o Bluetooth, sin la necesidad de adquirir módulos adicionales que incorporen esta tecnología. Además, destaca el hecho de que estas tarjetas pertenecen a la categoría de bajo costo en comparación con otras familias de productos disponibles en el mercado.

2.9 Sistemas de control e instrumentación industrial

Es la ciencia de control y medición automatizados que se utilizan en entornos industriales para medir, controlar y supervisar procesos, maquinaria y sistemas de producción. Estos sistemas desempeñan un papel fundamental en la automatización de procesos industriales, garantizando que las operaciones se lleven a cabo de manera eficiente, segura y precisa (Gutiérrez e Iturralde, 2017).

2.9.1 Pantallas HMI

El presente trabajo de integración curricular requiere de una interfaz de visualización para el usuario, la misma que permita la visualización de diferentes parámetros durante el proceso de centrifugado de la miel, por lo que se considera el uso de una pantalla HMI.

Las pantallas HMI son dispositivos que permiten la interacción entre una persona y una máquina o sistema automatizado. Estas pantallas se utilizan en una variedad de aplicaciones y entornos para controlar y supervisar dispositivos y procesos de manera más intuitiva y eficiente. La programación de una pantalla HMI facilita la interacción de cualquier operador con la máquina de manera que pueda observar la evolución de cualquier sistema de una forma muy visual y actuar directamente sobre las salidas de la tarjeta de desarrollo que se esté utilizando (Cantador, 2019).

Pantallas táctiles. – Se destacan por su intuitividad y facilidad de uso, lo que les ha valido una gran popularidad en la industria. Estas permiten a los operadores interactuar de manera directa

con el sistema, eliminando la necesidad de utilizar dispositivos de entrada adicionales. Importantes marcas como Siemens, Allen Bradley y Schneider Electric ofrecen una extensa variedad de pantallas táctiles HMI (Sanchez y Molano, 2011).

Pantallas con teclado. – Son las menos frecuentes en la actualidad, a pesar del paso del tiempo continúan siendo relevantes en aplicaciones específicas. Estas pantallas brindan un nivel destacado de precisión, particularmente en lo que respecta a la introducción de datos numéricos o instrucciones simples que involucren un teclado (Sanchez y Molano, 2011).

Pantallas mixtas. – Combinan las ventajas de las pantallas táctiles y con teclado. Proporcionan la versatilidad de una pantalla táctil con la precisión de un teclado, lo que puede ser beneficioso en ciertas aplicaciones industriales de acuerdo a las necesidades del usuario (Cantador, 2019).

2.9.2 *Análisis comparativo entre pantallas HMI*

En la *Tabla 2-4* se presentan las características más relevantes de las pantallas HMI con el objetivo de elegir la pantalla más adecuada.

Tabla 2-4: Características más relevantes de las pantallas HMI

Parámetros	Pantalla táctil	Pantalla con teclado	Pantalla mixta
Funcionamiento	Interacción táctil con la pantalla, operación intuitiva.	Operación mediante botones físicos o teclado.	Combinación de interacción táctil y elementos físicos.
Temperatura	Rangos de temperatura estándar (0°C a 50°C).	Superiores a 50 °C	Depende de la combinación de componentes utilizados.
Vibración	Sensible a vibraciones intensas.	Resistentes a vibraciones moderadas; menos susceptibles a problemas táctiles.	Depende de la construcción y el diseño
Durabilidad	Vulnerables a daños por impacto.	Más resistentes a impactos y daños físicos.	Depende de la combinación de componentes.
Flexibilidad	Interfaz de usuario, apariencia y cambio de funciones en la pantalla.	Menos flexibles en términos de diseño de la interfaz de usuario.	Equilibrio entre la flexibilidad y la facilidad de uso.
Aplicaciones	Automatización industrial, pantallas de control de maquinaria.	Controles de dispositivos simples, como termostatos.	Aplicaciones que requieren un equilibrio entre táctil y físico
Costo	\$100 – \$500	\$100 – \$300	\$200 – \$1.000

Fuente: Sánchez Vasquez, Danilo y Molano 2011

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Con base a la información de la *Tabla 2-4*, la elección de pantallas HMI recae en la pantalla táctil ya que cuenta con una resistencia alta a temperaturas, flexibilidad en la interfaz y presenta un bajo costo, lo que la hace adecuada para aplicaciones donde se requiere una visualización amplia y detallada.

2.10 Motores eléctricos de corriente alterna

Son máquinas eléctricas rotatorias que transforman la energía eléctrica en energía mecánica. En varias situaciones, los motores eléctricos ofrecen numerosas ventajas en comparación con los motores de combustión como, por ejemplo: su tamaño y peso son más compactos para una potencia equivalente, son escalables, mantienen pares de giro constantes y son altamente eficientes en la utilización de energía (Carrillo et al., 2022). Se dividen en dos categorías principales: motores síncronos y motores asíncronos, aunque comparten algunas similitudes en cuanto a su estructura, difieren significativamente en cuanto a su funcionamiento y desempeño (Carrillo et al., 2022).

Motor síncrono. – Son máquinas síncronas que se utilizan para convertir potencia eléctrica en potencia mecánica de rotación. La característica principal de este tipo de motores es que trabajan a velocidad constante que depende solo de la frecuencia de la red y de otros aspectos constructivos de la máquina (Rios, 2015).

Motor asíncrono. – Este convertidor electromecánico consta de un rotor, que es de dos tipos: a) de jaula de ardilla; b) bobinado, y un estator, en el que se encuentran las bobinas inductoras. Estas bobinas son trifásicas y están desfasadas 120° entre sí y forman en cada fase un número de pares de polos que determina la velocidad RPM (Cando y Murillo, 2023).

2.10.1 Análisis comparativo entre tipos de motores eléctricos

En la *Tabla 2-5* se presentan las características más relevantes de los tipos de motores eléctricos de corriente alterna con el objetivo de elegir el más adecuado para el sistema.

Tabla 2-5: Características relevantes de los tipos de motores eléctricos

Parámetros	Motor síncrono	Motor asíncrono
Funcionamiento	Se basa en el principio de enclavamiento magnético entre los campos del rotor y del estator.	A partir del principio de inducción electromagnética entre el estator y el rotor.

Parámetros	Motor síncrono	Motor asíncrono
Aplicaciones	tritadoras, molinos y cintas transportadoras en la minería y las canteras.	Cintas transportadoras, ventiladores, lavadoras, compresores, bombas.
Velocidad	Depende de la frecuencia que tenga la red.	Depende de la carga, la resistencia y el desplazamiento.
Velocidad nominal	3500 RPM	750RPM - 3600RPM (depende el número de polos)
Eficiencia	Más eficiente a cargas pesadas, factor de potencia cercano a la unidad.	Más eficiente a cargas ligeras, factor de potencia variable.
Arranque	Requiere un dispositivo de arranque externo.	Puede arrancar directamente sin dispositivos de arranque adicionales.
Voltaje	El suministro de voltaje de entrada no cambia la velocidad o el par del motor.	Se puede usar un suministro de voltaje de entrada para variar el par y la velocidad.
Costo	Más costosos debido a la complejidad de construcción	Más asequibles y ampliamente disponibles.

Fuente: Carrillo López Franklin Hernán et al. 2022

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Con base a la información de la *Tabla 2-5*, la elección del motor recae en los motores asíncronos ya que son capaces de arrancar directamente y tiene una amplia variación de velocidades, son eficientes y duraderos, lo que es importante para el funcionamiento correcto y la vida útil del extractor.

2.11 Sistemas de sensores

Son dispositivos capaces de detectar magnitudes físicas o químicas, conocidas como variables de instrumentación, y transformarlas en señales eléctricas o variables. Dentro de un sistema de control, los sensores funcionan como los sentidos, proporcionando información relevante sobre el entorno y lo que está ocurriendo en él (Fractal Tech S.L 2023).

Sensores de posición. – Son dispositivos que por medio de componentes electrónicos pueden detectar objetos, movimientos, distancias, medidas y ciertas sustancias. Su mecanismo de operación se fundamenta en el uso de ondas que desempeñan la función de transmitir y recibir información (Panchana y Villalonga, 2020).

Sensores de temperatura. – Dispositivos electrónicos diseñados para detectar las variaciones de temperatura en un fluido, como el aire o el agua, y la convierte en una señal eléctrica o digital. Esta señal provoca ajustes específicos en el sistema, lo que permite el control preciso de la temperatura deseada (SRC, 2023).

Sensores de luz. – Son dispositivos que convierten la energía luminosa en radiaciones electromagnéticas para la detección de cambios en la intensidad de iluminación en una ubicación específica. Se utilizan para calcular la intensidad de iluminación en un entorno determinado y comprobar si dicha intensidad es la adecuada (Industrias GSL 2021).

2.11.1 Análisis comparativo de sensores

En la *Tabla 2-6* se realiza la comparación de las características más relevantes de los diferentes sensores.

Tabla 2-6: Comparativa entre sensores

Características	Sensores de posición	Sensores de temperatura	Sensores de luz
Rango de medición	0 m - 200 m	-200°C – 1200°C	1 lux a 200.000 lux
Objeto o variable detectable	Metal, no metal, imantados, sólidos, líquidos	Calor de los cuerpos	Intensidad de luz
Precisión	0.1% - 5%	0.1°C - 0.5°C	0,01 lux – 0,03 lux
Dispositivos	Inductivos, contacto, capacitivos, ópticos, magnéticos y ultrasónicos.	Termostato, termocuplas, RTD, termistores, Infrarrojos.	Termistores, infrarrojos
Interferencias ambientales	Sensibles a humedad, materiales, interferencias electromagnéticas.	Sensibles a variaciones de voltaje y condiciones ambientales.	Sensibles a cambios bruscos de temperatura
Señal de salida	Señales digitales o analógicas.	Todo – Nada, digital y Analógica.	Señales analógicas de voltaje.

Fuente:(SRC – Sistemas de regulación y control 2023)

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Con base a la información de la *Tabla 2-6* la familia de sensores de posición como de temperatura son ideales, debido a que con estos se puede detectar si el marco está ubicado en el extractor de miel y monitorear la temperatura, al existir diversos dispositivos es posible tener distintos tipos de señal de salida y se puede optar por alguno de ellos dependiendo de la necesidad del apicultor para obtener un mejor sistema de control.

2.12 Materiales utilizados en extractores de miel

La elección del tipo de material para un extractor de miel dependerá de la aplicación específica, la durabilidad requerida, el tamaño del extractor y otros factores. El acero inoxidable es una elección común debido a su durabilidad y resistencia a la corrosión.

2.12.1 Acero inoxidable

Es un material caracterizado por su increíble resistencia a la corrosión y a las temperaturas altas, en comparación con el hierro u otros tipos de acero o aleaciones, por lo general están conformados por hierro (Fe) y el cromo (Cr), en su composición el porcentaje mínimo de cromo deberá ser mayor al 10,5% debido a su composición es un material con buena resistencia a la corrosión y a mecánica brindándole la maleabilidad siendo un mejor apoyo en la soldabilidad (Padial Juan 2022).

Se clasifican de acuerdo con el tipo de aplicaciones concretas que se le vaya a dar. En la actualidad se ha podido determinar sistemas de graduación del acero inoxidable de acuerdo con su composición, propiedades y calidad utilizando el sistema de numeración SAE, desarrollado por SAE Internacional y la norma europea EN 10088 (Padial Juan 2022), a continuación, se detallan los tipos de acero alimenticio más usados a nivel industrial:

Acero inoxidable 304: 18/18 y 18/8. – Es el más utilizado de todos, en todo tipo de aplicación de uso industrial hasta el grado alimenticio existen varios subtipos de acero 304 que se le designan la numeración de 18/10, con 18 % de cromo y 10 % de níquel, y 18/8, con 18 % de cromo y 8 % de níquel. El acero 18/10 es el más recomendable por su mayor calidad, resistencia y mayor durabilidad debido a la composición por el contenido de níquel que le otorga características particulares que le permiten ser utilizadas para distintas áreas de la industria o solo en la alimenticia (Bonnet 1967).

Acero inoxidable 316. – Es el segundo material más implementado además del SAE 304, teniendo en su composición molibdeno que le confiere mayor resistencia a la corrosión especialmente a la corrosión ácida o por cloruros, presenta varios subtipos como el SAE 316 Ti que es reforzado con titanio pese que se añade hasta un 0.70% le brinda resistencia a la corrosión a largo plazo. O el acero SAE 316L que es bajo en carbono, denominándolo acero quirúrgico (Bonnet 1967).

Acero inoxidable 430, 18/0. – Perteneciente a la serie SAE 400 lo que presentaría cierto grado de magnetismo también es conocido como el acero 18/0 (18% de cromo y 0% de níquel) pero en realidad en su composición molecular presenta hasta un 0.75% de níquel. Es comúnmente usado en el hogar ya será para recortes de tuberías, cubiertos, o de uso arquitectónico como techos o inclusive equipos de restaurante para uso alimenticio (Padial Juan 2022).

2.12.2 Análisis comparativo de diferentes tipos de acero inoxidable

En la *Tabla 2-7*, se detalla la composición química de los diferentes tipos de acero inoxidable de grado alimenticio antes mencionados de acuerdo con las normas de calidad y sanidad dispuestos por la FAO y el ARCSA.

Tabla 2-7: Composición química de los diferentes tipos de acero inoxidable

Denominación			Composición (%)							
SAE	EN	Otra	Cr	Ni	C	Mn	Si	P	S	N
201	1.4372	-	16-18	3.5-5.5	0.15	5.5-7.5	0.75	0.06	0.03	0.25
304	1.3401	18/10 18/8	18-20	8-10.5	0.08	2	0.75	0.045	0.03	0.1
316	1.4401	-	16-18	10-14	0.08	2	0.75	0.045	0.03	0.1
430	1.4016	18/0	16-18	0.75	0.12	1	1	0.04	0.03	-

Fuente:(Bonnet 1967)

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

La elección del material estructural de grado alimenticio dependerá de las necesidades específicas de la estructura, además de ello que cumpla con las normas sanitarias que rigen en nuestro país como la INEN 1572, FAO y el ARCSA, en base a los análisis antes mencionados se determina que el acero de grado alimenticio a utilizar es el 304.

CAPÍTULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se establecen los requerimientos que debe cumplir el equipo electrónico de supervisión y control para la extracción de miel por medio de centrifugado, se detalla la concepción de la arquitectura, las diferentes etapas que lo conforman, los elementos de hardware y software, además se describen algoritmos, conexiones, diseños estructurales del equipo para su implementación.

3.1 Requerimientos del equipo electrónico

En base a la información obtenida en capítulos anteriores anterior se plantean los requerimientos necesarios para la implementación de un equipo electrónico de supervisión y control para la extracción de miel por medio del centrifugado, que a partir de ahora se denomina extractor de miel automatizado.

- El extractor de miel automatizado debe ser de tipo tangencial.
- La estructura del extractor de miel automatizado debe ser de acero inoxidable de grado alimenticio 304, tiene un diámetro de 40cm y una altura de 81 cm desde el suelo.
- Los marcos a ingresar en el extractor de miel automatizado son de medida estándar de tipo Langstroth como se mencionó en el capítulo anterior, el lado más largo del marco debe tener dimensiones de 482 mm x 27 mm x 20 mm, mientras que en el lado opuesto se requiere una medida de 446 mm x 18 mm x 10 mm.
- El soporte de los marcos debe contar con varillas de ½ in proporcionando un eje de apoyo en la parte inferior, medio y superior las cuales ayudaran a sostener el marco de mejor manera y que sufra el menor daño posible.
- La capacidad máxima del extractor de miel automatizado debe ser de 4 marcos de media alza.
- El extractor de miel automatizado debe tener un panel de control donde el apicultor es el encargado de configurar y seleccionar los parámetros de: velocidad, tiempo de extracción y el

número de marcos dentro del extractor de miel automatizado mediante un HMI que está organizado por un menú.

- En el HMI el menú se organiza en la página principal donde se escoge la configuración de cada uno de los parámetros, una vez seleccionado el parámetro dentro de la extracción se despliega una nueva ventana donde se escoge el valor de cada uno dependiendo las necesidades del apicultor.
- El extractor de miel automatizado debe tener un sensor de posición para detectar el número de marcos introducidos. El sensor a utilizarse es de tipo infrarrojo, la selección del número de marcos será mediante un menú desplegable con las cuatro opciones de 1 a 4 marcos, y un botón de siguiente, es decir, una vez colocado el marco se aplasta en botón, el sensor detecta el marco y se pasa a la posición siguiente para introducir un nuevo marco hasta que cuente el número de marcos que seleccione el apicultor en el HMI.
- El extractor de miel automatizado debe permitir optimizar los tiempos con un máximo de 20 minutos en el proceso de extracción reduciendo considerablemente el uso de mano de obra. El ingreso del tiempo de centrifugado se establece en minutos por medio de un teclado numérico, teniendo como tiempo máximo y mínimo de 20 y 2 minutos respectivamente.
- Los parámetros que se deben controlar son la velocidad y el sentido de giro del motor. El extractor de miel automatizado debe contar con un controlador de velocidad digital conectado al motor eléctrico.
- En el HMI si se selecciona la velocidad mediante una slider se puede colocar la velocidad o través de un teclado numérico para determinar el valor porcentual del motor de 0 a 100% de acuerdo a los requerimientos del usuario, también se debe visualizar los rpm del motor de acuerdo al porcentaje de trabajo del mismo este valor es entregado por el variador de frecuencia antes mencionado.
- El HMI debe contar con el botón de girar para que empiece el proceso de centrifugado y visualizar el tiempo en un temporizador, el modo de funcionamiento de la etapa de centrifugación será en dos sentidos, la mitad del tiempo definido por el usuario va a girar en modo horario y la restante en modo antihorario, los sentidos de giro también se deben visualizar en la pantalla.

- Una vez parametrizado se inicializa el proceso y este no se detendrá hasta que termine la extracción de la miel o se seleccione el modo pausa en el HMI.
- El extractor de miel automatizado debe contar con un botón de paro de emergencia por si se presenta cualquier tipo de inconveniente, una vez presionado, su velocidad reducirá gradualmente hasta detenerse.
- El extractor de miel automatizado debe tener indicadores de luz, una verde la cual significa que se inició el proceso y una roja la cual indica que el extractor de miel automatizado está en parada.
- El extractor de miel automatizado debe conectarse con un suministro de energía eléctrica de 220V para el funcionamiento correcto del mismo.
- Debe ser de bajo costo con relación a extractores de miel comerciales de similares características y, además, debe tener un manejo sencillo e intuitivo para el apicultor.

3.2 Concepción de la arquitectura del extractor de miel automatizado

En la *Ilustración 3-1* se presenta la arquitectura del extractor de miel automatizado que consta de una estructura principal y un panel de control. Partiendo de su estructura principal de tipo tangencial que cuenta con una base, donde, en su interior se ubica el soporte para los cuatro marcos requeridos. De igual manera se coloca un soporte para un motor monofásico de corriente alterna.

Por otro lado, el panel de control consta de un procesador que permite la conexión de los elementos eléctricos y electrónicos: un variador de velocidad al que se conecta el motor monofásico para la regulación de velocidad y sentido de giro, una pantalla HMI para la visualización y control de parámetros, botones e indicadores para iniciar o detener el proceso, un botón de paro de emergencia para detener por completo el proceso en caso de existir fallos. Además, la estructura principal integra un sensor de presencia encargado de enviar la información de colocación de los marcos y también contiene una válvula de salida para la extracción de miel una vez finalizado el proceso de extracción. Para la comodidad del apicultor, el panel de control es una estructura desmontable, que será controlada plenamente por el mismo, donde, si desea puede colocar esta estructura en diferentes lugares.

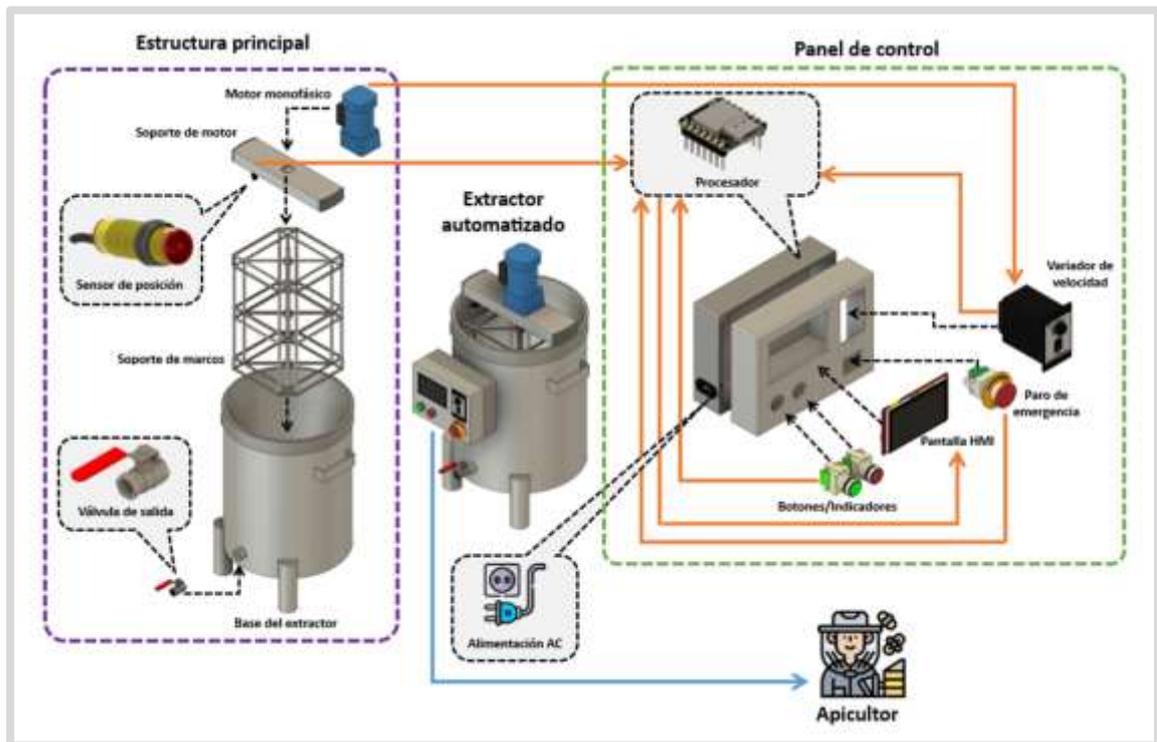


Ilustración 3-1: Concepción de la arquitectura del extractor de miel automatizado

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

3.3 Diseño de la arquitectura del extractor de miel automatizado

En la *Ilustración 3-2* se presenta el diagrama de bloques que rige el funcionamiento del extractor de miel automatizado, donde, se detalla la función de cada bloque.

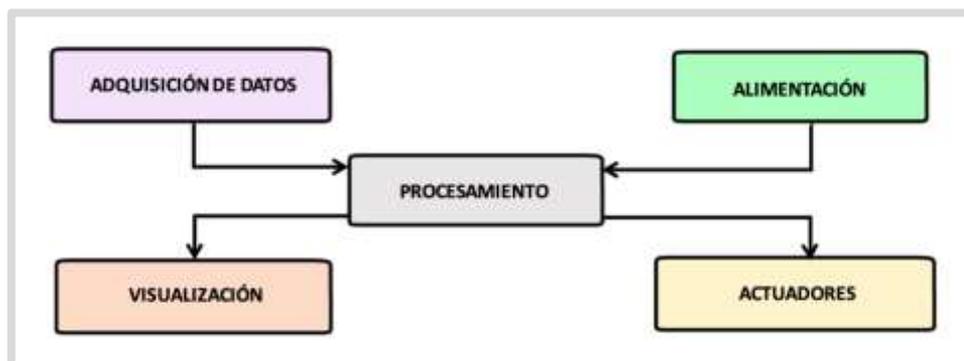


Ilustración 3-2: Diagrama de bloques del extractor de miel automatizado

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Bloque de adquisición de datos. – Contiene un sensor de detección de presencia, que permite la detección de los marcos una vez que se ubiquen en el soporte, de esta manera, se conoce si el soporte para marcos está completo o si falta colocar algún marco dentro de la estructura. Este bloque se comunica con el bloque de procesamiento para el envío de los datos adquiridos.

Bloque de procesamiento. – Contiene una tarjeta de desarrollo de gran capacidad, permite la recepción de los datos del sensor del bloque de adquisición de datos. Este bloque envía la información hacia los bloques de actuadores y visualización para la realización de tareas específicas.

Bloque de actuadores. – Está conformado por motor monofásico de corriente alterna conectado a un variador de frecuencia. Su función es girar a diferentes velocidades de acuerdo con el tiempo de centrifugado requerido por el apicultor. Este bloque recibe los datos del bloque de procesamiento que indica los parámetros de movimiento que debe tener el motor.

Bloque de visualización. – Está conformado por una pantalla HMI que notifica al apicultor si el soporte para marcos está completo, también permite el control de velocidad del motor monofásico, así como su sentido de giro. Además, permite controlar el tiempo de centrifugado de forma manual y automática, todo esto se logra mediante los datos recibidos del bloque de procesamiento.

Bloque de alimentación. – Está conformado por un tomacorriente de corriente alterna, que permite la conexión directa del extractor automatizado a la red eléctrica de 220 V del apicultor, de esta manera, se logra la alimentación de todos los bloques.

3.4 Dispositivos *hardware* para el extractor de miel automatizado

En base a los requerimientos planteados, se establecen los dispositivos *hardware* a utilizar en la implementación del extractor de miel automatizado, donde, se describe cada elemento con sus características más relevantes.

3.4.1 Tarjeta de desarrollo ESP32

Es una tarjeta de desarrollo muy potente, su procesador tiene dos modos de funcionamiento (solo o dual), en el núcleo del módulo tiene el chip ESP32-D0WDQ6 como se ve en la *Ilustración 3-3*. Incluye un puerto micro USB tipo B para su alimentación al igual que un convertor USB-serial CP2102 para su programación, posee una gran variedad de *software*, lenguajes de programación frameworks, librerías, etc. Tiene un CPU de dos núcleos de 32bits con una frecuencia de hasta 240MHz que se pueden controlar de manera independiente, referente a la conectividad permite utilizar diferentes protocolos de comunicación inalámbrica como Wi-Fi, Bluetooth y BLE (Rivera Morales José Antonio 2022).

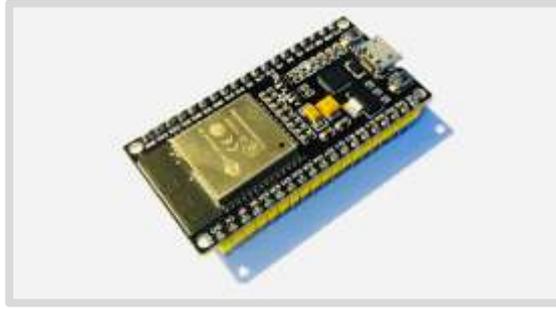


Ilustración 3-3: Tarjeta de desarrollo ESP32

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

En la *Tabla 3-1* se presentan las especificaciones principales de la tarjeta de desarrollo ESP32 y su información técnica detallada se adjunta en el *Anexo A*.

Tabla 3-1: Especificaciones principales de la tarjeta de desarrollo ESP32

Especificaciones principales	Detalles
Voltaje de alimentación	5 V
Consumo de corriente	50 mA
Consumo de energía	5 μ A en modo de suspensión
Temperatura de operación	-40 °C y 85 °C
Procesador	Xtensa dual-core 32-bit LX6
Frecuencia de reloj	Hasta 240 MHz
Memoria ROM	448 KB
Memoria SRAM	520 KB
Pines digitales	24
Pines analógicos	18
Chip USB-Serial	CP2102
Wi-Fi	802.11b/g/n
Bluetooth	4.2 BR/EDR BLE Modo de control dual
Dimensiones	5 x 2,5 x 0,8 cm
Peso	0.1 kg

Fuente: (TresD Print Tech 2018; Rivera Morales José Antonio 2022)

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

3.4.2 Pantalla Nextion NX8048P070-011C-Y

Es un dispositivo desarrollado por *Nextion* que combina un procesador integrado y una pantalla táctil LCD-TFT de tipo capacitivo, permite la reproducción de audio, video y animación como se observa en la *Ilustración 3-4*. Se puede programar con Nextion Editor que es un potente *software* libre permitiendo desarrollar rápidamente una GUI HMI arrastrando y soltando componentes (gráficos, texto, botones, controles deslizantes, etc.). Se conecta a la MCU periférica mediante TTL Serial (5V, RX, TX, GND) (Nextion [s.f]).



Ilustración 3-4: Nextion NX8048P070-011C-Y

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

En la *Tabla 3-2* se presentan las especificaciones más importantes de la pantalla Nextion NX8048P070-011C-Y y su información técnica detallada se adjunta en el *Anexo B*.

Tabla 3-2: Especificaciones principales de la Nextion NX8048P070-011C-Y

Especificaciones principales	Detalles
Voltaje de funcionamiento	5 V
Corriente de funcionamiento	530 mA
Corriente modo sleep	170 mA
Memoria flash	128 MB
Memoria RAM	512 KB
Velocidad en baudios del puerto serie	9600 bps
Modo de puerto serie	3,3 V/5,0 V TTL
Puerto serial	4 pines - 2,54 mm
Temperatura	25°C
Resolución	800 × 480 píxeles
Brillo	300 liendres
Dimensiones	218 × 150 × 22.5 mm
Peso	470 g

Fuente:(Televisor WiKi 2019; Nextion [s.f])

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

3.4.3 Sensor de proximidad E3F-DS30P1

Es un sensor fotoeléctrico infrarrojo que permite detectar objetos a una distancia sin necesidad de contacto, tiene un mecanismo de estados on/off, el rango de detección puede ser regulado mediante un potenciómetro incorporado en el sensor como se muestra en la *Ilustración 3-5*. Este tipo de sensor es usado en la automatización industrial debido a su facilidad y sencillez, en el campo industrial son usados para el conteo de piezas, cajas; permite detectar cartón, vidrio, madera, entre otras (Robochip 2019).



Ilustración 3-5: Sensor E3F-DS30P1

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

En la *Tabla 3-3* se presentan las especificaciones más importantes del sensor de proximidad E3F-DS30P1 y su información técnica detallada se adjunta en el *Anexo C*.

Tabla 3-3: Especificaciones principales del sensor E3F-DS30P1

Especificaciones principales	Detalles
Voltaje de funcionamiento	10 – 30 VDC
Corriente de funcionamiento	25 – 200 mA
Rango de detección	3 – 30cm
Emisor de luz	Led infrarrojo
Salida	Tipo PNP
Frecuencia	0.5 KHz
Temperatura	-25 – 70°C
Tamaño	125 x 82 x 24 mm.
Peso	90 g

Fuente:(Robochip 2019)

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

3.4.4 *Motor eléctrico de corriente alterna*

Para determinar el motor adecuado a utilizar es importante conocer la potencia de suministro, un factor importante a tener en cuenta para el proceso de centrifugado del extractor de miel automatizado, donde, la aceleración se manifiesta durante la fase de centrifugado, por lo tanto, el análisis dinámico se llevará a cabo en este momento. Para ello, se emplea la expresión rotacional de la segunda ley de Newton que se representa por la *Ecuación 3-1*:

$$T = I \cdot \alpha \quad (3-1)$$

Donde:

T, representa el par de torsión

α , es la aceleración angular

I, es el momento de inercia de masa que, para el caso de estudio se considera $1.97Kg.m^2$

Ahora, para encontrar la aceleración empleamos la fórmula de la *Ecuación 3-2*:

$$\alpha = \frac{\omega}{t} \quad (3-2)$$

Donde:

ω , es la velocidad de 600 rmp estándar para la extracción de miel

t , es el tiempo transcurrido

Reemplazando los datos conocidos en las ecuaciones descritas anteriormente se obtiene el valor de la aceleración y posteriormente el par de rotación:

$$\alpha = \frac{600 \frac{rev}{min}}{60seg} = 1.04 \frac{rad}{seg^2}$$

$$T = 2.048Nm$$

Por último, para encontrar la potencia del motor en la centrifugación utilizamos la fórmula de la *Ecuación 3-3*:

$$P = T. \omega \quad (3-3)$$

Reemplazando los datos obtenidos anteriormente, el par de torsión y la velocidad angular se obtiene la potencia requerida por el motor eléctrico:

$$P = 128.68watts = 0.17hp$$

Este resultado indica que un motor de $\frac{1}{4}$ hp o $\frac{1}{2}$ hp es ideal para la aplicación. Se elige el motor de la marca *Czerweny* debido a que resulta idóneo para diversas aplicaciones, proporcionando un rendimiento excepcional y una durabilidad destacada. Gracias a su configuración monofásica y elevado torque, este motor se presenta como una elección perfecta tanto para entornos industriales como residenciales. En la *Ilustración 3-6* se muestra el motor a utilizar de $\frac{1}{2}$ hp.



Ilustración 3-6: Motor eléctrico *Czerweny*

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

En la *Tabla 3-4* se presentan las especificaciones principales del motor eléctrico *Czerweny* y su información técnica detallada se adjunta en el *Anexo D*.

Tabla 3-4: Especificaciones principales del motor eléctrico *Czerweny*

Especificaciones principales	Detalles
Voltaje	220 V
Frecuencia	50 Hz
Polos	2
Potencia	0,5 hp
Fase	1
Protección	IP 54
Tamaño	12 x 28 x 10 cm

Fuente: (Hidroal 2021)

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

3.4.5 *Controlador de velocidad digital Wanshsin*

El microordenador técnico de un solo chip ofrece una solución multifuncional de alta confiabilidad para el control de motores. Destacando su interfaz de usuario, permitiendo a los usuarios ajustar las RPM y la relación según sus necesidades. Además, brinda flexibilidad al permitir la personalización del tiempo de fijación y reducción. Para garantizar la seguridad y el rendimiento, el sistema se protege automáticamente en caso de bloqueo del motor, asegurando un funcionamiento óptimo y evitando daños (KALATEC AUTOMACAO 2019). En la *Ilustración 3-7* se muestra el controlador de velocidad digital.



Ilustración 3-7: Controlador de velocidad digital *Wanshsin*

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

En la *Tabla 3-5* se presentan las especificaciones principales del controlador de velocidad digital *Wanshsin* y su información técnica detallada se adjunta en el *Anexo E*.

Tabla 3-5: Especificaciones principales del controlador de velocidad digital *Wanshsin*

Especificaciones principales	Detalles
Voltaje monofásico	110 / 220 V
Rango de relación	3 – 200
Potencia	6 – 250 W
Tiempo de aceleración	0,1 – 10 seg
Tamaño	12 x 28 x 10 cm

Fuente:(KALATEC AUTOMACAO 2019)

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

3.4.6 Módulo MAX6675

Es un convertidor analógico a digital para termopares tipo K, acondiciona la señal analógica que entrega el termopar para que pueda ser leída de forma digital por una tarjeta de desarrollo, con este dispositivo es posible conectar el termopar a cualquier microcontrolador por medio de una interfaz SPI (Geek Factory 2019). En la *Ilustración 3-9* se muestra el módulo MAX6675.



Ilustración 3-8: Módulo MAX6675

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

En la *Tabla 3-7* se presentan las especificaciones principales del módulo MAX6675 y su información técnica detallada se adjunta en el *Anexo G*.

Tabla 3-6: Especificaciones principales del módulo MAX6675

Especificaciones principales	Detalles
Voltaje de alimentación	3 – 5,5 VDC
Corriente máxima de operación	1,5 mA
Corriente de reposo	0,7 mA
Resolución	12 bits
Temperatura máxima	1024 °C
Frecuencia de reloj SPI	4,3 Mhz
Tiempo de conversión	0, 22 seg
Dimensiones	2,5 x 1,2 x 0,2 cm

Fuente: (Geek Factory 2019; Naylamp Mechatronics 2020)

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

3.4.7 Relé de estado sólido SSR-25DA

Son dispositivos que permiten controlar cargas de alto consumo de corriente alterna a través de pequeños voltajes en corriente continua, brindan grandes ventajas una de ellas es que requiere un nivel más bajo de voltaje para la activación de la carga, al igual que una corriente de sostenimiento más pequeña permitiendo una conmutación más rápida, el SSR no contiene piezas mecánicas lo que le permite extender su vida útil (Sigma Electrónica [s.f.]). En la *Ilustración 3-8* se muestra el relé de estado sólido de 25 amperios.



Ilustración 3-9: Relé de estado sólido SSR-25DA

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

En la *Tabla 3-6* se presentan las especificaciones principales del relé de estado sólido SSR-25DA y su información técnica detallada se adjunta en el *Anexo F*.

Tabla 3-7: Especificaciones principales del relé de estado sólido SSR-25DA

Especificaciones principales	Detalles
Corriente Máxima de carga	25 A
Voltaje de carga	24 – 380 VAC
Voltaje de control	3 – 32 VDC
Tiempo de respuesta	ON < 10 ms; OFF < 10 ms
Resistencia de aislamiento	50 MOhms / 500 VDC

Fuente: (Sigma Electrónica [s.f])

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

3.4.8 Relé de 12 voltios de 2 canales

Es una placa de interfaz de relé de 2 canales puede controlar varios equipos con corriente elevada, se puede controlar fácilmente mediante un microcontrolador. Este módulo de relé cumple con los estándares de seguridad ya que el mecanismo tiene aisladas las áreas de control y de carga (Rhydolabz [s.f.]). En la *Ilustración 3-10* se muestra el módulo relé de 2 canales.

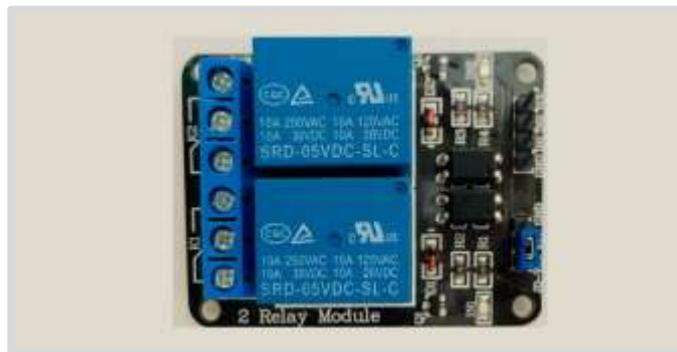


Ilustración 3-10: Módulo relé de 12 voltios de 2 canales

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

En la *Tabla 3-8* se presentan las especificaciones principales del relé 12V de 2 canales y su información técnica detallada se adjunta en el Anexo H.

Tabla 3-8: Especificaciones principales del relé 12 voltios de 2 canales

Especificaciones principales	Detalles
Voltaje de funcionamiento	12 VDC
Capacidad actual a AC250V	10 A
Capacidad actual a DC30V	10 A
Protección	Diodo libre
Dimensiones	50 x 40 x 20 mm
Carga	10 A/250 VAC, 10 A/125 VAC, 10 A/28 VDC

Fuente: (Sharvielectronics [s.f]; Rhydolabz [s.f])

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

- El terminal positivo (5V) y negativo (GND) de la tarjeta ESP32 se conectan a la bornera de alimentación de todo el circuito.
- El terminal VCC de la termocupla se conecta a los terminales 3V3 de la tarjeta de desarrollo ESP32.
- Los terminales SCK, CS y SO de la termocupla se conectan con los pines IO19, IO5, y IO23 de la tarjeta de desarrollo ESP32 respectivamente.
- Los terminales GND y 5V del conversor MCP4725 se conectan en común con los terminales GND de la tarjeta de desarrollo ESP32.
- Los terminales SCL, SDA del conversor MCP4725 se conectan con los pines IO22, IO21 de la tarjeta de desarrollo ESP32 respectivamente.
- El relé en estado sólido SSR se conecta al pin IO26 de la tarjeta de desarrollo ESP32.
- El terminal de 5V se conecta aun relé para el encendido del extractor automatizado, mientras que el rele-2 se conecta al pin IO13 de la tarjeta de desarrollo para detener el extractor automatizado.
- El rele-3 se conecta al pin IO12 de la ESP32 para la configuración de una señal para emitir una sirena.
- Los rele-4 y 5 son los encargados del sentido de giro del extractor se conectan a los pines IO27 y IO25 de la tarjeta de desarrollo ESP32 respectivamente.
- El buzzer se conecta con una resistencia y esta a su vez con un transistor NPN 2N3904, donde, el colector del transistor se conecta al terminal positivo de un diodo (ánodo) y la negativa (cátodo) al terminal de 5V, mientras que el emisor del transistor se conecta al común del terminal GND.
- La pantalla Nextion se compone de cuatro terminales, los terminales de alimentación de 5V y GND, para la comunicación se conecta los terminales TX y RX a los pines IO17 y IO16 de la tarjeta de desarrollo ESP32 respectivamente.

En base al diagrama de conexiones electrónicas, se realiza el diseño de la placa PCB, considerando una anchura de trazado de pistas de 1,27 mm dado que la corriente que circula por cada pista viene dada por un voltaje bajo de 3,3 V. En la *Ilustración 3-12* se observa el diseño de la placa PCB del extractor de miel automatizado.

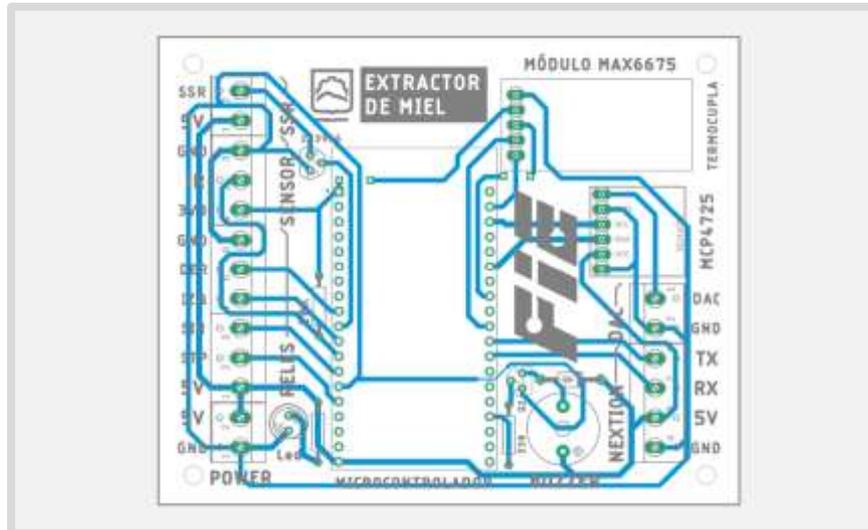


Ilustración 3-12: Diseño de PCB del extractor de miel automatizado

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Una vez que las conexiones de las pistas de la placa PCB están listas, se fabrica la placa PCB mediante el uso de una máquina CNC, mientras que, para la máscara de componentes se realiza un planchado sobre la parte superior de la placa PCB. En la *Ilustración 3-13* se muestra la implementación física con los componentes *hardware* sobre la placa PCB.

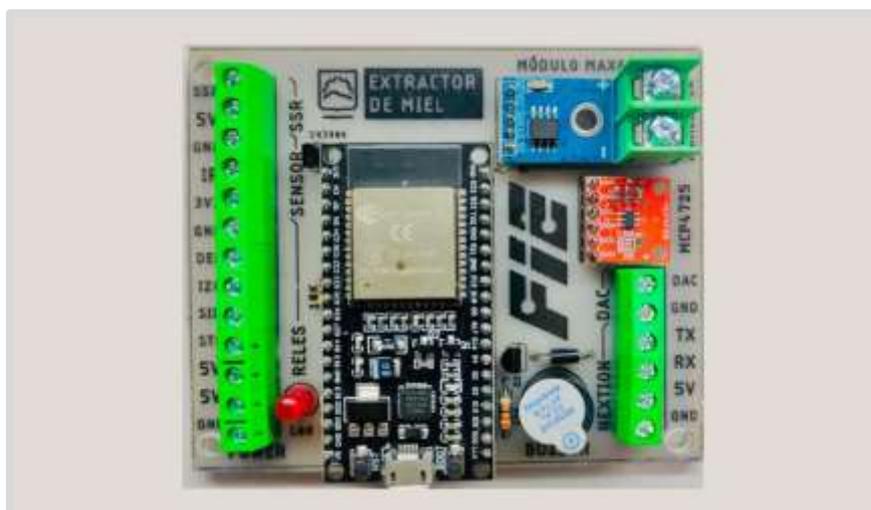


Ilustración 3-13: Implementación física de la PCB del extractor de miel

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

3.6 Software de desarrollo para el extractor de miel automatizado

A continuación, se mencionan los *softwares* seleccionados para programar los componentes de hardware mencionados con anterioridad en el capítulo. Así mismo, se proporcionan explicaciones detalladas mediante diversos diagramas de flujo que describen el funcionamiento del microcontrolador ESP32. Además, se presentan las interfaces gráficas correspondientes, las cuales se diseñaron para el control y la visualización de los distintos parámetros del extractor de miel automatizado.

Para llevar a cabo la programación de la tarjeta de desarrollo, se emplea la versión 2.0.3 del software Arduino IDE, disponible en (Arduino.cl, 2021). Este entorno, desarrollado por Arduino, ofrece un conjunto de herramientas que posibilitan a los programadores crear y cargar el código necesario para que las placas de desarrollo de Arduino, así como dispositivos compatibles con este IDE, funcionen según sus requisitos de programación. Utilizando el lenguaje de programación C++, Arduino IDE facilita la tarea de escribir, depurar, editar y grabar el código del programa en los denominados "sketches" de manera intuitiva (Arduino.cl, 2021).

3.6.1 Programación de la tarjeta de desarrollo ESP32

La tarjeta de desarrollo ESP32 se programa mediante el *software* de Arduino antes mencionado. El desarrollo de la programación considera el uso de las siguientes librerías:

- **Max6675.h:** permite la conexión y configuración de la termocupla Max6675 de manera sencilla (Arduino Reference 2024).
- **Separador.h:** permite la lectura de valores enteros enviados por puerto serial (Arduino Forum 2019).
- **Wire.h:** permite una interfaz de comunicación con dispositivos I2C (Arduino Reference 2024c).
- **Adafruit_MCP4725.h:** Permite controlar los dispositivos conversores digitales-analógicos que cuentan con una resolución de 12 bits (Arduino Reference 2024a).

Para el correcto funcionamiento del extractor de miel automatizado se realizan diferentes funciones para cada acción del extractor, las cuales se describen a continuación:

Inicialización. – Consta de la primera parte del diagrama de flujo que rige el funcionamiento de la tarjeta de desarrollo ESP32 compuesta por la definición inicial de parámetros y la función principal de configuración. En la *Ilustración 3-14* se presenta el diagrama de flujo y en el *Anexo*

1 se detalla la programación correspondiente a la inicialización de la tarjeta de desarrollo y, a continuación, se detalla su funcionamiento.

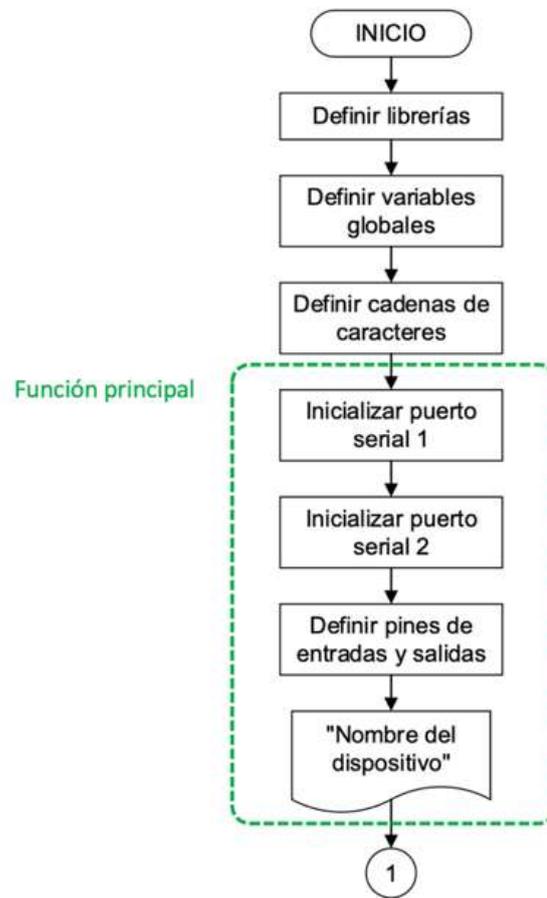


Ilustración 3-14: Diagrama de flujo de la inicialización de la tarjeta ESP32

Realizado por: Sandoval L., Comejo B., 2024

- Se incluyen las librerías: Max6675.h, Separador.h, Wire.h y Adafruit_MCP4725. h.
- Se definen las variables globales, que incluyen los pines de entradas y salidas a los que se conectan los dispositivos *hardware* del extractor, valores de tipo entero, flotante y las cadenas de caracteres para la programación de la pantalla Nextion.
- Se inicializan dos puertos seriales para el envío y recepción de cadenas de caracteres hacia la pantalla Nextion.
- Se establece el nombre del extractor y se imprime por un período corto de tiempo.

Función de detección. – Se encarga de detectar si todos los marcos se han colocado en el soporte de marcos del extractor mediante comprobaciones de la lectura digital del sensor E3F. En la

Ilustración 3-15 se presenta el diagrama de flujo correspondiente a esta función y, a continuación, se detalla su funcionamiento.

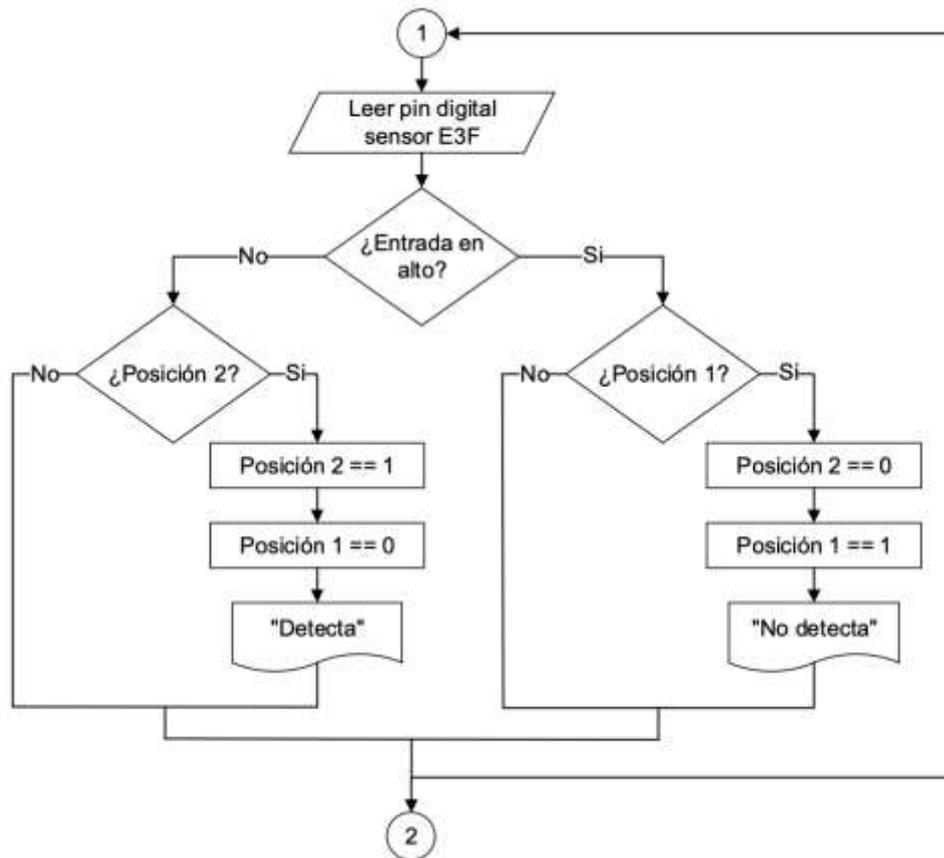


Ilustración 3-15: Diagrama de flujo de la función de detección de marcos

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

- Se realiza la lectura digital del pin al cual se conecta el sensor E3F para obtener una respuesta digital en estado alto o bajo.
- Se realiza la comprobación de la entrada digital, donde, si la entrada está en nivel alto, se realiza la comprobación de las posiciones iniciales del soporte de marcos. La posición 1 corresponde al marco detectado directamente al encender el extractor mientras que, en la posición 2 el marco no se detecta al encender el extractor.
- Si el marco se encuentra en la posición 1, se establece la posición 2 en bajo y la posición 1 en alto para el envío del dato de detección.
- Si el marco no se detecta, está en la posición 2. En este caso, la posición 2 se establece en alto y la posición 1 se establece en bajo, de esta manera, el soporte de marcos debe girar hasta que el sensor detecte el marco y así, enviar el dato de detección.

Función de generación de datos. – Se encarga del envío y recepción de datos de cadena de caracteres para almacenar las variables de velocidad, temperatura y activación de relés mediante la pantalla Nextion. Además, dentro de esta función se encuentra la función de conversión que se encarga del mapeo de variables de cadenas de caracteres. En la *Ilustración 3-16* se presenta el diagrama de flujo correspondiente a esta función y, a continuación, se detalla su funcionamiento.

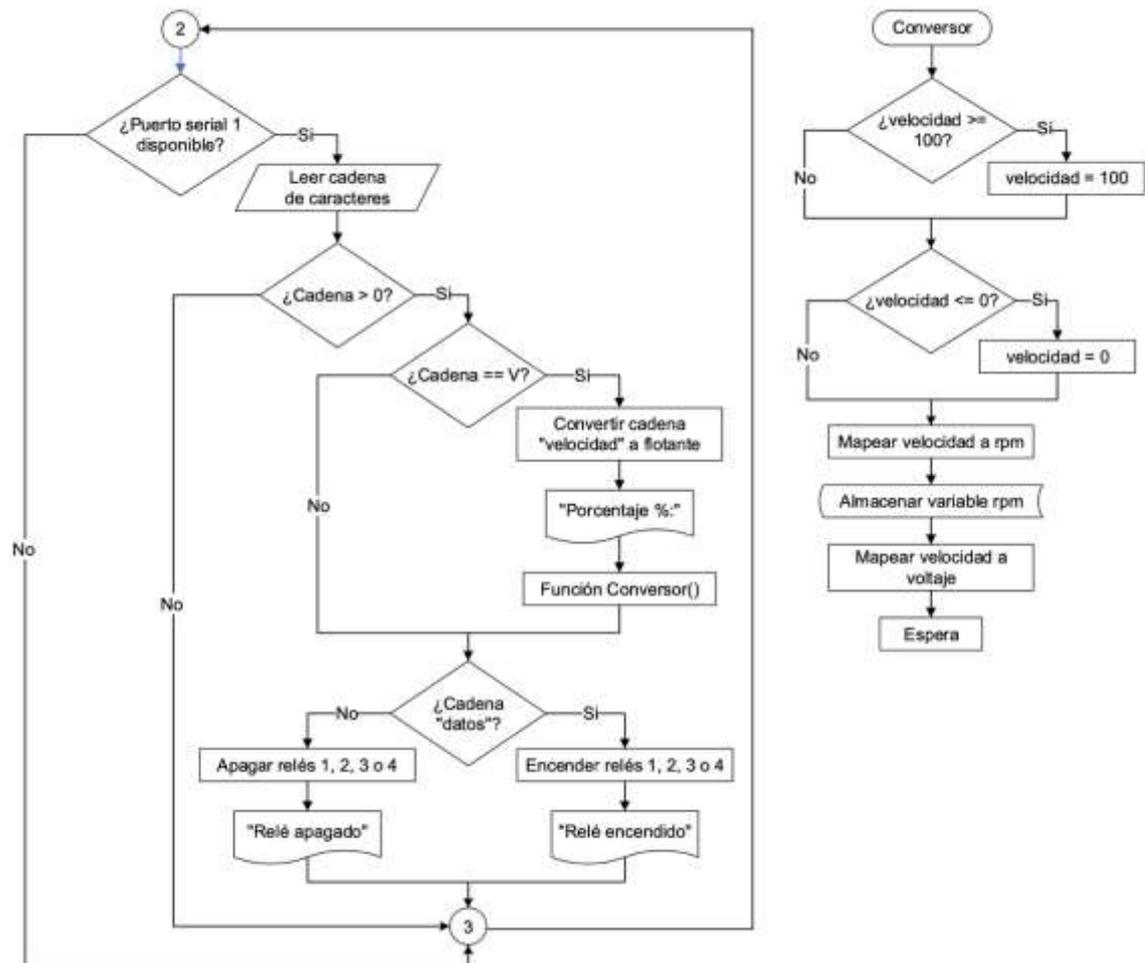


Ilustración 3-16: Diagrama de flujo de la generación de datos

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

- Se realiza la comprobación de disponibilidad del puerto serial 1, encargado de la generación de caracteres por el puerto serial de Arduino IDE.
- Se leen las cadenas de caracteres generadas y se comprueba si la cadena es mayor a 0, en este caso se realiza una nueva comprobación, caso contrario, el ciclo de repetición termina.

- Se realiza una nueva comprobación de la cadena para verificar si se receipta el dato de la velocidad del motor, en este caso se convierte la cadena de velocidad a un valor de tipo flotante y se imprime el porcentaje de velocidad en la pantalla Nextion, caso contrario, el ciclo de repetición termina.
- Dentro del ciclo de repetición anterior, se encuentra la función de conversión que realiza una comprobación de velocidad, donde, si la velocidad es mayor al 100% se establece la velocidad a dicho porcentaje, caso contrario, se establece la velocidad a 0%. Luego de las comprobaciones se mapea la velocidad a RPM y se almacenan en nuevas variables.
- Se realiza la comprobación de la cadena de caracteres de los datos digitales para la activación de cuatro relés que permiten el accionamiento del variador de velocidad. Si se receiptan las cadenas de datos de cada relé, se encienden los cuatro relés y se imprime un mensaje de encendido, caso contrario los relés se desactivan y se imprime un mensaje de apagado.

En la *Ilustración 3-17* se presenta el diagrama de flujo complementario correspondiente a la función de generación de datos y, a continuación, se detalla su funcionamiento.

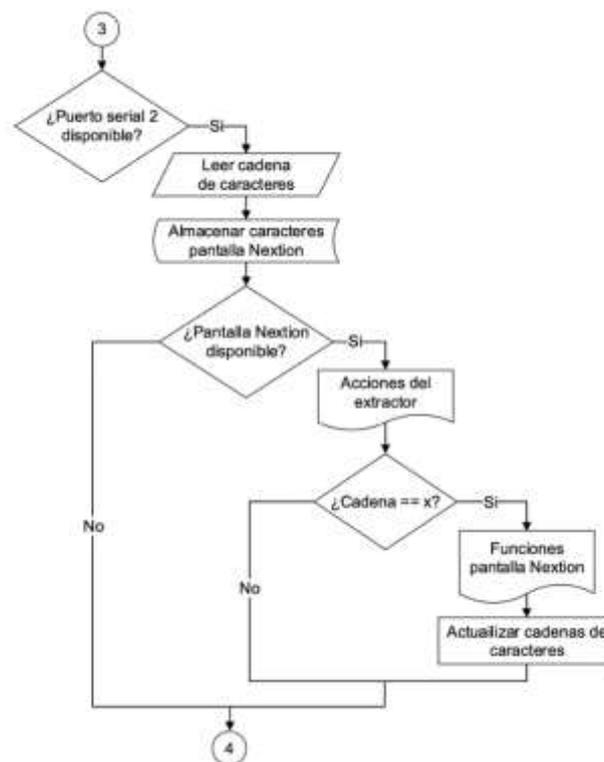


Ilustración 3-17: Diagrama de flujo complementario de la función de generación de datos

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

- Se realiza la comprobación de disponibilidad del puerto serial 2, encargado de la conversión de los datos iniciales para su impresión en la pantalla Nextion y se leen las cadenas de caracteres generadas para su almacenamiento en nuevas variables.
- Se realiza la comprobación de disponibilidad de la pantalla Nextion, donde, se imprimen todas las acciones que realiza el extractor. Posteriormente, se realiza la comprobación de cadena de funciones de la pantalla Nextion, donde, se imprimen todas las funciones disponibles.

Función de giro. – Se encarga de la activación del variador de velocidad que permite el control del motor monofásico mediante la activación de relés. En la *Ilustración 3-18* se presenta el diagrama de flujo correspondiente a esta función y, a continuación, se detalla su funcionamiento.

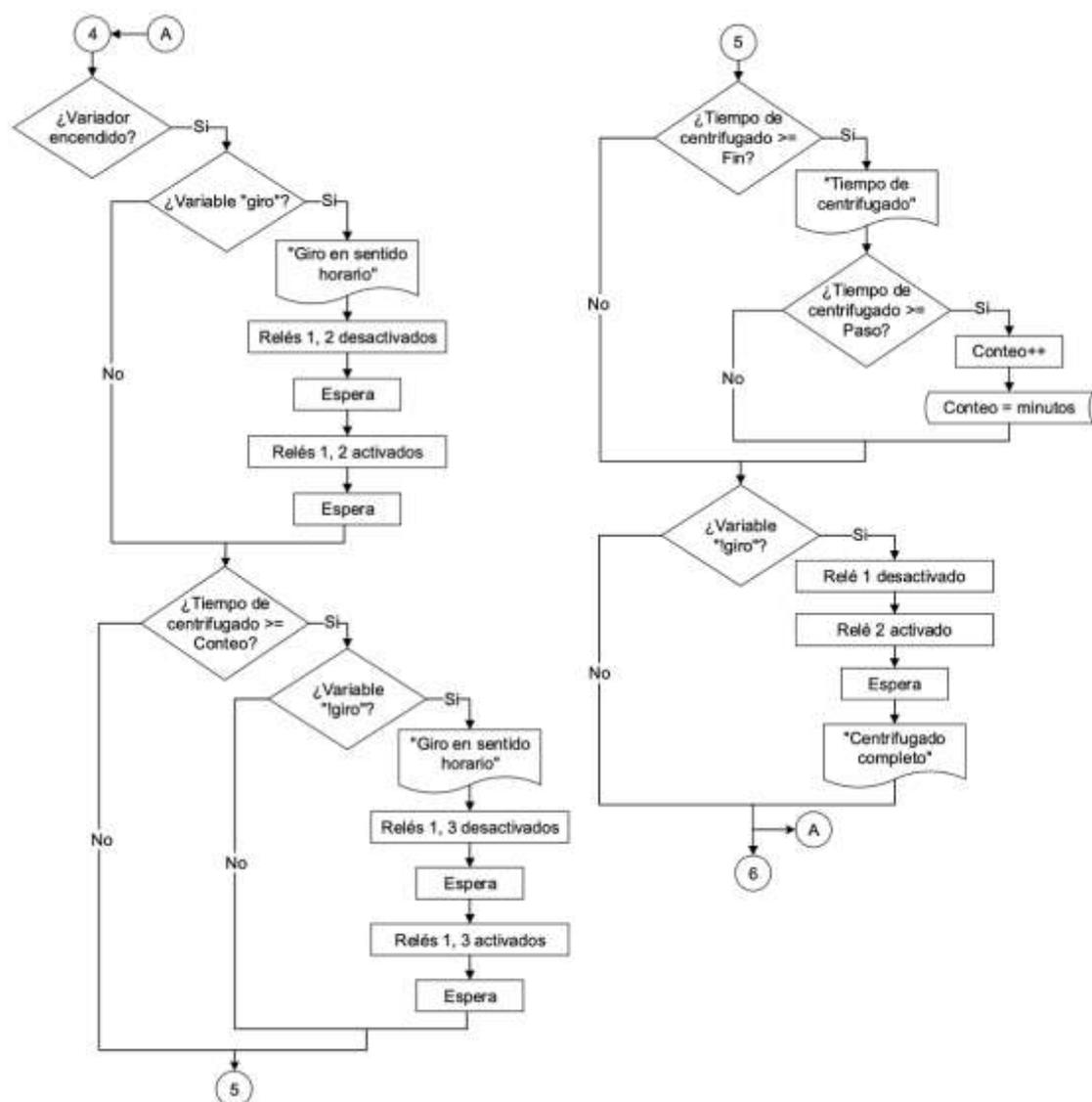


Ilustración 3-18: Diagrama de flujo de la función de giro

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

- Se comprueba que el controlador de velocidad esté encendido y posteriormente se comprueba la recepción de la variable de giro, en este caso, se imprime un mensaje de giro en sentido horario, donde, los relés 1 y 2 se desactivan por un corto tiempo de espera y posteriormente se activan, permitiendo el giro del motor en sentido horario.
- Se comprueba que el tiempo de centrifugado sea mayor o igual al tiempo transcurrido en segundos que se almacena en la variable de conteo, en este caso, se comprueba si la variable giro está negada para posteriormente activar los relés 1 y 3 por un corto tiempo de espera y luego desactivarlos, de esta manera, el motor gira en sentido antihorario.
- Se comprueba que el tiempo de centrifugado sea mayor o igual al tiempo establecido por el usuario que se almacena en la variable fin, de esta manera se imprime el tiempo transcurrido. Luego, se comprueba el tiempo de centrifugado en segundos, donde, se realiza una operación de suma en pasos de uno para almacenar el tiempo transcurrido en segundos.
- Si la variable de giro no está negada, se desactivan los relés 1 y 2, que indican que el motor se ha detenido, completando el proceso de centrifugado.

Función de temperatura. – Se encarga de la activación de las resistencias de calor del cuchillo desoperculador mediante la termocupla MAX6675. En la *Ilustración 3-19* se presenta el diagrama de flujo correspondiente a esta función y, a continuación, se detalla su funcionamiento.

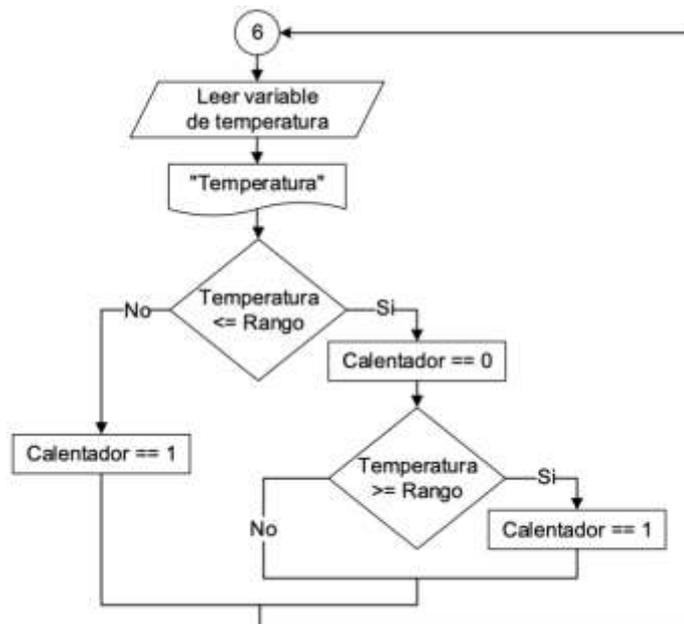


Ilustración 3-19: Diagrama de flujo de la función de temperatura

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

- Se realiza la lectura del pin al cual se conecta el sensor termocupla MAX6675 y posteriormente se imprime la temperatura del accesorio desoperculador en la pantalla Nextion.
- Se realiza la comprobación de la temperatura en base al rango establecido, donde, la variable calentador, se establece en bajo.
- Se comprueba si la temperatura supera el rango establecido, donde, la variable calentador, se establece en nivel alto.

3.7 Interfaz de control y visualización

El extractor de miel automatizado cuenta con una interfaz en la pantalla HMI que permite el control de la velocidad, sentido de giro y tiempo de centrifugado. Para el desarrollo de la interfaz se utiliza el *software* Nextion Editor en su versión 1.65.1, disponible en (Nextion [s.f.]), y su manual de usuario se adjunta en el *Anexo J*. Este *software* cuenta con componentes masivos como: botones, texto, barra de progreso, slider; que sirven para mejorar el diseño de la interfaz (Nextion [s.f]).

3.7.1 Diseño de las ventanas de la pantalla HMI

Inicialmente se implementa una ventana de carga de pantalla que indica el nombre del extractor y, además, cuenta con una barra de carga diseñada en color blanco que avanza por un corto tiempo de espera. En la *Ilustración 3-20* se muestra el diseño de la pantalla de carga.



Ilustración 3-20: Diseño de la ventana de carga de la pantalla Nextion

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Luego, se diseña una interfaz para la ventana principal, la cual, cuenta con botones en este caso el de calentamiento, centrifugado y volver, cada uno de estos botones redirigen al apicultor a una nueva ventana de configuración. En la *Ilustración 3-21* se muestra el diseño de la ventana principal.



Ilustración 3-21: Diseño de la ventana principal de la pantalla Nextion

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Una vez que se ingresa a la ventana de calentamiento, esta permite la selección de opciones de control de temperatura del accesorio desoperculador, que tiene un *set point* de 100 °C. La temperatura se puede configurar mediante un teclado y tiene una limitación, la cual no permite ingresar valores mayores a 100 °C ni menores a 0 °C, además, tiene un botón de encendido y apagado. También se puede visualizar en la parte derecha de la pantalla el estado de cambio de la temperatura para llegar o mantenerse al valor ingresado por el apicultor representándose en un gráfico con escala de 0 a 100 °C, donde, el funcionamiento de la termocupla tendrá un control *on/off* con una histéresis de 1 a 2 °C.

Por otro lado, esta ventana también permite seleccionar el número de marcos que se van a ingresar en el extractor de miel automatizado mediante un menú desplegable con las cuatro opciones de 1 a 4 marcos, este proceso es semiautomático debido a que se debe ingresar el marco y aplastar el botón de siguiente para que el sensor de posición detecte el marco y pasar a la posición vacía del soporte de los marcos y así poder ingresar uno nuevo. Dentro de esta ventana se incluye un gráfico de advertencia para que el apicultor tome las precauciones al momento de insertar cada uno de los marcos dentro del soporte. En la *Ilustración 3-22* se muestra la interfaz de la ventana de calentamiento.



Ilustración 3-22: Diseño de la ventana de calentamiento de la pantalla Nextion

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Si se ingresa a la ventana de centrifugado se puede configurar el tiempo que se va a centrifugar la miel con un máximo de 20 minutos mediante un teclado el cual está limitado para no escoger valores mayores a 20 minutos ni menores a 2 minutos, de esta manera el apicultor tiene un rango de tiempo que debe elegir de acuerdo a la cantidad de miel a extraer de cada uno de los marcos.

Por otro lado, permite controlar la velocidad a la que se desea centrifugar la miel, para ello, se agrega un *slider* o un teclado numérico, donde, se ingresa la potencia del motor en valor porcentual de 0 a 100 % equivalentes a las RPM del motor, donde, la velocidad máxima de giro es de acuerdo a los requerimientos del apicultor. Se visualizan las revoluciones del motor de acuerdo al porcentaje de trabajo del mismo, este valor es entregado por el controlador de velocidad digital.

En la parte derecha de la pantalla se tiene un temporizador para visualizar el tiempo de centrifugado y el extractor de miel automatizado en 3D para observar si está apagado, encendido y el sentido de giro del mismo. Además, se tiene un botón para inicializar el proceso denominado “Girar” y una vez presionado se tiene el botón de “Parar” para detener el proceso.

Durante el proceso de centrifugado, se visualiza en la parte inferior derecha una animación correspondiente al diseño 3D del extractor. En la *Ilustración 3-23* se muestra la interfaz de la ventana de centrifugado.



Ilustración 3-23: Diseño de la ventana de centrifugado de la pantalla Nextion

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

En el *Anexo K* se adjunta la programación de cada una de las ventanas de la pantalla Nextion que se desarrollan en Nextion Editor.

3.8 Estructuras del extractor de miel automatizado

A continuación, se describen de manera detallada los diseños de las estructuras del extractor de miel automatizado, que se desarrollan en el *software* de Fusion 360 en modo de diseño y modelado en 3D, el cual fue descrito en uno de los apartados anteriores.

3.8.1 *Diseño de la estructura principal*

Esta estructura está conformada por tres partes fundamentales, el tanque, el soporte de los marcos y el soporte del motor eléctrico. Cada estructura se diseña por separado y a continuación se detalla cada una de ellas.

Tanque. – Es la parte principal de esta estructura, donde, se colocan 3 soportes para su asentamiento con el suelo permitiendo que el extractor se mantenga en posición fija durante todo el proceso de extracción de miel. Dentro de esta estructura también se colocan elementos de sujeción a los costados del tanque. Para la evacuación de la miel, se realiza un orificio en la parte inferior de la estructura, de esta manera, el producto no se desperdicia. Esta estructura se diseña a partir de las medidas principales que se observan en la *Tabla 3-9*, considerando un espesor de 3

mm para el tanque y los elementos de sujeción. El diseño completo de esta estructura se presenta en la *Ilustración 3-24*.

Tabla 3-9: Medidas principales del tanque del extractor de miel automatizado

Dimensiones	Tanque	Elementos de sujeción	Soportes	Orificio de la válvula
Diámetro	400 mm	–	60 mm	40 mm
Largo	400 mm	130 mm	60 mm	10 mm
Ancho	400 mm	15 mm	60 mm	3 mm
Altura	800 mm	40 mm	180 mm	40 mm

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024



Ilustración 3-24: Diseño del tanque del extractor

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Soporte de marcos. – Esta estructura es la encargada de la sujeción de 4 marcos 440 x 15 mm, dado que se considera un extractor de tipo tangencial, el soporte de marcos se diseña en base a esta disposición. Partiendo del diseño de una varilla central, se agregan 3 planchas con las medidas de los marcos con un pequeño margen de tolerancia para que los marcos entren de forma correcta. Esta estructura se diseña a partir de las medidas principales que se observan en la *Tabla 3-10*, considerando un espesor de 6 mm para cada una de las varillas. El diseño completo de esta estructura se presenta en la *Ilustración 3-25*.

Tabla 3-10: Medidas principales del soporte de marcos del extractor de miel automatizado

Dimensiones	Varilla central	Planchas
Diámetro	6 mm	6 mm
Largo	6 mm	285 mm
Ancho	6 mm	285 mm
Altura	445 mm	6 mm

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

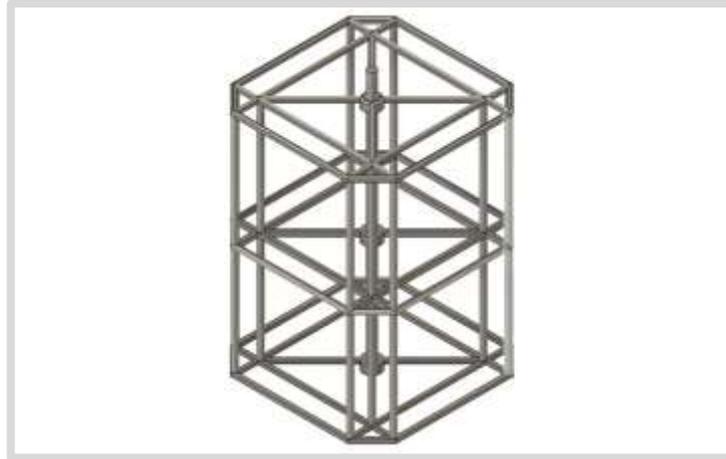


Ilustración 3-25: Diseño del soporte de marcos del extractor

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Soporte del motor eléctrico. – Esta estructura es la encargada de la sujeción del motor eléctrico *Czerweny*, se acopla en la parte superior del tanque mediante dos soportes. En el centro de esta estructura se realiza un orificio para la entrada del eje del motor para el acople con la estructura del soporte de marcos. Esta estructura se diseña a partir de las medidas principales que se observan en la *Tabla 3-11* y el diseño completo de esta estructura se presenta en la *Ilustración 3-26*.

Tabla 3-11: Medidas principales del soporte de motor del extractor de miel automatizado

Dimensiones	Soporte de motor	Orificio central para el eje
Diámetro	400 mm (esquinas)	35 mm
Largo	471,8 mm	–
Ancho	100 mm	–
Altura	40 mm	40 mm de corte central

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024



Ilustración 3-26: Diseño del soporte del motor eléctrico

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Mediante la herramienta de ensamblaje de Fusion 360 se colocan todas las partes de la estructura principal del extractor de miel automatizado para determinar si las piezas diseñadas son correctas y si se ensamblan con normalidad previo a su fabricación. En la *Ilustración 3-27* se observan diferentes vistas de la estructura principal del extractor ensamblado.



Ilustración 3-27: Vistas del extractor ensamblado: a) superior, b) frontal, c) lateral, d) isométrica

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

La fabricación de las partes que conforman la estructura principal del extractor de miel automatizado se realiza con acero inoxidable de grado alimenticio 304 cumpliendo con las normas sanitarias que rigen en Ecuador como: INEN 1572, FAO y el ARCSA. En la *Ilustración 3-28* se observa la estructura completamente implementada. En el *Anexo L* se adjunta el plano con las medidas completas de toda la estructura ensamblada.



Ilustración 3-28: Estructura implementada del extractor de miel automatizado

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

3.8.2 *Diseño de la estructura del panel de control*

Para esta estructura se considera el uso de una caja tablero eléctrico pequeño con una tapa de apertura mediante bisagras, esta última cuenta con seis orificios para la inserción de la pantalla HMI, un indicador de voltaje y corriente, luz piloto de encendido, luz de alarma, el selector de

encendido y el botón de paro de emergencia. Adicionalmente, cuenta con un orificio ubicado en el lateral derecho para la llave de seguridad. Dentro de esta estructura se inserta la placa PCB junto con la fuente de alimentación, el variador de velocidad y los elementos de alta potencia protegidos mediante dos *breakers*. Esta estructura se diseña a partir de las medidas principales que se observan en la *Tabla 3-12* y el diseño completo de esta estructura se presenta en la *Ilustración 3-29*.

Tabla 3-12: Medidas principales del panel de control del extractor de miel automatizado

Dimensiones	Caja de tablero eléctrico	Tapa de cubierta
Largo	400 mm	400 mm
Ancho	300 mm	300 mm
Altura	112 mm	10 mm

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

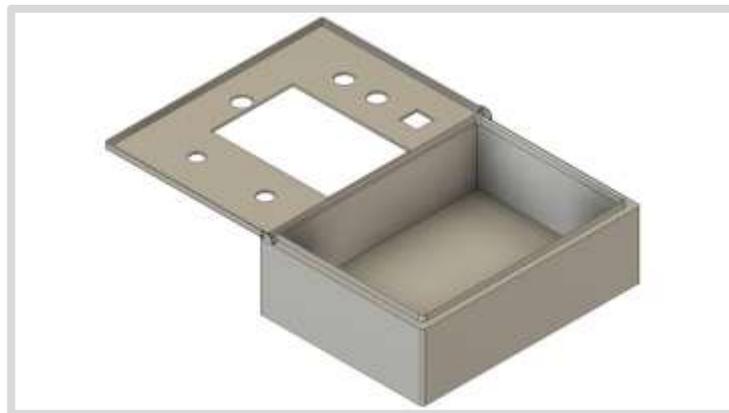


Ilustración 3-29: Diseño del panel de control del extractor

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Mediante la herramienta de ensamblaje de Fusion 360 se coloca la caja y la tapa del tablero eléctrico junto con los componentes eléctricos y electrónicos para determinar si las piezas diseñadas son correctas y si se ensamblan con normalidad previo a su fabricación. En la *Ilustración 3-30* se observan diferentes vistas de la estructura del panel de control ensamblada.



Ilustración 3-30: Vistas del panel de control: a) superior, b) frontal, c) lateral, d) isométrica

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

La fabricación del panel de control del extractor de miel automatizado se realiza en metal de color gris mate de acuerdo con las normas para tableros de control eléctricos. En la *Ilustración 3-31* se observa la estructura implementada junto con sus componentes. En el *Anexo M* se adjunta el plano con las medidas completas de toda la estructura ensamblada.



Ilustración 3-31: Estructura implementada del panel de control

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

CAPÍTULO IV

4 VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO

En este capítulo se evalúa el rendimiento de hardware y software que integran el equipo electrónico de supervisión y control para la extracción de miel por medio de centrifugado o como se mencionó en el capítulo anterior extractor de miel automatizado el cual se observa implementado en la *Ilustración 4-1*. Las pruebas realizadas abarcan la validación de sensores, validación de tiempo de extracción, estabilidad estructural, medición de las velocidades que produce el motor monofásico, tiempo de arranque, consumo energético, funcionamiento y usabilidad, valoración del extractor de miel automatizado y un análisis económico integral relacionado con su implementación.



Ilustración 4-1: Extractor de miel automatizado

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Cabe indicar que se incorporó un accesorio con control de temperatura como complemento al prototipo que tiene la finalidad de ayudar en el proceso de desoperculado de los panales. Este accesorio desoperculador es un cuchillo con control de temperatura la cual se configura mediante el panel de control del extractor de miel automatizado y se puede ingresar mediante un teclado numérico un rango de temperatura de 0 °C a 100 °C de acuerdo a los requerimientos del apicultor. En la *Ilustración 4-2* se presenta el accesorio desoperculador.



Ilustración 4-2: Accesorio desoperculador

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

4.1 Consideraciones generales

Al analizar los resultados obtenidos mediante experimentación, surge la pregunta natural de si dichos resultados podrían haber ocurrido simplemente por casualidad. La prueba de hipótesis se presenta como un procedimiento estadístico diseñado para discernir si la aleatoriedad podría ser una explicación plausible para el resultado experimental observado (Mendehall, Beaver y Beaver 2010). Errores comunes relacionados con la validación de hipótesis son bastante prevalentes, tanto entre expertos en el campo como entre estudiantes.

¿Cuál es el umbral para considerar inválida la hipótesis nula? Convencionalmente, se establece que la hipótesis nula carece de validez si el valor de probabilidad es menor al a 0.05 o 5% (Spiegel y Stephens 2009).

En la validación de prototipos, se realizaron pruebas de normalidad para definir precisión y exactitud. Se empleó la media como indicador de centralidad, utilizando pruebas paramétricas, ya que las medidas de media, mediana y moda presentaban similitudes (Mendehall, Beaver y Beaver 2010).

Para determinar si una variable sigue una distribución normal, se utilizó el test de Shapiro Wilks, estableciendo la hipótesis nula para muestras menores a 50. Si la probabilidad es mayor al 5%, se asume una distribución normal y se realiza una prueba paramétrica; de lo contrario, se opta por una prueba no paramétrica (Rustom Antonio 2012).

Las pruebas de validación se llevaron a cabo con un nivel de confianza del 95%, implicando que, en 95 de cada 100 muestras, el intervalo resultante incluiría el parámetro estimado u otro valor en consideración (Mendehall, Beaver y Beaver 2010).

Se utilizó IBM SPSS Statistics 21 para obtener los resultados, una plataforma de software estadístico robusta que garantiza precisión en el análisis, abarcando desde la preparación de datos hasta la generación de informes (Spiegel y Stephens 2009).

4.2 Validación de sensores

A continuación, se detallan las pruebas orientadas a los componentes de sensado que se utilizan en el extractor de miel automatizado para la adquisición de datos, el objetivo es evaluar la precisión de los sensores empleados mediante el cálculo del error relativo.

Los sensores sujetos a la evaluación abarcan dispositivos de medición de temperatura, específicamente, se empleó el módulo MAX6675 para este propósito. Así mismo, para medir la proximidad se optó por el sensor E3F-DS30P1 para cumplir con esta función.

4.2.1 Validación del módulo MAX6675

El propósito fundamental de esta prueba consiste en llevar a cabo un análisis comparativo de las lecturas de temperatura obtenidas a través del módulo MAX6675. En este escenario, se emplea como referencia el termómetro digital JR-1 como equipo patrón, con el cual se lleva a cabo la comparación ya que tiene un rango de precisión de $\pm 1^{\circ}\text{C}$, en la *Ilustración 4-3* se puede observar el equipo patrón.



Ilustración 4-3: Termómetro digital JR-1

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

En la *Ilustración 4-4* se puede observar la ubicación del módulo en el accesorio desoperculador del extractor de miel automatizado y a un lado el termómetro digital JR-1 con el cual se realizaron

15 muestras de las temperaturas obtenidas las cuales se muestran en la *Tabla 4-1*, mientras que las evidencias de la toma de muestras se adjuntan en el *Anexo N*.



Ilustración 4-4: Toma de muestras del accesorio

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Tabla 4-1: Toma de muestras de la temperatura en el accesorio desoperculador

N° de muestra	Temperatura de referencia inicial [°C]	Temperatura entregada por el sensor [°C]	Temperatura entregada por el termómetro [°C]
1	40	40,02	40,05
2	42	42,12	42,11
3	44	44,08	44,04
4	46	46,06	46,08
5	48	48,14	48,13
6	50	50,19	50,16
7	52	52,17	52,11
8	54	54,20	54,24
9	56	56,21	56,23
10	58	58,24	58,25
11	60	60,23	60,25
12	62	62,29	62,27
13	64	64,33	64,31
14	66	66,38	66,28
15	68	68,32	68,29

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Con los datos de temperatura obtenidos se define la hipótesis nula para esta prueba, que establece que los datos de temperatura del módulo MAX6675 y del termómetro digital JR-1 siguen una distribución normal, los resultados de esta prueba se observan en la *Tabla 4-2*.

Tabla 4-2: Pruebas de normalidad de la temperatura

Temperatura obtenida	Dispositivos de medición	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
	Termocupla	0,117	15	0,200	0,967	15	0,806
Termómetro	0,118	15	0,200	0,967	15	0,818	

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Con base a la información de la *Tabla 4-2*, se toman los datos de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk debido al número de muestras y se observa que la probabilidad es mayor al nivel de significancia (5%), por lo que se acepta la hipótesis nula que conlleva que efectivamente los datos de temperatura siguen una distribución normal. La gráfica de normalidad resultante se observa en la *Ilustración 4-5*.

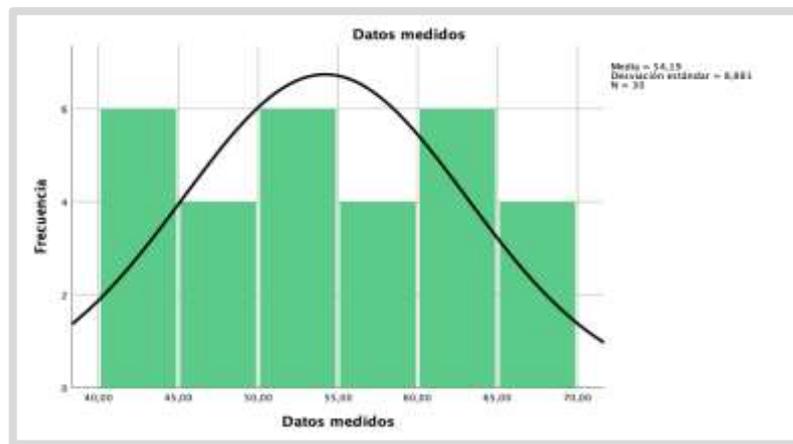


Ilustración 4-5: Gráfico de normalidad de los datos de temperatura

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Con base en los resultados de las pruebas de normalidad, se procede a realizar una prueba t-Student para las muestras independientes de temperatura para validar los datos obtenidos. En la *Tabla 4-3* se observan los resultados obtenidos en esta prueba.

Tabla 4-3: Prueba t-Student para las muestras independientes de temperatura.

Prueba t-Student para muestras independientes	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para igualdad de medias			
	F	Significancia	t	gl	Significancia	Diferencia de medias
Varianzas iguales	0,000	0,999	0,004	28	0,997	0,01200
Varianzas desiguales	–	–	0,004	28	0,997	3,30015

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Con base a la información de la *Tabla 4-3* se define la hipótesis nula para la igualdad de varianzas, que establece que las varianzas de las mediciones de temperatura tanto del módulo MAX6675 como del termómetro JR-1 son iguales. Como resultado, se observa que la probabilidad de la prueba es mayor que el nivel de significancia, por lo que se acepta la hipótesis nula para la igualdad de varianzas.

Ahora, se define la hipótesis nula para la igualdad de medias, que establece que las medias de las mediciones de temperatura tanto del módulo MAX6675 como del termómetro JR-1 son iguales, se concluye que el módulo MAX6675 está midiendo la temperatura del accesorio desoperculador de forma confiable y precisa.

4.2.2 Validación del sensor E3F-DS30P1

El objetivo de esta prueba es la validación de detección del sensor E3F-DS30P1, el mismo, cuenta con potenciómetro para regular la distancia de detección donde la mínima es de 3cm y la máxima de 30cm, se regula la distancia exactamente en 10 cm y se utiliza un calibrador digital *Neiko* como una herramienta complementaria en este proceso o mejor dicho como equipo patrón.

La integración de un calibrador añade una dimensión adicional a la evaluación de la precisión y funcionalidad del sensor, permitiendo mediciones de distancias con un alto grado de exactitud. Por otra parte, la detección del marco por parte del sensor viene dada por el envío de un dato digital de “0” o “1” donde se establece que no se ha detectado el marco o que se ha detectado el marco, respectivamente. En la *Ilustración 4-6* se puede observar el equipo patrón.



Ilustración 4-6: Calibrador digital *Neiko*

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

En la *Ilustración 4-7* se muestra la evidencia de las muestras tomadas de la distancia que logra detectar el sensor junto al calibrador. Se recolectaron un total de 10 muestras correspondientes a

la distancia detectada por el sensor y el porcentaje de detección obtenido para cada caso, los resultados se detallan en la *Tabla 4-4*.



Ilustración 4-7: Evidencia de las muestras de distancia

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Tabla 4-4: Toma de muestras de la distancia detectada por el sensor

Distancia medida [cm]	Muestras de la distancia detectada por el sensor	
	Detección del sensor	
	Detecta	No detecta
1	1	0
2	1	0
3	1	0
4	1	0
5	1	0
6	1	0
7	1	0
8	1	0
9	1	0
10	1	0
Porcentaje de detección	100 %	

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Con base en la información de la *Tabla 4-4* se observa que para cada distancia menor a 10 cm el sensor E3F-DS30P1 detecta correctamente la presencia de los marcos con un porcentaje de detección del 100 % para cada caso. Se concluye que el sensor E3F-DS30P1 detecta de manera confiable y precisa la presencia de los marcos del extractor de miel automatizado.

4.3 Validación del tiempo de extracción de miel

El objetivo de esta prueba es la verificación cuantitativa del rendimiento temporal del extractor de miel automatizado, se evalúa y confirma la eficacia y consistencia para llevar a cabo el procedimiento de extracción de miel cumpliendo con los requerimientos establecidos con un mínimo de extracción de miel de dos minutos y un máximo de 20 minutos.

Para realizar esta prueba se toma en cuenta el cronómetro del HMI el cual indica el tiempo de extracción de miel y como equipo patrón se utiliza el cronómetro digital de la aplicación móvil “Reloj” en el iPhone el cual puede medir la duración de un evento. En la *Ilustración 4-6* se muestra la evidencia de las muestras tomadas del tiempo de extracción de miel con los dispositivos.



Ilustración 4-8: Evidencia de las muestras de tiempo

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Se recolectaron un total de 15 muestras correspondientes al tiempo de extracción de miel y los resultados se detallan en la *Tabla 4-5*, mientras que las evidencias de la toma de muestras se adjuntan en el *Anexo O*.

Tabla 4-5: Toma de muestras del tiempo de extracción de miel

N° de muestra	Tiempo de referencia [min]	Tiempo en pantalla Nextion [min]	Tiempo del cronómetro [min]
1	2	2,01	2,04
2	3	3,12	3,13
3	4	4,21	4,23
4	5	5,25	5,22
5	6	6,02	6,03
6	7	7,09	7,10
7	8	8,12	8,14
8	9	9,21	9,22
9	10	10,06	10,04
10	11	11,04	11,03
11	12	12,25	12,27
12	13	13,27	13,29
13	14	14,22	14,21
14	15	15,18	15,22
15	16	16,17	16,20

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Con base en los tiempos recopilados, se formula la hipótesis nula para esta prueba, la cual postula que los datos de tiempo en pantalla de la Nextion y del cronómetro siguen una distribución normal. Los resultados de esta evaluación se detallan en la *Tabla 4-6*.

Tabla 4-6: Pruebas de normalidad del tiempo

Dispositivos para mediciones	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Muestras	Significancia	Estadístico	Muestras	Significancia
Pantalla Nextion	0,089	15	0,200	0,964	15	0,763
Cronómetro	0,089	15	0,200	0,964	15	0,761

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Según la información de la *Tabla 4-6*, se procede a analizar los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, seleccionada debido al tamaño de la muestra. Se observa que la probabilidad obtenida es superior al nivel de significancia establecido (5%). Se acepta la hipótesis nula, indicando que los datos de tiempo siguen efectivamente una distribución normal. La representación gráfica de la normalidad puede apreciarse en la *Ilustración 4-9*.

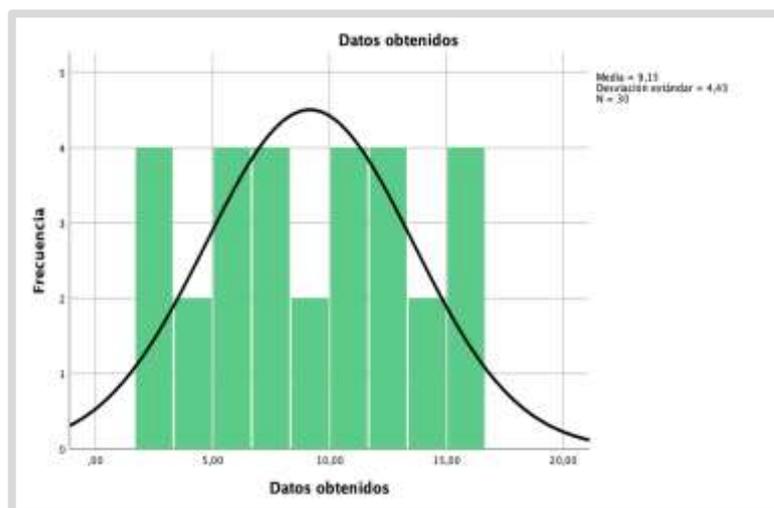


Ilustración 4-9: Gráfico de normalidad de los datos de tiempo

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

De acuerdo con los resultados de las pruebas de normalidad, se realiza una prueba t-Student para las muestras independientes de tiempo para validar los datos obtenidos. En la *Tabla 4-7* se observan los resultados obtenidos en esta prueba.

Tabla 4-7: Prueba t-Student para las muestras independientes de tiempo

Prueba t-Student para muestras independientes	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para igualdad de medias			
	F	Significancia	t	gl	Significancia	Diferencia de medias
Varianzas iguales	0,000	1,000	-0,006	28	0,995	-0,01000
Varianzas desiguales	–	–	-0,006	28	0,995	-0,01000

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Con los datos de la *Tabla 4-7*, se establece la hipótesis nula para la igualdad de varianzas y medias, indicando que las medias de tiempo, tanto de la pantalla Nextion como del cronómetro, son idénticas. Como resultado, se tiene que la medición del tiempo de extracción de la miel se realiza de manera fiable y precisa.

4.4 Medición de las velocidades producidas por el motor

El objetivo principal de esta prueba es realizar un análisis comparativo de las lecturas de velocidad en rpm obtenidas mediante el controlador de velocidad digital conectado al motor del extractor de miel automatizado. En este contexto, se utilizó el "Tacómetro RPM10" como equipo de referencia para la comparación. En la *Ilustración 4-10* se aprecia el equipo patrón para esta prueba y en el *Anexo P* la hoja de datos del mismo.



Ilustración 4-10: Tacómetro RPM 10

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

En la *Ilustración 4-11* y *Anexo Q* se presenta la evidencia de las muestras tomadas del controlador de velocidad digital en el HMI junto al tacómetro.



Ilustración 4-11: Evidencia de las muestras tomadas del controlador de velocidad digital en el HMI junto al tacómetro

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Se recolectaron un total de 15 muestras correspondientes a la velocidad del motor y los resultados se detallan en la *Tabla 4-8*.

Tabla 4-8: Toma de muestras de la velocidad del motor

N° de muestra	Velocidad en el controlador digital [RPM]	Velocidad en pantalla Nextion [RPM]	Velocidad en tacómetro [RPM]
1	100,01	100	100,01
2	140,02	140	140,04
3	200,01	200	200,02
4	260,02	260	260,01
5	300,00	300	300,02
6	350,03	350	350,01
7	400,01	400	399,97

N° de muestra	Velocidad en el controlador digital [RPM]	Velocidad en pantalla Nextion [RPM]	Velocidad en tacómetro [RPM]
8	500,02	500	500,01
9	600,01	600	600,02
10	660,01	660	660,02
11	700,03	700	700,04
12	749,98	750	750,01
13	800,02	800	800,02
14	899,99	900	899,95
15	1000,01	1000	999,98

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Con base a las velocidades recopiladas, se formula la hipótesis nula para esta prueba, la cual postula que los datos de velocidad en el controlador digital y el tacómetro siguen una distribución normal. Los resultados de esta evaluación se detallan en la *Tabla 4-9*.

Tabla 4-9: Pruebas de normalidad de la velocidad

Dispositivos para mediciones	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Muestras	Significancia	Estadístico	Muestras	Significancia
Pantalla Nextion	0,117	15	0,200	0,956	15	0,620
Tacómetro	0,117	15	0,200	0,956	15	0,620

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Según la información de la *Tabla 4-9*, se procede a analizar los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, seleccionada debido al tamaño de la muestra. Se observa que la probabilidad obtenida es mayor al nivel de significancia establecido (5%). Se acepta la hipótesis nula, indicando que los datos de tiempo siguen efectivamente una distribución normal. La representación gráfica de la normalidad puede apreciarse en la *Ilustración 4-12*.

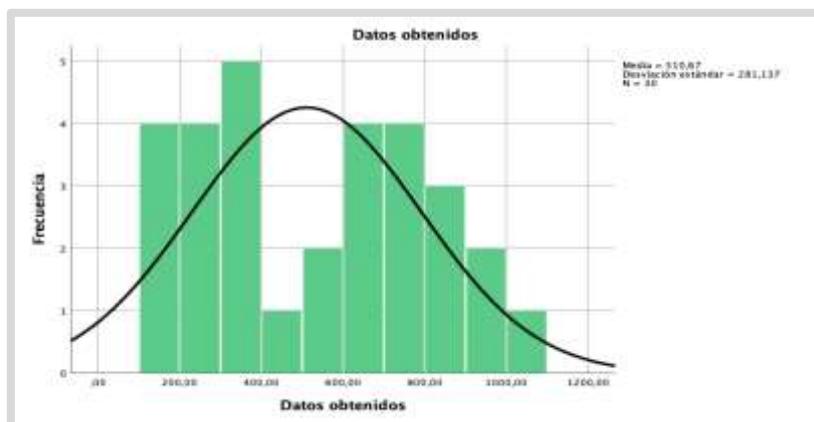


Ilustración 4-12: Gráfico de normalidad de los datos de velocidad

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

De acuerdo con los resultados de las pruebas de normalidad, se realiza una prueba t-Student para las muestras independientes de velocidad para validar los datos obtenidos. En la *Tabla 4-10* se observan los resultados obtenidos en esta prueba.

Tabla 4-10: Prueba t-Student para las muestras independientes de velocidad

Prueba t-Student para muestras independientes	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para igualdad de medias			
	F	Significancia	t	gl	Significancia	Diferencia de medias
Varianzas iguales	0,000	1,000	0,000	28	1,000	-0,00867
Varianzas desiguales	–	–	0,000	28	1,000	-0,00867

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Con los datos de la *Tabla 4-10*, se establece la hipótesis nula para la igualdad de varianzas y medias, indicando que las medias de velocidad, tanto de la pantalla Nextion como del tacómetro, son idénticas. Como resultado, se tiene que la medición de velocidad del motor para la extracción de la miel se realiza de manera fiable y precisa.

4.5 Estabilidad de sensores

El objetivo de esta prueba es verificar la precisión de los sensores incorporados en el extractor de miel automatizado. La precisión de estos sensores es crucial para garantizar la fiabilidad de las mediciones y el desempeño efectivo del equipo en el proceso de extracción de miel.

4.5.1 Estabilidad del módulo MAX6675

El objetivo de esta prueba es verificar el comportamiento del módulo MAX6675 durante un periodo de tiempo bajo las mismas condiciones ambientales.

Se obtiene 10 muestras del valor de temperatura, la fecha y hora de inicialización con un intervalo de 15 segundos por cada medición. En la *Tabla 4-11* se observan los datos obtenidos.

Tabla 4-11: Prueba de estabilidad del módulo MAX6675

Muestras	Fecha / Hora	Temperatura medida [°C]
1	21-01-2024/ 17:00:00	24,9
2	21-01-2024/ 17:00:15	25
3	21-01-2024/ 17:00:30	25
4	21-01-2024/ 17:05:00	24,8

Muestras	Fecha / Hora	Temperatura medida [°C]
5	21-01-2024/ 17:05:15	25
6	21-01-2024/ 17:05:30	25
7	21-01-2024/ 17:05:45	24,9
8	21-01-2024/ 17:07:00	25,1
9	21-01-2024/ 17:07:15	25
10	21-01-2024/ 17:08:00	25

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Con base a la información de la *Tabla 4-11*, se observa que, durante el intervalo de 15 segundos establecido, las mediciones de temperatura no varían significativamente, llegando a un error máximo de 0,01 y con un porcentaje de confiabilidad de 99,88 % que es bastante aceptable estadísticamente, por lo que, las mediciones de temperatura con el módulo MAX6675 son estables y precisas.

4.6 Análisis descriptivo del tiempo de arranque del extractor de miel automatizado

El objetivo de esta prueba es validar los comportamientos temporales asociados con el inicio y puesta en funcionamiento del extractor de miel automatizado, como el tiempo requerido para alcanzar la operación óptima desde el momento de encendido. Las mediciones se realizaron utilizando un cronómetro, y dado que los tiempos eran muy similares entre sí, se tomaron 10 muestras. En la *Tabla 4-12* se encuentran los datos obtenidos.

Tabla 4-12: Muestra del tiempo de arranque del extractor de miel automatizado

Muestra	Tiempo de arranque en segundos
1	4,25
2	4,31
3	4,32
4	4,23
5	4,30
6	4,40
7	4,22
8	4,25
9	4,30
10	4,28

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Con base a la información de la *Tabla 4-11*, se observa que, para cada muestra, el tiempo de arranque se establece en 4,30 segundos aproximadamente, tomando este valor como referencia, se obtiene el promedio de todas las muestras obtenidas y posteriormente se obtiene su porcentaje

de confiabilidad, que tiene un valor de 99,67 %, el cual, es bastante aceptable estadísticamente. Por lo que, se concluye que el tiempo de arranque máximo del extractor de miel automatizado es de 4,40 segundos.

4.7 Consumo energético del extractor de miel automatizado

El propósito de esta prueba es establecer el consumo de energía real del extractor de miel automatizado tanto en estado inactivo como activo.

La medición del consumo energético se lleva a cabo utilizando un amperímetro. Se comienza midiendo el amperaje del circuito electrónico dentro del panel de control del extractor de miel automatizado en estado inactivo, es decir, sin ninguna carga. Luego, se procede a encender los componentes electrónicos y de alta potencia para calcular la suma de sus consumos y obtener el total de corriente consumida.

Las evidencias correspondientes a las pruebas realizadas se encuentran en el *Anexo R* y en la *Tabla 4-13* se presentan los resultados obtenidos de las pruebas de consumo energético.

Tabla 4-13: Consumo energético del extractor de miel automatizado

Componentes	Estado inactivo [mA]	Estado activo [mA]
Circuito electrónico y HMI	0	240,30
Motor	135,87	558,10
Accesorio desoperculador	140,50	650,24
Total	276,37	1448,64

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

De acuerdo con la *Tabla 4-13* el consumo total en estado inactivo es de 276,37mA y de 1448,64mA en estado activo, si al valor máximo del consumo energético lo multiplicamos por el voltaje (220V) obtenemos la potencia en Watts para proceder a calcular el consumo eléctrico en kWh presentado en la *Ecuación 4-1*.

$$kWh = Potencia * Tiempo \quad (4-1)$$

$$kWh = 0,31856kW * 5h = 1,598$$

La tarifa residencial por el consumo de energía es de 10,4 centavos el kWh, si se lo multiplica por el consumo eléctrico obtenido de la *Ecuación 4-1* el costo de utilizar el extractor de miel automatizado durante 5 horas sería aproximadamente 16,6 centavos.

Según la información proporcionada por el Programa de Rehabilitación de Redes Eléctricas de Ecuador, un aparato electrónico que podría consumir alrededor de 320 Watts es un televisor de pantalla grande o una computadora de alto rendimiento que comparado con el extractor de miel automatizado presenta el mismo consumo.

4.8 Prueba de funcionamiento y usabilidad

Luego de las pruebas de validación, se realiza esta prueba con el objetivo de comprobar el correcto funcionamiento del extractor de miel automatizado desarrollado. En la parroquia de Licán, en la apícola “Rincón andino” se corresponde a efectuar las respectivas pruebas con ayuda de expertos en el área.

Con ayuda del apicultor se extrae la colmena que contenga los marcos llenos de miel y se trasladada al área de extracción donde se lleva a cabo primero el proceso de desoperculado, se empieza por sacar los marcos de la colmena y colocarlos en el banco desoperculador. En la *Ilustración 4-13* se observa el proceso correspondiente.

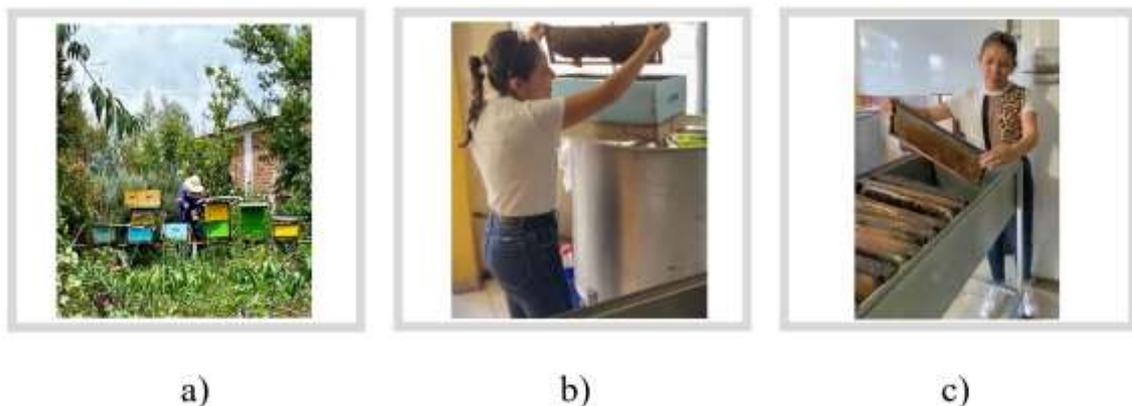


Ilustración 4-13: Proceso de: a) extracción de colmena, b) extracción de marcos, c) banco desoperculador

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Para el desoperculado se ha añadido un accesorio, donde su configuración se realiza a través del panel de control del extractor de miel automatizado permitiendo al apicultor configurar la temperatura para sacar la cera que cubre el marco y la miel de manera sencilla. En la *Ilustración 4-14* se observa el proceso correspondiente.



a)

b)

c)

Ilustración 4-14: Proceso de desoperculado a) configuración de temperatura, b) desoperculación del marco, c) marco listo para extracción

Una vez listos los marcos desoperculados, se procede a configurar en el panel de control del extractor de miel automatizado el número de marcos a insertar dentro del mismo para la extracción correspondiente de la miel. En la *Ilustración 4-15* se observa la introducción de los marcos en el extractor de miel automatizado.



Ilustración 4-15: Introducción de marcos en el extractor de miel automatizado

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Una vez insertados los marcos dentro del extractor de miel automatizado se procede a configurar el tiempo de extracción, para esta prueba fueron 10 minutos de extracción, de los cuales 5 minutos se realizó en sentido horario y el restante en sentido antihorario, mientras que la velocidad del motor se estableció a la potencia máxima. Se espera el tiempo establecido y se aprecia la miel extraída de los marcos dentro del equipo. En la *Ilustración 4-16* se observa el proceso de extracción de miel.

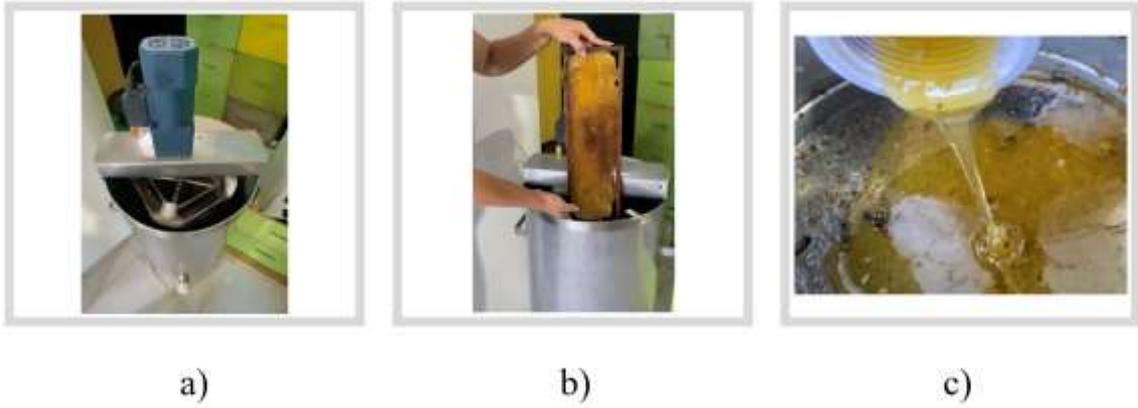


Ilustración 4-16: Proceso de: a) centrifugado de miel, b) extracción de marcos, c) extracción de miel

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Para la prueba de usabilidad se empieza con el encendido del prototipo con el selector de encendido como se observa en la *Ilustración 4-17*.



Ilustración 4-17: Encendido del extractor de miel automatizado.

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Una vez encendido el extractor de miel automatizado se muestra la ventana principal donde se puede elegir las configuraciones del prototipo como calentar y centrifugar en nuevas ventanas como se muestra en la *Ilustración 4-18*.



Ilustración 4-18: Ventana principal

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Después de ingresar a la configuración del prototipo en este caso calentar, se abre una ventana que permite agregar la temperatura del accesorio desoperculador mediante un teclado numérico y escoger el número de marcos que se van a introducir en el extractor de miel automatizado. En la *Ilustración 4-19* se muestra el proceso de configuración y usabilidad.

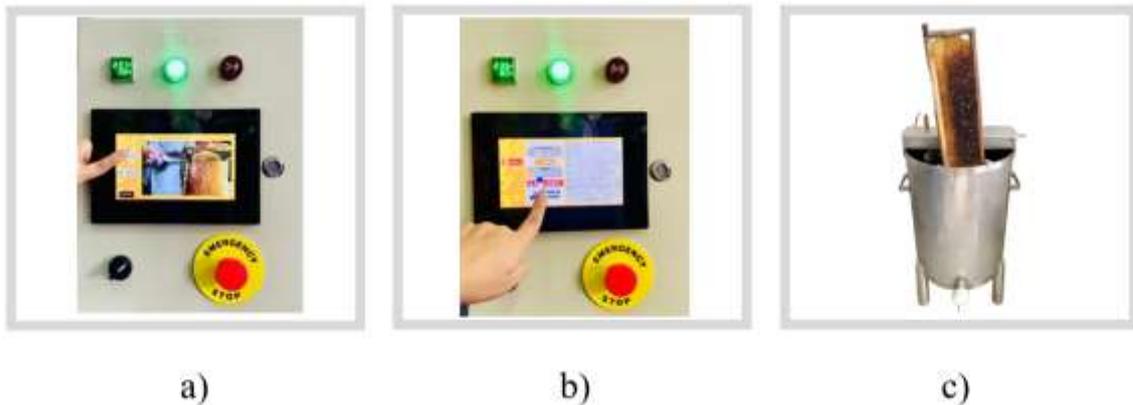


Ilustración 4-19: Proceso de configuración y usabilidad a) ventana principal, b) ventana de calentamiento e introducción de marcos, c) introducción y detección de marcos.

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Luego de configurar el calentamiento del accesorio desoperculador e introducción de los marcos, se escoge la configuración de centrifugar donde se abre una nueva ventana la cual permite ingresar el tiempo de extracción de la miel mediante un teclado numérico y la velocidad de extracción mediante un slider. Finalmente se presiona el botón de girar para empezar con el proceso como se muestra en la *Ilustración 4-20*.

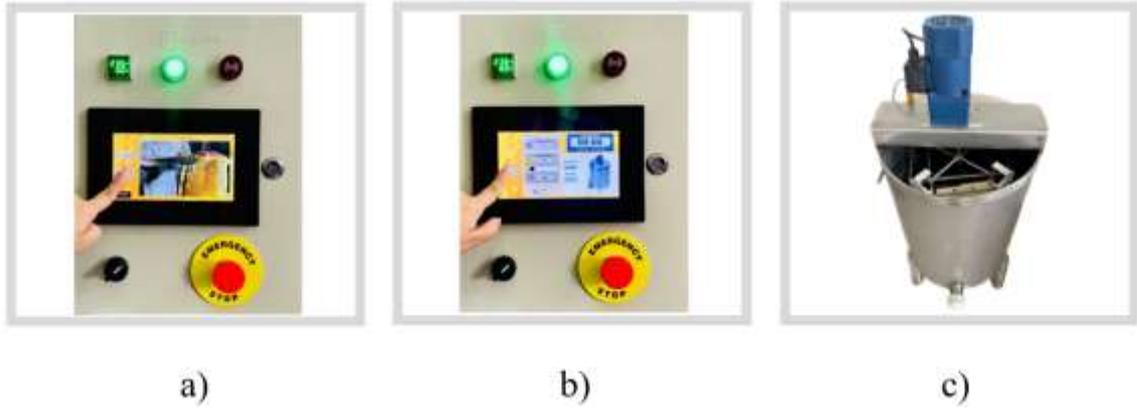


Ilustración 4-20: Proceso de configuración y usabilidad a) ventana principal, b) ventana de centrifugado, c) proceso de extracción.

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

En la *Ilustración 4-21* se muestra la miel extraída después de configurar correctamente los parámetros mencionados con anterioridad.



Ilustración 4-21: Extracción de miel

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Una vez realizadas las pruebas de funcionamiento y usabilidad, se comprueba de manera exitosa que el extractor de miel automatizado, presenta facilidad de uso, su manejo es sencillo e intuitivo y cumple con los requerimientos establecidos. Por opinión del experto en apicultura el prototipo además de ser una propuesta innovadora, facilita y simplifica los tiempos de extracción de miel reduciendo la supervisión constante del apicultor, así mismo, permite escoger la velocidad de centrifugado de la miel y de esta manera conservar los marcos sin presentar daños, también permite el posicionamiento correcto de los mismos dentro del equipo. Esto se comprueba en el

Anexo S que es la certificación por parte de expertos en apicultura y en el Anexo T las evidencias de funcionamiento.

4.9 Análisis económico del extractor de miel automatizado

En la *Tabla 4-15* se presentan los costos totales requeridos para el desarrollo y ensamble del extractor de miel automatizado, el costo de cada elemento se detalla y corresponden a su compra en Ecuador. Se consideran todas las obras de ingeniería aplicadas durante el desarrollo del extractor de miel automatizado, que incluyen: programación de la tarjeta de desarrollo ESP32, programación de la pantalla Nextion, implementación de los componentes físicos y circuitos electrónicos y, por último, diseño estructural de los planos del extractor automatizado junto con el panel de control. En la *Tabla 4-14* se detallan las obras de ingeniería antes mencionadas.

Tabla 4-14: Obras de ingeniería

N° de obra	Detalle	Costo
1	Programación de tarjeta de desarrollo ESP32	\$68,50 – \$0,24 / cada línea
2	Programación de pantalla Nextion	\$ 50 – \$0,45 / cada interfaz
3	Implementación de placa PCB	\$ 20
4	Diseño de planos estructurales	\$ 20
5	Implementación de todos los componentes	\$ 20
Total		\$ 178,50

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Tabla 4-15: Análisis económico del extractor de miel automatizado

Cantidad	Componente electrónico	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
1	ESP32	\$12,00	\$12,00
1	Módulo MAX6675	\$9,40	\$9,40
1	Pantalla Nextion NX8048P070-011C-Y	\$145,00	\$145,00
1	Sensor E3F-DS30P1	\$13,36	\$13,36
1	Motor eléctrico czerweny	\$107,65	\$107,65
1	Relé SSR-25DA	\$10,00	\$10,00
1	Controlador de velocidad digital Wanshsin	\$20,00	\$20,00
1	Fuente AC-DC 220V-5V	\$33,00	\$33,00
1	Voltímetro/Amperímetro	\$9,90	\$9,90
2	Módulo relé	\$2,35	\$4,70
2	Breaker	\$25,00	\$50,00
1	Buzzer	\$0,50	\$0,50
1	Switch	\$2,50	\$2,50

Cantidad	Componente electrónico	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
1	DAC MCP4725	\$9,00	\$9,00
1	Diseño estructural	\$550,00	550,00
–	Obras de ingeniería	\$65,70	\$178,50
	Otros	\$80,00	\$80,00
Valor total		\$1235,51	

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

Con base a la información de *Tabla 4-15* se observa que el costo total de la implementación es de 1235,51 dólares americanos (USD). Con este valor obtenido se elabora la *Tabla 4-16* que presenta la relación costo-beneficio entre el extractor de miel automatizado y un extractor de miel comercial “6C” que presenta características similares.

Tabla 4-16: Comparativa entre el extractor de miel automatizado y el extractor “6C”

Características	Extractor de miel automatizado	Extractor “6C”
Eléctrico	Si	Si
Panel de control	Manual/Automático	Manual
Número de marcos	4	6
Volteje de funcionamiento	220V	220V
Tipo de extractor	Tangencial	Tangencial
Pantalla HMI	Si	No
Indicadores	Si	Si
Material	Acero inoxidable 304	Acero inoxidable 304
Sentido de giro	Horario/Antihorario	Horario
Posicionamiento de marcos	Semiautomático	Manual
Accesorio desoperculador	Si	No
Costo	1,235.51	2,521.53

Realizado por: Sandoval L., Cornejo B., 2024

De la comparativa realizada en la *Tabla 4-16* se puede apreciar que el equipo comercial comparado presenta deficiencia en sus características a comparación con el extractor de miel automatizado. Al tomar en cuenta los costos, se observa una diferencia del 51,00%. Esto determina que, el prototipo es más económico y posee características superiores lo que lo convierte en un dispositivo dirigido a apicultores exigentes y profesionales, debido a que entre sus beneficios esta la optimización de tiempos de producción, fácil manejo, incremento de productividad y un bajo consumo energético.

Estos resultados indican mayor competitividad en comparación con diferentes extractores comerciales tanto manuales como automáticos.

CONCLUSIONES

Se diseñó y construyó un equipo electrónico de supervisión y control para la extracción de miel por medio de centrifugado con suministro eléctrico de 220V, en el que es posible regular la velocidad, tiempo de extracción, sentido de giro, posicionamiento de marcos y controlar la temperatura de un accesorio desoperculador. Todos estos parámetros serán configurados y visualizados mediante una pantalla HMI.

Según las pruebas de validación del módulo MAX6675, el tiempo de extracción de miel y las pruebas de medición de las velocidades producidas por el motor se determinó que los datos obtenidos siguen una distribución normal con el método de Shapiro Wilk, esto indica que cada uno de los elementos elegidos trabaja de forma confiable y precisa.

De acuerdo con la prueba de validación del sensor E3F-DS30P1 dentro del prototipo, se determinó que no existe un error de detección, mediante el método estadístico porcentual, por lo cual el sensor tiene un 100% de efectividad y precisión en su función del posicionamiento de los marcos de miel.

A partir de las pruebas realizadas del consumo energético del extractor de miel automatizado, se determinó que a pesar de que se conecta a la red eléctrica de 220 V una línea considerada para equipos industriales, su costo KWh es 16,6 centavos en un tiempo de cinco horas, lo que indica que su consumo energético es económico.

A partir de las pruebas de funcionamiento y usabilidad, junto con un experto en el área se pudo comprobar que el extractor de miel automatizado trabaja de forma correcta, su manejo es sencillo e intuitivo y cumple con los requerimientos establecidos. Además de ser innovador, facilita y simplifica los tiempos de extracción de miel reduciendo la supervisión constante del proceso permitiendo al apicultor realizar otro tipo de actividades, así mismo, permite controlar la velocidad de centrifugación de la miel y el posicionamiento correcto de los marcos.

De acuerdo al análisis económico realizado para el diseño e implementación del extractor de miel automatizado, se determinó que el costo del prototipo es 51,00% más económico que el extractor de miel 6C de Inox, presentando mejores características. Estos resultados indican una mayor competitividad en comparación con extractores de miel comerciales manuales y automáticos.

RECOMENDACIONES

Extender el tiempo para la realización de pruebas con el objetivo de mejorar el diseño del extractor de miel automatizado, puesto que el tiempo establecido al presente trabajo de integración curricular es muy corto.

Involucrar un grupo especializado en el área de diseño industrial con la finalidad de mejorar la estructura para optimizar el proceso de extracción e integrar un filtro en la válvula del extractor de miel automatizado y lograr mayor inocuidad en la miel.

Para investigaciones futuras, se puede ampliar el tema de estudio integrando un control de temperatura dentro del tanque para favorecer la fluidez de la miel al momento de extracción y preservar sus nutrientes.

Integrar una línea a 110V para asegurar la compatibilidad y seguridad del equipo mediante la implementación de un transformador adecuado y la verificación de que todos los componentes internos sean capaces de manejar la nueva tensión y generar patentes del extractor de miel automatizado alentar el emprendimiento local.

BIBLIOGRAFÍA

1. **AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO.** *Buenas Prácticas Apícolas.* Guía de Buenas Prácticas Apícolas, 2015.
2. **AGROCALIDAD.** *Programa Nacional Sanitario Apícola.* <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu166394anx.pdf> [en línea], 2016a.
3. **AGROCALIDAD.** *Programa Nacional Sanitario Apícola.* <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu166394anx.pdf> [en línea], 2016b.
4. **AKINNULI B. et al.** Design, Fabrication and Performance Evaluation of an Indigenous Honey Extractor. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences*, vol. 4, no. 1, (2013), ISSN 2141-7016.
5. **AKINNULI B. et al.** Development of Pedal Operated Honey Extractor. *British Journal of Applied Science & Technology*, no. 2, (2016), ISSN 2231-0843. DOI 10.9734/BJAST/2016/23529.
6. **APICULTURAS.ORG.** *Cómo Hacer Marcos De Colmena Langstroth.* Acerca de los marcos de colmena Langstroth [en línea], 2016. [Consulta: 24 noviembre 2023]. Disponible en: <https://apiculturas.org/como-hacer-marcos-de-colmena-langstroth/>.
7. **ARDUINO FORUM.** *Separar cadena String por «,» - Español / Software.* [en línea], 2019. [Consulta: 20 febrero 2024]. Disponible en: <https://forum.arduino.cc/t/separar-cadena-string-por/624275>.
8. **ARDUINO REFERENCE.** *Adafruit MCP4725.* [en línea], 2024a. [Consulta: 20 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/adafruit-mcp4725/>.
9. **ARDUINO REFERENCE.** *MAX6675 library.* [en línea], 2024b. [Consulta: 20 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/max6675-library/>.
10. **ARDUINO REFERENCE.** *Wire.* [en línea], 2024c. [Consulta: 20 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/communication/wire/>.
11. **ARDUINO.CL.** *Arduino Mega 2560.* [en línea], 2021. [Consulta: 21 octubre 2023]. Disponible en: <https://arduino.cl/producto/arduino-mega-2560/>.
12. **ASAMBLEA NACIONAL DE ECUADOR.** *Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación*, 2016.
13. **ASTORGA LÓPEZ ÁNGEL.** *Desarrollo de una solución móvil basada en NFC para el seguimiento de colmenas* [en línea]. Universidad de Tarapacá. 2019. [Consulta: 21 octubre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.cl/jspui/handle/123456789/680>.
14. **AUTODESK INC.** *EAGLE / Fusion 360. What is EAGLE?* [en línea], 2023. [Consulta: 9 junio 2023]. Disponible en: <https://www.autodesk.com/products/eagle/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>.

15. **BLAS MARTIN TERESA.** *Dinámica de una partícula- Fuerzas de inercia.* Universidad Politécnica de Madrid [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 21 octubre 2023]. Disponible en: <https://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfisica/dinam1p/finercia.html>.
16. **BONNET.** *Clasificación de los Aceros Inoxidables.* [en línea], 1967. [Consulta: 21 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.bonnet.es/clasificacionacerinox.pdf>.
17. **CABRERA JOSÉ.** *La Apicultura en el Ecuador: Antecedentes Históricos.* [en línea], 2018. [Consulta: 21 octubre 2023]. Disponible en: https://www.academia.edu/43146373/La_Apicultura_en_el_Ecuador.
18. **CANDO CANDO TONY EVAIR & MURILLO RIVERA JOSE DANIEL.** *ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UN MOTOR ASÍNCRONO.* Latacunga– Ecuador, 2023.
19. **CANDO TIERRA DAVID MIGUEL & JARAMILLO RODAS ÁNGEL ANDRES.** *Diseño de una centrifugadora de miel de tipo radial automática con un banco de decantación para los procesos de extracción y filtrado de apiarios provenientes de la provincia del Guayas.* Guayaquil-Ecuador. 2016.
20. **CANTADOR PALOMO JESUS ANTONIO.** *Control de un sistema de regulación de temperatura usando un autómatas programable y una pantalla HMI.* S.l.: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla, 2019.
21. **CARRILLO LÓPEZ FRANKLIN HERNÁN. et al.** Influencia de la altura en el rendimiento operativo de los motores eléctricos. *Polo del Conocimiento* [en línea], 2022, vol. 7, no. 5, DOI 10.23857/pc.v7i5.3958. Disponible en: <http://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es>.
22. **CODEX STAN 12-1981.** CODEX NORMA PARA LA MIEL, [sin fecha].
23. **COORDINACIÓN GENERAL DE GANADERÍA.** *Manual Básico de Apícola.* 2016.
24. **CORONA APICULTORES.** *Colmena Langstroth.* [en línea], 2013. [Consulta: 24 noviembre 2023]. Disponible en: https://coronaapicultores.blogspot.com/2013_11_19_archive.html.
25. **EXTRACTORDEMIEL.ES.** *Extractor miel Logar.* [en línea], 2019. [Consulta: 5 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.extractordemiel.es/4-cuadros-extractor-de-miel-reversible-110w-motor-automatico-barril-63-cm>.
26. **FALQUEZ CHÁVEZ JUAN CARLOS.** “*Factibilidad de la actividad de producir y comercializar miel de abeja en la ciudad de Guayaquil*”. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador. 2014.
27. **FRACTTAL TECH S.L.** *Sensores de mantenimiento y la necesidad del IoT.* [en línea], 2023. [consulta: 29 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.fracttal.com/es/blog/sensores-de-mantenimiento-y-iot>.
28. **GEEK FACTORY.** *MAX6675 módulo interfaz para termopar tipo K.* [en línea], 2019. [Consulta: 28 diciembre 2023]. Disponible en:

<https://www.geekfactory.mx/tienda/modulos/max6675-modulo-interfaz-para-termopar-tipo-k/>.

29. **GUTIÉRREZ MARLLELIS y ITURRALDE SADI ARMANDO.** *Fundamentos Básicos de Instrumentación y Control*. Santa Elena. 2017.
30. **HENAN MULTI-SWEET BEEKEEPING TECHNOLOGY CO Ltd.** *Multi-Sweet Group*. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 5 noviembre 2023]. Disponible en: <https://beesculture.com/product/extractor-electrico-de-miel-de-6-marcos/>.
31. **HIDROAL.** *Motor Eléctrico Alto Par 0.5 Hp*. [en línea], 2021. [Consulta: 10 diciembre 2023]. Disponible en: https://www.hidroal.com/MLA-874492515-motor-electrico-alto-par-05-hp-1500rpm-czerweny-monofasico-_JM.
32. **IKISS J.** *SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS CON ESP32*, 2020.
33. **INDUSTRIAS GSL.** *Sensor de luz*. [en línea], 2021. [Consulta: 20 febrero 2024]. Disponible en: https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/sensor_de_luz.
34. **INSUASTY SANTACRUZ EFRÉN. et al.** *Identificación de flora y análisis nutricional de miel de abeja para la producción apícola*. Biotecnología en el Sector Agropecuario [en línea], 2016. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/455/601>.
35. **IVARS JOSHUA.** *Qué extractor de miel elegir* [en línea], 2017. [Consulta: 21 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.latiendadelapicultor.com/blog/que-extractor-de-miel-elegir-tipos-y-modelos/>.
36. **JORDI BESORA MAGEM.** *COLMENA Y PORTANÚCLEO LANGSTROTH*. Lima, 2015.
37. **KALATEC AUTOMACAO.** *WANSHSIN SPEED CONTROLLER INSTALLATION INSTRUCTION*, 2019.
38. **MARIANO ESCUDERO S.L.** *EXTRACTOR INOX. RADIAL 40 C/ LANGSTROTH AUTOMATICO*. [en línea], 2016. [Consulta: 5 noviembre 2023]. Disponible en: <https://marianoescudero.com/producto/extractor-inox-radial-40-c-langstroth-automatico/>.
39. **MENDEHALL, W. et al.** *Introducción a la probabilidad y estadística*. [en línea], 2010. México D.F.: Disponible en: <http://latinoamerica.cengage.com>.
40. **MERCADO MERCADO ÁNGEL DAVID.** *Centrifugación*. [en línea], 2014. [Consulta: 21 octubre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/eeb5d044-5097-4dac-9e63-b77f214e9b9e/content>.
41. **MERELO BAJAÑA.** *Diagnóstico de las actividades de extracción, producción y comercialización de la miel de abejas en la provincia del Guayas* [en línea]. Universidad de Guayaquil. Guayaquil. 2021. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/55770>.

42. **MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA.** *Ecuador tiene 1760 apicultores registrados.* [en línea], 2018a. [Consulta: 21 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-tiene-1760-apicultores-registrados/>.
43. **MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA.** *Ecuador tiene 1760 apicultores registrados.* [en línea], 2018b. [Consulta: 21 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-tiene-1760-apicultores-registrados/>.
44. **MOUTEIRA MARÍA CECILIA.** *Características del Proceso de Extracción de Miel.* vol. 13, 2014. ISBN 978-950-34-0987-9.
45. **NARANJAS DEL CARMEN.** *Blog de agricultura y apicultura.* [en línea], 2016. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.naranjasdelcarmen.com/blog/el-exprimidor/2016/09/21/de-la-colmena-a-tu-casa-proceso-de-produccion-de-miel/>.
46. **NAYLAMP MECHATRONICS.** *Transmisor MAX6675.* [en línea], 2020. [Consulta: 28 diciembre 2023]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/331-transmisor-max6675-para-termocupla-k.html>.
47. **NEXTION.** *NX8048P070-011C-Y. Nextion Models* [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 3 diciembre 2023 a]. Disponible en: <https://nextion.tech/datasheets/nx8048p070-011c-y/>.
48. **NEXTION.** *The Nextion Editor Guide. Guia de usuario Nextion* [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 26 diciembre 2023 b]. Disponible en: https://nextion.tech/editor_guide/.
49. **NTE INEN 1572.** *Miel de Abeja Requisitos.* [en línea], 2016. [Consulta: 22 octubre 2023]. Disponible en: <https://docplayer.es/220678657-Nte-inen-1572-primera-revision.html>.
50. **ORÚS ABIGAIL.** *Principales países productores de miel a nivel mundial en 2021.* [en línea], 2021. [Consulta: 21 octubre 2023]. Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/612365/principales-paises-productores-de-miel-a-nivel-mundial/>.
51. **PADIAL JUAN.** *Acero inoxidable en utensilios de cocina.* [en línea], 2022. [Consulta: 21 octubre 2023]. Disponible en: https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/acero-inoxidable-utensilios-cocina/#Categorias_generales_de_acero_inoxidable.
52. **PANCHANA SALINAS RICARDO ANDRÉS & VILLALONGA ÁVILA LUIS ADOLFO.** *Diseño y construcción de módulos para sensores de proximidad y transductores de temperatura del laboratorio de instalaciones industriales.* Guayaquil, 2020.
53. **RHYDOLABZ.** *2-Channel 12V Relay Module With Opto Isolated Input.* [en línea] , [sin fecha]. [Consulta: 28 diciembre 2023]. Disponible en: https://www.rhydolabz.com/hardwares-relays-c-170_182/2channel-12v-relay-module-with-opto-isolated-input-p-2581.html.
54. **RIOS QUISPE FREDY VLADIMIR.** *“ANÁLISIS DE ESTABILIDAD TRANSITORIA EN MEDIA TENSIÓN DURANTE EL ARRANQUE POR AUTOTRANSFORMADOR DE UN MOTOR SÍNCRONO DE 4800 HP, 4.16 KV”.* UNIVERSIDAD NACIONAL SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA. Arequipa-Lima. 2015.

55. **RIVERA MORALES JOSÉ ANTONIO.** *ESP32 Características y pines.* [en línea], 2022. [Consulta: 2 diciembre 2023]. Disponible en: <https://pasionelectronica.com/esp32-caracteristicas-y-pines/>.
56. **ROBALINO VÁSCONEZ JOSÉ ANDRÉS.** *Análisis de los Costos de Producción de la Miel de Abeja en Ecuador.* UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ. Quito. 2017.
57. **ROBOCHIP.** *Sensor de proximidad fotoeléctrico Infrarrojo E3F-DS30P1.* Sensor de proximidad [en línea], 2019. [Consulta: 3 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.robochip.net/product-page/sensor-de-proximidad-fotoel%C3%A9ctrico-infrarrojo-e3f-ds30p1>.
58. **RUSTOM ANTONIO.** *Estadística Descriptiva, Probabilidad e Inferencia.* Santiago de Chile: s.n. 2012.
59. **SANCHEZ LANA MARCELO.** *DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA MAQUINA CENTRIFUGA AUTOMATIZADA PARA EXTRACCION DE MIEL.* Pontificia Universidad Católica de Ecuador. Ambato-Ecuador. 2008.
60. **SANCHEZ VASQUEZ, J.A. et al.** *BOVEDA DE SEGURIDAD PROGRAMABLE CON PANTALLAS HMI,* 2011.
61. **SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN INEN.** *Revisión de la NTE INEN 1572 de Miel de Abeja.* [en línea], 2021. [Consulta: 10 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/mediante-comite-tecnico-se-aprobo-la-revision-de-la-nte-inen-1572-de-miel-de-abeja-requisitos/>.
62. **SHARVIELECTRONICS.** *2 Channel 12V Relay Board Module With Optocoupler.* [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 28 diciembre 2023]. Disponible en: <https://sharvielectronics.com/product/2-channel-12v-relay-board-module-with-optocoupler/>.
63. **SIGMA ELECTRÓNICA.** *SSR-25DA. Relé de estado sólido* [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 28 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.sigmaelectronica.net/producto/ssr-25da/>.
64. **SISTEMAS MULTIMEDIA.** *INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS MULTIMEDIA PARA FORMACIÓN,* 2015.
65. **SOLÉ ROBERTO.** *Raspberry Pi.* [en línea], 2021. [Consulta: 21 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.profesionalreview.com/2021/07/18/que-es-raspberry-pi/>.
66. **SPIEGEL, M.R. & STEPHENS, L.J.** *Estadística.* 4º Edición, 2009. México D.F.: Mc Graw Hill.
67. **SRC – SISTEMAS DE REGULACIÓN Y CONTROL.** *Tipos de sensores de temperatura y sus diferencias.* Especialistas en control y regulación de temperatura [en línea], 2023. [Consulta: 29 octubre 2023]. Disponible en: <https://srcsl.com/tipos-sensores-temperatura/>.

68. **TELEVISOR WIKI.** *NX8048P070-011C-Y Pantalla capacitiva.* [en línea], 2019. [Consulta: 3 diciembre 2023]. Disponible en: <https://televisor.wiki/uncategorized/pantalla-inteligente-nx8048p070-011c-y-pantalla-capacitiva-de-7-pulgadas/#caracteristicas>.
69. **TRES D PRINT TECH.** *ESP32 NodeMCU-32 BT+WiFi.* [en línea], 2018. [Consulta: 2 diciembre 2023]. Disponible en: <https://tresdprinttech.com/es/tarjetas-serie-esp/367-esp32-nodemcu-btwifi-puerto-antena-externa-38-pines-7503040256367.html>.
70. **ULLOA ARMANDO. et al.** *La miel de abeja y su importancia.* Revista Fuente, 2011.
71. **VIVANCO, I.M et al.** *El mercado de la producción de miel de abeja en la provincia del Guayas.* Revista Espacios [en línea], 2020, vol. 41, no. 29. [Consulta: 10 noviembre 2023]. ISSN 0798-1015. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com>.



ANEXOS

ANEXO A: HOJA DE DATOS DE LA TARJETA DE DESARROLLO ESP32

1. OVERVIEW

ESP32-WROOM-02 (ESP-WROOM-02) is a powerful, general purpose, Wi-Fi/BT+BLE MCU module that targets a wide variety of applications, ranging from low power sensor networks to the most demanding tasks, such as video streaming, music streaming and MP3 decoding.

At the core of this module is the ESP32-D0WQ01 chip¹. The chip is embedded and designed to be available and adaptable. There are two CPU cores that can be individually controlled, and the clock frequency is adjustable from 80 MHz to 240 MHz. The user can also power off the CPU and make use of the low power or proximity to constantly monitor the peripherals for changes or processing of fresh data. ESP32 integrates a full set of peripherals, ranging from analogue touch sensors, RGB sensors, SD card interface, Ethernet, high speed SPI, UART, I2C and I3C.

Note
¹For details of the pin-out of the ESP32 series, please refer to the document [ESP32 Pin List](#).

The integration of Bluetooth, Bluetooth LE and Wi-Fi means that a wide range of applications can be targeted, and that the module is future proof: using Wi-Fi allows a large physical range and direct connection to the internet through a Wi-Fi router, while using Bluetooth allows the user to conveniently connect to the phone or broadcast low energy beacons for its detection. The sleep current of the ESP32 chip is less than 1 µA, making it suitable for battery powered and wearable electronics applications. ESP32 supports a data rate of up to 150 Mbps and 20.5 dBm output power at the antenna to ensure the widest physical range. As such the chip does offer industry leading specifications and the best performance for wireless integration: range, power consumption and connectivity.

The operating system chosen for ESP32 is Espressif's own ESP8266 with LWIP, TLS 1.2 with hardware acceleration built in as well. Secure bootload over the air (OTA) approach is also supported, so that developers can continually upgrade their products over the air.

Table 1 provides the specifications of ESP32-WROOM-02 (ESP-WROOM-02).

Table 1: ESP32-WROOM-02 (ESP-WROOM-02) Specifications

Category	Item	Specification
Certification	RF certification	FCC/CE/UK/TEL/CCC/SW/CAN/CCC
	SD-PN certification	Wi-Fi Alliance
	Bluetooth certification	BSM
	Green certification	RoHS/REACH
Wi-Fi	Protocol	802.11 b/g/n/802.11n up to 150 Mbps
	Frequency range	2.4 GHz (and 5 GHz) aggregation and 0.4 µs guard interval support
Bluetooth	Protocol	Bluetooth v4.2 BR/EDR and BLE specification
	Radio	RFIC receiver with 3T offset sensitivity
	Radio	Class 1, class 2 and class 3 transmitter
	Radio	BLE
	Radio	Class 2 and BLE

Espressif Systems | 1 | ESP-WROOM-02 Datasheet V2.4

2. PIN DEFINITIONS

2.1 Pin Layout

Figure 1: ESP32-WROOM-02 (ESP-WROOM-02) Pin layout

2.2 Pin Description

ESP32-WROOM-02 (ESP-WROOM-02) has 39 pins. See pin definitions in Table 2.

Table 2: Pin Definitions

Name	No.	Type	Function
EN1	1	IO	On-chip
VDD	2	IO	Power supply
EN2	3	IO	On-chip enable signal (active high)
SENSOR_IO	4	IO	GPIO0, SENSOR_IO, ADC1_IO, ADC1_CH0, RTC_GPIO0
SENSOR_IO	5	IO	GPIO0, SENSOR_IO, ADC1_CH0, ADC1_CH1, RTC_GPIO0
ESD1	6	IO	GPIO0, ADC1_CH1, CH1, RTC_GPIO0
ESD2	7	IO	GPIO0, ADC1_CH1, RTC_GPIO0
ESD3	8	IO	GPIO0, VDD_IO, P1_00-708 who-works customer input, APT1_0-4
ESD4	9	IO	GPIO0, RTC_GPIO0
ESD5	10	IO	GPIO0, VDD_IO, P1_00-708 who-works customer input, ADC1_CH1, TOUCH0, RTC_GPIO0
ESD6	11	IO	GPIO0, DAC_2, ADC2_CH0, RTC_GPIO0, SMIAC_IN0
ESD7	12	IO	GPIO0, ADC2_CH1, TOUCH1, RTC_GPIO0, SMIAC_IN1

Espressif Systems | 2 | ESP-WROOM-02 Datasheet V2.4

3. ELECTRICAL CHARACTERISTICS

5. Electrical Characteristics

Note
 The specifications in this chapter are measured under the following general condition: VDD = 3.3V, Ta = 25°C, unless otherwise specified.

5.1 Absolute Maximum Ratings

Table 5: Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Power supply	VDD	0.7	0.0	3.9	V
Minimum current delivered by power supply	I _{DD}	0.0	-	-	A
Input line voltage	V _{IN}	-0.5	-	0.25(V _{DD})	V
Input I/O voltage	V _{IO}	0.25(V _{DD})	-	0.25(V _{DD} +0.5)	V
Input leakage current	I _{IN}	-	0	50	nA
Input I/O capacitance	C _{IN}	-	0	5	pF
Output line voltage	V _{OUT}	-	0	0.1(V _{DD})	V
Output I/O voltage	V _{IO}	0.25(V _{DD})	-	-	V
Maximum output drive capability	I _{OUT}	-	-	40	mA
Storage temperature range	T _{STG}	-40	-	85	°C
Operating temperature range	T _{OP}	-40	-	85	°C

1. V_{DD} is the power supply for a specific load. More details can be found in the [ESP32 Pin List](#), Appendix A2.8.B. For warning, the power supply for SD_CSP is the VDD_CSP.

5.2 Wi-Fi Radio

Table 6: Wi-Fi Radio Characteristics

Description	Min	Typical	Max	Unit
Input frequency	2412	-	2484	MHz
Input modulation	-	-	11	dBm
Tx power				
Output power of PA for 11b/11g	15	14	15	dBm
Output power of PA for 11n/11ac	18.5	20	20.5	dBm
Sensitivity				
CCQ@ 1 Mbps	-	-68	-	dBm
CCQ@ 11 Mbps	-	-80	-	dBm
CCQ@ 54 Mbps	-	-90	-	dBm
CCQ@ 150 Mbps	-	-95	-	dBm
HTS@ 1 Mbps	-	-88	-	dBm
HTS@ 11 Mbps	-	-95	-	dBm
HTS@ 54 Mbps	-	-100	-	dBm
HTS@ 150 Mbps	-	-105	-	dBm

Espressif Systems | 3 | ESP-WROOM-02 Datasheet V2.4

3. ELECTRICAL CHARACTERISTICS

5.3 BLE Radio

5.3.1 Receiver

Table 7: Receiver Characteristics - BLE

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Sensitivity @ 1.5% FER	-	-	-87	-	dBm
Minimum received signal @ 10% FER	-	-	-85	-	dBm
Co-channel CI	-	-	+15	-	dB
Adjacent channel selectivity CI	F = F ₀ ± 1 MHz	-	-2	-	dB
	F = F ₀ ± 1 MHz	-	-3	-	dB
	F = F ₀ ± 2 MHz	-	-25	-	dB
	F = F ₀ ± 3 MHz	-	-30	-	dB
	F = F ₀ ± 4 MHz	-	-35	-	dB
	F = F ₀ ± 5 MHz	-	-40	-	dB
Out-of-band blocking performance	30 MHz ± 200 MHz	-10	-	-	dBm
	300 MHz ± 240 MHz	-27	-	-	dBm
	3000 MHz ± 300 MHz	-27	-	-	dBm
#Intermodulation	300 MHz ± 12.5 GHz	-15	-	-	dBm

5.3.2 Transmitter

Table 8: Transmitter Characteristics - BLE

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
RF transmit power	-	-	0	-	dBm
Gain control step	-	-	+3	-	dBm
RF power control range	-	-12	-	+12	dBm

Espressif Systems | 4 | ESP-WROOM-02 Datasheet V2.4

ANEXO B: HOJA DE DATOS DE LA PANTALLA NEXTION NX8048P070-011C-Y

Nextion Models	
Nextion Type	Intelligent Series
Nextion Models	NX8048P070-011C-Y (A) and SuperLine touchscreen with enclosure

Specifications		
	Data	Description
Color	558 65536 colors	16 bit RGB, 30-bit bit
Layout Size	1203mm(L) x 423mm(H) x 10mm(D)	NX8048P070-011C-Y
Active Area (AA)	105.50mm(L) x 412.0mm(H)	
View Area (VA)	95.0mm(L) x 411.0mm(H)	
Resolution	480x272 pixel	Also can be set as 20*480
Touch type	Capacitive	
Touches	1+1 million	
Backlight	LED	
Backlight Lifetime (Average)	100,000 Hours	
Brightness	380nit	0% to 100%, the interval of adjustment is 1%
Weight	17kg	

Electronic Characteristics					
	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Operating Voltage		4.50	5	6.5	V
Operating Current	VCI=0V, Brightness is 100%	-	220	-	mA
	SLEEP Mode	-	100	-	mA

Power supply recommended: 5V, 10A, DC

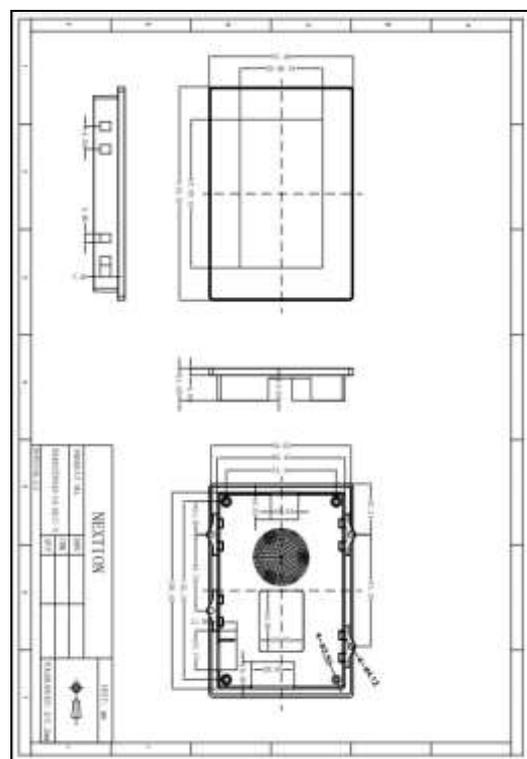
Working Environment & Reliability Parameter					
	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Working Temperature	1% Humidity 80%	-20	25	70	°C
Storage Temperature		-30	25	85	°C
Working Humidity	20°C	10%	80%	90%	RH

Interfaces Performance					
	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Serial Port Baudrate	Standard	2400	9600	42000	bps
Output High Voltage (V _{OH})	I _{OH} =1mA	2.8	3.8	4.8	V
Output Low Voltage (V _{OL})	I _{OL} =1mA	0.1	0.2	0.4	V
Input High Voltage (V _{IH})		2.8	3.8	4.8	V
Input Low Voltage (V _{IL})		0.1	0.2	0.4	V
Serial Port Mode	1.2kV/50V TTL				
Serial Port	4Wx_2Serial				
USB Interface	NO				
SD card (optional)	Yes (FAT32 format), support maximum 32G. Also SD card * presence of "SD" file on microSD card is exclusive to upgrade resolution firmware (see design) * microSD card only, see microSD card / SD card guide for microSD card runtime usage				
Extended IO	3 Digital extended card. Micro-USB supports input, output and component binding event. * I/O pin / ports are not additive, total current draw is thus recommended See I/O support page				
RTC	Buickin RTC supports Battery type CR2025				

NO: the exact voltage of power supply

Memory Features					
Memory Type	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Flash Memory	Store fonts and images		128	400	
User Storage	SD/MEM		10k	8192	
RAM Memory	Store variables		256	400	
Instruction Buffer	Instruction Buffer		4096	8192	

Audio Features					
Speaker	Receiver	Min	Typical	Max	Unit
Power	160 x 20W		0.5		W
Size	60x75x20				mm



ANEXO D: HOJA DE DATOS DEL MOTOR ELÉCTRICO CZERWENY.

Motores

Motores Mono-fásicos



MOTORES CZERWENY S.A.

Línea NEMA

Línea ALEX



Normas y medio Ambiente Línea ALEX

Motores

Normas

Las normas internacionales IEC 60000 y IEC 60034-1 son de aplicación en todas las especificaciones de los motores de base A y en adelante.

Referencia	IEC 60034-1
Módulo	IEC 60075-1
Módulo	IEC 60034-7
Clase de Protección	IEC 60334-6

Características	Particularidades
Material de la Carcasa	Aluminio / Fibra de Vidrio
Capacitor	Clase de Anillo
Protección	IP54
Temperatura Nominal	105°C
Frecuencia	50 Hz
Calificación	Acabamiento estándar de serie
Aislamiento	Clase B
Alimentación de Temperatura	Clase B
Clase de Protección	Clase B (IEC 60334-6)

Medio Ambiente

Protección: Todos los motores Czerweny son construidos con un grado de protección IP54 de acuerdo a la norma IEC 60529.

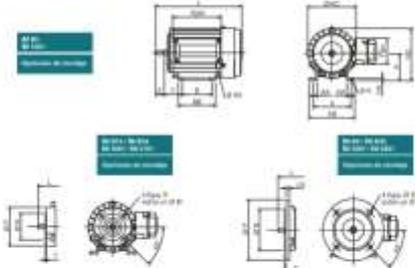
Refrigeración del Motor: TFC Motor B5 es refrigerado internamente por ventilador según norma IEC 60034-1, Gr. B clase K21.

MOTORES CZERWENY S.A. www.czerweny.com

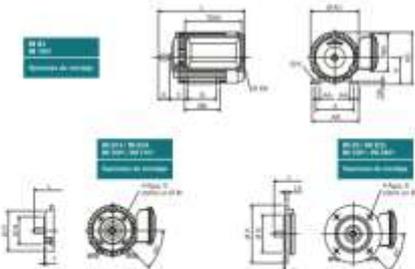
Motor Monofásico Línea ALEX

Motores

Modelos: Montaje con base y/o flange para motores resistentes al agua "BAJO PAR"



Modelos: Montaje con base y/o flange para motores con capacitor de arranque "ALTO PAR"



MOTORES CZERWENY S.A. www.czerweny.com

Diagramas de Conexiones Línea ALEX

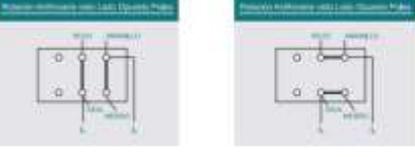
Motores

para motores movimiento de aire "BAJO PAR"



para motores de capacitor de arranque "ALTO PAR"

Hasta Carcasa B5



Desde Carcasa 100



MOTORES CZERWENY S.A. www.czerweny.com

ANEXO E: HOJA DE DATOS DEL CONTROLADOR DE VELOCIDAD DIGITAL WANSHSIN

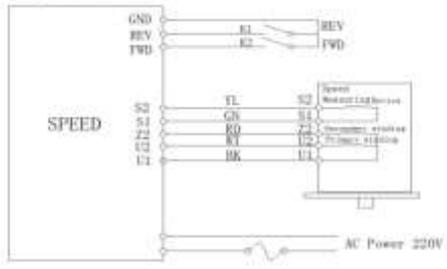

WANSHSIN SPEED CONTROLLER
INSTALLATION INSTRUCTION
 Digital Display Single Phase WS-L Series



Features:

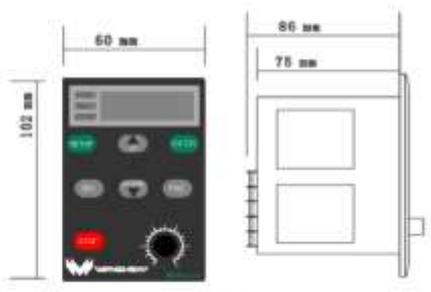
- Single Chip 16-bit microcontroller, Multifunction, High Reliability
- Digital display menu which is more convenient for parameter setting
- It can show the RPM and MMS. Customers can set the ratio Remittance
- Speed time and release time is adjustable
- The motor rotation direction can be controlled by the Digital display speed controller or External signal control
- It will be protected automatically if the motor is blocked off and cannot work

Drawing of the speed controller:



V1: Yellow, U2 Green, U3 Red, U4 White, U5 Blue, U6 Black, U7 Brown
 Speed measuring Device, Necessary wiring, Primary wiring

Installation and processing diagram of speed control panel:



Pay attention: It will work under the digital display speed controller control mode. Please make the operation control mode in the digital display speed controller control mode.

HOW TO USE PARAMETER SETTING

1. When the motor stops working, please press "SELECT" over 2 seconds, it will say "000".
2. Press "▲" and "▼" will make the "CW" to "CCW". Then press "ENTER", it will say "F-01".
3. Press "▲" and "▼" to make the mode you want (such as "1-40"). Then Press "ENTER".
4. Press "▲" and "▼" to make the parameter you want (such as to make "1" to "9"), then press "ENTER".
5. If it says "END", it means it has been saved after the adjustment. It will go to the next part automatically. If it says "000", it means the parameter is wrong. Please correct.
6. If all the parameter is finished, please press "ENTER" then you will be out of the setting up menu. It is before the setting up menu.

PARAMETER DESCRIPTION

parameter	Parameter Function	Setting Range	Factory Default
F-01	Display Shows	1.Motor RPM Setting 2.Ratio Setting	1
F-02	Ratio Setting	1.0-999.9	1.0
F-03	Working control mode	1. Controlled by digital display, it will no memory. 2. If it is connected with the external switch, the "STOP" INVALID. 3. If it is connected with the external switch with the "STOP" WORKING. 4. Digital display key controlled, it will be remembered.	1

Parameter	Parameter Function	Setting Range	Factory Default
F-04	Rotate Key	1.Enable CW/ CCW 2.CW available, CCW Forbidden. 3.CCW available, CW Forbidden.	1
F-05	Rotate Key	1.CCW Forbidden 2.CCW available	1
F-06	Speed Adjust Key	1.Panel key ▲ ▼ 2.Panel Knob	1
F-07	Business Speed	500-3000	1400
F-08	Business Speed	90-1000	120
F-09	CW Start Accelerate Time	0.1-10.0 Sec.	1.0
F-10	CW STOP YAT	1.Free to stop 2.Decelerate slowly to stop	1
F-11	CW STOP Decelerate time	0.1-10.0Sec.	1.0
F-12	CCW Start Accelerate Time	0.1-10.0Sec.	1.0
F-13	CCW STOP Key	1.Free to stop 2.Decelerate slowly to stop	1

ANEXO F: HOJA DE DATOS DEL RELÉ DE ESTADO SÓLIDO SSR-25DA

FOTEK SSR SERIES SOLID STATE RELAY

- High Reliability by 0.01% & TQC (Surface Mounting Technology)
- High Isolation over than 50MΩ/500VDC
- High Dielectric over than 2.5KV
- Low Inrush Current less than 1.5mA/120VAC (CMOS IC or TTL Compatible)
- Low EMI / EFT & Surge by Zero Cross Trigger Method
- High Surge Current Duration Over 10 Times of Rated Current / One Cycle
- High Voltage Voltage Duration by Snubber Circuit
- Available PPA and Zero Voltage, 零電壓/零電壓 VZSS
- 標準輸出電壓 50VAC / 100VAC
- 輸出電壓 50V / 100V
- 低漏電流低於 1.5mA/120VAC (與 CMOS IC、TTL 相容)
- 零電壓觸發方式零電壓、零電壓
- 高浪湧電流、超過 10 倍額定電流一週
- 高電壓耐壓/高電壓耐壓



Guiding of Model

Terminal Type
Ex-SSR-40DA-H
 ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿

PCB Type
Ex-SSR-P 03D A
 ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿

① Product 產品系列
 SSR SINGLE PHASE SOLID STATE RELAY
 单相固态继电器
 ETR THREE PHASE SOLID STATE RELAY
 三相固态继电器

② Output Current 輸出電流
 10 - 10A 25 - 25A
 40 - 40A 50 - 50A
 75 - 75A

③ Input Voltage 輸入電壓
 DDC2W=22V+OneOFF+
 A-JACK=220V+OneOFF+
 L-L=220V(Allowed)
 V-VARIABLE RESISTOR

④ Output Voltage 輸出電壓
 A-JAC VOLTAGE
 DDC VOLTAGE

⑤ Output Voltage Range 輸出電壓範圍
 H - High Voltage Type = 50 - 480VAC +
 Non-Standard Type = 24 - 380VAC +

⑥ Product Method 產品形式
 SSR - SINGLE PHASE SOLID STATE
 PCB PCB TYPE

⑦ Output Current 輸出電流
 10 = 10A
 25 = 25A
 40 = 40A
 50 = 50A
 75 = 75A

⑧ Input Method 輸入電壓
 D - DC VOLTAGE

⑨ Output Voltage 輸出電壓
 D - DC 0 - 80V
 A - AC 24 - 280V

SSR SERIES

Control Method

Zero Cross Trigger Method

Output TURN ON or TURN OFF only on Zero Cross Point of sine wave, may avoid surge or EMI / RFI concern.
 Especially suited to control resistive, inductive and Non - saturated inductive loads.
 輸出只在正弦波的零點才會動作/關閉，可避免產生浪湧/EMI / RFI，特別適合控制阻性、電感性及非飽和電感性負載。



Variable Resistance Control Method < Trimmer Control Method >

Power Output is Controlled by the Trimmer Range of 10% with Variable Resistor 20KΩ, 50KΩ, 100KΩ, 200KΩ.
 輸出功率可變範圍 10% 100KΩ 200KΩ 500KΩ
 控制 10% 變阻器輸出功率範圍。



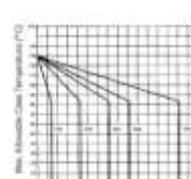
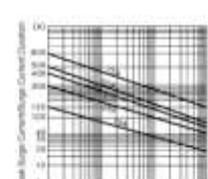
Application Hints

Input	APPL	Output	NO	Input	PNP	Output	NC	Input	LS	Output	NC
Input	APPL	Output	NC	Input	PNP	Output	NC	Input	Control	AC W. RC	

SSR SERIES

Curve of Characteristic

Max. Allowable Case Temperature 最高許容殼溫
 Peak Surge Current/Surge Current Duration 衝擊電流/承受電流

On State Current (A) 動作電流
 Surge Current Duration (Full cycle)

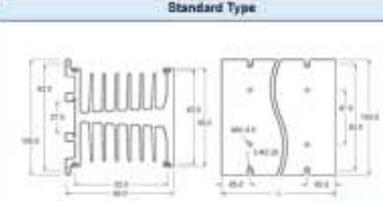
Dimension

Terminal Type	PCB Type

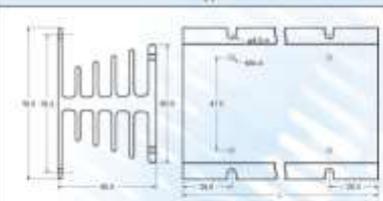
FOTEK SSR SERIES

Dimension < Heat Sink >

Standard Type



H Type



MODEL	LENGTH(mm)	CURRENT DURATION	PCS. OF SSR
HS-50H	50.0	10A MAX.	SINGLE
HS-100H	100.0	25A MAX.	TWICE
HS-150H	150.0	40A MAX.	THREE
HS-200H	200.0		FOUR

ANEXO G: HOJA DE DATOS DEL MÓDULO MAX6675



Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and outputs the signal from a typical thermocouple. The data is output in a 16-bit resolution, 200°C maximum for resolution format.

The converter operates continuously in 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 0.25°C for temperature ranging from 0°C to 1024°C.

The MAX6675 is available in a small, 2-pin SOT package.

Features

- Direct Digital Conversion of Type K Thermocouple Output
- Cold-Junction Compensation
- Simple SPI-Compatible Serial Interface
- ±0.25°C Resolution
- Open Thermocouple Detection

MAX6675

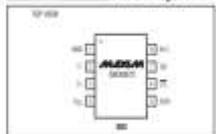
Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PACKAGE
MAX6675DS	-20°C to +100°C	8-Pin

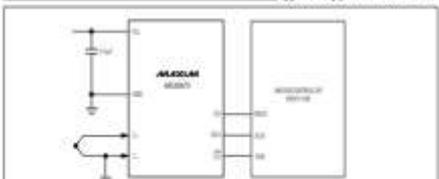
Applications

Industrial
Automotive
HVAC
Aerospace

Pin Configuration



Typical Application Circuit



MAXIM Maxim Integrated Products

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V _{CC} to GND)	-0.5V to +6V	Storage Temperature Range	-40°C to +125°C
IO, SDI, CS, TA, TJ to GND	-0.5V to +6V	Operating Temperature	-20°C to +100°C
IO Current	50mA	ESD Protection	±2kV
IO Protection Diode Forward Current	100mA	Input Power (P _{IN})	100mW
Continuous Power Dissipation (T _A = 25°C)	400mW	Mount (T _{SO})	1000°C
6-Pin SOT Package (MAX6675) Allow 400mW	400mW	Lead Temperature (soldering T _{SO})	400°C
Soldering Temperature (Wave)	235°C (10s)		

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

V_{CC} = +5.0V to +6.0V, V_{IO} = 0V to +5.0V, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C (unless T_A).

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Error		Thermocouple = +100°C, T _{ref} = +25°C, 200°C	-0.25	0	+0.25	°C
		Thermocouple = 0°C, T _{ref} = +25°C, 200°C	-0.25	0	+0.25	°C
		Thermocouple = +100°C, T _{ref} = +100°C, T _{ref} = +25°C, 200°C	-0.25	0	+0.25	°C
		Thermocouple = +100°C, T _{ref} = +100°C, T _{ref} = +100°C	-0.25	0	+0.25	°C
Thermocouple Conversion Error			0.25	0.25	±0.50	°C
Cold-Junction Compensation Error	T _{ref} = 25°C to 100°C, 200°C	200°C to 100°C	-0.25	0	+0.25	°C
		100°C to 200°C	-0.25	0	+0.25	°C
Resolution			0.25	0.25	±0.25	°C
Thermocouple Input Impedance			50	50	50	Ω
Supply Voltage	V _{CC}		3.0	5.5	6.0	V
Input Current	I _{IO}		0.0	0.0	1.0	mA
Power-On Reset Threshold	V _{IO} (min)		1.5	1.5	1.5	V
Power-On Reset Hysteresis			50	50	50	mV
Conversion Time			0.17	0.20	0.20	μs

BIAS INTERFACES

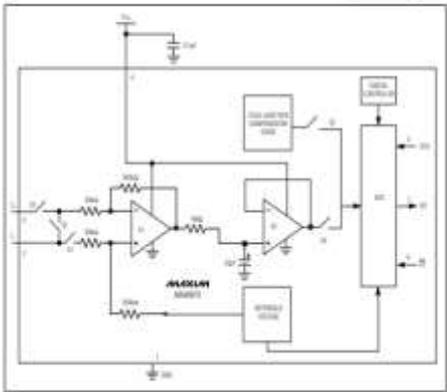
Input Low Voltage	V _{IL}		0.8	0.8	V	
Input High Voltage	V _{IH}		2.7	2.7	V	
Input Leakage Current	I _{IO}	V _{IO} = 0V to V _{CC}	0	0	±10	μA
Input Capacitance	C _{IO}		0	0	5	pF



Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

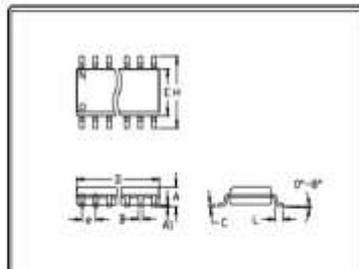
Block Diagram



MAXIM Maxim Integrated Products

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Package Information



INCHES - MILLIMETERS				INCHES - MILLIMETERS			
MIN	MAX	TYP	MIN	MAX	TYP	MIN	MAX
A1	0.25	0.20	0.25	0.25	0.20	0.25	0.25
A2	0.25	0.20	0.25	0.25	0.20	0.25	0.25
B	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
C	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
D	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
E	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
F	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
G	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
H	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
I	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
J	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
K	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
L	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
M	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
N	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
O	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
P	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Q	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
R	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
S	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
T	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
U	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
V	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
W	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
X	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Y	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Z	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18

MAXIM Maxim Integrated Products

© 2002 Maxim Integrated Products. Printed in USA. MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products.

ANEXO H: HOJA DE DATOS DEL RELAY 12V DE 2 CANALES

HT
Handson Technology

User Guide

2 Channel 5V Optical Isolated Relay Module

This is a LOW Level 5V 2-channel relay interface board, and each channel needs a 15-20mA driver current. It can be used to control various appliances and equipment with large current. It is equipped with high-current relays that work under AC250V 10A or DC30V 10A. It has a standard interface that can be controlled directly by microcontroller. This module is optically isolated from high voltage side for safety requirement and also prevent ground loop when interface to microcontroller.



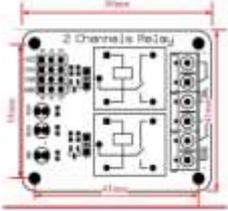
Brief Data:

- Relay Maximum output DC 30V/10A, AC 250V/10A.
- 2 Channel Relay Module with Opto-coupler, LOW Level Trigger expansion board, which is compatible with Arduino control board.
- Standard interface that can be controlled directly by microcontroller (8051, AVR, *PIC, DSP, ARM, ARM, MSP430, TTL logic).
- Relay of high quality low noise relays SPDT. A common terminal, a normally open, one normally closed terminal.
- Opto-Coupler isolation, for high voltage safety and prevent ground loop with microcontroller.

1
www.handsonmc.com

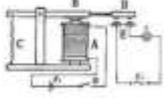
NOTE: The digital input to from Arduino are Active LOW. The relay actuates and LED lights when the input pin is LOW, and turns off on HIGH.

Module Layout:



Operating Principle:

See the picture below: A is an electromagnet, B armature, C spring, D moving contact, and E fixed contacts. There are two fixed contacts, a normally closed one and a normally open one. When the coil is not energized, the normally open contact is the one that is off, while the normally closed one is the other that is on.



Supply voltage to the coil and some current will pass through the coil thus generating the electromagnetic effect. So the armature overcomes the tension of the spring and is attracted to the core, thus closing the moving contact of the armature and the normally open (NO) contact or you may say releasing the former and the normally closed (NC) contact. After the coil is de-energized, the electromagnetic force disappears and the armature moves back to the original position, releasing the moving contact and normally closed contact. The closing and releasing of the contacts results in power on and off of the circuit.

Inputs:

VCC : Connected to positive supply voltage (supply pinout according to relay voltage)

GND : Connected to supply ground.

IN: Signal triggering control I of relay module.

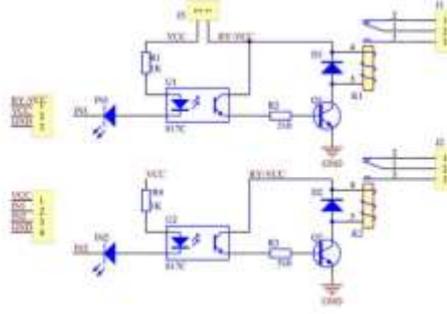
3
www.handsonmc.com

Schematic:

VCC and RV-VCC are also the power supply of the relay module. When you need to drive a large power load, you can take the jumper cap off and connect an extra power to RV-VCC to supply the relay, connect VCC to 5V of the MCU board to supply input signals.

NOTICE: If you want complete optical isolation, connect "Vcc" to Arduino +5 volts but do NOT connect Arduino Ground. Remove the Vcc to RD-Vcc jumper. Connect a separate +5 supply to "RD-Vcc" and board Gnd. This will supply power to the transistor drivers and relay coils.

If relay isolation is enough for your application, connect Arduino +5 and Gnd, and leave Vcc to RD-Vcc jumper in place.

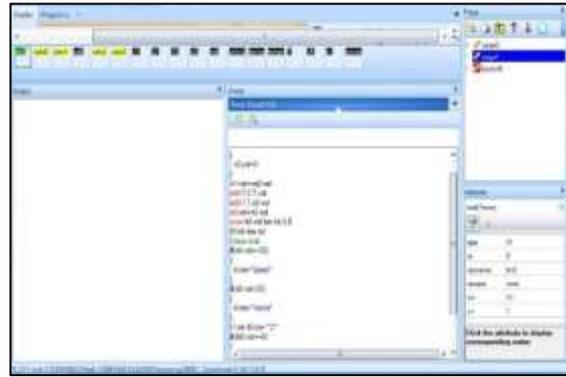
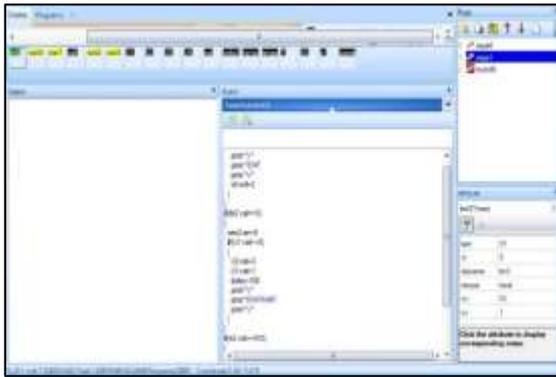


It is sometimes possible to use this relay boards with 3.3V signals, if the RD-VCC (Relay Power) is provided from a +5V supply and the VCC to RD-VCC jumper is removed. That 3V relay supply could be totally isolated from the 3.3V device, or have a common ground if opto-isolation is not needed. If used with isolated 3.3V signals, VCC (To the input of the opto-isolator, next to the IN pins) should be connected to the 3.3V device's +3.3V supply.

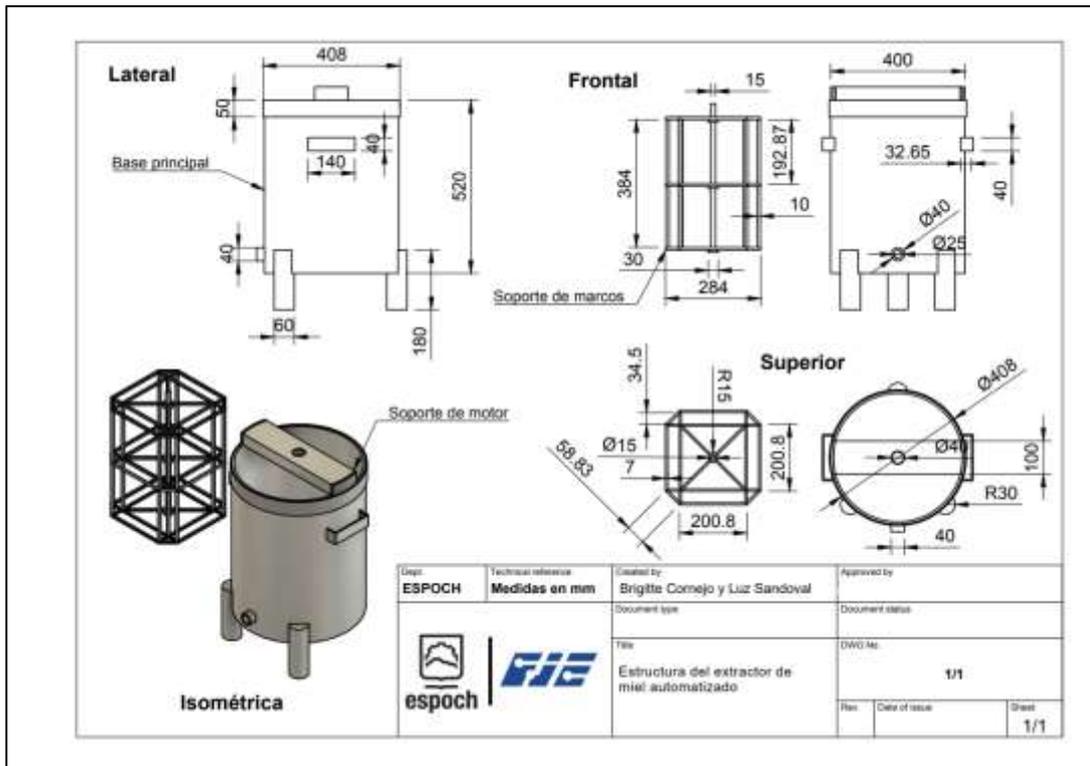
NOTE: Some Raspberry-Pi users have found that some relays are reliable and others do not actuate sometimes. It may be necessary to change the value of R1 from 1000 ohms to something like 220 ohms, or supply +5V to the VCC connection.

2
www.handsonmc.com

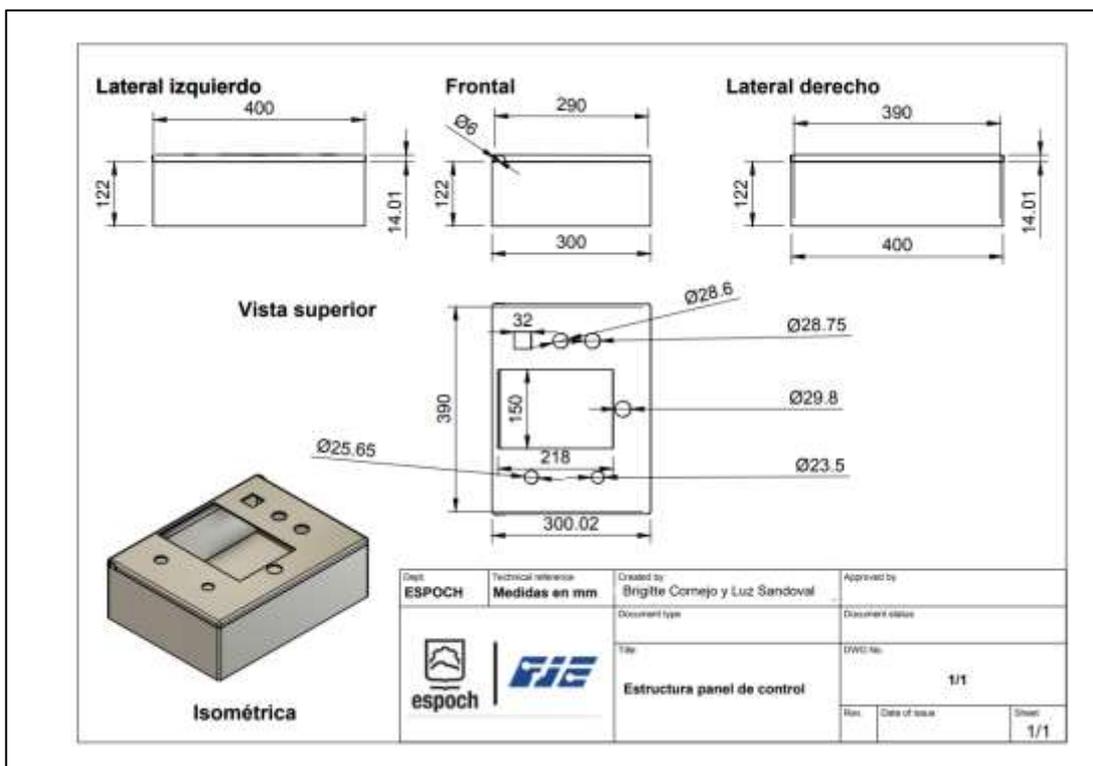
ANEXO K: PROGRAMACIÓN DE LA PANTALLA HMI



ANEXO L: PLANO DE LA ESTRUCTURA DEL EXTRACTOR DE MIEL AUTOMATIZADO



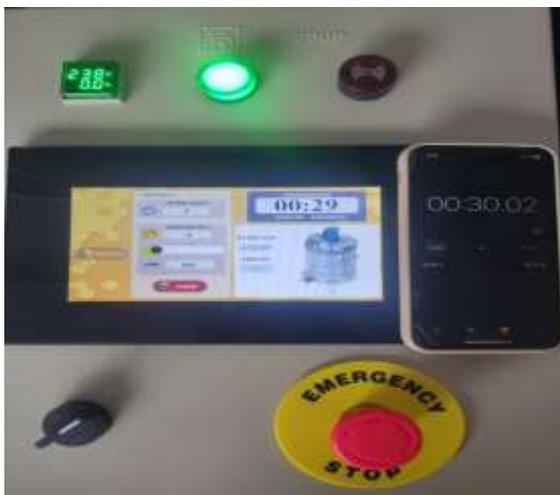
ANEXO M: ESTRUCTURA DEL PANEL DE CONTROL DEL EXTRACTOR DE MIEL AUTOMATIZADO



ANEXO N: PRUEBAS DE MEDICIÓN DEL MÓDULO MAX6675



ANEXO O: PRUEBAS DE VALIDACIÓN DEL TIEMPO DE EXTRACCIÓN DE MIEL





ANEXO P: HOJA DE DATOS DEL EQUIPO PATRÓN TACÓMETRO

EXTECH
Experience the **Exttech** Advantage

A FLIR COMPANY
PRODUCT DATASHEET

Combination Tachometer + IR Thermometer

✓
Photo/Contact Tachometer includes a non-contact IR Thermometer
For non-contact surface temperature measurements

Features:

- Built-in IR thermometer with laser measures remote surface temperature on motors and rotating parts
- Wide Temperature range of -4 to 600°F (-20 to 315°C)
- Fixed 0.95 emissivity, 6:1 distance to target ratio
- Provides wide RPM (photo and contact) and Linear Surface Speed (contact) measurements
- Accurate to 0.05% with max resolution of 0.1rpm in either photo or contact mode
- Large 0.4" (5 digit) LCD display
- Non-contact Photo tachometer uses a Laser for greater measuring distance up to 6.5ft (2m)
- Contact tachometer for RPM and surface speed measurements
- Memory stores Min/Max/Last
- Characters on display reverse direction depending on mode
- Double molded housing
- Complete with tips/wheel, four 1.5V AA batteries, reflective tape, and carrying case



Non-contact model for use on machinery where high speed measurements are required



Accessory wheels enable tachometer to measure linear surface speeds



Built-in IR Thermometer

Specifications	
Display counts	99,999 count LCD
Range (rpm)	Photo: 10 to 99,999 Contact: 0.5 to 20,000
Resolution	0.2 to 0.001 (Contact)
Accuracy	0.05 to 1999.9 (Contact)
Basic Accuracy	±0.10%/rdg ±1 digit
Max gun resolution	0.1rpm
Temperature (IR)	-4 to 600°F (-20 to 315°C)
Dimensions	8.9 x 2.8 x 1.5" (216 x 66 x 38mm)
Weight	10.5oz (300g)

Ordering Information:

RPM10 _____ Tachometer+IR Thermometer
 RPM10-NIST _____ RPM10 with NIST certificate
 RPM10-NISTL* _____ RPM10 with NIST certificate
 *Limited NIST: Product certified to all functions except IR Thermometer



www.extech.com
4108-101

ANEXO Q: PRUEBAS DE MEDICIÓN DE VELOCIDADES DEL MOTOR



ANEXO R: CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO Y USABILIDAD.



Riobamba, febrero 20 de 2024

Yo, Holger Renee Pilataxi Miñarcaja, con CI. 0604350181, propietario de "Apícola Rincón Andino", me permito a emitir el siguiente

Certificado de aprobación

A las Srts: Geraldine Brigitte Cornejo Ceballos y Luz Annabely Sandoval Jaramillo, estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, tras haber diseñado el proyecto técnico "**IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO ELECTRÓNICO DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA LA EXTRACCIÓN DE MIEL POR MEDIO DEL CENTRIFUGADO**" denominado "**EXTRACTOR DE MIEL AUTOMATIZADO**". Luego de realizar las pruebas de funcionamiento correspondientes, se ha comprobado que el prototipo presenta facilidad de uso y un manejo intuitivo. Además de ser una propuesta innovadora, facilita y simplifica el proceso de extracción de miel.

Atentamente



Ing. Renee Pilataxi Miñarcaja
Apícola Rincón Andino
ARA-CRT-120224



@ApicolaRincónAndino



apicolarinconandino@gmail.com



+593 99 733 3595

Riobamba - Ecuador

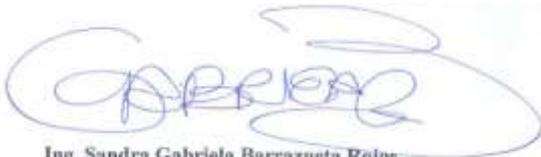
ANEXO S: PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 25/03/2024

INFORMACIÓN DE LAS AUTORAS
Nombres – Apellidos: Geraldine Brigitte Cornejo Ceballos Luz Annabely Sandoval Jaramillo
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Informática y Electrónica
Carrera: Electrónica y Automatización
Título a optar: Ingeniera en Electrónica y Automatización
 Ing. Sandra Gabriela Barraza Rojas Directora del Trabajo de Integración Curricular
 Ing. José Enrique Guerra Salazar Asesor del Trabajo de Integración Curricular