



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE LOS PARÁMETROS
QUE INTERVIENEN EN UN SECADOR CILÍNDRICO DE CACAO”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Electromecánico

AUTORES:

Jaya Chisaguano Luis David

Vaca González Jimmy Roberto

TUTOR:

Ing. M.S.c. Corrales Bastidas Byron Paúl

LATACUNGA-ECUADOR

AGOSTO 2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Jaya Chisaguano Luis David** y **Vaca González Jimmy Roberto** declaramos ser autores de la presente Propuesta Tecnológica:

“Implementación de un sistema de control de los parámetros que intervienen en un secador cilíndrico de cacao”, siendo el Ing. M.S.c. Corrales Bastidas Byron Paul tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Jaya Chisaguano Luis David

CC: 175037784-6

Vaca González Jimmy Roberto

CC: 055002153-9



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“Implementación de un sistema de control de los parámetros que intervienen en un secador cilíndrico de cacao”**, de Jaya Chisaguano Luis David y Vaca González Jimmy Roberto, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Agosto del 2022

Ing. M.S.c. Corrales Bastidas Byron Paúl

CC: 050234776-8

TUTOR



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Jaya Chisaguano Luis David con C.C. 175037784-6 y Vaca González Jimmy Roberto C.C. 055002153-9 con el título de Proyecto de titulación:

“Implementación de un sistema de control de los parámetros que intervienen en un secador cilíndrico de cacao”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Agosto del 2022

Para constancia firman:

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

PhD. Enrique Torres Tamayo

CC: 1757121940

LECTOR 2

Ing. M.S.c. Mauro Darío Albarracín Álvarez

CC: 0503112730

LECTOR 3 (SECRETARIO)

Ing. M.S.c. Cristian Fabian Gallardo Molina

CC: 0502847692



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, Agosto 2022

En calidad de docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi, confirmo la realización del proyecto como material didáctico” **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE LOS PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN UN SECADOR CILÍNDRICO DE CACAO**” diseñado por los señores estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica; Nombres: Jaya Chisaguano Luis David con C.I 175037784-6 y Vaca González Jimmy Roberto con C.I 055002153-9.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente para que el interesado pueda hacer el uso del mismo para los fines que crea conveniente.

Docente

Ing. M.S.c. Paúl Corrales

C.I: 050234776-8

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Agradezco también a mi Tutor de Tesis el Ing. M.S.c Paúl Corrales por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

Y para finalizar, también agradezco a todos los que fueron mis compañeros de clase durante todos los niveles de Universidad ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado en un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

Luis David Jaya

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios, por la salud y la vida ya que todo lo que se logra es gracias a su divina gracia.

A mis padres por el apoyo moral, económico y la educación que me han dado ya que con ella ha hecho posible alcanzar un escalafón más en mi vida.

A mi querida Alma Mater Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme formado como un profesional electromecánico de calidad para contribuir y generar los conocimientos adquiridos en el ámbito científico a través de la investigación, tecnológica y económica del país.

Al Personal Docente y Administrativo de la Universidad Técnica de Cotopaxi y un reconocimiento especial al Tutor de la tesis Ing. M.S.c. Paúl Corrales por el tiempo orientación y consejos brindados durante el transcurso de la elaboración de la tesis.

Jimmy Vaca González

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a mi madre que estuvo siempre a mi lado brindándome su confianza a cada instante para llegar a culminar mi carrera, a mi padre que desde el cielo me ilumina para seguir adelante con mis proyectos, a todos mis hermanos y hermana que fueron el pilar fundamental para mi formación profesional a mis amigos y amigas en especial a mi amigo Jimmy mi compañero de tesis a mis profesores en específico a nuestro Tutor el Ing. M.S.c. Paúl Corrales un gracias a TODOS.

Luis David Jaya

DEDICATORIA

- *A mis padres Alonso Vaca y Sonia González quienes con su apoyo y esfuerzo incondicional he podido*
- *cumplir mi sueño en realidad el ser una profesional electromecánica.*
- *A mi hermano Oscar y mi cuñada Daysi gracias por su apoyo incondicional durante este proceso de mi carrera profesional.*
- *A mis Tíos Pablo y María y mis primos Sandra, Edy y Erika quienes siempre me apoyaron y me motivaron seguir adelante para cumplir mi sueño en realidad.*
- *A mi amiga Nataly Gavilanez gracias por su apoyo incondicional y palabras de aliento para seguir adelante y cumplir esa meta tan anhelada.*
- *Y por último a mi amigo David Jaya mi compañero de tesis quien estuvo ahí siempre con su motivación y esmero para hacer realidad este sueño de ser un Ingeniero Electromecánico.*

Jimmy Vaca González

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iii
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	iv
<i>AGRADECIMIENTO</i>	v
<i>AGRADECIMIENTO</i>	vi
<i>DEDICATORIA</i>	vii
<i>DEDICATORIA</i>	viii
ÍNDICE DE LAS FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xxi
INFORMACIÓN GENERAL	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 PROBLEMA.....	2
1.1.1 Situación problemática	2
1.1.2 Formulación del problema.....	2
1.2 BENEFICIARIOS:	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	2
1.4 HIPÓTESIS	3
1.5 OBJETIVOS	3
1.5.1 General:	3
1.5.2 Específico:	3
1.6 MATRIZ CAUSA EFECTO	3
1.7 SISTEMA DE TAREAS	4
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5

2.1	ANTECEDENTES	5
2.2	TIPOS DE SECADO DE CACAO.....	6
2.2.1	Secadores directo.....	6
2.2.2	Secadores directos continuos.....	6
2.2.3	Secador rotatorio.....	6
2.2.4	Secador Cilíndrico	7
2.2.5	Secadores de transportador neumático	7
2.2.6	Secadores por aspersion.....	8
2.3	SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN	8
2.3.1	Proceso de control	8
2.3.2	Clasificación de los sistemas de control	9
2.3.2.1	Lazo Abierto	9
2.3.2.2	Lazo cerrado	9
2.3.3	PID (Controlador Proporcional, Integral y Derivativo).....	10
2.3.3.1	Control Proporcional.....	10
2.3.3.2	Control Integral.....	11
2.3.3.3	Control Derivativo	11
2.3.3.4	Ecuación del control PID.....	12
2.4	INSTRUMENTOS DE PROCESO DE SECADO.....	13
2.4.1	Tipos de sensores de aire.....	13
2.4.1.1	Sensor MAF.....	13
2.4.1.2	Sensores de flujo másico integrados de TSI	14
2.4.2	Medición de carga	14
2.4.2.1	Sensor de membrana plana	14
2.4.2.2	Sensor dinamómetro	15
2.4.3	Medición de Temperatura.....	15
2.4.3.1	Sensor PT100.....	16

2.4.3.2	Termocuplas.....	17
2.4.3.3	Termistor NTC 100k Ω	19
2.5	ACONDICIONAMIENTO.....	19
2.5.1	MAX31865.....	19
2.5.2	Puente de Wheatstone.....	20
2.5.2.1	Características	20
2.5.1.2	Condiciones de equilibrio.....	21
2.5.3	HX711	21
2.6	CONTROL DE FASE	22
2.6.1	Módulo dimmer	22
2.7	CONTROLADOR	22
2.7.1	Arduino.....	23
2.7.1.1	Modelo de Arduino	23
2.7.2	ESP8266	23
2.7.2.1	Variantes del ESP8266	25
2.8	PANTALLA TÁCTIL	27
2.8.1	Por infrarrojos.....	27
2.8.2	Resistiva	27
2.8.3	Capacitiva	28
2.9	SISTEMA HMI.....	28
2.9.1	Nextion HMI	28
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1	MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN	29
3.1.1	Bibliográfica	29
3.1.2	De campo.....	29
3.1.3	Experimental.....	30
3.2	ESQUEMA GENERAL DEL PROYECTO.....	30

3.3	REPRESENTACIÓN DEL HARDWARE	30
3.3.1	Controlador.....	31
3.3.1.1	Selección del controlador	32
3.3.2	Módulo Esp32	32
3.3.3	Características del Módulo Esp32	32
3.3.4	Recepción de la información el secador de cacao	33
3.3.5	Adquisición de información de temperatura	33
3.4	ACONDICIONAMIENTO DE SENSORES	34
3.4.1	Acondicionamiento de señal “temperatura PT100”	34
3.4.2	Acondicionamiento de señal “peso”	35
3.4.3	Conexión sensor MAF y ESP32.....	37
3.4.4	Conexión de la ESP32 para el control del blower	37
3.4.5	Circuito detector cruce por cero	38
3.5	CONEXIÓN ESP32 – ESP8266.....	39
3.6	COMUNICACIÓN ESP32 / PANTALLA NEXTION	40
3.6.1	Conexión de la pantalla HMI.....	40
3.6.2	Pasos de ejecución de Nextion Editor	41
3.5.2.1	Instalación de software Nextion Editor	41
3.5.2.2	Selección del modelo de pantalla	41
3.5.2.3	Interfaz de menú	41
3.7	DIAGRAMA DE FLUJO DEL CONTROL DEL SECADO DE CACAO	42
3.8	COMPONENTES DEL SECADOR CILÍNDRICO	43
3.9	PLACA PRINCIPAL PARA EL CONTROL DE LOS PARÁMETROS DEL SECADOR CILÍNDRICO.....	44
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	45
4.1	PRUEBAS	45
4.1.1	Pruebas de temperatura.....	45

4.1.2	Pruebas de carga	45
4.1.3	Pruebas de flujo	46
4.2	PRUEBAS DEL SISTEMA DE CONTROL CON HABAS	48
4.2.1	Obtención de Datos de la temperatura.....	48
4.2.2	Obtención de datos del peso	49
4.2.3	Obtención de datos de flujo másico.....	49
4.3	ANÁLISIS DEL CONTROL PID	50
4.3.1	Modelamiento del sistema	51
4.3.2	Control PID Arduino de Temperatura usando Ziegler y Nichols.....	52
4.4	ANÁLISIS DEL CONTROL DE FASE	53
4.5	THINGSPEAK Y CONFIGURACIÓN DE LA PLATAFORMA.....	54
4.5.1	Inicio de sección	54
4.5.2	Creación de canal de datos	55
4.5.3	Visualización de datos	55
4.5.4	Obtención de datos de la plataforma ThingSpeak.....	56
4.6	ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CONTROL CON CACAO.....	56
4.6.1	Obtención de datos de temperatura	57
4.6.2	Obtención de datos de flujo másico.....	58
4.6.5	Control de temperatura	59
4.7	ANÁLISIS FINAL DEL SECADO DE CACAO	59
5.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTO	61
5.1	PRESUPUESTO	61
5.1.1	Costos en mano de obra.....	62
5.1.2	Costos directos.....	62
5.1.3	Costos indirectos	62
5.2	COSTO DE DEPRECIACIÓN	63
5.3	ANÁLISIS DE IMPACTO	64

5.3.1	Impacto Tecnológico	64
5.3.2	Impacto Social	64
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
6.1	CONCLUSIONES	65
6.2	RECOMENDACIONES	65
7.	REFERENCIAS	66
8.	ANEXOS.....	

ÍNDICE DE LAS FIGURAS

Figura 1.1: Diagrama Ishikawa	3
Figura 2.1: Secador directo.....	6
Figura 2.2: Secador cilíndrico	7
Figura 2.3: Secador de transportador neumático	7
Figura 2.4: Secador por aspersion	8
Figura 2.5: Sistema de control.....	9
Figura 2.6: Lazo abierto.....	9
Figura 2.7: Lazo cerrado.....	10
Figura 2.8: Diagrama proporcional	10
Figura 2.9: Diagrama de control PI	11
Figura 2.10: Diagrama de control PID	12
Figura 2.11: Sensor MAF.....	14
Figura 2.12: Sensores de flujo másico integrados de TSI	14
Figura 2.13: Sensor de membrana plana	15
Figura 2.14: Sensor dinamómetro	15
Figura 2.15: Sensor de temperatura PT-100.....	16
Figura 2.16: Módulo MAX31865.....	20
Figura 2.17:Diagrama Puente de Wheatstone	20
Figura 2.18: Módulo HX711	21
Figura 2.19: Control de fase de onda completa.....	22
Figura 2.20: Diagrama Dimmer.....	22
Figura 2.21: Partes básicas de un controlador	23
Figura 2.22: Placa Esp8266	23
Figura 2.23: Placa ESP32	26
Figura 2.24: Pantalla Infrarrojo	27
Figura 2.25: Pantalla resistiva	27
Figura 2.26: Pantalla capacitiva	28
Figura 2.27: Nextion HMI.....	28

Figura 3.1: Esquema general del sistema de control	30
Figura 3.2: Funcionamiento del hardware	31
Figura 3.3: Pines del ESP32	33
Figura 3.4: Esquema de conexión del sensor PT100.....	34
Figura 3.5: Diagrama de conexión del sensor PT100.....	35
Figura 3.6: Datos de acondicionamiento de PT100.....	35
Figura 3.7: Esquema de conexión de la celda de carga	35
Figura 3.8: Diagrama de conexión de sensores de carga.....	36
Figura 3.9: Conexión sensor MAF	37
Figura 3.10: Conexión del control dimmer y ESP32.....	37
Figura 3.11: Diagrama de flujo del control dimmer	38
Figura 3.12: Diagrama del circuito detector de cruce por cero	39
Figura 3.13: Forma de onda del detector del cruce por cero.	39
Figura 3.14: Comunicación serial.....	40
Figura 3.15: Comunicación ESP32/pantalla Nextion.....	40
Figura 3.16: Pines de conexión ESEP32/pantalla Nextion.....	40
Figura 3.17: Descarga de software Nextion	41
Figura 3.18: Selección de modelo de pantalla Nextion	41
Figura 3.19: Interfaz de menú.....	41
Figura 3.20: Diagrama de flujo del sistema de control ESP32.....	42
Figura 3.21: Componentes del secador cilíndrico	43
Figura 3.22: Placa de control de los parámetros del secador cilíndrico	44
Figura 4.1: Cámara termográfica digital.....	45
Figura 4.2: Báscula digital.....	45
Figura 4.3: Anemómetro digital	46
Figura 4.4: Peso inicial	48
Figura 4.5: Curva de temperatura al tiempo	48
Figura 4.6: Curva de peso con respecto al tiempo.....	49
Figura 4.7: Curva de flujo másico con respecto al tiempo	49

Figura 4.8: Curva PID con un Set Point de 60	50
Figura 4.9: Sistema de primer orden.	51
Figura 4.10: Punto en que la temperatura alcanza el Set Point asignado	51
Figura 4.11: Punto del tiempo de retardo	52
Figura 4.12: Curva del flujo másico con respecto al % de voltaje	54
Figura 4.13: Inicio de sesión	54
Figura 4.14: Creación de canal de datos.....	55
Figura 4.15: Visualización de variables	55
Figura 4.16: Descarga de datos.....	56
Figura 4.17: Peso inicial de la masa y tanque de gas	56
Figura 4.18: Curva de control en la temperatura	57
Figura 4.19: Curva del flujo másico	58
Figura 4.20: Curva del peso.....	58
Figura 4.21: Curva de humedad	59
Figura 4.22: Curva del control de temperatura.....	59
Figura 4.23: Peso y humedad final	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Objetivos y actividades.....	4
Tabla 2.1 Calibración de un PID	13
Tabla 2.2 Características del sensor PT-100	17
Tabla 2.3 Características de la termocupla J	18
Tabla 2.4 Características de la termocupla k.....	18
Tabla 2.5 Especificaciones de Termistor NTC 100k 3950.....	19
Tabla 2.6 Modelo de Arduino	24
Tabla 2.7 Especificaciones del controlador ESP8266.....	25
Tabla 2.8 Variantes del ESP8266.....	25
Tabla 2.9 Características de la pantalla Nextion	29
Tabla 3.1 Descripciones del controlador	31
Tabla 3.2 Características del ESP32.....	33
Tabla 3.3 Esquema para conectar la celda de carga	36
Tabla 4.1 Fórmula de control PID	52
Tabla 4.2 Análisis del control de fase.....	53
Tabla 5.1 Elementos del sistema de control	61
Tabla 5.2 Costos de ensamblado	62
Tabla 5.3 Costos directo	62
Tabla 5.4 Costos indirectos	63
Tabla 5.5 Costos total	63



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TÍTULO: Implementación de un sistema de control de los parámetros que intervienen en un secador cilíndrico de cacao.

Autor: Jaya Chisaguano Luis David

Vaca González Jimmy Roberto

RESUMEN

La presente propuesta tecnológica pretende implementar un sistema de control en un secador cilíndrico de cacao, el propósito principal es conseguir datos de los factores que están involucrados en el sistema para lo cual se utilizó sensores que permitió recolectar la información correcta del proceso, realizando así una recopilación de datos en la nube es decir que permitió ser fuente de información para múltiples estudios que se pretenden efectuar en lo posterior, con el propósito de investigar las diferentes formas del secado de cacao de manera que se cumplan los requerimientos del producto a ser procesado. Este sistema de control permitió que el secado se efectúe en el menor tiempo posible, con el fin que el proyecto beneficie directamente a los pequeños productores, sobre todo en la parte económica minimizando costos en la mano de obra y así permitiendo que el secado se realice de manera eficiente.

Finalmente se obtuvo como resultado que el cacao inicio con una humedad del 70,13% a una temperatura de 20°C, mediante el control se elevó la temperatura hasta los 60°C que es la temperatura ideal según la norma INEN NTE176, en tres horas y quince minutos el grano de cacao se secó y llegó a una humedad final ideal del 7%.

Palabras claves: Secador, variable, cacao, automatizar, control.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
ELECTROMECHANICAL ENGINEERING

TITLE: Implementation of a control system of the parameters involved in a cylindrical cocoa dryer.

Author: Jaya Chisaguano Luis David

Vaca González Jimmy Roberto

ABSTRACT

The present technological proposal intends to implement a control system in a cylindrical cocoa dryer, the main purpose is to obtain data of the factors that are involved in the system for which sensors were obtained that collected the correct information of the process, thus carrying out a compilation of data in the cloud, that is to say that it allowed to be a source of information for multiple studies that are intended to be implemented in the future, with the purpose of investigating the different ways of drying cocoa so that the requirements of the product to be processed are met. This control system allowed the drying to be carried out in the shortest possible time, so that the project directly benefits small producers, especially in the economic part, minimizing labor costs and thus allowing the drying to be performed efficiently.

Finally, it was obtained as a result that the cocoa started with a humidity of 70.13% at a temperature of 20°C, by means of the control the temperature was raised to 60°C, which is the ideal temperature according to the INEN NTE176 standard, in three hours and fifteen minutes, the cocoa bean was dried and reached an ideal final humidity of 7%.

Keywords: Dryer, variable, cocoa, automate, control.

AVAL DE TRADUCCIÓN

INFORMACIÓN GENERAL

Título: Implementación de un sistema de control de los parámetros que intervienen en un secador cilíndrico de cacao.

Fecha de inicio: Abril 2022

Fecha de finalización: Agosto 2022

Lugar de ejecución: Cotopaxi, Latacunga, UTC

Facultad que auspicia: Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia: Ingeniería en Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado: Análisis de eficiencia en el proceso de secado solar de cacao mediante diferentes formas geométricas en el sistema de captación.

Equipo de Trabajo:

Ing. M.S.c. Corrales Bastidas Byron Paúl (Tutor)

Sr. Jaya Chisaguano Luis David

Sr. Vaca González Jimmy Roberto

Área de Conocimiento: 07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y profesiones a fines / 0714 Electrónica y Automatización.

Línea de investigación: Procesos Industriales

Sublíneas de investigación de la Carrera: Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMA

1.1.1 Situación problemática

El objetivo de la implementación de la automatización y adquisición de datos de un sistema de control de los parámetros que interviene en un secador cilíndrico de cacao tiene como visión automatizar los procesos de flujo másico, temperatura y carga. Tomando en consideración los parámetros de funcionamiento al cumplir el proyecto del secador cilíndrico haciendo referencia en base a la norma NTE INEN 176. Es por ello que para la implementación se debe seleccionar los instrumentos que aporten el control para la automatización del secado del cacao con el fin de obtener datos y parámetros que beneficien indirectamente a los problemas que conlleva el secado cacao.

1.1.2 Formulación del problema

Bajo rendimiento en los sistemas de secado por gasto excesivo de GLP y falta de control de temperatura en la dinámica del proceso, lo que provoca que no se obtenga un producto con las especificaciones necesarias para su almacenamiento y comercialización.

1.2 BENEFICIARIOS:

Directos: Proyecto Generativo: Análisis de eficiencia en el proceso de secado solar de cacao mediante diferentes formas geométricas en el sistema de captación.

Indirectos: Comunidad Científica

1.3 JUSTIFICACIÓN

La implementación de un sistema automatizado mejorará el control de la temperatura y flujo másico permitiendo una reducción en el tiempo de secado del cacao en cumplimiento a la norma NTE INEN 176, en donde el productor deja su cacao dentro del cilindro para el proceso del secado el mismo que será removido por el sistema automatizado.

Los datos y parámetros obtenidos servirán como un punto de partida para el procesamiento del cacao en diferentes tratamientos del mismo inclusive en la industrialización de dicho sistema de control.

Este sistema automatizado beneficiará futuras investigaciones con el fin de obtener los mejores instrumentos que aporten al control de flujo másico, temperatura y humedad de la automatización del secado del cacao.

El proyecto de investigación tendrá un impacto tecnológico en el análisis del comportamiento de la adquisición de las variables de flujo másico, temperatura y humedad, siendo de interés para quienes desarrollen la investigación relacionados con el cacao así mismo servirá como material bibliográfico que permitirá repotenciar el sistema de control del secador cilíndrico.

1.4 HIPÓTESIS

Implementar un sistema de control de los parámetros que intervienen en un secador cilíndrico permitirá reducir el tiempo en el proceso de secado del cacao.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 General:

Implementar un sistema de control de los parámetros que intervienen en un secador cilíndrico de cacao mediante la automatización del sistema para el análisis de su comportamiento.

1.5.2 Específico:

- Investigar sobre los sistemas de control que se implementan en secadores cilíndricos de cacao.
- Diseñar el sistema de control de flujo másico, temperatura y carga en un secador cilíndrico de cacao.
- Implementar un sistema de control de los parámetros para un secador cilíndrico de cacao.
- Validar los resultados obtenidos de control de flujo másico, temperatura y carga del secador cilíndrico de cacao.

1.6 MATRIZ CAUSA EFECTO

La figura 1.1 muestra en diagrama de Ishikawa que describe las causas y efectos.

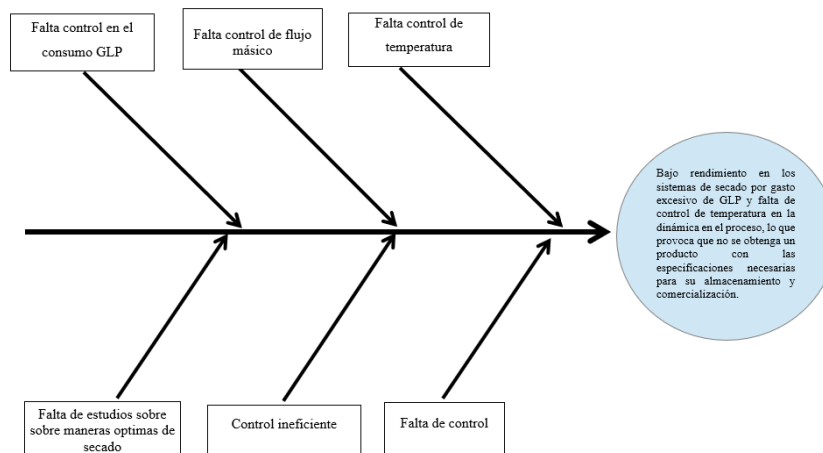


Figura 1.1: Diagrama Ishikawa

1.7 SISTEMA DE TAREAS

En la tabla 1.1 se realizan las actividades con relación a los objetivos planteados.

Tabla 1.1 Objetivos y actividades

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS ESPERADOS	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Investigar sobre el sistema de control que se implementa en un secador cilíndrico de cacao.	Búsqueda de información bibliográfica con respecto a un sistema de control.	Análisis de referencias bibliográficas.	Papers, tesis, libros.
Diseñar el sistema de control de flujo másico, temperatura y carga en un secador cilíndrico.	Implementación de un control de flujo másico, temperatura y carga. Elaborar la programación en el módulo Arduino ESP32 Wifi para la comunicación con los sensores.	Mediciones.	Verificación de temperatura, flujo y carga.
Implementar un sistema de control de los parámetros para un secador cilíndrico de cacao.	Ubicación de los sensores en el secador cilíndrico y calibración	Análisis de los comportamientos del flujo, temperatura y carga respecto a la variación del secado del cacao.	Curvas de control respecto a los parámetros a controlar.
Validar los resultados obtenidos de control de flujo másico, temperatura y carga del secador cilíndrico de cacao.	Efectuar los parámetros de adquisición de los datos de temperatura, flujo masico y peso.	Ejecutar la programación sin inconvenientes.	Visualización de las variables de temperatura, flujo másico y peso en una pantalla.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 ANTECEDENTES

En el año 2018 Parra Rosero en su modelación de un proceso de secado de cacao utilizando una cámara rotatoria cilíndrica y flujo de aire caliente, menciona que la utilización de esta técnica de secado artificial mediante un flujo de aire caliente soluciona los inconvenientes que se presentaba al momento de realizar la técnica de secado natural del cacao, reduciendo los tiempos de secado y conservando la calidad deseada [1].

En el año 2017 Ortega Márquez en su estudio, diseño y monitoreo de un sistema de secado rotatorio de cacao mediante recirculación de aire caliente por combustión a gas utilizando control multivariado aplicado a la temperatura, flujo de calor y peso de producto, concluye que al realizar el proceso utilizando GLP presenta una mejor eficiencia del secador rotatorio ya que el calor se distribuye uniformemente al momento de realizar el secado de cacao [2].

En el año 2018 Torres Hinojosa en su diseño de un sistema de control PID de nivel de una esfera accionado por flujo de aire, habla sobre el sistema de control PID es uno de los lenguajes más completos que existe ya que representa un excelente desempeño a la hora de sintonizar sus parámetros con las variables a controlar, la principal ventaja que presenta este controlador a la hora de su implementación no es tan complejo ya que su control se base del error a su entrada[3].

En el año 2020 Hernández, López y Suárez en su desarrollo de nuevos comandos para Google Assistant utilizando Dialogflow, Firebase y NodeMCU (ESP8266) como intermediario, concluye que el dispositivo actúa de manera inmediata si se le proporciona una señal, este será el encargado de realizar un control PID u On-Off de los parámetros, gracias a su fácil lenguaje de interacción puede conectarse a más dispositivos estenos[4].

En el año 2019 Castrillo y Pinto es su diseño de controlador PID para prototipo de máquina de secado de café y/o cacao para la empresa Penagos hermanos, determina que el desarrollo de un sistema automatizado optimiza el tiempo de secado del cacao mejorando la calidad del producto [5].

2.2 TIPOS DE SECADO DE CACAO

2.2.1 Secadores directo

La transferencia de calor para el secamiento se alcanza por contacto directo entre los sólidos húmedos y los gases calientes. El líquido vaporizado se empuja con el medio de secamiento es decir con los gases calientes. Los secadores directos se llaman también secadores por convección[6].

2.2.2 Secadores directos continuos

La ejecución es continua sin suspensiones, en tanto se distribuye la alimentación húmeda, es cierto que cualquier secador continuo puede desempeñarse de manera intermitente o por lotes [6].

2.2.3 Secador rotatorio

El método del secado rotatorio constituye una de los métodos más utilizados en diferentes campos en los alimentos, productos químicos productos alimenticios a nivel de industria su forma rápida y con bajo costo cuando se cantidad se trata.

El secador rotativo funciona mediante una corriente de aire caliente que se introduce a contracorriente la eficiencia del secador dependerá principalmente del diferencial entre las temperaturas del aire de entrada y de salida el tiempo de secado dependerá de la velocidad de difusión del agua desde el centro hasta la superficie del material[7]



Figura 2.1: Secador directo

2.2.4 Secador Cilíndrico

Este tipo de máquina permite obtener el secado de cacao en el menor tiempo posible y se diferencia de las rectangulares en la manipulación del grano con la utilización de elementos y mecanismos en una forma mecánica. Su diseño en el proceso de secado da como resultado un equipo de elevada productividad sin variar su calidad. La secadora cuenta con plataforma propia para aprovechamiento del calor, diseño ensamblado con materiales de acero inoxidable alimenticio o galvanizado, puede ser opcional su temperatura se regula electrónicamente, consta también con puertas de descarga para el vaciado del producto[7].



Figura 2.2: Secador cilíndrico

2.2.5 Secadores de transportador neumático

En esta clase de proceso la deshidratación se realiza frecuentemente junto con el proceso de trituración. El cacao circula dentro de gases a temperatura y velocidad elevada hasta un tanque de ciclón[8].



Figura 2.3: Secador de transportador neumático[9]

2.2.6 Secadores por aspersión

En este proceso por el cual su sustento debe descomponer por medio de una boquilla o un anillo centrífugo[8].



Figura 2.4: Secador por aspersión [10]

2.3 SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN

El término de automatización se asocia con la supresión o disminución de la colaboración humana en los diferentes procesos productivos teniendo presente la aplicación de sistemas mecánicos, electrónicos y computarizados, para operar y mantener el control de la producción con más eficiencia y efectividad.

La automatización de procesos es la operacionalización de un proceso que previamente se ejecutaba manualmente, usando la tecnología y la adhesión de sistemas y datos. Es decir, un paso fundamental en la administración empresarial capaz de crear competitividad, eficiencia y costo al comprador.

Un modelo de proceso automatizado busca garantizar la compenetración de tareas productivas, es decir, organizar e integrar componentes de sistemas para lograr un eficiente proceso productivo.

2.3.1 Proceso de control

Es un conjunto de módulos delegados a ordenar y guiar la conducta de otro sistema, con el propósito de minimizar las probabilidades de falla y conseguir los resultados deseados. Los principales elementos de un sistema de control son la variable a controlar, el actuador y Set Point [11].

Las variables de entrada se dividen en dos grupos que son:

- Variables de control. - Son variables que se pueden manipular.
- Perturbaciones. - Son aquellas que no es posible ejecutar ninguna clase de control

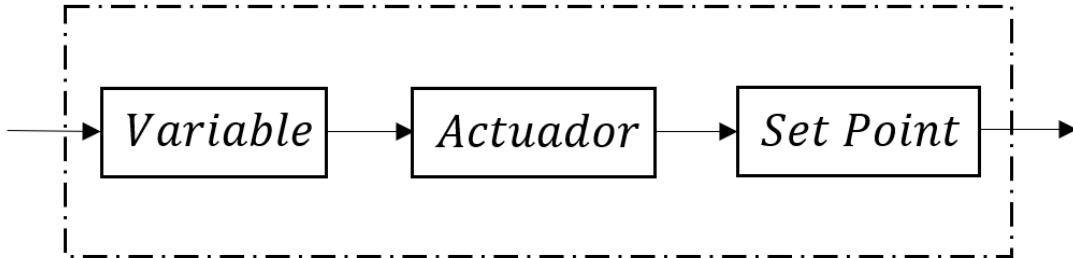


Figura 2.5: Sistema de control

2.3.2 Clasificación de los sistemas de control

Se clasifican en dos tipos: lazo abierto y lazo cerrado.

2.3.2.1 Lazo Abierto

Se caracteriza por no integrar un sistema de medición para comprobar el valor de salida, pero no influye en el valor de entrada. La exactitud de este sistema depende de su calibración con el fin de conseguir la exactitud anhelada en el sistema [12]. La Fig. 2.2 muestra la manera de cómo se efectúa el sistema de control de este tipo.

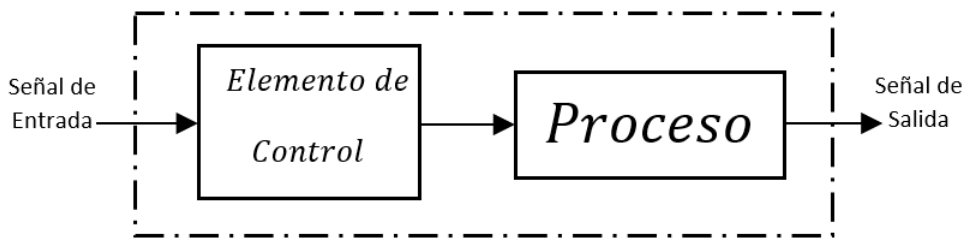


Figura 2.6: Lazo abierto

2.3.2.2 Lazo cerrado

Son sistemas complicados ya que la respuesta de control depende de la salida al ser comparada con la señal de entrada de referencia, es decir, en todo el proceso la variable deseada al final se obtiene mediante una retroalimentación por medio de sensores y actuadores [13]. La señal de salida es manejada como una de las entradas del sistema, ya que contribuye con la información útil.

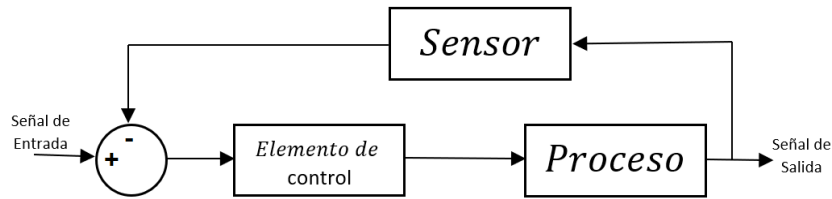


Figura 2.7: Lazo cerrado

2.3.3 PID (Controlador Proporcional, Integral y Derivativo)

Es el más utilizado en la actualidad ya que consiste en un sistema de lazo cerrado, mediante un lazo de realimentación permite regular las variables como flujo másico, temperatura, carga y velocidad lo cual da como resultado final una salida controlada para un determinado proceso, este control puede tener números infinitos de variables para analizar.

Las características principales de los controles PID son: proporcional, integral y derivativo [14].

2.3.3.1 Control Proporcional

El control proporcional a la señal de error $e(t)$, no considera el tiempo, a medida que la mejor opción de enmendar el error permanente es hacer que el sistema contenga algún componente que posea una variación respecto al tiempo, internamente su labor proporcional multiplica la señal de error por una constante k_p [15].

$$u(t) = k_p \cdot e(t) \quad (2.1)$$

Donde:

- $u(t)$: control proporcional
- k_p : ganancia proporcional
- $e(t)$: error

La parte proporcional k_p al momento de aumentar genera los siguientes efectos:

- Aumenta la inestabilidad del sistema.
- Disminuye el error del sistema cuando en régimen es constante.
- Incrementa la velocidad de respuesta del sistema.

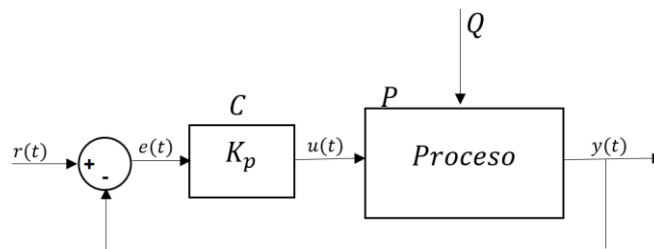


Figura 2.8: Diagrama proporcional

2.3.3.2 Control Integral

El control integral tiene como función la reducción y eliminación del error en el período estacionario, genera cero errores en estado estable cuando está en un punto al estado estable inducido por anomalías exteriores los cuales no pueden ser rectificadas por el control proporcional. La ecuación 2.2 se representa de la siguiente manera [15].

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \quad (2.2)$$

Donde:

- $u(t)$: control integral
- k_i : ganancia integral
- $e(t)$: error

La parte Integral K_i al momento de aumentar genera los siguientes efectos:

- Incrementa la exactitud del sistema, permitiendo eliminar el error en estado estacionario.
- Dificulta la estabilidad relativa del sistema.
- El control introduce una señal en el origen de la función de transferencia.

La figura 2.9 pertenece al control PI

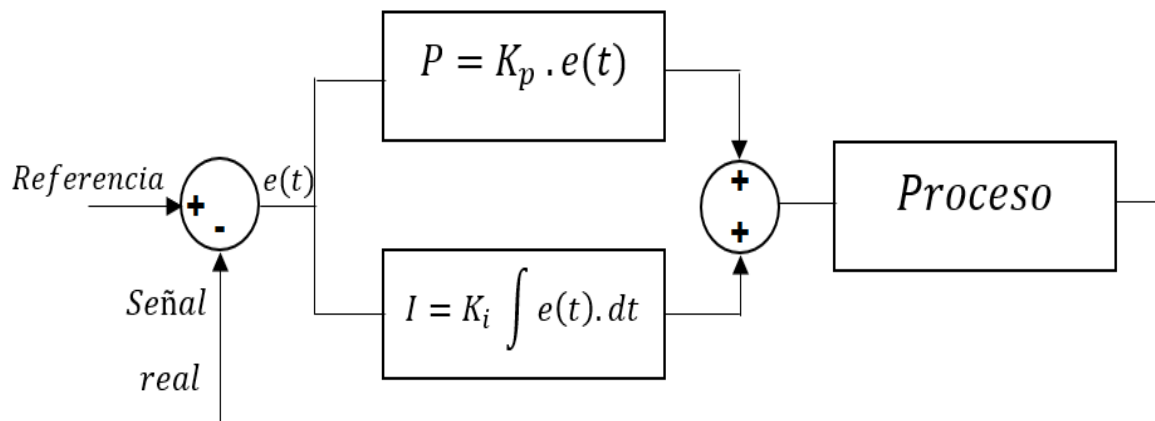


Figura 2.9: Diagrama de control PI

2.3.3.3 Control Derivativo

El control derivativo es el encargado de manipular la variable del error por eso, actúan rápidamente que el control proporcional, aunque el error sea diminuto el control puede anticiparse al error. El control derivativo no es tan utilizado en la práctica, por lo general siempre están combinados con los demás controles a continuación su ecuación[15].

$$u(t) = K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.3)$$

Donde:

- $u(t)$: control derivativo
- k_d : ganancia integral
- $e(t)$: error

La parte derivativa K_d al momento de aumentar genera los siguientes efectos:

- Anticipación del error, pero a su vez puede ser la más peligrosa, ya que tiende a corregir antes de que la señal del error sea excesiva.
- La derivada del error permite conocer su tendencia (crecimiento o decrecimiento).
- Cuando el error es contante, el control adopta una acción pasiva y no lleva a cabo a eliminar el error estacionario.

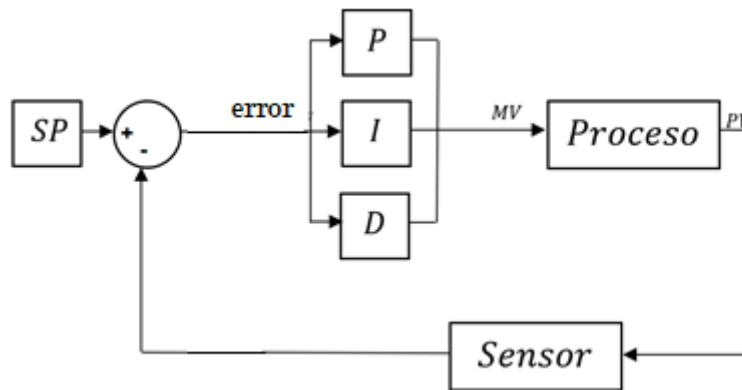


Figura 2.10: Diagrama de control PID

2.3.3.4 Ecuación del control PID

En la ecuación del control PID es la unión de los tres componentes con sus ganancias y tiempos, mantiene los puntos fuertes de cada uno y se desarrollan las acciones entre ellas. Es sensible a los errores, estable y de régimen permanente nulo.

$$u(t) = k_p e(t) + k_i \int e(t)dt + k_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.4)$$

Donde:

- $u(t)$: control PID
- $e(t)$: error
- k_p, k_i, k_d : parámetros de control

Ecuación de constante independiente

$$u(t) = K_c \left\{ e(t) + \frac{1}{k_i} \int_0^t e(t)dt + k_d \frac{de(t)}{dt} \right\} \quad (2.5)$$

Donde:

- $u(t)$: control PID
- $e(t)$: error
- k_p, k_i, k_d : parámetros de control

$$Kp = kc \quad (2.6)$$

$$Ki = \frac{Kc}{Ti} \quad (2.7)$$

$$Kd = Kc.Td \quad (2.8)$$

$$PB = \frac{100}{Kc} \quad (2.9)$$

Las constantes se ubican dependiendo del proceso que se realice, ya que influyen en los parámetros de sistema. En la tabla 2.1 se establece las acciones de cada constante.

Tabla 2.1 Calibración de un PID

Respuesta de lazo cerrado	Tiempo de subida	Sobreimpulso	Tiempo de establecimiento	Error r-p
Kp	Disminuye	Aumenta	Poca variación	Disminuye
Ki	Disminuye	Aumenta	Aumenta	Elimina
Kd	Poca variación	Disminuye	Disminuye	Poca variación

2.4 INSTRUMENTOS DE PROCESO DE SECADO

2.4.1 Tipos de sensores de aire

En la industria se encuentran diferentes tipos de sensores de flujo de aire el cual se encarga de calcular la cantidad de aire que ingresa a un sistema de control. A continuación, se detallará algunos sensores que permiten medir dicha variable.

2.4.1.1 Sensor MAF

Es un medidor de flujo másico y su funcionamiento consiste en el principio de caudalímetros másicos térmicos, este sensor posee dos electrodos el cual uno de ellos está expuesto al medio que se requiere medir y el otro electrodo se encuentra en el interior el cual se mantiene en una temperatura constante.

El cable en su interior se conserva a una temperatura de 200 °C mayor que el cable exterior que se encuentra a una temperatura ambiente. La masa del aire admitida por el motor genera un enfriamiento del cable caliente y la diferencia de resistencia eléctrica es medido por el sensor y controlado por el ECU [16].

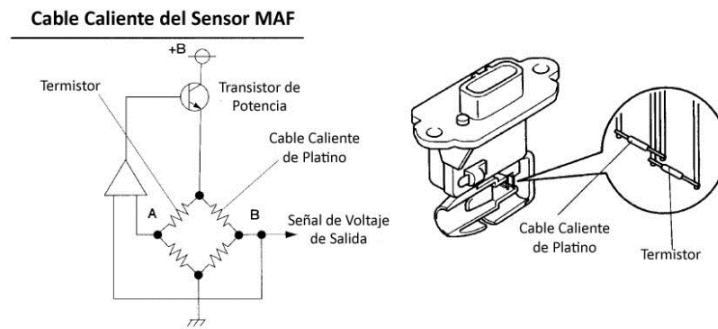


Figura 2.11: Sensor MAF

2.4.1.2 Sensores de flujo másico integrados de TSI

Estos sensores están diseñados para realizar la medición de aire, oxígeno y demás gases según su aplicación requerida, su tamaño es compacto e ideal para ser instalado en lugares que se requiera, son utilizados alrededor del mundo por su tecnología TSI y rendimiento único, este sensor es preciso ya que cuando se encuentra en uso, su respuesta es rápida para la medición de caudal y detectar la caída de presión [17].



Figura 2.12: Sensores de flujo másico integrados de TSI

2.4.2 Medición de carga

Este tipo de sensor son utilizados en el campo industrial ya que es preciso a la hora de realizar una medición de peso. A continuación, se detallará algunos sensores que permiten medir dicha variable.

2.4.2.1 Sensor de membrana plana

Es un dispositivo que nos permite conseguir una señal eléctrica proporcional a la fuerza que se le aplique, su uso específico es para aplicaciones de pesaje o instrumentos de verificación sobre su superficie, mide el esfuerzo en una dirección y su funcionamiento consiste en convertir una señal de fuerza o carga en una magnitud eléctrica para conseguir una medición exacta [18].



Figura 2.13: Sensor de membrana plana

2.4.2.2 Sensor dinamómetro

Se emplea para medir la fuerza de tracción y compresión este dispositivo tiene la función de absorber una fuerza para generar una señal eléctrica y así determinar un control mediante la deformación elástica y se caracterizan por el principio de funcionamiento en cuál se representa mediante la acción y reacción [19].



Figura 2.14: Sensor dinamómetro

2.4.3 Medición de Temperatura

Son componentes eléctricos y electrónicos que en calidad permiten medir la temperatura mediante una señal eléctrica determinada. Dicha señal puede enviarse directamente o mediante el cambio de la resistencia. También se denominan sensores de calor o termo sensores que se usa entre otras aplicaciones para el control de circuitos [11] .

2.4.3.1 Sensor PT100

Es un tipo específico de detector de temperatura RTD (detector de temperatura por resistencia). Las características más fundamentales de los recursos Pt100 es que permanecen fabricados con platino con una resistencia eléctrica de 100 Ω a una temperatura de 0 $^{\circ}\text{C}$ y es con diferencia el tipo más común de sensor RTD, en la ecuación (2.5) se establece los parámetros a calcular.

$$R_t = R_0(1 + a * T) \quad (2.10)$$

Donde:

- R_0 = Resistencia en Ω a 0 grados Celsius
- R_t = Resistencia en Ω a T grados Celsius
- T= Temperatura actual en grados Celsius
- a= Coeficiente de temperatura de la resistencia



Figura 2.15: Sensor de temperatura PT-100

En la tabla 2.2 se menciona las características del sensor PT-100

Tabla 2.2 Características del sensor PT-100

RTD	
Tipo	Pt-100
Rango de temperatura	0°C-1250 °C
Material del RTD	Platino
Precisión	0.01 °C
Diámetro del tubing	3/16
Longitud del tubing	1.5
Material del tubing	Acero Inoxidable
Tipo de unión	Aislado
Resistencia sonda a 0°C	100 Ω
Material de la extensión	Teflón
Rango de temperatura	-190 °C -260°C
Longitud de la extensión	2m
Numero de hilos	3 hilos
Resistencia a la abrasión	Muy buena
Resistencia a la humedad	Excelente

2.4.3.2 Termocuplas

Es un instrumento muy útil y ampliamente utilizado para medir la temperatura y se usa comúnmente en una variedad de entornos científicos, de ingeniería e industriales. Se basan en el hecho de que una corriente del orden de milivoltios fluye en un circuito continuo de dos alambres metálicos diferentes [20].

Da como resultado una diferencia de potencial del orden de milivoltios, que aumenta con la temperatura. En general el termopar está encerrado en un tubo de acero inoxidable.

Existen varios tipos de termocuplas utilizadas en la industria como las de tipo J, K.

- Termocupla tipo J

El termopar tipo J se usa especialmente en la industria de moldeo de plástico, caucho y metal a baja temperatura, y está hecho de conductor. Cuando estos dos metales se unen a 750 °C, se genera una diferencia de potencial de 42,2 milivoltios en los extremos. Este sensor puede medir la temperatura de 180 a 750°C.

Tabla 2.3 Características de la termocupla J

Combinación de conductores		Cambio aproximado de las F.E.M Generadas por grados celsius con la unión de referencia de 0°C μV			Rango de funcionamiento aproximado de temperatura de la unión de medida		Tolerancias de salida de Termopar a IEC 60584-1			
Conductor+	Conductor-	100°C	500°C	1000°C	Continuo	Puntual	Tipo 1	Clase 1	Tipo 3	Tipo 4
Hierro (Magnetico)	Cobre-Niquel									
	También conocido como:						Rango de Temperatura	-40°C a +375°C	-40°C a +333°C	
	También conocido como:						Tolerancia	$\pm 1.5^\circ C$	$\pm 2.5^\circ C$	
	Fe	Constantan, Advance TM Cupron TM	54	56	59	+20 a +700°C	-180 a +1350°C	Rango de Temperatura	375°C a 750°C	333°C a 750°C
							Tolerancia	± 0.004 μV	1200°C	
									± 0.0075 μV	

– Termocupla tipo K

Este tipo de sensor de temperatura se utiliza principalmente en fundiciones y hornos a temperatura cero mayor a 1300°C, sin embargo, opera en el rango de -180 a 1372°C con voltaje máximo 54,8 milivoltios fabricado en una aleación de níquel, cromo y aluminio.

Tabla 2.4 Características de la termocupla k

Combinación de conductores		Cambio aproximado de las F.E.M Generadas por grados celsius con la unión de referencia de 0°C μV			Rango de funcionamiento aproximado de temperatura de la unión de medida		Tolerancias de salida de Termopar a IEC 60584-1			
Conductor+	Conductor-	100°C	500°C	1000°C	Continuo	Puntual	Tipo 1	Clase 1	Tipo 3	Tipo 4
Niquel-Cromo	Niquel-Aluminio									
	(magnetic)						Rango de Temperatura	-40°C a +375°C	-40°C a +333°C	-167°C a +40°C
	También conocido como:						Tolerancia	$\pm 3^\circ C$	$\pm 3.3^\circ C$	$\pm 4^\circ C$
	También conocido como:						Rango de Temperatura	75°C a 1372°C	$\pm 2.5^\circ C$	$\pm 2.5^\circ C$
Chromel TM	Chromel TM	42	43	39	0 a +1100°C	-180 a +1350°C				
Thermokanthal KP*, NiCr, TI*, Thopel TM	Thermokanthal KN TM , T2 TM , NiAl ^T _M						Tolerancia	$\pm 1.5^\circ C$	333°C	
									1200°C	
									375°C	

2.4.3.3 Termistor NTC 100k Ω

Se distinguen por el hecho de que son resistencias semiconductoras que miden la temperatura en un amplio rango. Los cambios en la resistencia del termistor NTC pueden ser causados por cambios externos en la temperatura ambiente o por autocalentamiento interno debido al flujo de corriente en el dispositivo es decir un aumento de temperatura reduce su durabilidad al aumentar la concentración.

Tabla 2.5 Especificaciones de Termistor NTC 100k 3950

Características	
Valor B a 25°C y 50°C	3950K $\Omega \pm 1\%$.
Valor de Resistencia nominal a 25° C	100K $\Omega \pm 1\%$.
Diámetro cuerpo sensor (Cabeza)	1.8 mm \pm 0.2mm.
Longitud cuerpo sensor (Cabeza)	2.8 mm \pm 0.2mm.
Rango de temperatura	- 50°C + 280°C.
Aislamiento resistencia	50 M Ω .
Longitud de cable	32 mm.
Diámetro de cable	0.25 mm.

2.5 ACONDICIONAMIENTO

El acondicionamiento se lleva a cabo mediante la adquisición de datos y las transforma en una señal eléctrica, se aplica en sensores de medición para convertir las señales generadas y ser utilizados para su correcta lectura en un controlador.

2.5.1 MAX31865

Se denomina un amplificador y su estructura está diseñado para realizar mediciones de temperatura de los siguientes sensores, PT-100 O PT-1000, que se los conocen con la abreviatura de RTD o detector de temperatura resistivo.

El módulo se encarga de realizar la lectura de resistencia del sensor PT-100 y convertir esta señal analógica en un dato digital para ser interpretado por un controlador. El chip MAX31865 posee un conversor delta-sigma de precisión con una resolución de 15 bits, equivalente a 0.03125°C. El protocolo de comunicación es de tipo SPI, por lo que puede trabajar fácilmente con Arduino, Microcomputadores como Raspberry o PIC.



Figura 2.16: Módulo MAX31865

2.5.2 Puente de Wheatstone

Se los usa para medir tensión o carga en galgas extensométricas ya que la tensión varía según la resistencia eléctrica del dispositivo. Posee un rango de resistencia el cual va desde los 30Ω a 3000Ω . Miden extremadamente una porción de los cambios de resistencia con alta precisión, se utiliza la configuración del puente Wheatstone, la figura 2.17 muestra un modelo de puente Wheatstone donde la resistencia desconocida se sustituye con un medidor de tensión.

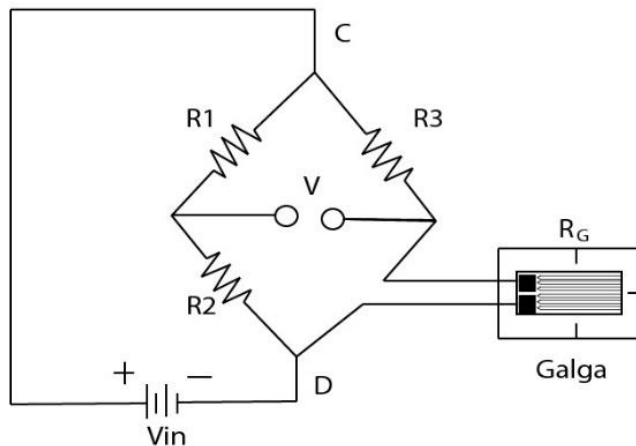


Figura 2.17:Diagrama Puente de Wheatstone [22]

2.5.2.1 Características

El Puente de Wheatstone está conformado por cuatro terminales eléctricos, los cuales dos transmiten tensión a todo el dispositivo y los dos sobrantes se encargan de recibir la señal durante la salida que va directo al circuito que sirve como acondicionador.

El dispositivo está constituido por cuatro resistencias, las cuales una es desconocida y no posee un valor fijo de Ω :

$$R_g = R_o (1 + X) \tag{2.6}$$

Donde:

- Rg : valor total de la resistencia.
- Ro : el valor inicial de la resistencia.
- X : es el valor que se desconoce.

2.5.1.2 Condiciones de equilibrio

Sistema de igualdad al momento que es sistema se encuentre en equilibrio.

$$\frac{R2}{R1} = \frac{Rg}{R3} \quad (2.7)$$

Para determinar un valor de salida correspondiente a la variación de Rg , considerando que el instrumento de medición tiene una resistencia adecuadamente alta, la determinación del voltaje de la diferencia de potencial entre $V.1$ y $V.2$ es igual a:

$$Vg = \left(\frac{R2}{R1+R2} - \frac{Rg}{Rg+R3} \right) \cdot Vs \quad (2.8)$$

Donde:

- Vg : Voltaje entre nodos
- Rg : Valor total de la resistencia
- $R1, R2, R3$: Resistencia de valores conocidos
- Vs : Fuente de alimentación

2.5.3 HX711

Se un amplificador de célula de carga que deja medir la fuerza (peso) con un controlador, un ESP32 o con una diferente placa para permitir obtener lecturas confiables, su funcionamiento consiste en amplificar los pulsos o señales que se consiguen del sensor de carga para luego transportarlas a un controlador y realizar el proceso de proporcionalidad, así determinar el peso sobre la báscula.

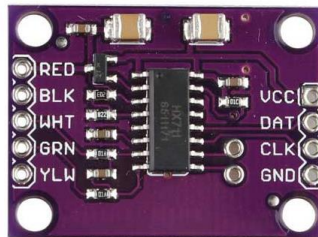


Figura 2.18: Módulo HX711

2.6 CONTROL DE FASE

Es utilizado para circuitos de corriente alterna (C.A), permitiendo controlar la potencia que se entrega a una carga. Su funcionamiento consta en la variación de potencia, para ello se realiza una un circuito controlador de fase y se analizan las leyes de control a implementar, con el fin de implementar en un circuito integrado digital [23].

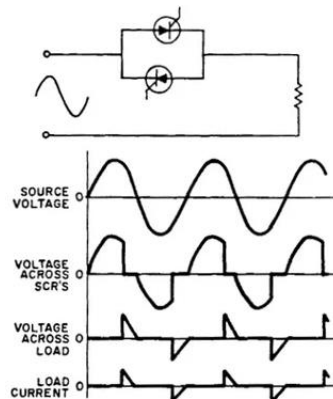


Figura 2.19: Control de fase de onda completa

2.6.1 Módulo dimmer

Es básicamente un regulador, atenuador sirve para regular la energía en uno o varios dispositivos, en si posee diversas aplicaciones, podemos manipular la velocidad de giro de un motor eléctrico, otro uso es conectar un cautín para regular su temperatura, en si lo que hace es variar el voltaje AC [24].

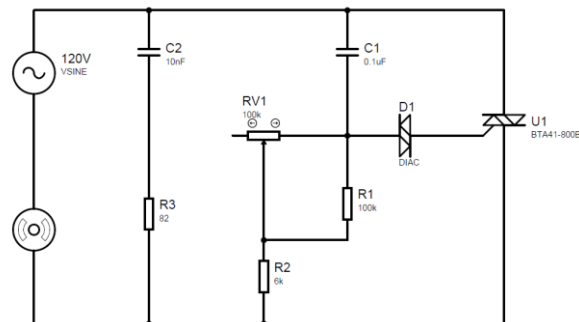


Figura 2.20: Diagrama Dimmer

2.7 CONTROLADOR

Es un circuito integrado programable capaz de ejecutar instrucciones almacenadas en su memoria. Este se maneja para controlar bloques funcionales que realizan una tarea específica, sus pines de entrada y salidas se utilizan para conectar relés, motores y actuadores. Una vez el controlador está programado se encargará de ejecutar la tarea asignada, en la siguiente figura 2.21 se muestra como está estructurado.

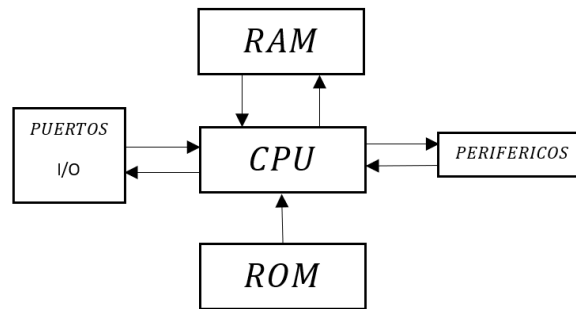


Figura 2.21: Partes básicas de un controlador

2.7.1 Arduino

Es un software para la elaboración de electrónica de código abierto, la cual se basa en hardware y software libre, flexible y fácil de usar para los creadores y desarrolladores de código. Este software admite crear diferentes tipos de microordenadores en una sola placa [25].

2.7.1.1 Modelo de Arduino

Arduino de gama básica y una de las más usadas, todas las shields están diseñadas para usarse sobre esta placa. Cuenta 14 pines entrada/salidas digitales de las cuales 6 se pueden usar como PWM, además cuenta con 6 entradas analógicas, además cuenta con I2C, SPI, además de un módulo UART. Tiene toda la electrónica necesaria para que el microcontrolador opere, simplemente hay que conectarlo a la energía por el puerto USB o con un transformador AC-DC.

En la tabla 2.6 se observa los modelos de Arduino

2.7.2 ESP8266

Es un módulo WiFi que proporciona un puente entre los controladores de ESP con WiFi, que permite ejecutar las aplicaciones independientes que no se pueden conectar directamente ya que se necesita una comunicación serial.

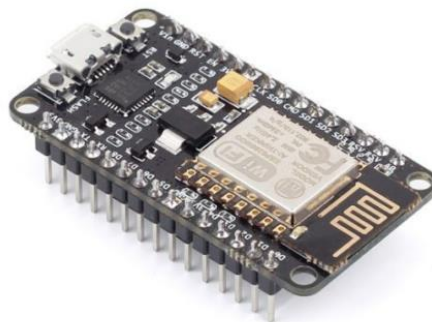


Figura 2.22: Placa Esp8266 [26]

Tabla 2.6 Modelo de Arduino

MODELO	CARACTERÍSTICAS
<p>Arduino Uno</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – Velocidad de reloj: 16 MHz. – Voltaje de trabajo: 5V. – Voltaje de entrada: 7,5 a 12 voltios. – Pin out: 14 pines digitales (6 PWM) y 6 pines analógicos – 1 puerto serie por hardware. – Memoria: 32 KB Flash (0,5 para bootloader), 2KB RAM y 1KB Eeprom – Voltaje de operación: 3.3V. – Voltaje recomendado de entrada (pin Vin): 7-12V.
<p>Arduino Due</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – Pines de entrada y salida digitales: 54 pines I/O, de los cuales 12 proveen salida PWM. – Pines de entrada análogos: 12. – Pines de salida análogos: 2. – Corriente de salida total en los pines I/O: 130mA. – Corriente DC máxima en el pin de 3.3V: 800mA. – SRAM: 96 KB (en dos bancos de: 64KB y 32KB). – Velocidad de reloj: 16 MHz. – Voltaje de trabajo: 5V. – Voltaje de entrada: 7,5 a 12 voltios.
<p>Arduino Nano</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – Pinout: 14 pines digitales (6 PWM) y 8 pines analógicos. – 1 puerto serie por hardware. – Memoria: 32 KB Flash (2KB para bootloader), 2KB RAM y 1KB Eeprom

En la siguiente tabla 2.7 se detalla las especificaciones del controlador ESP8366

Tabla 2.7 Especificaciones del controlador ESP8266

CARACTERÍSTICAS	
Voltaje	3.3 V
Consumo de corriente	10 μ A – 170 mA
Memoria Flash	16 MB máx. (512 k normal)
Procesador	Tensilica L106 32 bit
Velocidad del procesador	80 – 160 MHz
GPIOs	17
Analógico a digital	1 entrada con 10 bit de resolución (1024 valores)
Soporte de 802.11	b/g/n/d/e/i/k/r
Máxima conexiones simultáneas	5

2.7.2.1 Variantes del ESP8266

Es un solo controlador, pero su versión cambia cuando se construye en una placa impresa debido a sus características de construcción difieren en diferentes aspectos y existen diversos tipos de fabricantes de variantes basadas en ESP8266.

Tabla 2.8 Variantes del ESP8266

MODELO	CARACTERÍSTICAS
ESP-01	<ul style="list-style-type: none"> – GPIO: 2 pines GPIO (GPIO 0/2) – Conexiones: 14 conexiones de superficie en los dos lados mayores – Dimensiones: 14,30 x 24,8 mm – Alimentación: 3,3 V
ESP-02	<ul style="list-style-type: none"> – GPIO: 3 (GPIO 0/2/15) – Conexiones: 8 conexiones de superficie – Dimensiones: 14,20 x 14,2 mm – Alimentación: 3,3 V

ESP-03	<ul style="list-style-type: none"> – GPIO: 7 pines GPIO (GPIO 0/2/13/14/15/16) – Conexiones: 14 conexiones de superficie en los lados mayores – Dimensiones: 17,30 x 12,10 mm – Antena: Cerámica – Alimentación: 3,3 V
ESP-04	<ul style="list-style-type: none"> – GPIO: 7 pines GPIO (GPIO 0/2/13/14/15/16) – Conexiones: 14 conexiones de superficie en los dos lados mayores – Dimensiones: 14,70 x 12,10 mm – Antena: Ninguna – Alimentación: 3,3 V

2.7.3 ESP32

La empresa china Espressif Systems fabrica los SoC ESP32, la versión perfeccionada del ESP8266. Incorporan tecnología bluetooth y WiFi. Fácil de interconectar con otros dispositivos gracias a sus dimensiones pequeñas, posible de integrar en placas de circuitos PCB o impreso, cuenta con el procesador Xtensa LX6 de 2 núcleos que le otorga versatilidad para hacer 2 procesos a la vez. Son MCU de bajo consumo energético, el sistema de comunicaciones inalámbricas está principalmente protegido ya que incorpora ciertas tecnologías tal como amplificador de potencia, amplificador receptor de bajo ruido, filtros y módulos de administración de energía para reducir el consumo de esta cuando se esté usando[27].



Figura 2.23: Placa ESP32

2.8 PANTALLA TÁCTIL

Es un periférico que permite una interacción directa a través de un toque para dar una orden a un dispositivo o proceso debido a su característica actúan como periféricos de entrada / salida, la orden se da de manera táctil, u otro método puede ser mediante un lápiz [28].

Existen diversas tecnologías en sistemas táctiles, que se les usa dependiendo del proceso a realizar se detalla algunos sistemas táctiles a continuación:

2.8.1 Por infrarrojos

El sistema de pantalla por infrarrojo es el más antiguo y fácil de comprender. En los costados de la pantalla cuentan con unos emisores y receptores infrarrojos.

De esa forma se genera una matriz de rayos infrarrojos tanto vertical como horizontal, al pulsar sobre la pantalla con el dedo u otro objeto este detecta las coordenadas y actúa [28].

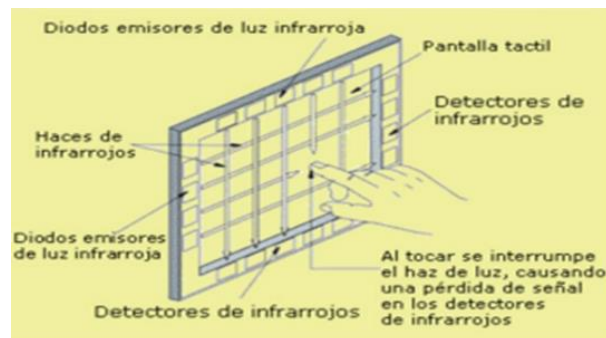


Figura 2.24: Pantalla Infrarrojo [29]

2.8.2 Resistiva

La pantalla resistiva táctil es el más usado ya que cuenta con dos capas de material conductor transparente que provoca una cierta resistencia a la corriente eléctrica. Cuando se presiona la capa exterior se provoca un contacto entre las dos capas conductoras. Un sistema electrónico detecta el contacto y midiendo la resistencia puede deducir el punto de contacto.

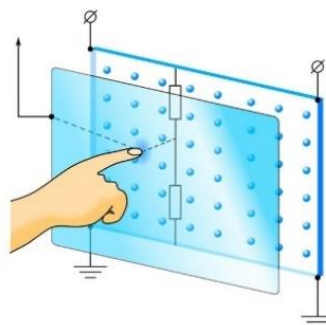


Figura 2.25: Pantalla resistiva

2.8.3 Capacitiva

Este tipo de pantalla tiene una capa conductora que al aplicar un voltaje en las cuatro esquinas de la pantalla crea un campo eléctrico uniforme que al momento de pulsar o interactuar genera un campo de baja tensión, así determina la posición del pulso [30].

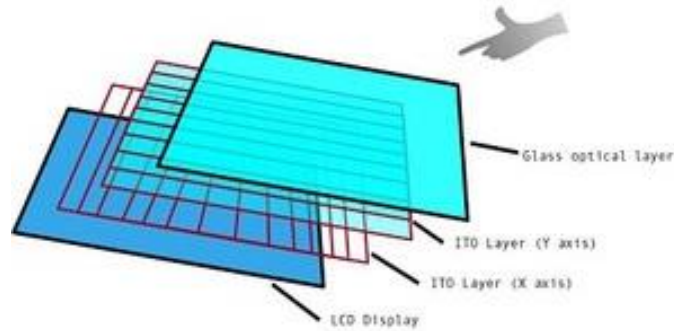


Figura 2.26: Pantalla capacitiva

2.9 SISTEMA HMI

A este sistema se lo conoce como interfaz Humano – Máquina o HMI (Human – Machine Interface). La función principal que realiza este tipo de sistema es mostrar información en tiempo real, visualizar gráficos y datos que faciliten el estado de dispositivos como por ejemplo motores, sensores, válvulas y demás parámetros que intervengan en un proceso de control y monitoreo [31]

2.9.1 Nextion HMI

Es una pantalla HMI táctil super potente de 7" la cual es una buena opción al momento de requerir una interfaz para un control y visualización entre un humano y un proceso. Su característica principal conectarse al internet mediante (IoT) para poder realizar una conexión online.



Figura 2.27: Nextion HMI

En la tabla 2.9 se especifica las características de la pantalla Nextion

Tabla 2.9 Características de la pantalla Nextion

CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIONES
Compatible con RTC incorporado	Tipo de toque: Resistivo
Soporta GPIO	Luz de fondo: LED
Espacio de almacenamiento de datos Flash: 16MB	Vida útil de la retroiluminación (media):> 30.000 horas
EEPROM: 1.024 bytes	Fuente de alimentación recomendada: 5 V, 500 mA, DC

2.9.2 Nextion Editor

Es un programa de desarrollo gráfico para crear una interfaz visual por un usuario para módulos GUI compuestos con varios modelos de pantallas TFT y paneles táctiles, este software permite a los usuarios crear programas basados en TFT de manera rápido y fácil, Nextion Editor es un software técnico para diseñar, ejecutar y subir a la memoria de la pantalla archivos[32].

3. MATERIALES Y MÉTODOS

En la siguiente sección detallan los tipos de modos de investigación diseñados para un análisis preciso del número de variables medidas, los tipos de medidas, la implementación de varios dispositivos electrónicos y los programas incluidos en ellos para operar el proyecto.

3.1 MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN

Para la creación de esta propuesta tecnológica se utilizaron los siguientes formatos: bibliográfica, de campo, experimental.

3.1.1 Bibliográfica

Para el método bibliográfico permite sintetizar los aspectos técnicos y teóricos utilizados para desarrollar el control de los parámetros que interviene en el secador cilíndrico del cacao [24]. El cual se basó en fuentes como: tesis artículos científicos y libros.

3.1.2 De campo

En esta parte la modalidad de investigación y recolección de datos y fuentes tecnológicos es un punto que se debe tener en cuenta para comprender, con las tecnologías existentes [24]. La

investigación de campo es necesaria por la necesidad de analizar el comportamiento de temperatura, flujo másico y peso que intervienen en el control de los parámetros del secador cilíndrico del cacao.

3.1.3 Experimental

En la investigación de enfoque experimental permite el procedimiento de estudio que fueron recopiladas la información para llevar a cabo con la metodología propuesta tecnológica [24].

3.2 ESQUEMA GENERAL DEL PROYECTO

En el progreso de adquisición de datos de temperatura, control de flujo másico de aire y carga que se adquiere por los sensores se realiza mediante métodos de control, con este proceso se requiere analizar el tiempo de secado del cacao en el secador cilíndrico del cacao, la lectura de los sensores se realiza mediante el microcontrolador. En el que se realiza el proceso de señales analógicas para luego de este modo dar a conocer los resultados reales y su veracidad. El esquema general se demuestra en la figura 3.1

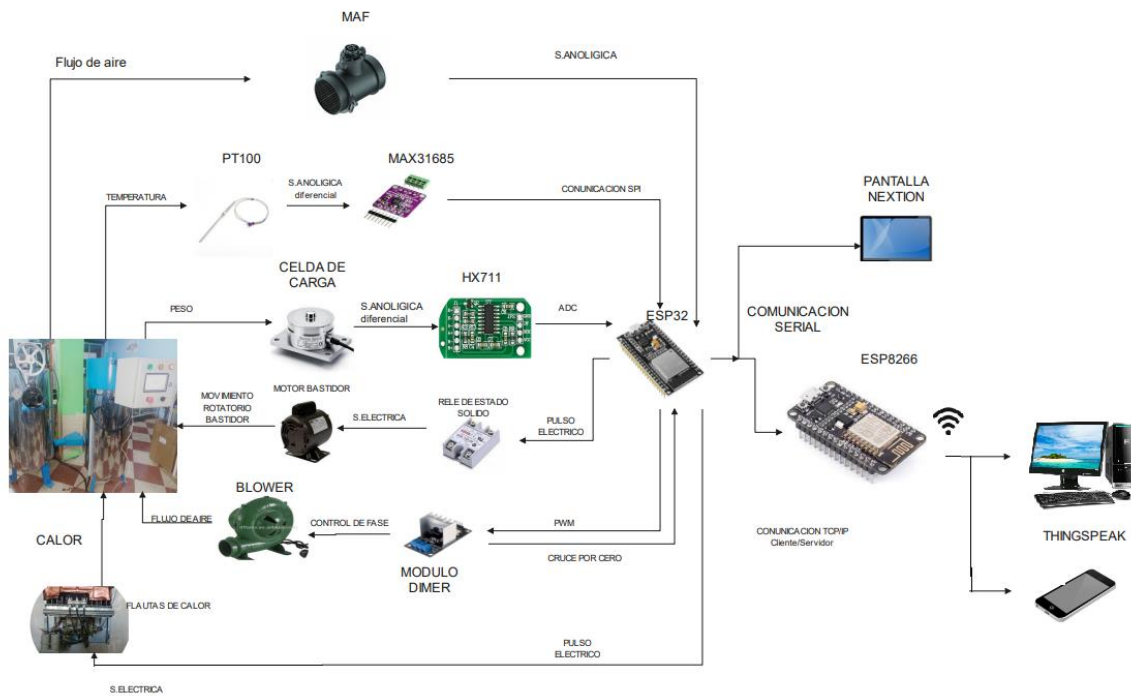


Figura 3.1: Esquema general del sistema de control

3.3 REPRESENTACIÓN DEL HARDWARE

El presente proyecto se aplicará instrumentos físicos, los cuales cumplen un propósito y ocupan un rol determinado para realizar cada una de las tareas para el desempeño total del sistema.

El funcionamiento del hardware se observa en la figura 3.2 el cual indica el desempeño del sistema de control.

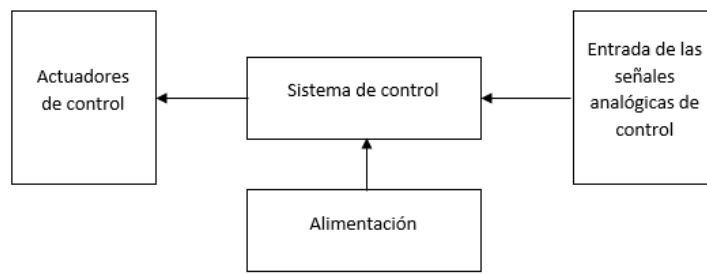





Figura 3.2: Funcionamiento del hardware




3.3.1 Controlador

Es un instrumento que permite comparar un valor medido con el valor deseado, cuenta con interfaces de entrada tanto analógicas como digitales y así facilita el uso del instrumento.

En la tabla 3.1 se visualiza los tipos de controladores.

Tabla 3.1 Descripciones del controlador

PROPUESTA	DENOMINACIÓN	CARACTERÍSTICAS
A	PLC LOGO! 8 12/24 RCE 	<ul style="list-style-type: none"> – Alimentación 12 a 24VDC – 8 DI Entradas Digitales – AI entradas Analógicas – Memoria: Soporta hasta 400 bloques – Permite expansiones de I/O – Registrador de Datos – Costo USD: \$200
B	PLC SIMATIC S7-1200 	<ul style="list-style-type: none"> – Pines de IN Analógica: 2 – Memoria interna: 125KB – Memoria de carga: 4MB – Voltaje de operación: 110 o 220V – Memoria retentiva: 10 KB – Costo USD: \$700
C	Arduino Uno R3 	<ul style="list-style-type: none"> – Velocidad de reloj: 16 MHz. – Voltaje de trabajo: 5V. – Voltaje de entrada: 7,5 – Pinout: 14 pines y 6 pines analógicos. – Costo USD: \$12

D	ESP32		<ul style="list-style-type: none"> - Procesador dual core Xtensa® LX6 de 32 bits - Velocidad de reloj: Entre 160 Mhz y 240 Mhz - 520 kb de RAM - Wifi integrado - 2 x UART o puertas serie - Costo USD: \$12
E	Arduino Nano		<ul style="list-style-type: none"> - Pines de IN Analógica: 8 - Memoria Flash:32Kb - Voltaje de operación: 5V - Velocidad Reloj: 16 MHz - RAM:2Kb - Costo USD: \$6.50
F	ESP 8266		<ul style="list-style-type: none"> - Procesador de 32 bit de bajo consumo. - Velocidad de 80MHz (máximo de 160MHz) - 32 KiB RAM instrucciones, 32 KiB RAM cache. - 80 KiB RAM para datos de usuario. - Memoria flash externa hasta 16MiB. - Costo USD: \$10.00

3.3.1.1 Selección del controlador

La selección del controlador se realiza mediante la necesidad de controlar parámetros de lectura de sensores, la mejor opción es el ESP32 tiene un bajo costo y consumo de energía empleando tecnología Wi-Fi y Bluetooth.

3.3.2 Módulo Esp32

Es una buena opción ya que cuenta con WI-FI/Bluetooth integrado, facilitando la interacción con varios periféricos, logrando así realizar el control de los parámetros del secador cilíndrico con mayor precisión.

3.3.3 Características del Módulo Esp32

En la siguiente figura 3.3 extraída de la hoja de datos, se exponen todos los bloques funcionales que conforman un SoC ESP32.

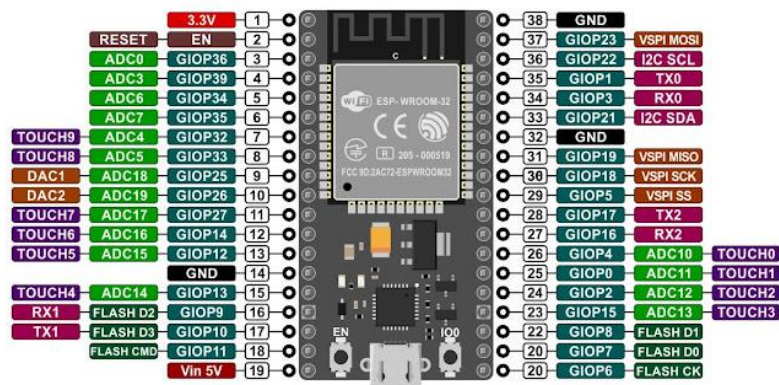


Figura 3.3: Pines del ESP32

En la tabla 3.2 se observa las características del ESP32

Tabla 3.2 Características del ESP32

CARACTERÍSTICAS	
Microprocesador	Tensilica Xtensa LX6
Voltaje de funcionamiento	3.3V
Pines Analógicos de salida	18 (12-bit)
Pines Digitales I/O	39
Comunicación	SP(4), I2C(2), CAN, UART(3)
SRAM	520 KB

3.3.4 Recepción de la información el secador de cacao

El proceso para la obtención de datos se realiza en el interior del secador del cilindro a través de sensores. En primer lugar, se tomó en cuenta el acondicionamiento de la señal de flujo de aire, luego se planificó adquirir los datos de temperatura y peso para estos datos obtenidos se pueden visualizar en una pantalla LCD dentro de la implementación de un sistema de control.

3.3.5 Adquisición de información de temperatura

La adquisición de temperatura se puede medir en diferentes niveles que permite mostrar los datos en tiempo real. Además, la propuesta tecnológica requiere la recopilación de datos de temperatura para el análisis final para demostrar que el secador cilíndrico permita que la temperatura en el interior se mantenga constante.

3.4 ACONDICIONAMIENTO DE SENSORES

3.4.1 Acondicionamiento de señal “temperatura PT100”

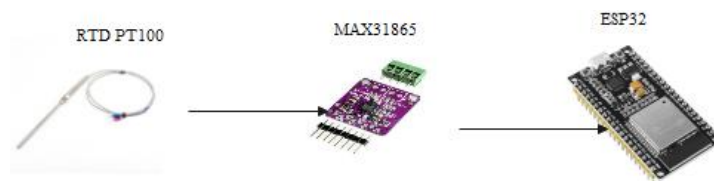


Figura 3.4: Esquema de conexión del sensor PT100

Se realiza a través de módulo MAX31865 el cual se encarga de realizar la lectura de resistencia del sensor PT100 y convertir esta señal analógica en un dato digital para ser interpretado por un microcontrolador. El chip MAX31865 posee un conversor delta-sigma de precisión con una resolución de 15 bits, equivalente a 0.03125°C. El protocolo de comunicación es de tipo SPI

Los valores de lectura del MAX31865 son interpretados por la ESP32 a través de código utilizando la librería de `#include <Adafruit_MAX31865.h>`.

Se configura los pines:

Conecta el pin CLK a Gpio #13

Conecta el pin SDO a Gpio #12

Conecta el pin SDI a Gpio #14

Conecta el pin CS Gpio #5 y #10 para cada módulo MAX31865 respectivamente de los dos Sensores PT100

Pines lógicos SPI

SCK: este es el pin de bloqueo S P I C, es una entrada al chip

SDO: este es el pin de salida de datos en serie / Salida del sensor al controlador (MISO controller In Sensor Out), para los datos enviados desde MAX31865 al procesador (ESP32)

SDI: datos obtenidos ingresan por este pin / entrada del sensor desde microcontrolador (MOSI Microcontroller Out Sensor In pin), para los datos enviados desde su procesador (ESP32) al MAX31865

CS: este es el pin de selección de chip, selecciona el esclavo para iniciar una transacción SPI. Es una entrada al chip.

En la figura 3.5 se observa el diagrama de conexión de 2 sensores de temperatura

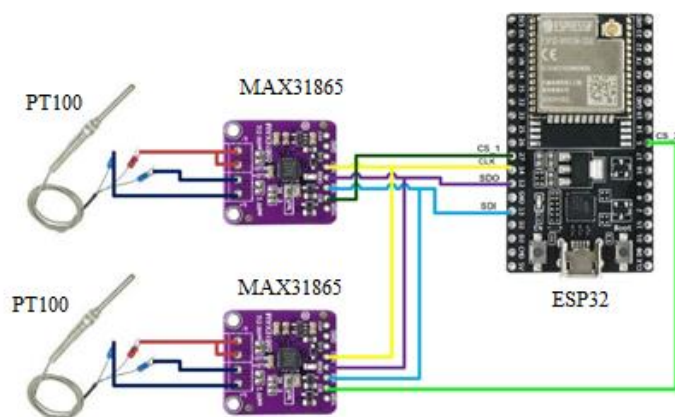


Figura 3.5: Diagrama de conexión del sensor PT100

El MAX31865 en realidad no devuelve la resistencia que mide. En su lugar, devuelve la relación entre la resistencia medida y la resistencia de referencia R_{ref} . Para la versión PT100 de la ruptura, esta es una resistencia de 430Ω al 0,1 % (la marca es 4300), para la versión PT1000 de la ruptura, esta es una resistencia de 4300Ω 0.1% (la marca es 4301).

Puede usar esa relación para calcular la resistencia y luego determinar la temperatura

```
#define RREF 430.0
```

```
#define RNOMINAL 100
```

thermo.temperature(RNOMINAL, RREF); con esta función se calcula internamente el valor de temperatura en función de valor de resistencia nominal que será el valor de calibración para obtener los resultados exactos de temperatura

```
Adafruit MAX31865 PT100 Sensor Test!
RTD value: 8336
Ratio = 0.25439453
Resistance = 109.38964843
Temperature = 24.08
```

Figura 3.6: Datos de acondicionamiento de PT100

3.4.2 Acondicionamiento de señal “peso”

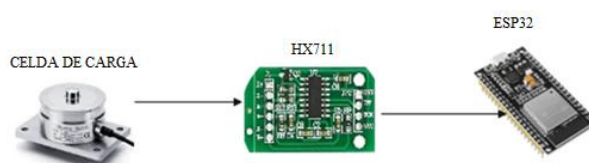


Figura 3.7: Esquema de conexión de la celda de carga

El amplificador HX711 es una placa de ruptura que le permite leer fácilmente las celdas de carga para medir el peso, el controlador en el otro, se comunica mediante una interfaz de dos hilos (reloj y datos).

En la siguiente tabla 3.3 se observa los pines para la conexión con el módulo ESP32.

Tabla 3.3 Esquema para conectar la celda de carga

Celda de carga #1	HX711	HX711	ESP32
Rojo(E+)	E+	TIERRA	TIERRA
Negro(E-)	E-	DT	GPIO 22
Blanco(A-)	A-	SCK	GPIO 4
Verde(A+)	A+	CCV	5 V
Celda de carga #2			
Rojo(E+)	E+	TIERRA	TIERRA
Negro(E-)	E-	DT	GPIO 2
Blanco(A-)	A-	SCK	GPIO 0
Verde(A+)	A+	CCV	5 V
Celda de carga #3			
Rojo(E+)	E+	TIERRA	TIERRA
Negro(E-)	E-	DT	GPIO 33
Blanco(A-)	A-	SCK	GPIO 32
Verde(A+)	A+	CCV	5 V

En la siguiente figura 3.8 se observa la conexión entre la ESP32, HX711 y la celda de carga.

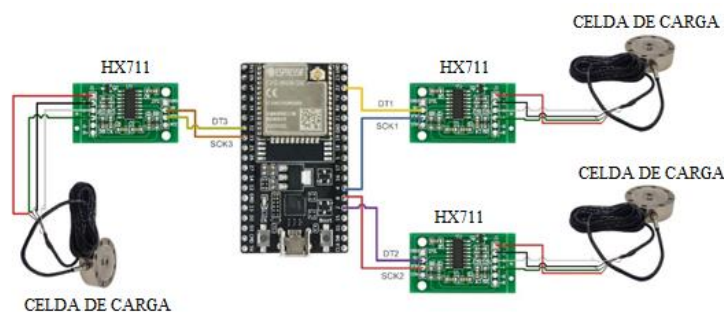


Figura 3.8: Diagrama de conexión de sensores de carga

Para calibrar el valor de carga en [kg] se toma los valores leídos por la ESP32 a través de puerto serial al colocar un peso conocido, obtenidos los siguientes datos de conversor ADC, en el anexo 14 se visualiza la tabla de valores para el acondicionamiento de la celda de carga.

Para el acondicionamiento de las celdas de carga, realizar los siguientes cálculos

$$Peso\ calculado = \frac{Promedio\ celdas}{Peso\ conocido} \quad (3.1)$$

$$Peso\ calculado = \frac{31180,4906}{12.5}$$

$$Peso\ calculado = 2494,4395$$

En Arduino se realizó el código que se visualiza en el Anexo 8 para acondicionar los datos y calibrar las celdas de carga.

3.4.3 Conexión sensor MAF y ESP32

En la figura 3.9 se observa la conexión de los terminales del sensor a los pines del ESP32 el cual cumple la tarea de medir el flujo másico suministrado al cilindro del secador.

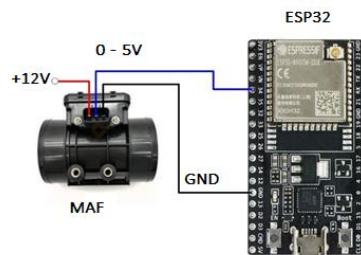


Figura 3.9: Conexión sensor MAF

3.4.4 Conexión de la ESP32 para el control del blower

Para este diseño se divide en los siguientes bloques circuito detector de cruce por cero, un circuito PWM para el circuito de control de potencia. A continuación, en la figura 3.10 se observa la conexión del ESP32 con el dimmer para el control del blower

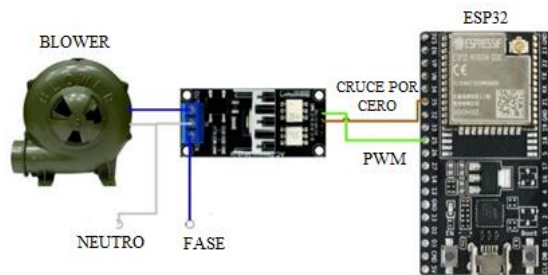


Figura 3.10: Conexión del control dimmer y ESP32

En la figura 3.11 se observa el diagrama de flujo del control dimmer

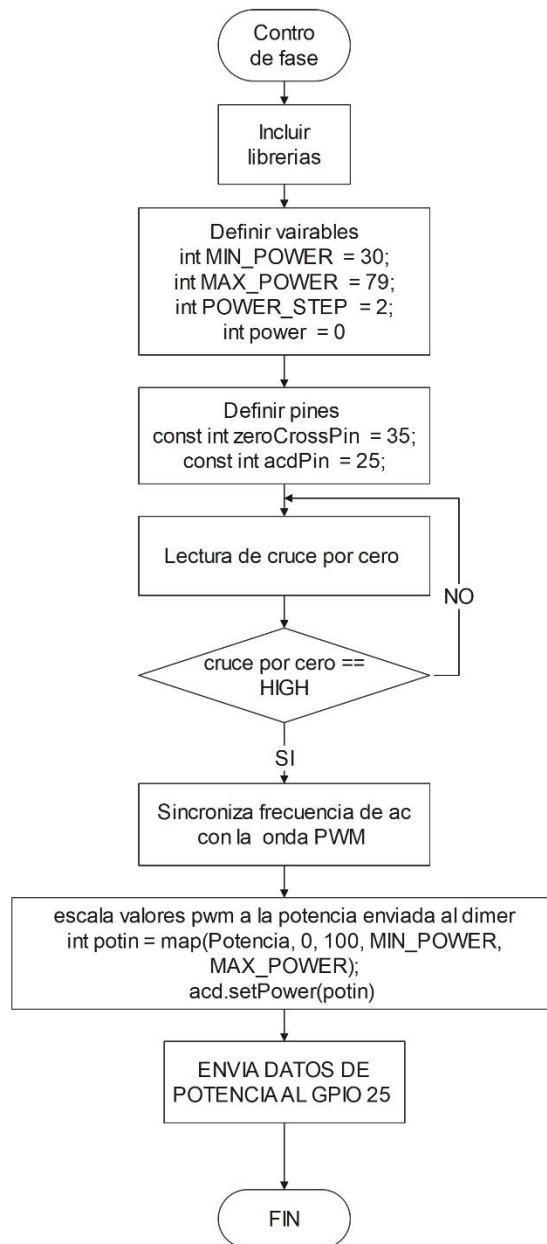


Figura 3.11: Diagrama de flujo del control dimmer

3.4.5 Circuito detector cruce por cero

Para este circuito se toma en cuenta un puente rectificador o también llamado puente de diodos, está constituido por cuatro diodos, donde en dos de ellos ingresa la corriente alterna y a su vez en los dos restantes genera una señal de voltaje de corriente continúa siendo esta la señal de salida. En la siguiente figura 3.12 se muestra la conexión de cada uno de los elementos. La función principal del cruce por cero es controlar la señal de entrada y captar el cruce de la señal alterna con la línea de referencia que este caso es cero, ajustando de esta manera la fase de control y la señal monofásica de alimentación.

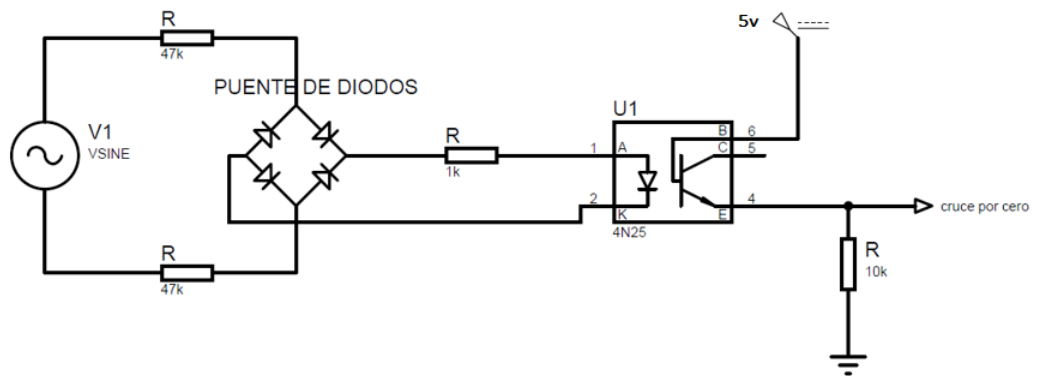


Figura 3.12: Diagrama del circuito detector de cruce por cero

En la figura 3.13 muestra las formas de las ondas del detector de cruce por cero

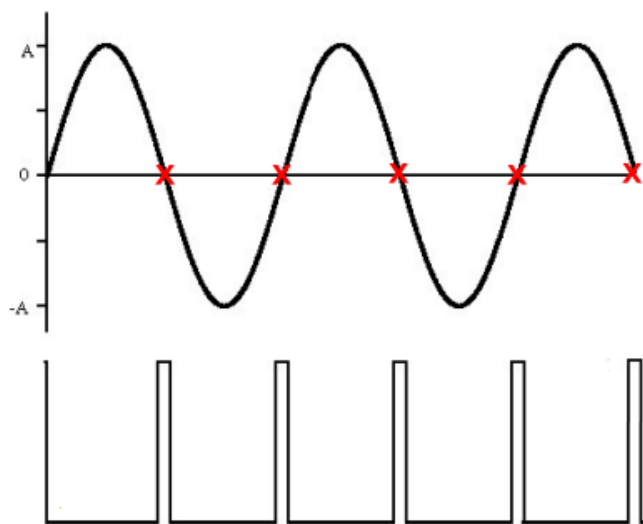


Figura 3.13: Forma de onda del detector del cruce por cero.

3.5 CONEXIÓN ESP32 – ESP8266

La comunicación se conforma de uno o varios ESP que operara como maestro y esclavo. El ESP maestro comenzará a enviar datos y será recibido por el ESP esclavo. Existen diferentes tipos de configuraciones:

- Un maestro y un esclavo
- Un maestro y varios esclavos
- Varios maestros y un esclavo

3.5.1 Un maestro y un esclavo

Al conectar un dispositivo ESP que actúa de maestro, y un segundo dispositivo que actúa de esclavo, esta comunicación serial tiene buenos resultados a la hora de enviar datos de una placa a la otra, en la figura 3.14 se observa la conexión.

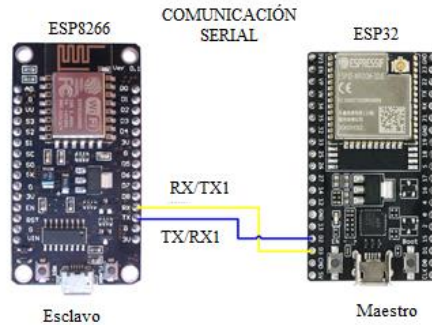


Figura 3.14: Comunicación serial

3.6 COMUNICACIÓN ESP32 / PANTALLA NEXTION

La comunicación se realiza mediante el protocolo UART (transmisor-receptor asíncrono universal), un conjunto de normas para el intercambio de datos entre dos módulos

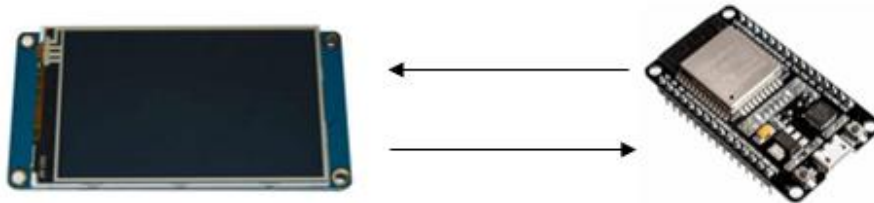


Figura 3.15: Comunicación ESP32/pantalla Nextion

3.6.1 Conexión de la pantalla HMI

La pantalla dispone de 4 pines, los cuales dos son de alimentación (cable rojo y negro) y los dos restantes de recepción (RX) y transmisión (TX) de datos a través de su puerto serie. Se conecta a través de un puerto serial UART a una placa ESP32 desde sus conectores RX y TX.

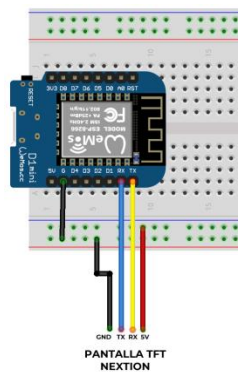


Figura 3.16: Pines de conexión ESEP32/pantalla Nextion

3.6.2 Pasos de ejecución de Nextion Editor

3.5.2.1 Instalación de software Nextion Editor

Para realizar la interfaz gráfica es necesario instalar Nextion Editor desde su página oficial <https://nextion.tech/nextion-editor/>, la versión más reciente es Nextion Editor 1.63.3 habilitará una serie de aparatos de Toolbox, el cual muestra varias opciones para disponer de componentes necesarios y compatibles con el dispositivo, se puede crear páginas, imágenes y fuentes, a la vez elementos de multimedia como audio y video.

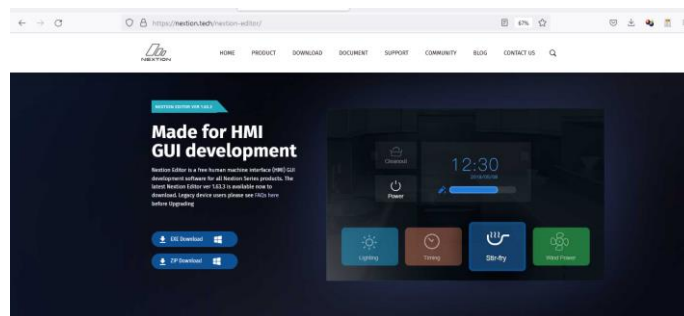


Figura 3.17: Descarga de software Nextion

3.5.2.2 Selección del modelo de pantalla

Se debe seleccionar el modelo de pantalla Nextion para la visualización y manipulación de la interfaz, en el software se debe seleccionar el modelo de pantalla, la extensión del documento, mismo que es importado mediante una tarjeta de memoria micro sd o un USB, se reinicia la interfaz y el programa estaría listo para la utilización.

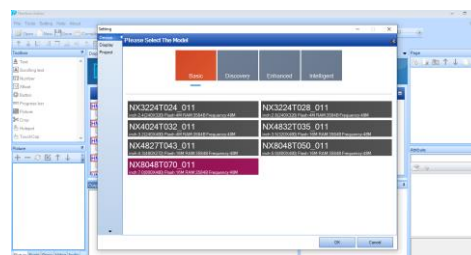


Figura 3.18: Selección de modelo de pantalla Nextion

3.5.2.3 Interfaz de menú

El interfaz se completa al ejecutar la interfaz de menú donde se muestra las distintas opciones para su correcto funcionamiento como se observa en la figura 3.19



Figura 3.19: Interfaz de menú

3.7 DIAGRAMA DE FLUJO DEL CONTROL DEL SECADO DE CACAO

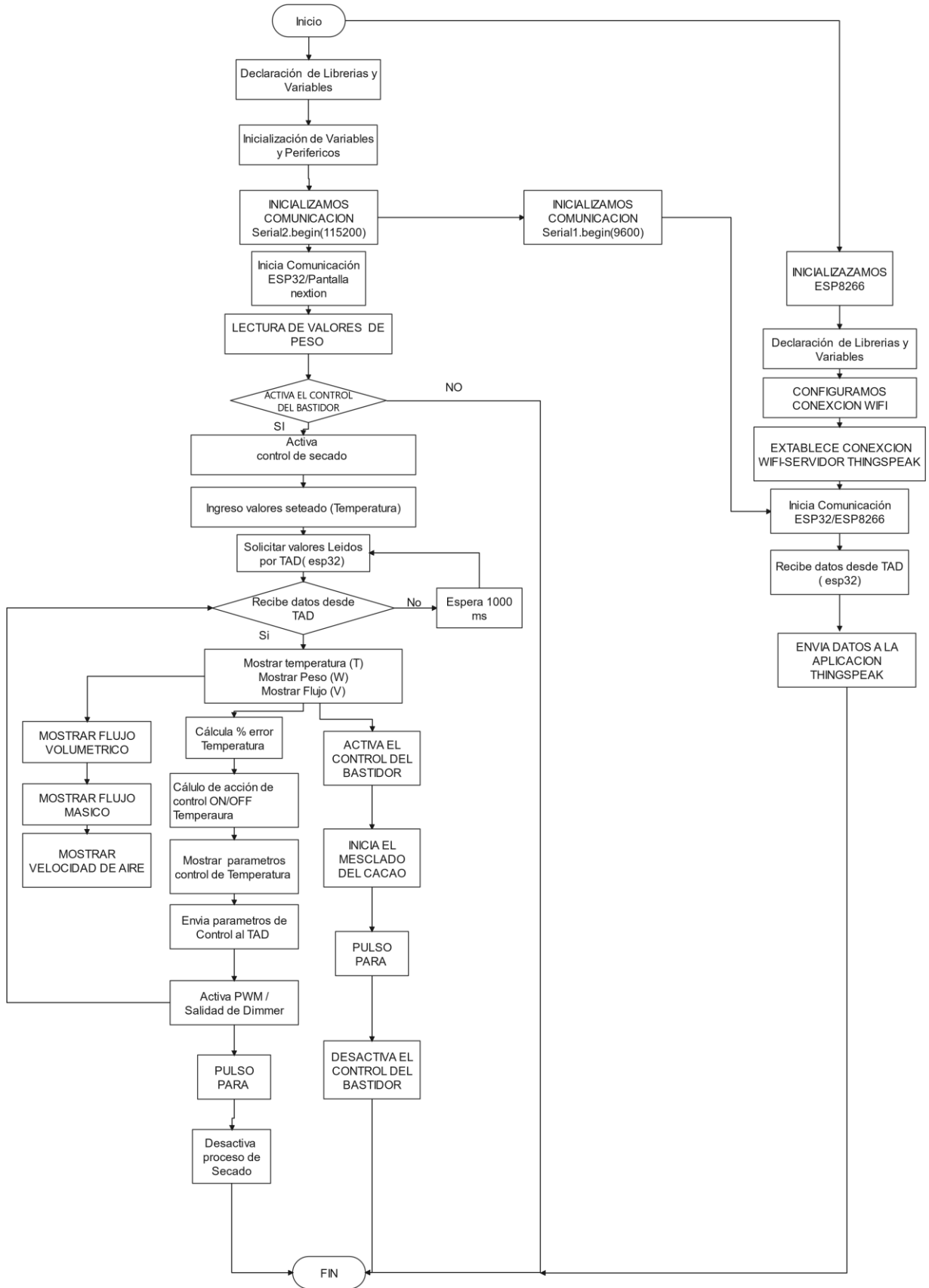


Figura 3.20: Diagrama de flujo del sistema de control ESP32

3.8 COMPONENTES DEL SECADOR CILÍNDRICO

En la siguiente figura 3.21 se puede visualizar los componentes del sistema del secador cilíndrico.



Figura 3.21: Componentes del secador cilíndrico

1. Sensor de cargas
2. Tablero de control
3. Bastidor
4. Motor monofásico
5. Tubería de alta temperatura
6. Caldera
7. Blower
8. Sensor de flujo
9. GLP
10. Pt100

3.9 PLACA PRINCIPAL PARA EL CONTROL DE LOS PARÁMETROS DEL SECADOR CILÍNDRICO.

En la siguiente figura 3.22 se puede visualizar la placa principal para el control de los parámetros que intervienen en el secador cilíndrico.

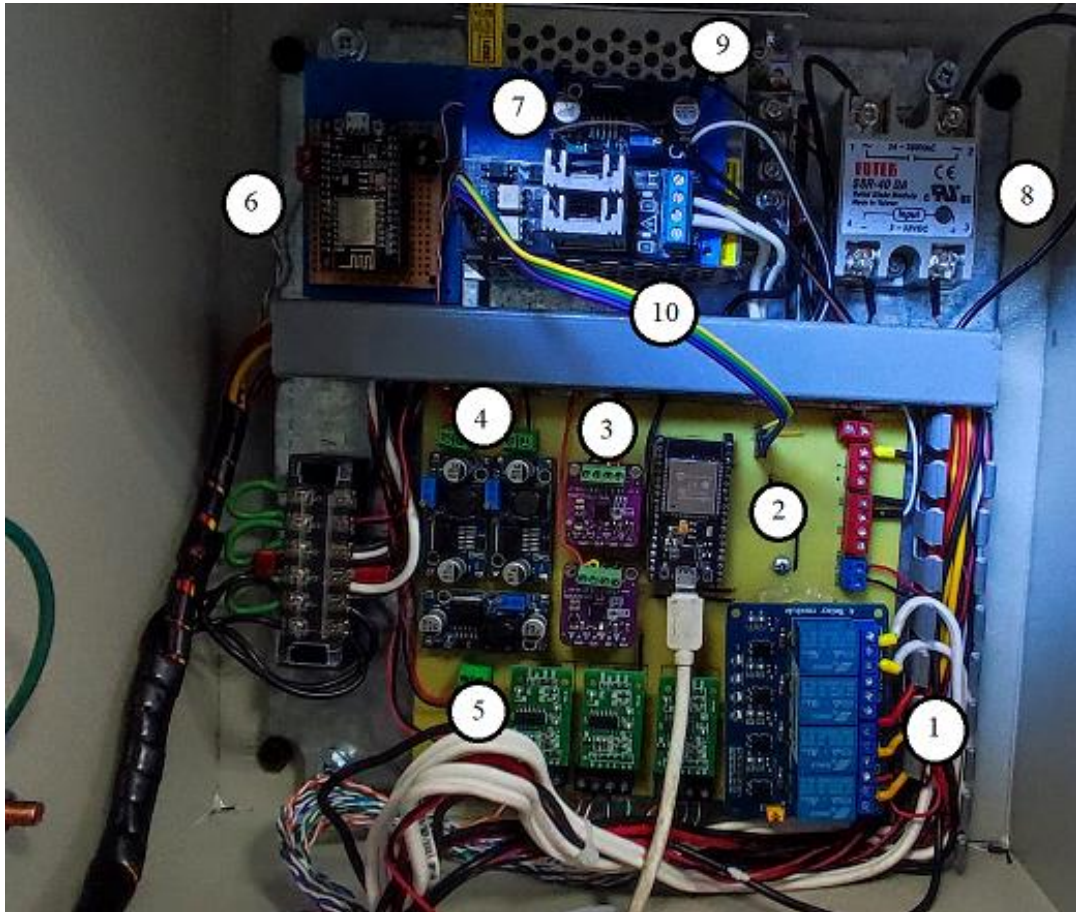


Figura 3.22: Placa de control de los parámetros del secador cilíndrico

1. Módulo Relé 4 canales
2. Módulo ESP32
3. Módulo Max31865
4. Módulo Step Down LM2596
5. Módulo Galgas HX711
6. Módulo ESP8266
7. Módulo Step Up XL6009
8. Relé Estado Solido
9. Fuente 12V 5A
10. Módulo Dimmer 2 Canales

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para comprobar el correcto funcionamiento del sistema de control de temperatura, flujo masico y peso en el secador cilíndrico, se realizó ensayos experimentales con los sensores y fueron comparados con dispositivos de medición digital para optimizar y cuidar los parámetros de calidad del cacao.

4.1 PRUEBAS

4.1.1 Pruebas de temperatura

Para la temperatura se usó una cámara termográfica misma que tiene un margen de error del $\pm 2\%$, se realizó la medición en el interior del cilindro para verificar que lectura proporciona y comparar os datos obtenidos en los sensores.



Figura 4.1: Cámara termográfica digital

4.1.2 Pruebas de carga

Para la prueba de carga se utilizó una báscula con un peso específico como se observa en la figura 4.2, misma que fue comparada con la lectura de la celda de carga.



Figura 4.2: Báscula digital

4.1.3 Pruebas de flujo

Para la prueba flujo se utilizó un anemómetro digital el cual verificar la calibración del sensor MAF mediante comparación de valores de velocidad del aire.



Figura 4.3: Anemómetro digital

A continuación, se muestra como calibrar en sensor MAF, el blower a su máxima potencia tiene una velocidad de aire de 17,8 m/s, medición realizada con el anemómetro.

$$V = 17,8 \text{ m/s}$$

$$\rho = \text{Densidad}$$

$$D = 3 \text{ pulg} = 0,0762 \text{ m}$$

Para calcular el Caudal utilizaremos la ecuación 4.1

$$Q = A \cdot V \quad (4.1)$$

Donde:

- $Q = \text{Caudal (m}^3/\text{s)}$
- $A = \text{Área transversal}$
- $V = \text{Velocidad de flujo}$

El área se calcula mediante la ecuación 4.2

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (4.2)$$

Donde:

- $A = \text{Área transversal}$
- $D = \text{Diámetro del tubo}$

Resolvemos la ecuación 4.2 para determinar el área transversal

$$A = \frac{\pi \cdot (0,0762 \text{ m})^2}{4} = 0,00456 \text{ m}^2$$

$$A = 0,00456 \text{ m}^2$$

Con las incógnitas calculadas reemplazar en la ecuación 4.1, se obtiene el caudal

$$Q = (0,00456 \text{ m}^2) \frac{17,8 \text{ m}}{\text{s}} = 0,081 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = 0,081 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Para el cálculo de flujo másico se realiza mediante la ecuación 4.3

$$\dot{m} = Q \cdot \rho \quad (4.3)$$

Donde:

- \dot{m} : *flujo másico*
- Q : *caudal*
- ρ : *Densidad a 20 °C = 1,204 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$*

Al Resolver la ecuación 4.3 se obtiene el flujo másico

$$\dot{m} = 0,081 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1,204 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\dot{m} = 0,097 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Estos valores son obtenidos de la lectura del ADC de MAF en la ESP32

MAF Pin = Gpio 34

ADC Valor = analog fead (MAF Pin)

$$\text{voltajemaf1} = \frac{\text{adc valor} \cdot V_{\text{señal}}}{\# \text{ bit ESP32}}$$

$$\# \text{bit} = 12 \text{ bit} = 2^2 = 4096$$

$$V_{\text{señal maf}} = 0 - 5\text{v}$$

$$\text{voltajemaf1} = \frac{\text{adc valor} \cdot 5}{4096}$$

$$\text{velocidad} = \frac{\text{voltaje maf}}{5} \cdot 17,8$$

$$\text{flujo Vol} = Q = \text{velocidad} \cdot \frac{\pi \cdot (0,076)^2}{4}$$

$$\text{flujo mas} = \dot{m} = \text{flujo Vol} \cdot 1,204$$

4.2 PRUEBAS DEL SISTEMA DE CONTROL CON HABAS

Para realizar las pruebas de control, se inició con 16.60 Kg de carga en el cilindro como se observa en la siguiente figura 4.4, mediante el control de temperatura y flujo masico se obtendrá datos para su posterior análisis.



Figura 4.4: Peso inicial

4.2.1 Obtención de Datos de la temperatura

Para medir la temperatura se usó 2 sensores PT100 los cual miden la temperatura en el sistema de secado y así obtener datos para enviar a la plataforma ThingSpaek, la cual los almacena en la red para posteriormente ser descargada y utilizada en el análisis de comportamiento. El anexo 12 muestra los datos obtenidos en el lapso de 120 minutos y así realizar la curva de temperatura como se muestra en la figura 4.5.

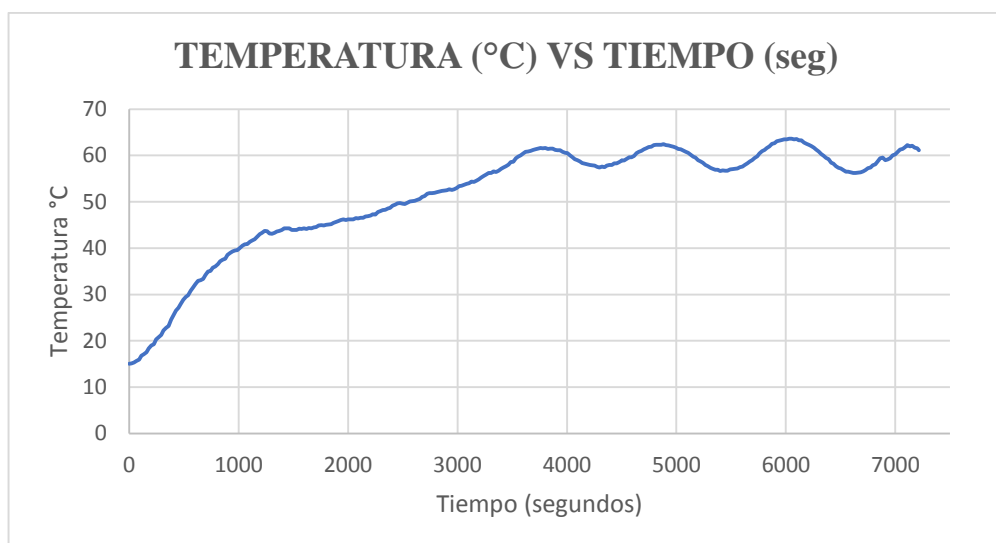


Figura 4.5: Curva de temperatura al tiempo

4.2.2 Obtención de datos del peso

En la figura 4.6 se visualiza el comportamiento de los sensores de carga en el sistema de secado, el anexo 13 se muestra la tabla de datos recopilados para su análisis.



Figura 4.6: Curva de peso con respecto al tiempo

4.2.3 Obtención de datos de flujo másico

Para la obtención de datos se utilizó un sensor MAF el cual mide el flujo másico anexo 14 para su análisis.

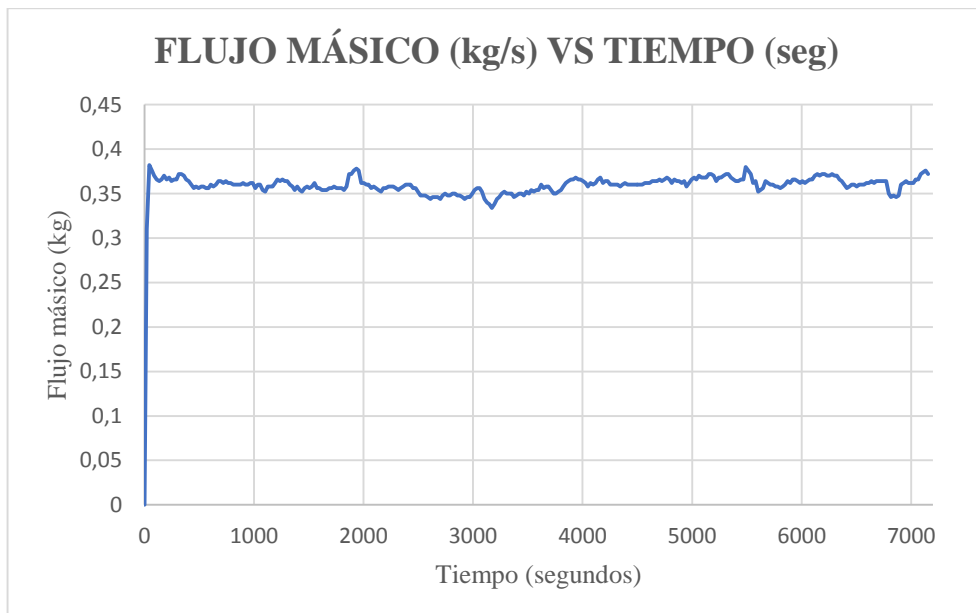


Figura 4.7: Curva de flujo másico con respecto al tiempo

4.3 ANÁLISIS DEL CONTROL PID

Para el análisis del control PID se calculó el tiempo en que llega al Set Point con se muestra en la figura 4.8 y obtener la función de transferencia con un método de sintonización, características de un sistema de primer orden, los datos se encuentran en el anexo 10 con el cual se realizó la gráfica:

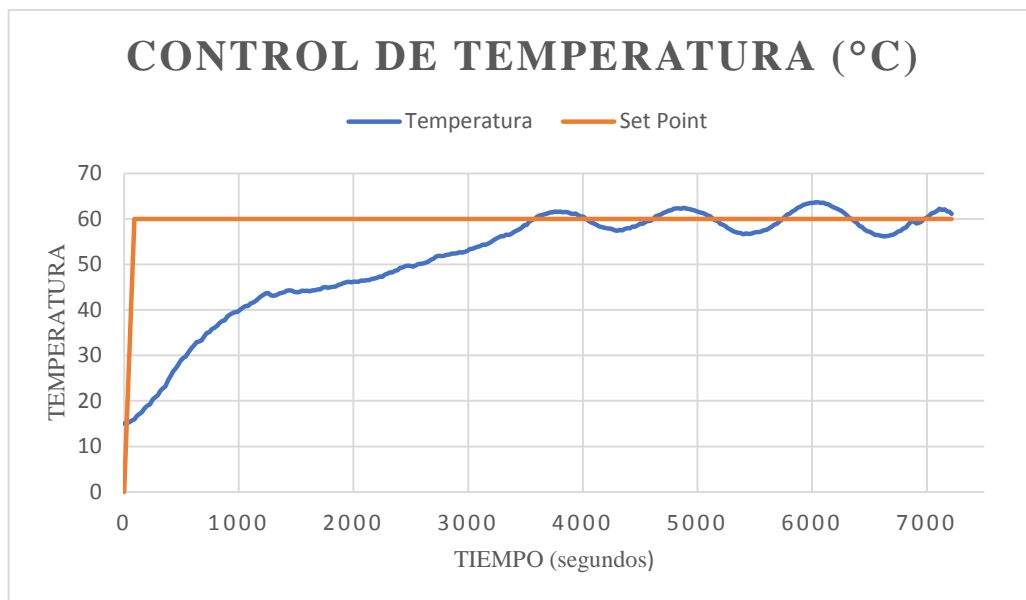


Figura 4.8: Curva PID con un Set Point de 60

Estos sistemas de control de primer orden son muy usados en la instrumentación y control para el análisis de diferentes procesos.

Características de un sistema de primer orden

$$G(s) = \frac{H(s)}{\alpha(s)} = \frac{K}{\tau s + 1} e^{-\theta s} \quad (4.1)$$

Donde:

H(S) = Salida del sistema (tem)

$\alpha(s)$ = Entrada del sistema (por)

K = Ganancia estática del sistema de primer orden

τ = La constante de tiempo del sistema

θ = Retardo de tiempo del sistema

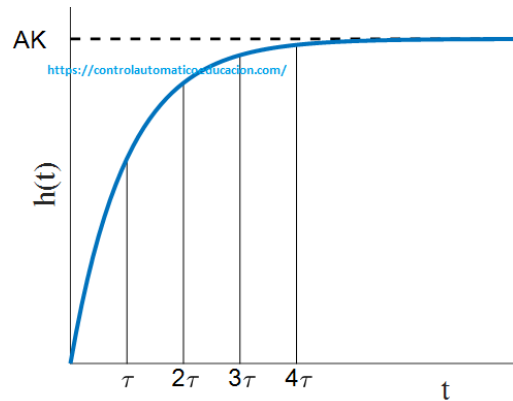


Figura 4.9: Sistema de primer orden.

4.3.1 Modelamiento del sistema

El sistema de temperatura se comporta como un sistema de primer orden con tiempo muerto. Para encontrar la ganancia K en el sistema utilizamos la siguiente fórmula y reemplazamos datos.

$$K = \frac{T_f - T_i}{P_f - P_i} = \frac{60.48 - 15.3}{100 - 0} = 0.4518 \quad (4.2)$$

Donde:

- K : Ganancia
- T_f : Temperatura final (°C)
- T_i : Temperatura inicial (°C)
- P_f : Potencia final (%)
- P_i : Potencia inicial (%)

La constante de tiempo en el sistema hace referencia en qué momento el sistema alcanza el Set Point asignado como se muestra en la figura 4.10

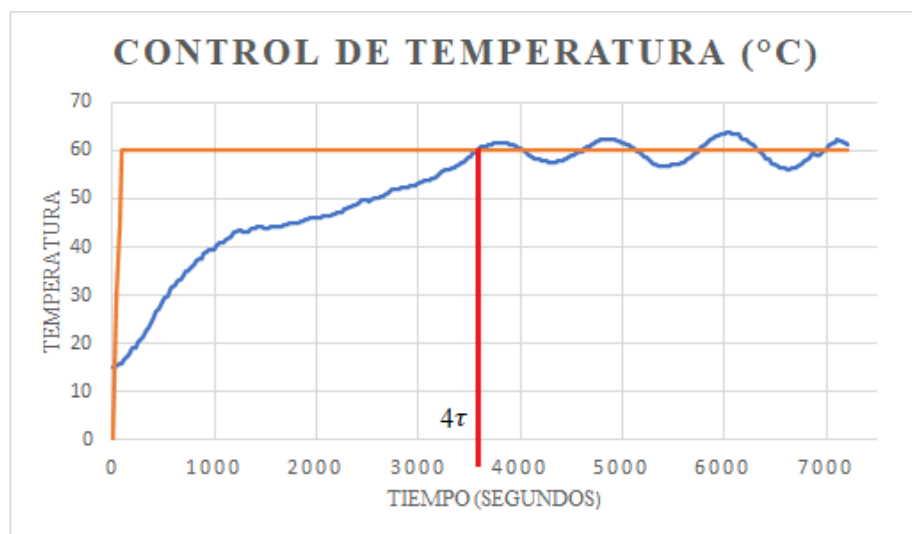


Figura 4.10: Punto en que la temperatura alcanza el Set Point asignado

En la ecuación 4.3 se calcula el tiempo en segundos de τ

$$\tau = \frac{Testable}{4} = \frac{3622}{4} = 905,5s \quad (4.3)$$

θ es el tiempo de retardo como se muestra en la figura 4.11

$$\theta = 60s$$

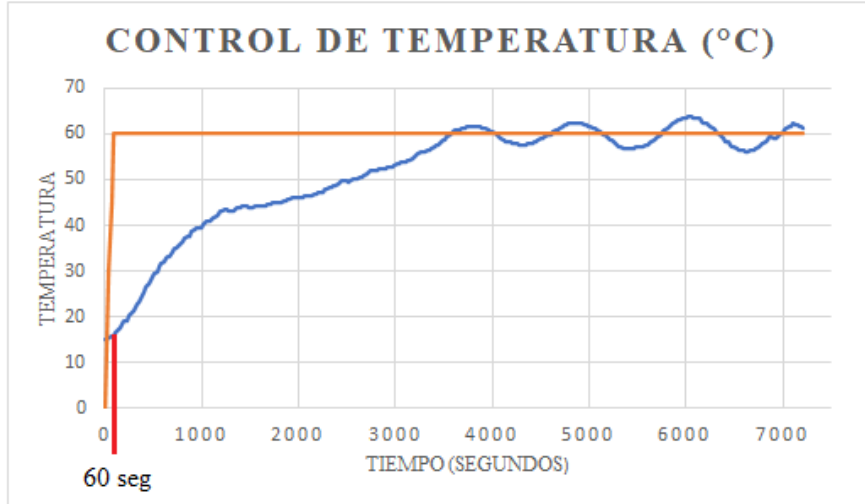


Figura 4.11: Punto del tiempo de retardo

Reemplazaos los datos calculados en la ecuación (4.1)

$$G(s) = \frac{H(s)}{\alpha(s)} = \frac{0.4518}{905,5s+1} e^{-60s} \quad (4.4)$$

4.3.2 Control PID Arduino de Temperatura usando Ziegler y Nichols

La tabla 4.1 muestra la fórmula para el control que se implemente

Tabla 4.1 Fórmula de control PID

CONTROLADOR	Kp	ti	td
P	$\frac{\tau}{K\theta}$	-	-
PI	$\frac{0.9\tau}{K\theta}$	3.33 θ	-
PID	$\frac{1.2\tau}{K\theta}$	2 θ	0.5 θ

Reemplazar los datos obtenidos en la fórmula de PID de la tabla 4.1 y obtenemos los siguientes datos de sintonización.

- $k_p = 40,08$ segundos
- $t_i = 120$ segundos
- $t_d = 30$ segundos

Estos cálculos son referenciales ya que la programación toca ir sintonizado de forma experimental para lograr la estabilización del mismo.

4.4 ANÁLISIS DEL CONTROL DE FASE

La máquina para el secado cuenta con un control de fase, mismo que es encargado de regular la potencia del blower para proporcionar un flujo de aire caliente con el fin de variar el caudal y flujo masico provenientes del mismo, es así que con el uso de un sensor MAF se pudo construir la siguiente tabla 4.2 para el análisis de flujo masico de aire.

Tabla 4.2 Análisis del control de fase

% Voltaje	Flujo másico kg/s	Velocidad m/s	Caudal m³/s
10	0.007	1.2	0.005
20	0.011	2	0.009
30	0.014	2.6	0.012
40	0.026	4.8	0.022
50	0.046	8.35	0.038
60	0.058	10.5	0.048
70	0.072	13.2	0.060
80	0.076	13.9	0.063
90	0.084	15.3	0.070
100	0.098	17.2	0.081

Con la recolección de datos se realiza la figura 4.12 para observar el comportamiento del flujo másico con respecto al % de voltaje.

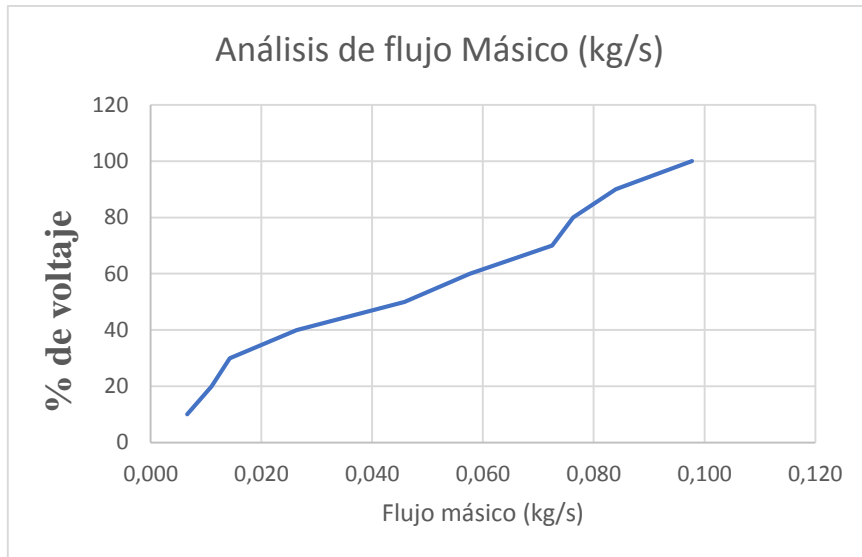


Figura 4.12: Curva del flujo másico con respecto al % de voltaje

4.5 THINGSPEAK Y CONFIGURACIÓN DE LA PLATAFORMA

ThingSpeak es una página web de código abierto <https://thingspeak.com/> el cual se crea un canal para almacenar datos, conectado a través del protocolo HTTP se visualiza los datos de los sensores en tiempo real y cada 10 segundos recibe y almacena la información.

4.5.1 Inicio de sección

Se ingresa en la página web <https://thingspeak.com/login?skipSSOCheck=true> como se visualiza en la figura 4.13, se inicia sesión con los siguientes datos descritos a continuación.

Usuario: secadordecacao22@gmail.com

Contraseña: Secadorcacao22

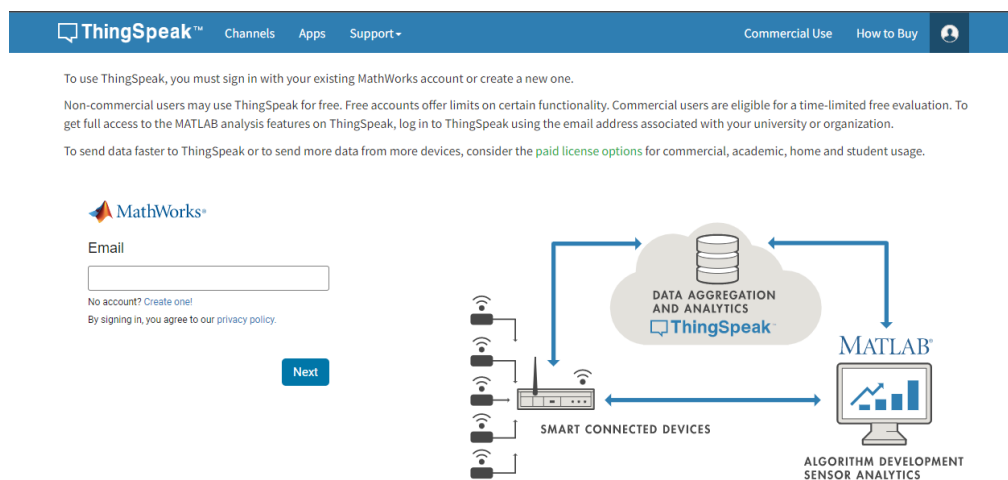


Figura 4.13: Inicio de sesión

4.5.2 Creación de canal de datos

Para la creación del canal de visualización de los datos seleccionamos Channels, My Channels, New Channel como se observa en la figura 4.14.

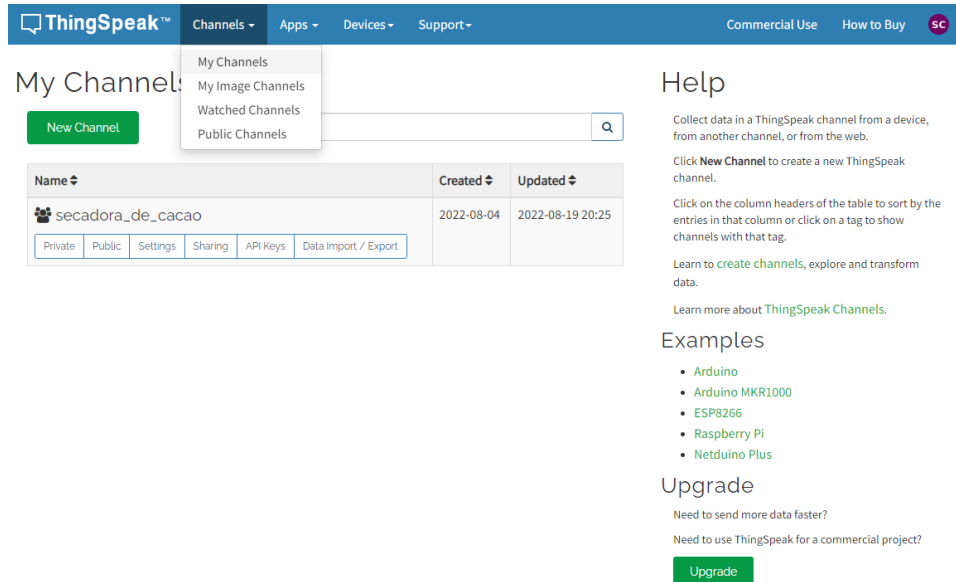


Figura 4.14: Creación de canal de datos

4.5.3 Visualización de datos

En la plataforma permite crear máximo 8 variables por cada canal, el canal de secadora de cacao se creó 5 variables las cuales son: temperatura, flujo masico, flujo volumétrico, velocidad del aire y carga para monitoreo en tiempo real del proceso como se observa en a figura 4.15.

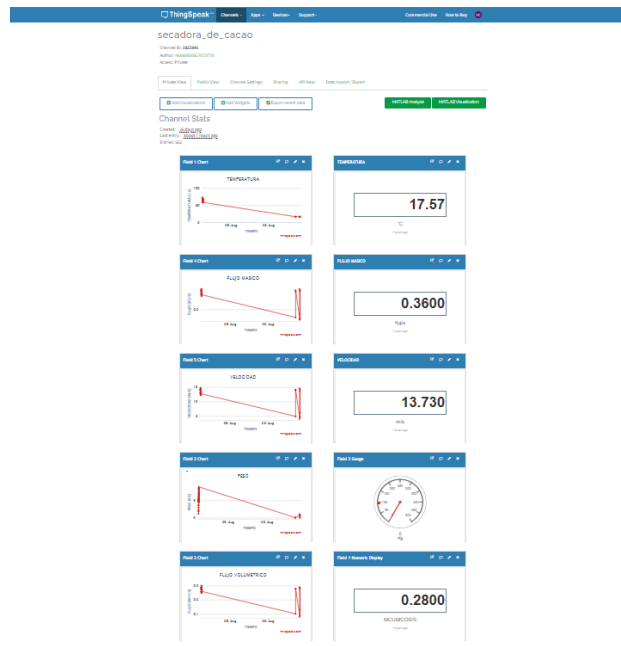


Figura 4.15: Visualización de variables

4.5.4 Obtención de datos de la plataforma ThingSpeak

La obtención de datos recopilados por la plataforma se lo descarga desde la pestaña Data Import / Export, seleccionar la zona horaria y se descarga en formato Excel para su posterior uso en el análisis del sistema, en la figura 4.16 se observa lo descrito anteriormente.

The screenshot shows the ThingSpeak web interface for a channel named 'secadora_de_cacao'. The channel ID is 1822641, the author is mwa000027073778, and the access is Private. The interface has a navigation bar with 'Channels', 'Apps', 'Devices', and 'Support'. Below the channel name, there are tabs for 'Private View', 'Public View', 'Channel Settings', 'Sharing', 'API Keys', and 'Data Import / Export'. The 'Data Import / Export' tab is active, showing an 'Import' section with a 'File' selection button and a 'Time Zone' dropdown set to 'GMT+00:00 UTC'. Below that is an 'Export' section with a 'Time Zone' dropdown set to 'GMT-05:00 Quito' and a 'Download' button. A 'Help' section provides information on CSV import formats and other API options.

Figura 4.16: Descarga de datos

4.6 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CONTROL CON CACAO

El secado de cacao es un proceso esencial para determinar la calidad del cacao, por ese motivo se implementó un control sobre sus parámetros con el objetivo de reducir el tiempo y conservar su calidad.

Para la prueba se pesó el tanque de gas y la masa a secar como se observa en la figura 4.17.



Figura 4.17: Peso inicial de la masa y tanque de gas

Para el determinar la humedad inicial del cacao se usa la siguiente formula

$$H_{ini} = \frac{P_{ini} - P_{fin}}{P_{ini}} \cdot 100 \quad (4.5)$$

Donde:

- H_{ini} : humedad inicial
- P_{ini} : peso inicial
- P_{fin} : peso final

En la ecuación 4.5 reemplazamos los datos obtenidos del proceso de secado y obtenemos la humedad inicial.

$$H_{ini} = \frac{14,4 \text{ kg} - 4,3 \text{ kg}}{14,4 \text{ kg}} \cdot 100$$

$$H_{ini} = 70,13 \%$$

Obtención de los parámetros iniciales para el secado de cacao:

- Temperatura ambiente: 21°C
- humedad inicial del cacao: 70,13%
- peso inicial del cacao: 14,4 Kg
- Peso inicial del tanque de gas: 20,5 Kg

4.6.1 Obtención de datos de temperatura

Para verificar el control de temperatura durante el proceso de sacado de cacao que se realizó en 3 horas con 35 minutos, se obtuvo datos para efectuar su posterior análisis de curva de comportamiento como se observa en la figura 4.18.

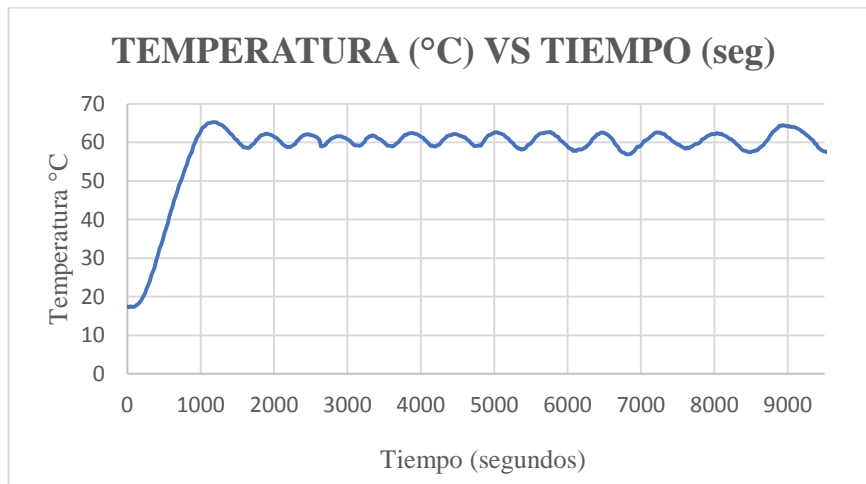


Figura 4.18: Curva de control en la temperatura

4.6.2 Obtención de datos de flujo másico

El flujo masico es un parámetro importante al momento de secar el cacao, con el propósito de ver cómo se comporta durante el proceso de secado se obtuvo los datos para su análisis, en la figura 4.19 se observa la curva de variación.

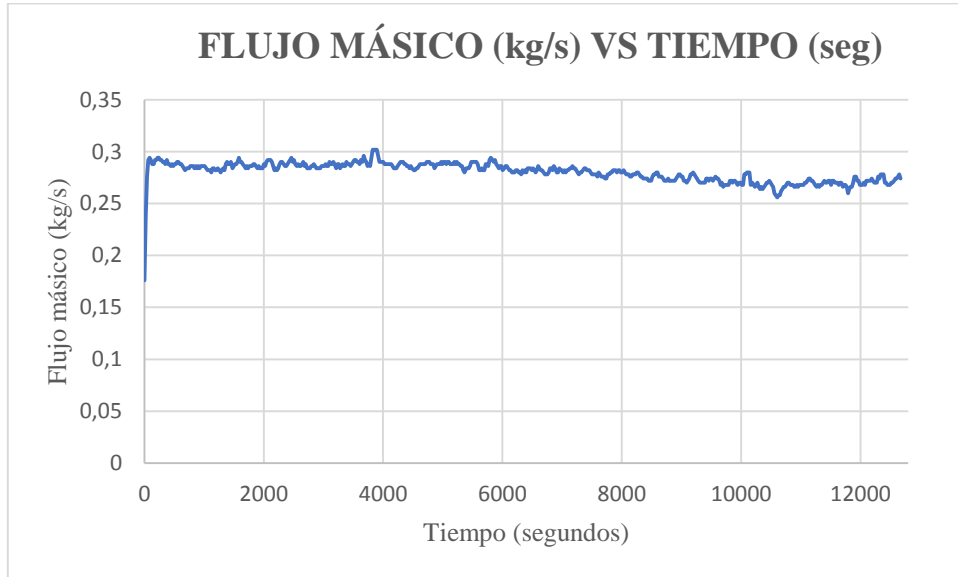


Figura 4.19: Curva del flujo másico

4.6.3 Obtención de datos de peso

Los datos se obtuvieron mediante el sensor de carga, en la figura 4.20 se observa el peso inicial y final.

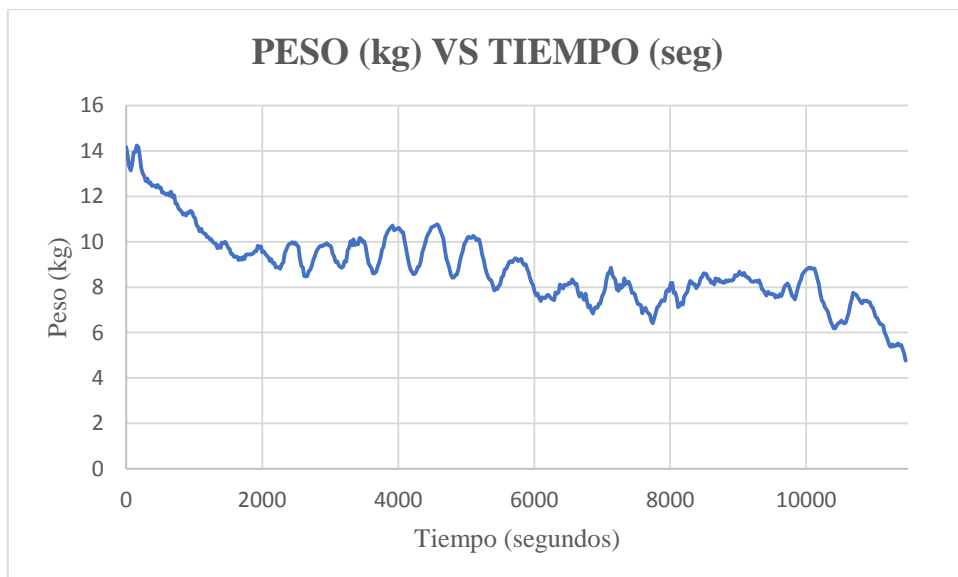


Figura 4.20: Curva del peso

4.6.4 Análisis de humedad

Para el análisis de la humedad utilizamos la ecuación 4.5, reemplazamos con el peso y obtenemos la curva de humedad que se observa en la figura 4.21.

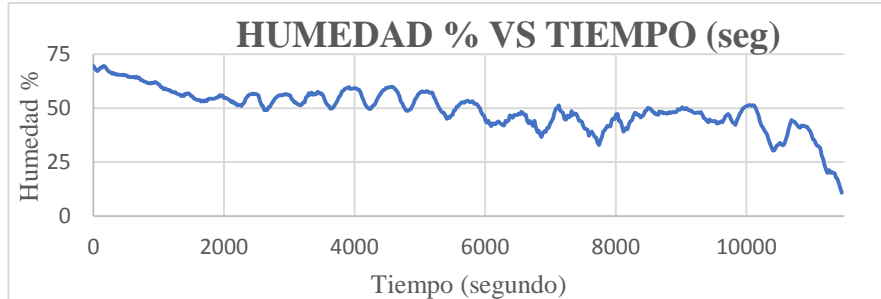


Figura 4.21: Curva de humedad

4.6.5 Control de temperatura

Para el análisis del control PID se muestra en la figura 4.22 la curva que realizó el sistema para estabilizarse y controlar el proceso de secado de cacao.

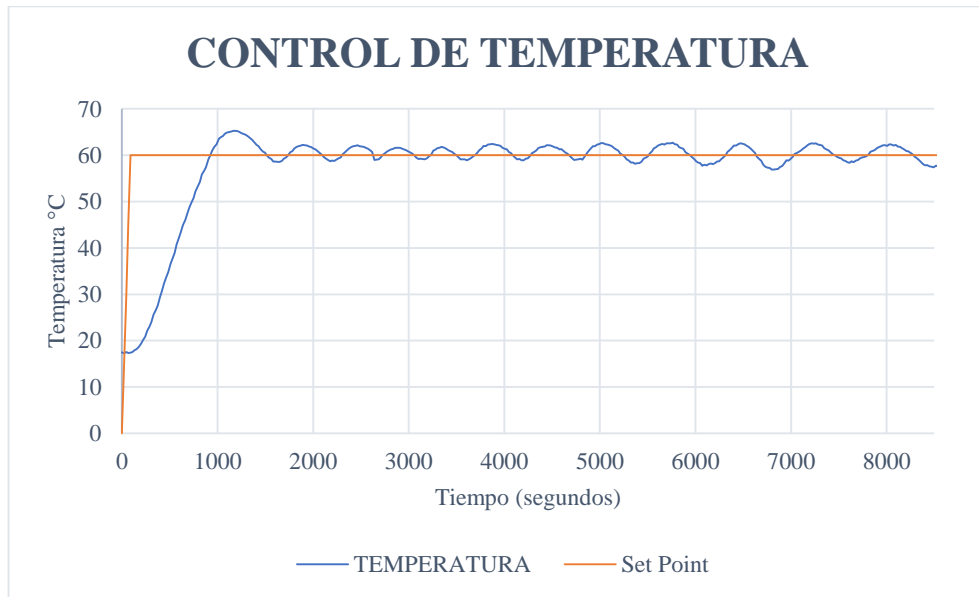


Figura 4.22: Curva del control de temperatura

4.7 ANÁLISIS FINAL DEL SECADO DE CACAO

La prueba se desarrolló en el Laboratorio de Energías de la UTC, inició a las 9:15 am y culminó a las 12:45 pm, con un tiempo aproximado de 3 horas y 35 minutos, el cacao obtuvo los siguientes resultados.

- Temperatura final para el proceso de secado de cacao 60° C
- Tiempo de finalización del secado: 3 horas 35 minutos
- Temperatura ambiente: 20 °C
- Humedad final del cacao: 7,0 %
- Peso final del cacao: 4,30 Kg
- Peso final del tanque de gas: 19.30 Kg

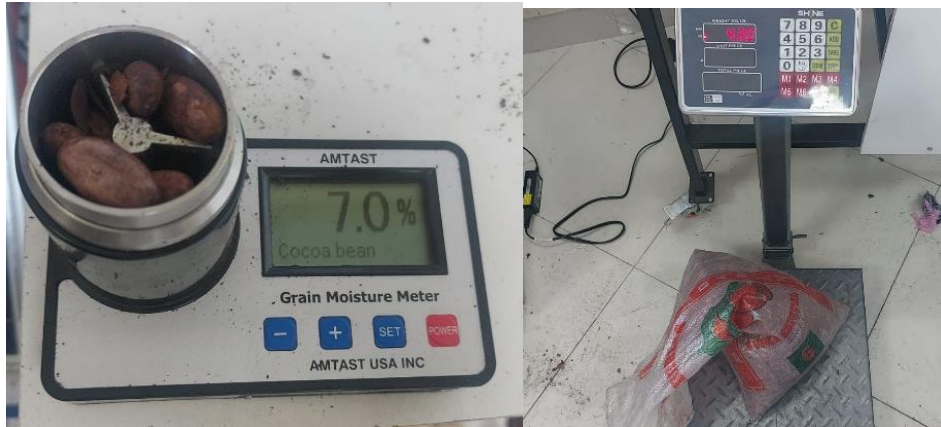


Figura 4.23: Peso y humedad final

Como resultado tenemos que el proceso de automatización de secado de cacao es favorable reduciendo el tiempo y con una humedad adecuada según la norma INEN NTE 176 [33] .

5. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTO

5.1 PRESUPUESTO

En el presente proyecto de investigación, se puntualizará rápidamente el aspecto económico de los diferentes materiales y equipos que se empleó en la automatización del prototipo experimental.

Tabla 5.1 Elementos del sistema de control

CANTIDAD	ELEMENTO	COSTO (\$)
1	Módulo ESP32	12
2	Módulo MAX31865	26
2	Juego de cables M-H pequeño	4,5
4	M. Galgas HX711	20
1	M. Dimmer 2 Canales	25
2	M. Relé 4 canales	13
3	M. Step Down LM2596	9
1	Fuente 12V 5A	9
10	Cable de timbre	2,5
2	Luces piloto grande	4
1	Paro de emergencia	3,5
12	Borneras 2pines	2,4
1	Relé Estado Solido	11
1	M. Step Up XL6009	5
1	Pantalla Nextion 7"	180
3	Sensores de carga	83,35
2	PT100	70
20	Cable 18	6
1	Caja metálica 30x30	47
1	Placa PBC 30x30	5
1	Sensor MAF con acople para tubería de 3"	85
1	Tubería de alta temperatura 3"	25
2	Abrazaderas DIN 75	30
TOTAL		678,25

5.1.1 Costos en mano de obra

Para la automatización del secado de cacao, se ha empleado varias horas en la programación, calibración y ajuste de errores, a continuación, se detalla el costo de la hora de trabajo acorde a un salario básico unificado publicado en diciembre del 2021 es de \$425,00 cuatrocientos veinte cinco dólares con cero centavos americanos, tomando en cuenta el código de trabajo se realizó un cálculo el cual detalla que debe realizarse 40 horas a la semana.

$$\#horas = 8 \text{ horas} \times 30 \text{ dias}$$

$$\#horas = 240 \text{ horas}$$

$$\text{Costo} = \frac{425}{240} = 1,77\$ \text{ la hora}$$

Tabla 5.2 Costos de ensamblado

N.- DE HORAS	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
120	Diseño del sistema de automatización	1,77	212,40
30	Montaje del diseño	1,77	53,10
50	Implementación y depuración del software	1,77	88,50
40	Funcionamiento	1,77	70,80
		TOTAL	424,80

5.1.2 Costos directos

Costos en materiales necesarios para la automatización del secador cilíndrico.

Tabla 5.3 Costos directo

COSTOS DIRECTOS	COSTO (\$)
Materiales	738,25
TOTAL	738,25

5.1.3 Costos indirectos

Costos indirectos que influyen al automatizar el secado cilíndrico

Tabla 5.4 Costos indirectos

COSTO INDIRECTOS	COSTO (\$)
Ensamblado	424,80
Transporte	60
Cacao, peajes, GLP e imprevistos	150
TOTAL	634,80

5.1.4 Costo total

El costo total en la propuesta tecnológica se detalla en la tabla 6.5.

Tabla 5.5 Costos total

DESCRIPCIÓN	COSTO (\$)
Costos directos	738,80
Costos indirectos	634,80
TOTAL	1373,60

5.2 COSTO DE DEPRECIACIÓN

Para efectuar el precio y maquinarias industriales se considera 10 años y se utiliza la siguiente ecuación 4.6

$$V_{\text{salvamiento}} = V_{\text{inicial}} \frac{V_{\text{inicial}} * \text{vida útil}}{\text{años de depreciación}} \quad (4.6)$$

Donde:

- V_{inicial} = Valor de costo
- Vida útil = tiempo estimado de depreciación
- Años de depreciación = años de depreciación

$$V_{\text{salvamiento}} = \$1103.05 - \frac{1103.05 * 10 \text{ años}}{8 \text{ años}}$$

$$V_{\text{salvamiento}} = \$275.76$$

Con la cotización obtenida se necesita realizar \$275.76 de forma anual para no perder dinero en costo de inversión.

En la siguiente ecuación 4.7 se utiliza para la obtención del valor de depreciación anual

$$D_{anual} = \frac{V_{inicial} - V_{salvamiento}}{\text{años de depreciación}} \quad (4.7)$$

Donde:

- $D_{anual} = \text{Depreciacion anul}$
- $V_{inicial} = \text{Valor de costo}$
- $V_{salvamiento} = \text{Valor de salvamiento}$
- $\text{Años de depreciacion} = \text{años estimados depreciación}$

$$D_{anual} = \frac{1103,05 - 275,76}{8}$$

$$D_{anual} = 103,41$$

Con el resultado obtenido se determina que de forma anual depreciará \$ 103,41

5.3 ANÁLISIS DE IMPACTO

El desarrollo de la presente propuesta tecnológica tiene un enfoque en dos impactos el tecnológico y social.

5.3.1 Impacto Tecnológico

La propuesta tecnológica de un sistema de control de los parámetros que intervienen en un secador cilíndrico de cacao está constituida con componentes electrónicos para la automatización y control del secado del cacao y a su vez para visualizar la adquisición de variables como el control de temperatura, flujo, carga y también el uso de una página web donde se almacena los datos.

5.3.2 Impacto Social

Luego de haber realizado una investigación acerca de un secador cilíndrico de cacao, la información fue muy escasa debido a que no existe un control de los parámetros establecidos como el registro de datos de la temperatura y el flujo masico y carga.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- La implementación de un sistema de control de los parámetros que intervienen en un secador cilíndrico de cacao, se desarrolló con el fin de que las variables cumplan con las normas del secado, haciendo que el proceso efectuado cumpla con las necesidades de los productores.
- La adquisición de datos del controlador, permite realizar un control PID debido a su sintonización con la temperatura, de acuerdo a los estándares establecidos lo que hace que las características del cacao durante el proceso de secado cumpla con los parámetros establecidos.
- Además, se pudo observar que en el proceso del secado de cacao inició con un peso de 17.10 kg y una humedad del 70.10%, tomando en consideración principal el tiempo siendo así que en el transcurso de 3 horas y 35 minutos se redujo a un peso de 4.30kg y una humedad final del 7%, cumpliendo los parámetros de la norma INEN NTE 176.

6.2 RECOMENDACIONES

- Para evitar un mal funcionamiento del secador cilíndrico se recomienda usar el manual de operación, y así evitar deterioros por la mala manipulación del operario con la finalidad de tener un buen funcionamiento en la máquina.
- Tomar en consideración que al terminar el proceso de secado del cacao se realice una limpieza para eliminar los desperdicios que pueden afectar a su correcto funcionamiento.
- Se recomienda para futuros tesis en utilizar sensores de vibración o extensómetros ya que estos miden el cambio de carga en el secador cilíndrico y así obtener datos de carga más precisos.

7. REFERENCIAS

- [1] P. Parra Rosero, “Modelación de un proceso de secado de cacao utilizando una cámara rotatoria cilíndrica y flujo de aire caliente”, *Universidad de Piura*, jun. 2018, Consultado: el 28 de junio de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3488>
- [2] J. C. Ortega Márquez, “Estudio, diseño y monitoreo de un sistema de secado rotatorio de cacao mediante recirculación de aire caliente por combustión a gas utilizando control multivariado aplicado a la temperatura, flujo de calor y peso de producto”, ago. 2017, Consultado: el 28 de junio de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/40192>
- [3] A. J. Torres Hinostroza, “Diseño de un sistema de control PID de nivel de una esfera accionado por flujo de aire”, *Universidad Continental*, 2018, Consultado: el 27 de junio de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/5085>
- [4] N. García, I. Martínez, y M. Suárez Gutiérrez, “Desarrollo de nuevos comandos para Google Assistant utilizando Dialogflow, Firebase y NodeMCU”, vol. 29, pp. 74–87, oct. 2020.
- [5] A. C. Castrillo Fuentes y O. I. Pinto Rojas, “Diseño de controlador pid para prototipo de máquina de secado de café y/o cacao para la empresa Penagos Hermanos”, 2019, Consultado: el 15 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/7073>
- [6] A. J. Mora Caranqui, “Diseño de un secador rotatorio para granos de cacao con capacidad de 3 toneladas diarias para la producción nacional.”, jul. 2016, Consultado: el 1 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/35067>
- [7] J. Orna, N. Chuquín, L. Saquina, y O. Cueva, “Diseño y construcción de una secadora automática para cacao a base de aire caliente tipo rotatorio para una capacidad de 500 kg”, *Enfoque UTE*, vol. 9, núm. 2, pp. 159–174, 2018.
- [8] L. F. Bela Linares, “Evaluación de tres tipos de secado en la calidad del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Estación Experimental de Sapecho - La Paz”, Thesis, 2014. Consultado: el 1 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/4147>

- [9] “Cómo seleccionar un sistema de transporte neumático”, *Interempresas*. <https://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/50272-Como-seleccionar-un-sistema-de-transporte-neumatico.html> (consultado el 15 de agosto de 2022).
- [10] “Secadores por aspersión”, *Sinotek*. <https://gruposinotek.com/division-alimenticia/secadores-por-aspersion/> (consultado el 15 de agosto de 2022).
- [11] M. Alberto Perez, A. Perez Hidalgo, y E. Perez Berenguer, “Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para sistemas lineales invariantes en el tiempo”, p. 69, 2008.
- [12] L. F. Caiza Lema, “Sistemas de control de lazo abierto y cerrado de voltaje para determinar el error en estado estable a diferentes pulsos de entrada en el Laboratorio de Control y Automatización de la FICM”, jun. 2015, Consultado: el 27 de junio de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/13426>
- [13] P. A. Herrera Paria, “Diseño de un sistema automático de control y registro de temperatura para el proceso de pasteurización en la industria alimentaria”, *Universidad Tecnológica del Perú*, 2019, Consultado: el 27 de junio de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2970>
- [14] W. Tan, “Unified Tuning of PID Load Frequency Controller for Power Systems via IMC”, *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 25, núm. 1, pp. 341–350, feb. 2010, doi: 10.1109/TPWRS.2009.2036463.
- [15] K. J. Åström y T. Hägglund, *Control PID avanzado*. Pearson, Madrid, 2009.
- [16] M. L. Paidá Puente, “Análisis de los sensores MAP y MAF en un motor a gasolina”, 2007, Consultado: el 27 de junio de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/204>
- [17] A. V. Montellano, S. Tilvaldyev, D. C. Monroy, L. R. Cenicerós, y A. F. Ortega, “Implementación de un sensor de presión diferencial en el sistema de turbina didáctica labjet 50 para determinar el flujo másico mediante el uso de parámetros de densidad y velocidad”, *Cultura Científica y Tecnológica*, núm. 51, Art. núm. 51, Consultado: el 27 de junio de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/943>
- [18] E. Martínez Martín, “Diseño y fabricación de una célula de carga para la suspensión de un vehículo tipo fórmula”, septiembre de 2016. <https://oa.upm.es/43911/> (consultado el 27 de junio de 2022).

- [19] E. Ramirez, G. Becerra, A. Pantoja-Vazquez, y L. Alvarez-Icaza, “Automatización de un dinamómetro de corrientes parásitas”, p. 6, 2014.
- [20] Y. Grajales Eraz y J. F. Monsalve Vargas, “Diseño de un instrumento de adquisición de temperatura a través de termocupla tipo K y microcontrolador usando el protocolo de comunicación SPI”, jun. 2019, Consultado: el 27 de junio de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.itc.edu.co/handle/001/378>
- [21] “MAX31865 Detector de temperatura”, *UNIT Electronics*. <https://uelectronics.com/producto/max31865-detector-de-temperatura-resistencia-platino-pt100/> (consultado el 28 de junio de 2022).
- [22] “Puente de Wheatstone”. <https://www.vistronica.com/blog/post/puente-de-wheatstone.html> (consultado el 28 de junio de 2022).
- [23] A. Olmedo Ávila, “Algoritmo Biogeography-Based-Optimization para el control de potencia de un convertidor en fuente de tensión”, *Biogeography-Based-Optimization for power control in VSC*, jul. 2019, Consultado: el 14 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://rodin.uca.es/handle/10498/22436>
- [24] “Estudio de las principales tecnologías de control de iluminación espectacular escénica”. <https://riunet.upv.es/handle/10251/176783> (consultado el 14 de agosto de 2022).
- [25] J. Novillo-Vicuña, D. H. Rojas, B. M. Olivo, J. M. Ríos, y O. C. Villavicencio, *Arduino y el Internet de las cosas*. 3Ciencias, 2018.
- [26] J. Rodrigo, “ESP8266 y NodeMCU: la nueva generación de sistemas embebidos”, *Panama Hitek*, el 26 de octubre de 2016. <http://panamahitek.com/esp8266-y-nodemcu-la-nueva-generacion/> (consultado el 28 de junio de 2022).
- [27] J. Ikiss, “Sistema de adquisición de datos con ESP32”, oct. 2020, Consultado: el 9 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/344400>
- [28] I. C. Alonso y S. O. E. Solis, “Escáner automotriz de pantalla táctil”, *Instituto Politécnico Nacional, México*, 2010.
- [29] “Presentación pantallas táctiles”, 12:05:32 UTC. Consultado: el 28 de junio de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/3ronaturales011/presentacin-pantallas-tctiles-13990084>
- [30] J. M. Topón Guallichico, “Diseño e implementación de un prototipo para un sistema electrónico temporizado en puertas y ventanas, empleando módulos Arduino, para el

- restaurante ‘El Pailón de Mushuñan’.’’, oct. 2017, Consultado: el 27 de junio de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18843>
- [31] C. A. Carranco Quiñónez y C. J. Celi Sánchez, “Desarrollo de un sistema HMI / SCADA, diseñado con lógica difusa e implementado en un prototipo de prueba”, ene. 2010, Consultado: el 27 de junio de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4470>
- [32] C. A. Olivares Toapanta, “Sistema electrónico de rehabilitación para lesiones de hombro en el Centro de Rehabilitación y Fisioterapia - Fisioterapista Katy Salinas”, feb. 2021, Consultado: el 17 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/32309>
- [33] “nte_inen_176-5.pdf”. Consultado: el 23 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_176-5.pdf

8. ANEXOS

ANEXO 1	Informe Urkund	1 de 1
---------	----------------	--------



Document Information

Analyzed document	Tesis_Jaya_Vaca.docx (D143496276)
Submitted	9/1/2022 9:13:00 PM
Submitted by	
Submitter email	byron.corrales@utc.edu.ec
Similarity	2%
Analysis address	byron.corrales.utc@analysis.urkund.com

Sources included in the report

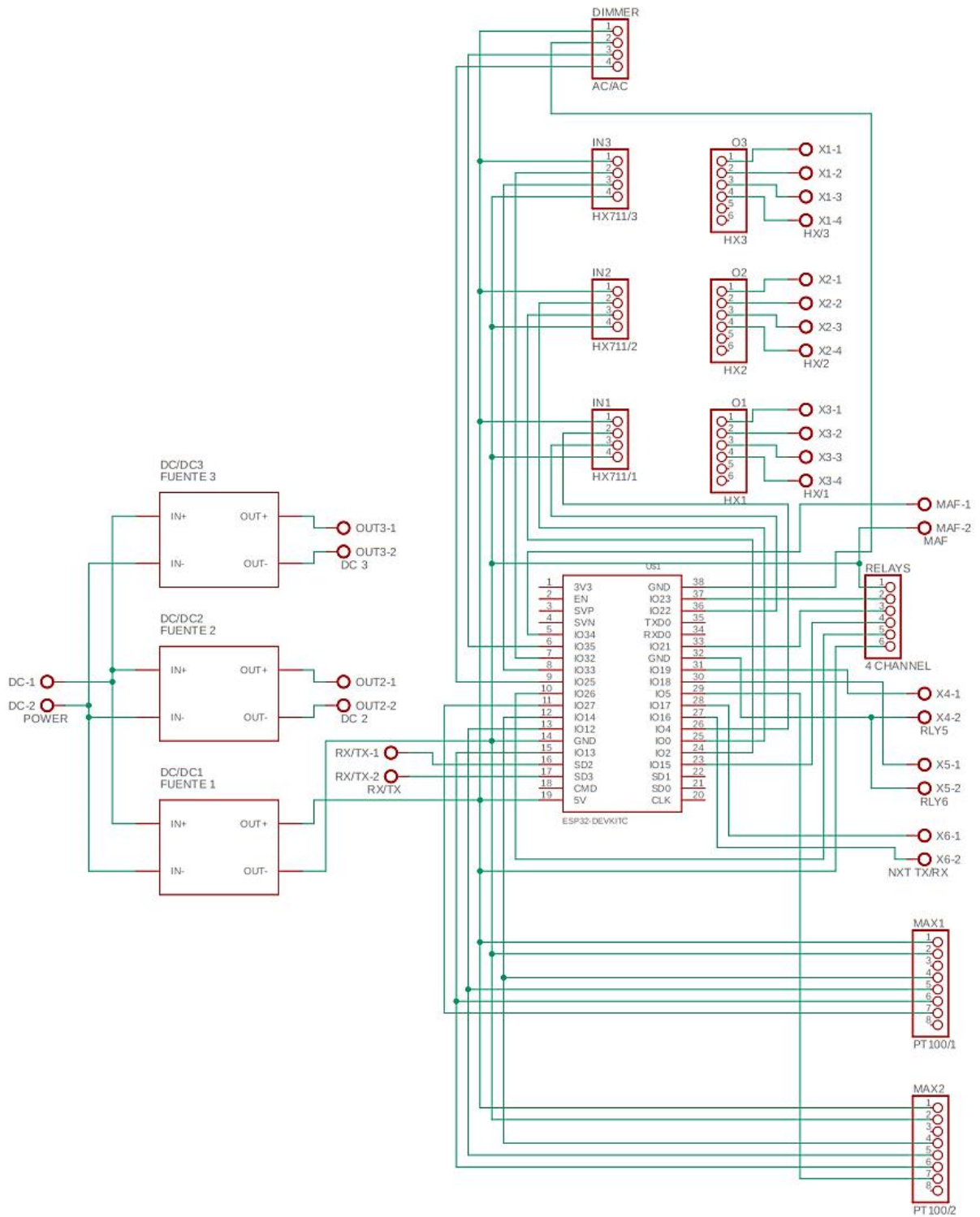
SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / 2022_08_30_Tesis_Zapata_Nuñez.docx Document 2022_08_30_Tesis_Zapata_Nuñez.docx (D143410433) Submitted by: byron.corrales@utc.edu.ec Receiver: byron.corrales.utc@analysis.urkund.com		6
W	URL: https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/7073 Fetched: 9/1/2022 9:13:00 PM		2
W	URL: https://www.vistronica.com/blog/post/puente-de-wheatstone-.html Fetched: 9/1/2022 9:14:00 PM		1
W	URL: https://uelectronics.com/producto/max31865-detector-de-temperatura-resistencia-platino-pt100/ Fetched: 9/1/2022 9:14:00 PM		1
W	URL: http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/35067 Fetched: 9/1/2022 9:13:00 PM		1
W	URL: http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/4147 Fetched: 9/1/2022 9:13:00 PM		1
W	URL: http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/943 Fetched: 9/1/2022 9:14:00 PM		1
W	URL: https://rodin.uca.es/handle/10498/22436 Fetched: 9/1/2022 9:14:00 PM		1

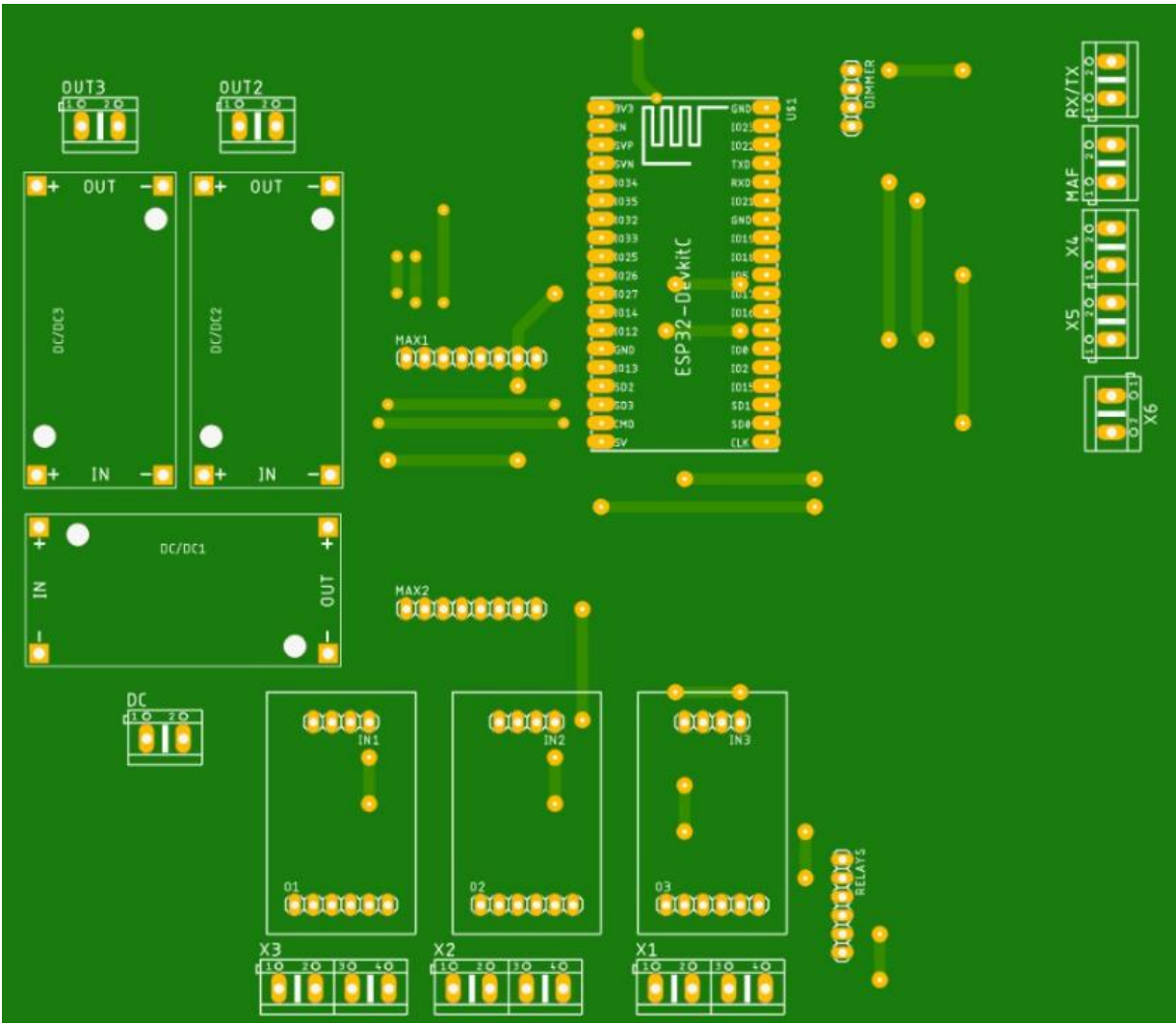
Entire Document

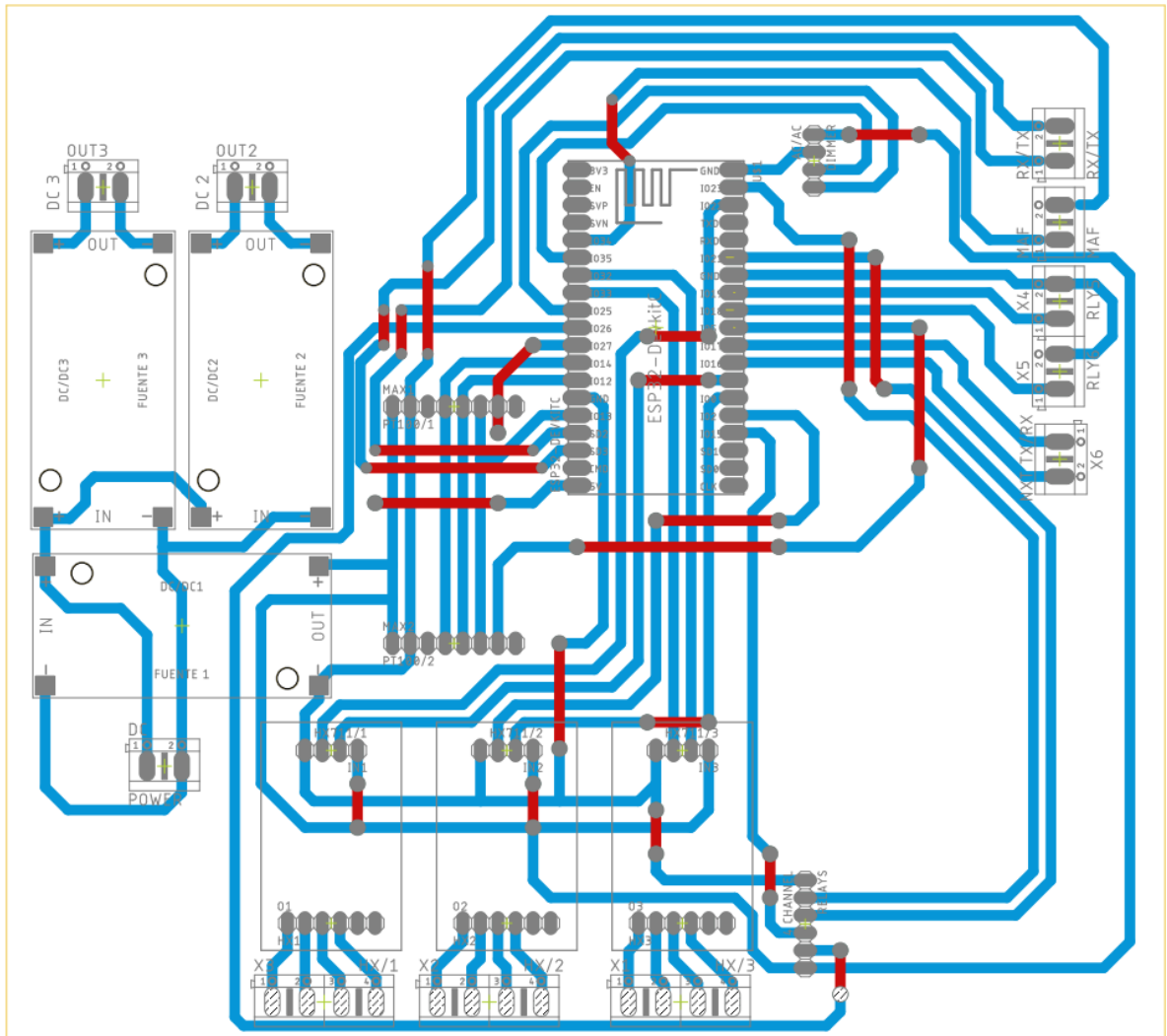
RESUMEN
La presente propuesta tecnológica

Componentes del esquema total

- 1.Red monofásica 110 v
2. Paro de emergencia
3. Selector ON/OFF
4. Luz piloto rojo
5. Luz piloto verde
6. Luz piloto amarillo
7. Fuente 12V 5A
8. Celdas de cargas
9. Pantalla Nextion
10. Sensor MAF
11. Relé estado sólido
12. Motor monofásico
13. Blower
14. PT100
15. ESP8266
16. Encendedor
17. Quemador
18. Módulo electrónico SEI
19. Módulo step down LM2596
20. Módulo HX711
21. Módulo relé 4 canales
22. Módulo MAX 31865
23. ESP32
24. Módulo dimmer 2 canales







Cable Sensor, Pt100/Pt1000

**Sensors with 4-wire silicone cable
for pockets or tubes**

4-wire air sensors

**Elements in
1/1 DIN B,
1/3 DIN B
and 1/6 DIN B**

**The sensors can be used with the CombiTemp,
Building Block Temperature Measuring System**



Description

A platinum resistor is built into the temperature sensor. Changes in temperature are reflected by changes in the electrical resistance, so that measuring the value of the resistance gives an analogue expression for the actual temperature.

The Pt100 element has a resistance of 100 Ohms at 0°C and a well-documented working curve (DIN/EN/IEC 60751) within the nominal working range.

The sensors are used in a wide range of applications within the marine, industrial, energy and food sectors.

The Pt100 sensor fits as an insert in sensor tubes with an internal diameter of 6 mm such as the CombiTemp temperature measuring system.

Air sensors are used without sensor pockets to ensure fast response time.

Technical Data

Standard sensor

Measuring range	-50...205°C
Ambient temperature	-50...205°C
Marking label	-30...105°C
Pressure range	≤ 25 bar (water flow 3m/sec.)
Humidity	< 98% RH, condensing
Protection class	IP 65
Cable type	High-flexible silicone, grey
Wires	4 (2 x Red, 2 x white)
Length	up to 99.99 metres

Air sensor

Measuring range	-50...205°C
Ambient temperature	-50...205°C
Marking label	-30...105°C
Environment	Non-aggressive air
Air gap	8 holes, ø3 mm
Humidity	< 98% RH, condensing
Protection class	IP 65
Cable type	High-flexible silicone, grey
Wires	4 (2 x Red, 2 x white)
Length	up to 99.99 metres

Common data for both types

Case material	Acid-proof, stainless steel AISI 316 Ti (W 1.4571)
Case dimensions	ø5.8 mm x 60 mm
Time constant $\tau_{0.95}$	See table
Accuracy	DIN/EN/IEC 60751
1/1 DIN B	±(0.3 + 0.005 x t) °C
1/3 DIN B	±1/3 x (0.3 + 0.005 x t) °C
1/6 DIN B	±1/6 x (0.3 + 0.005 x t) °C
Vibrations	Lloyds Register, test 2
Mechanical tolerances	ISO 2768-m

Disposal of product and packing

According to national laws or by returning to Baumer

Time Constant $\tau_{0.95}$

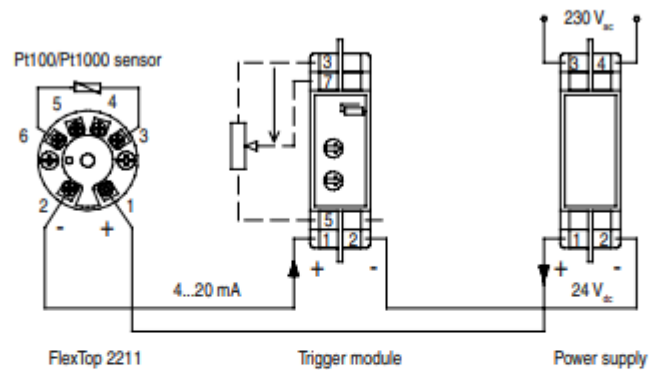
If a pocket or sensor tube is used, the response time is extended, i.e. the time duration for the sensor to reach the correct temperature when the temperature of the medium changes suddenly.

Environment	Sensor type	
	Standard Sensor	Air Sensor
Fluid, 0.4 m/sec.	8 sec.	
Fluid, 0.4 m/sec. (Stainless steel pocket/tube with silicone paste)	17 sec.	
Air, 3 m/sec.	35 sec.	25 sec.
Air, still	135 sec.	105 sec.

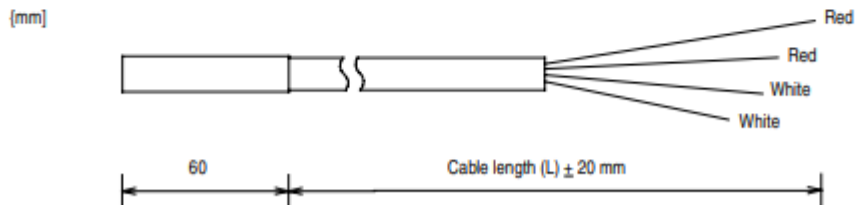
Ordering Details - Cable sensors

	8141	3xx	xxxx
Sensor type	6' digit		
Standard sensor		3	
Air sensor		5	
Sensor element (DIN/EN/IEC 60751)	7' digit		
Pt100, 1/1 DIN B, single, specified accuracy -50...400°C		1	
Pt100, 1/3 DIN B, single, specified accuracy 0...150°C		3	
Pt100, 1/6 DIN B, single, specified accuracy 0...100°C		5	
Pt100, 1/1 DIN A, single, specified accuracy -50...400°C		7	
Pt1000, 1/3 DIN B, single, specified accuracy -50...400°C		A	
Pt1000, 1/1 DIN B, single, specified accuracy -50...400°C		B	
Cable length (L)	8...11' digit		
Length in cm			xxxx

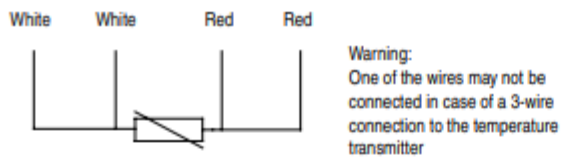
Example of Application



Dimensional Drawing

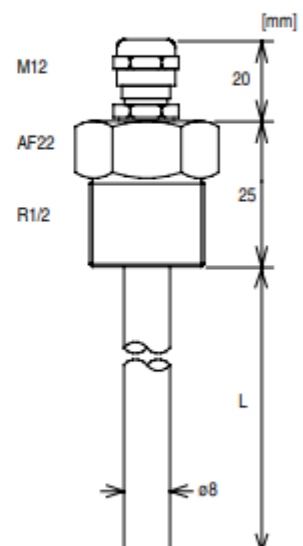


4-wire Sensors



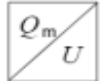
Ordering Details - Pocket for Cable Sensors

Pocket type	2909 0001 xxx
Stainless steel, W 1.4404 (AISI 316L), R1/2 with M12 gland	
Pocket length (L)	9...11' digit
Length in mm	xxx



Hot-film air-mass meter, Type HFM 5

Measurement of air-mass throughflow up to 1000 kg/h



- Compact design.
- Low weight.
- Rapid response.
- Low power input.
- Return-flow detection.



Application

In order to comply with the vehicle emission limits demanded by law, it is necessary to maintain a given air/fuel ratio exactly.

This requires sensors which precisely register the actual air-mass flow and output a corresponding electrical signal to the open and closed-loop control electronics.

Design

The micromechanical sensor element is located in the plug-in sensor's flow passage. This plug-in sensor is suitable for incorporating in the air filter or, using a measurement venturi, in the air-intake passages. There are different sizes of measurement venturi available depending upon the air throughflow. The micromechanical measuring system uses a hybrid circuit, and by evaluating the measuring data is able to detect when return flow takes place during air-flow pulsation.

Operating principle

The heated sensor element in the air-mass meter dissipates heat to the incoming air. The higher the air flow, the more heat is dissipated. The resulting temperature differential is a measure for the air mass flowing past the sensor.

An electronic hybrid circuit evaluates this measuring data so that the air-flow quantity can be measured precisely, and its direction of flow.

Only part of the air-mass flow is registered by the sensor element. The total air mass flowing through the measuring tube is determined by means of calibration, known as the characteristic-curve definition.

Technical data / range

Nominal supply voltage U_N	14 V
Supply-voltage range U_V	8...17 V
Output voltage U_A	0...5 V
Input current I_V	< 0.1 A
Permissible vibration acceleration	$\leq 150 \text{ ms}^{-2}$
Time constant $\tau_{63}^{1)}$	$\leq 15 \text{ ms}$
Time constant $\tau_{\Delta}^{2)}$	$\leq 30 \text{ ms}$
Temperature range	-40...+120 °C ³⁾

Part number	0 280 217 123	0 280 218 019	0 280 217 531	0 280 218 008	0 281 002 421
Measuring range Q_m	8...370 kg/h	10...480 kg/h	12...640 kg/h	12...850 kg/h	15...1000 kg/h
Accuracy ⁴⁾	$\leq 3\%$	$\leq 3\%$	$\leq 3\%$	$\leq 3\%$	$\leq 3\%$
Fitting length L_E	22 mm	22 mm	22 mm	16 mm	22 mm
Fitting length L_A	20 mm	20 mm	20 mm	16 mm	20 mm
Installation length L	96 mm	96 mm	130 mm	100 mm	130 mm
Connection diam. D	60 mm	70 mm	80 mm	86/84 mm ⁵⁾	92 mm
Venturi ID	50 mm	62 mm	71 mm	78 mm	82 mm
Pressure drop at nominal air mass ⁶⁾	< 20 hPa	< 15 hPa	< 15 hPa	< 15 hPa	< 15 hPa
Temperature sensor	Yes	Yes	Yes	No	Yes
Version	1	2	3	4	5

¹⁾ In case of sudden increase of the air-mass flow from $10 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ auf $0,7 Q_{m, \text{nominal}}$, time required to reach 63% of the final value of the air-mass signal.

²⁾ Period of time in case of a throughflow jump of the air mass $|\Delta m/m| \leq 5\%$.

³⁾ For a short period up to +130 °C.

⁴⁾ $\Delta Q_m/Q_m$: The measurement deviation ΔQ_m from the exact value, referred to the measured value Q_m .

⁵⁾ Measured between input and output

⁶⁾ Inflow/outflow end

Accessories for connector

Plug housing	Contact pins	Individual gaskets	For conductor cross-section
1 928 403 836	1 987 280 103	1 987 280 106	0.5...1 mm ²
	1 987 280 105	1 987 280 107	1.5...2.5 mm ²

Note: Each 5-pole plug requires 1 plug housing, 5 contact pins, and 5 individual gaskets.

For automotive applications, original AMP crimping tools must be used.

Application

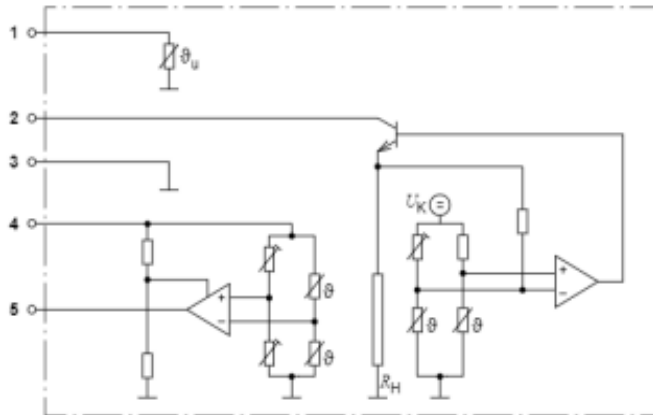
In internal-combustion engines, this sensor is used for measuring the air-mass flow so that the injected fuel quantity can be adapted to the presently required power, to the air pressure, and to the air temperature.

Explanation of symbols

Q_m	Air-mass flow rate
ΔQ_m	Absolute accuracy
$\Delta Q_m/Q_m$	Relative accuracy
τ_{Δ}	Time until measuring error is $\leq 5\%$
τ_{63}	Time until measured-value change 63%

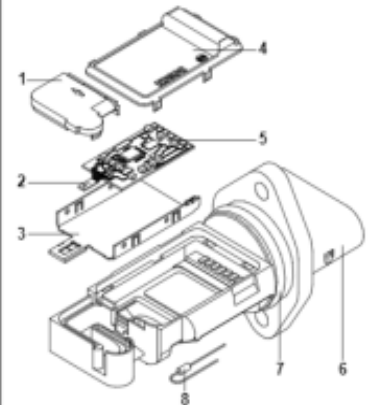
Function diagram with connector-pin assignment.

1 Additional temperature sensor θ_u (not on version 4, Part number 0 280 218 008),
 2 Supply voltage U_V , 3 Signal ground, 4 Reference voltage 5 V, 5 Measurement signal U_A ,
 θ Temperature-dependence of the resistor, R_H Heater resistor, U_K Constant voltage



HFM 5 plug-in sensor design.

1 Measuring-passage cover, 2 Sensor, 3 Mounting plate, 4 Hybrid-circuit cover,
 5 Hybrid, 6 Plug-in sensor, 7 O-ring, 8 Auxiliary temperature sensor.



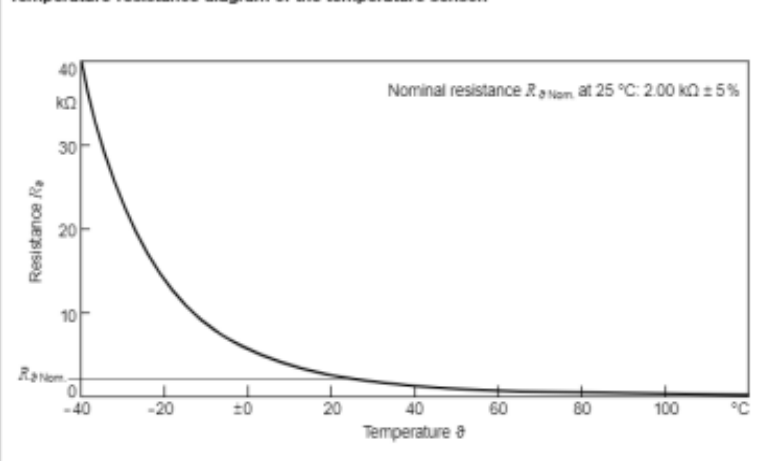
Output voltage $U_A = f(Q_m)$ of the air-mass meter

Part number	0 280 217 123	0 280 218 019	0 280 217 531	0 280 218 008	0 280 002 421
Characteristic curve	1	2	3	4	5
Q_m /kg/h	U_A /V	U_A /V	U_A /V	U_A /V	U_A /V
8	1.4837	1.2390	-	-	-
10	1.5819	1.3644	1.2695	-	-
15	1.7898	1.5241	1.4060	1.3395	1.2315
30	2.2739	1.8748	1.7100	1.6251	1.4758
60	2.8868	2.3710	2.1563	2.0109	1.8310
120	3.6255	2.9998	2.7522	2.5564	2.3074
250	4.4727	3.7494	3.5070	3.2655	2.9212
370	4.9406	4.1695	3.9393	3.6717	3.2874
480	-	4.4578	4.2349	3.9490	3.5461
640	-	-	4.5669	4.2600	3.8432
850	-	-	-	4.5727	4.1499
1000	-	-	-	-	4.3312

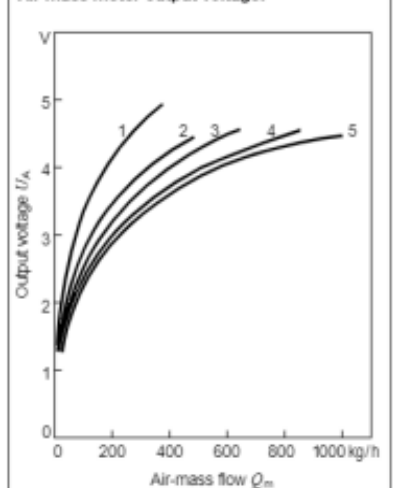
Temperature-dependence $R_\theta = f(\theta)$ of the temperature sensor

Temperature θ °C	-40	-30	-20	-10	± 0	10	20	30	40
Resistance R_θ k Ω	39.26	22.96	13.85	8.609	5.499	3.604	2.420	1.662	1.166
Temperature θ °C	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Resistance R_θ Ω	835	609	452	340	261	202	159	127	102

Temperature-resistance diagram of the temperature sensor.

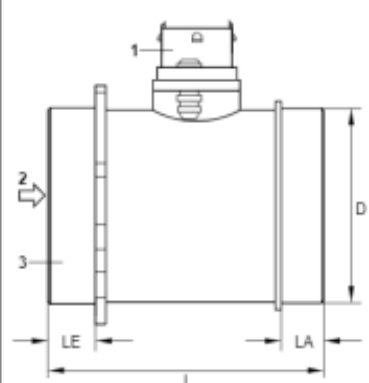


Air-mass meter output voltage.



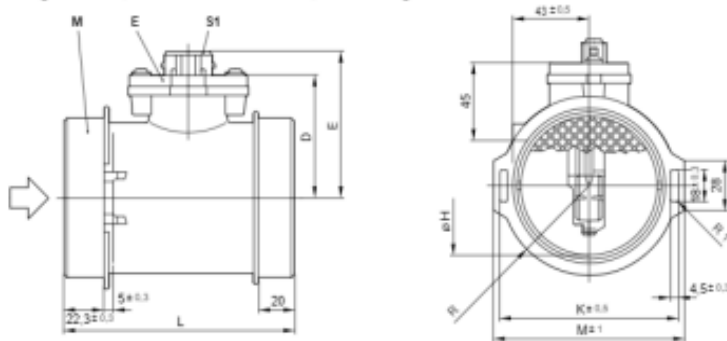
Dimensions overview of the HFM 5.

1 Plug-in sensor, 2 Throughflow direction, 3 Measurement venturi.

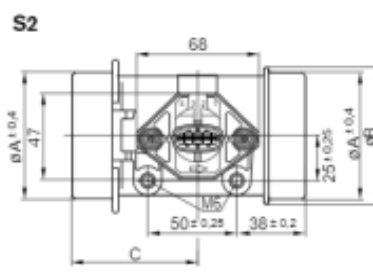
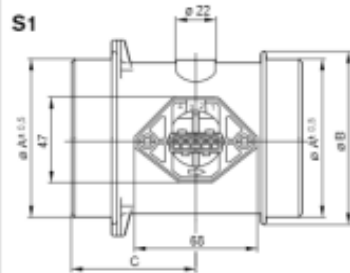


Dimension drawings.

E Plug-in sensor, **M** Measurement venturi, S1/S2 Plug connection

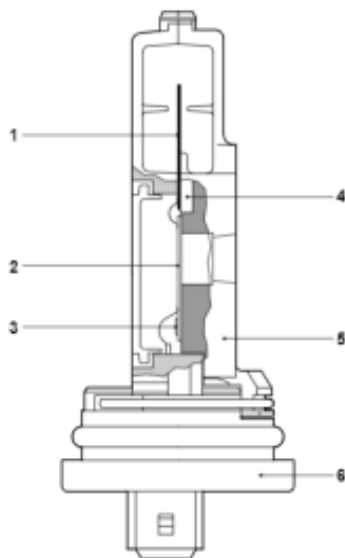


Ø A	Ø B	C	D	E	H	K	L	M	R	Measurement venturi	Plug-in connection	Part number
60	66	70	73	86	33	75	130	82	37	KS	S1	0 280 217 102
70	76	50	69	82	34.8	-	96	-	42	KS	S1	0 280 217 107
70	76	70	69	82	33.5	85	130	92	42	KS	S2	0 280 217 120
80	86	70	73	86	39	-	130	-	-	KS	S2	0 280 217 519
95.6	102	70	76.2	91.2	45	110	130	117	54	Alu	S1	0 280 217 801



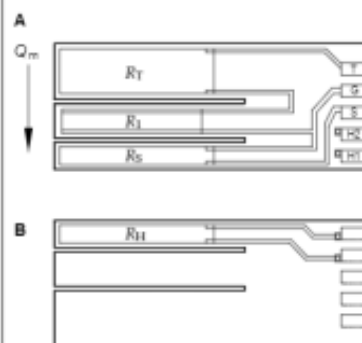
Plug-in sensor.

1 Sensor, 2 Hybrid, 3 Power module, 4 Mounting plate, 5 Heat sink, 6 Plug housing



Sensor element with thick-film resistors.

Q_m Mass rate of flow, R_T Trimmer resistor, R_H Heater resistor, R_S Sensor resistor, R_1 Air-temperature measuring resistor, **A** Front, **B** Rear



Installation instructions

Water and other liquids must not collect in the measurement venturi. The measurement venturi must therefore be inclined by at least 5° relative to the horizontal. Since care must be taken that the intake air is free of dust, it is imperative that an air filter is fitted.

Explanation of symbols:

- R_T Trimmer resistor
- R_2, R_3 Auxiliary resistors
- R_0, C_4 RC element
- R_H Heater resistor
- R_S Platinum metal-film resistor
- R_T Resistance of the air-temperature-sensor resistor
- U_K Bridge supply voltage
- U_A Output voltage
- U_V Supply voltage

Connector-pin assignment

- Pin 1 Ground
- Pin 2 $U_A(-)$
- Pin 3 U_V
- Pin 4 $U_A(+)$

Accessories

For 0 280 217 102, .. 107, .. 801

Plug housing	1 284 485 118
Receptacle	1 284 477 121 ¹⁾
Protective cap	1 280 703 023 ¹⁾

Each 4-pole plug requires 1 plug housing, 4 receptacles, and 1 protective cap.
¹⁾ Quantity 5 per package

For 0 280 217 120, .. 519

Designation	For conductor cross-section	Part number
Plug housing	-	1 928 403 112
Contact pin	0.5...1.0 mm ²	1 987 280 103
Individual gasket	1.5...2.5 mm ²	1 987 280 105
Individual gasket	0.5...1.0 mm ²	1 987 280 106
Individual gasket	1.5...2.5 mm ²	1 987 280 107

Each 4-pole plug requires 1 plug housing, 4 contact pins, and 4 individual gaskets.

Note

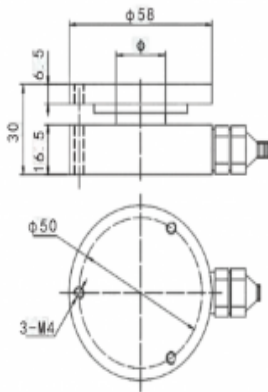
For automotive applications, original AMP crimping tools must be used.

Characteristic and Application fields

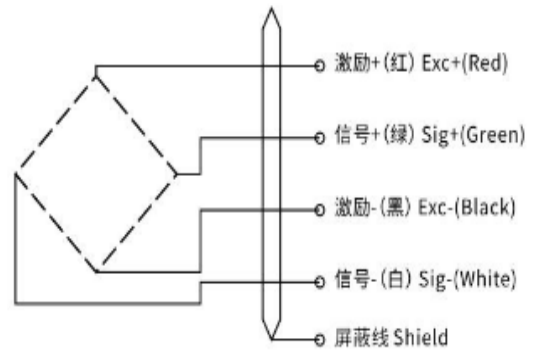
It has the advantages of bi-directional tension and compression, compact structure, high comprehensive precision, good long-term stability and nickel plating on the surface of high-quality alloy steel.

Universal material testing machine, hopper scale, hook scale, packaging scale, belt scale, plug-in force tester and other tension and pressure testing instruments as well as automation equipment and testing field.

Dimension(mm)

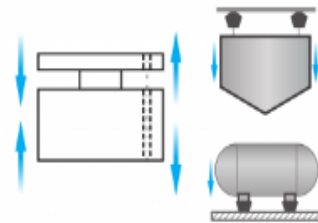


Wiring diagram



Capacity	ϕ
50kg 100kg 200kg 300kg 500kg	10
1t 2t 3t 5t 10t	20

Force diagram



Technical parameter

Parameter	Unit	Technical Specifications	Parameter	Unit	Technical Specifications
Sensitivity	mV/V	1.0-2.0±0.05	Temperature coefficient of sensitivity	≤%F-S /10°C	±0.05
Nonlinear	≤%F-S	±0.5	Operating temperature range	°C	-20°C ~ +80°C
Hysteresis	≤%F-S	±0.1	Input resistance	Ω	700Ω
Repeatability	≤%F-S	±0.1	Output Resistance	Ω	700Ω
Creep	≤%F-S/30min	±0.1	Safe Overload	≤%F-S	150% F-S
Zero output	≤%F-S	±2	Insulation resistance	MΩ	≥5000MΩ(100VDC)
Zero temperature coefficient	≤%F-S/10°C	±0.05	Excitation voltage	V	5V-15V

NX8048T070

Overview

Nextion Models

Specifications

Electronic Characteristics

Working Environment & Reliability Parameter

Interfaces Performance

Memory Features

Product Dimensions



Overview

Nextion is a seamless Human Machine Interface (HMI) solution that provides a control and visualisation interface between a human and a process, machine, application or appliance. Nextion is mainly applied to IoT or consumer electronics field. It is the best solution to replace the traditional LCD and LED Nixie tube. With the Nextion Editor software ([Official Download](#)), users are able to create and design their own interfaces for Nextion display.

Package includes: Nextion Display, connecting wire, a power supply test board.

Go Shopping: [NX8048T070 \(IM150416007\)](#)

Note: the small power supply test board and connecting wire inside the package allow you to test if the electrical supply is enough or not. See the image below on how to use it.

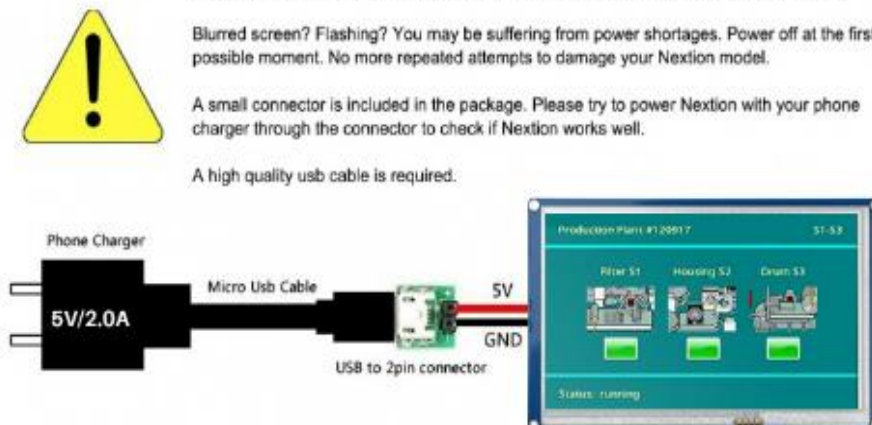
Caution:

Working under insufficient power supply condition will damage the Nextion model easily.

Blurred screen? Flashing? You may be suffering from power shortages. Power off at the first possible moment. No more repeated attempts to damage your Nextion model.

A small connector is included in the package. Please try to power Nextion with your phone charger through the connector to check if Nextion works well.

A high quality usb cable is required.



Nextion Models

Nextion Type	Basic Series
Nextion Models	NX8048T070_011N (N: No touch)
	NX8048T070_011R (R: Resistive touchscreen)



Specifications

	Data	Description
Color	64K 65536 colors	16 bit 565, 5R-6G-5B
Layout size	181(L)×108(W)×7.3(H)	NX8048T070_011N
	181(L)×108(W)×9(H)	NX8048T070_011R
Active Area (A.A.)	164.9mm(L)×100mm(W)	
Visual Area (V.A.)	154.08mm(L)×85.92mm(W)	
Resolution	800×480 pixel	Also can be set as 480×800
Touch type	Resistive	
Touches	> 1 million	
Backlight	LED	
Backlight lifetime (Average)	>30,000 Hours	
Brightness	250nit (NX8048T070_011N)	0% to 100%, the interval of adjustment is 1%
	230 nit (NX8048T070_011R)	0% to 100%, the interval of adjustment is 1%
Weight	216g (NX8048T070_011N)	
	268g (NX8048T070_011R)	

Electronic Characteristics

	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Operating Voltage		4.75	5	7	V
Operating Current	VCC=+5V, Brightness is 100%	-	510	-	mA
	SLEEP Mode	-	15	-	mA
Power supply recommend : 5V, 2A, DC					

Working Environment & Reliability Parameter

	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Working Temperature	5V, Humidity 60%	-20	25	70	°C
Storage Temperature		-30	25	85	°C
Working Humidity	25°C	10%	60%	90%	RH

Interfaces Performance

	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Serial Port Baudrate	Standard	2400	9600	115200	bps
Output High Voltage	IOH=-1mA	3.0	3.2		V
Output Low Voltage	IOL=1mA		0.1	0.2	V
Input High Voltage		2.0	3.3	5.0	V
Input Low Voltage		-0.7	0.0	1.3	V
Serial Port Mode	TTL				
Serial Port	4Pin_2.54mm				
USB interface	NO				
SD card socket	Yes (FAT32 format), support maximum 32G Micro SD Card * microSD card socket is exclusively used to upgrade Nextion firmware /HMI design				

Memory Features

Memory Type	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
FLASH Memory	Store fonts and images			16	MB
RAM Memory	Store variables			3584	BYTE

ANEXO 10	Programa de calibración de celdas de carga en Arduino	1 de 1
<pre>#include "HX711.h" #include <RBDdimmer.h> //celdas const int DOUT = 22; const int CLK = 4; const int DOUT1 = 2; const int CLK1 = 0; const int DOUT2 = 33; const int CLK2 = 32; //activar pines const int mafPin = 34; int pin_GAS = 23;//23 int pin_BASTIDOR = 19; //21; int pin_LUZCICLO = 15; int pin_LUZBASTIDOR = 26; int pin_RELE5 = 18;//19 int pin_RELE6 = 21;//18; //dimer const int zeroCrossPin = 35; const int acdPin = 25; int MIN_POWER = 50; int MAX_POWER = 79; int POWER_STEP = 2;</pre>		

```
int power = 0;

dimmerLamp acd(acdPin, zeroCrossPin);

float lectura,lectura1,lectura2;

HX711 balanza;

HX711 balanza1;

HX711 balanza2;

void setup() {

  pinMode(pin_GAS, OUTPUT);

  digitalWrite(pin_GAS, HIGH);

  pinMode(pin_BASTIDOR, OUTPUT);

  digitalWrite(pin_BASTIDOR, LOW);

  pinMode(pin_LUZCICLO, OUTPUT);

  digitalWrite(pin_LUZCICLO, HIGH);

  pinMode(pin_LUZBASTIDOR, OUTPUT);

  digitalWrite(pin_LUZBASTIDOR, HIGH);

  pinMode(pin_RELE5, OUTPUT);

  digitalWrite(pin_RELE5, LOW);

  pinMode(pin_RELE6, OUTPUT);

  digitalWrite(pin_RELE6, HIGH);

  Serial.begin(115200);

  // put your setup code here, to run once:

  Serial.begin(115200);

  balanza.begin(DOUT, CLK);

  balanza1.begin(DOUT1, CLK1);
```

```
balanza2.begin(DOUT2, CLK2);

//set balanzas

Serial.print("Lectura del valor del ADC:t");

Serial.println(balanza.read());

Serial.println("No ponga ningún objeto sobre la balanza");

Serial.println("Destarando...");

balanza.set_scale(); // Establecemos la escala

balanza.tare(20); //El peso actual es considerado Tara.

Balanza1.set_scale(); // Establecemos la escala

balanza1.tare(20); //El peso actual es considerado Tara.

Balanza2.set_scale(); // Establecemos la escala

balanza2.tare(20); //El peso actual es considerado Tara.

Delay(1000);

Serial.println("Listo para pesar");

    acd.begin(NORMAL_MODE, ON);
}

void loop() {

acd.setPower(MAX_POWER);

digitalWrite(pin_GAS, LOW);

digitalWrite(pin_BASTIDOR,HIGH );

digitalWrite(pin_LUZCICLO, LOW);

digitalWrite(pin_LUZBASTIDOR, LOW);

digitalWrite(pin_RELE5, HIGH);

digitalWrite(pin_RELE6, LOW);
```

```
// put your main code here, to run repeatedly:  
  
lectura = balanza.get_value(20);  
  
lectura1 = balanza1.get_value(20);  
  
lectura2 = balanza2.get_value(20);  
  
Serial.print(lectura, 3);  
  
Serial.print(":");  
  
Serial.print(lectura1, 3);  
  
Serial.print(":");  
  
Serial.print(lectura2, 3);  
  
Serial.println("");  
}
```


ANEXO 11	Datos para el análisis del PID	1 de 1
-----------------	---------------------------------------	---------------

	T°C	ESCALON
1	20.23	0
2	20.11	60
3	20.38	60
4	20.78	60
5	21.43	60
6	22.79	60
7	23.75	60
8	23.56	60
9	23.78	60
10	23.75	60
11	24.33	60
12	25.02	60
13	25.8	60
14	26.18	60
15	26.47	60
16	27.43	60
17	27.97	60
18	28.41	60
19	28.91	60
20	29.89	60
21	31.09	60
22	32.94	60
23	33.83	60
24	34.47	60
25	35.63	60
26	36.43	60

27	37.28	60
28	37.87	60
29	38.4	60
30	39.07	60
31	39.9	60
32	40.02	60
33	40.47	60
34	41.26	60
35	41.73	60
36	42.06	60
37	42.62	60
38	42.98	60
39	43.53	60
40	43.93	60
41	44.57	60
42	45	60
43	45.35	60
44	45.61	60
45	46.4	60
46	46.73	60
47	47.42	60
48	48.16	60
49	48.39	60
50	48.96	60
51	49.42	60
52	50.18	60
53	50.47	60
54	51.12	60

55	51.78	60
56	52.09	60
57	52.39	60
58	52.96	60
59	53.51	60
60	53.64	60
61	53.81	60
62	54.17	60
63	54.21	60
64	54.23	60
65	54.83	60
66	55.29	60
67	55.67	60
68	56.03	60
69	56.16	60
70	56.44	60
71	56.58	60
72	56.56	60
73	57.08	60
74	57.34	60
75	57.37	60
76	57.94	60
77	57.42	60
78	57.25	60
79	57.28	60
80	57.28	60
81	57.27	60
82	57.63	60

ANEXO 12	Datos de temperatura	1 de 1
-----------------	-----------------------------	---------------

Hora	Temperatura
11:14:00	15.03
11:14:54	15.11
11:16:07	15.3
11:16:29	15.68
11:16:51	15.96
11:17:12	16.74
11:17:33	17.12
11:17:55	17.55
11:18:16	18.38
11:18:38	18.99
11:18:59	19.23
11:19:20	20.28
11:19:42	20.8
11:20:03	21.25
11:20:24	22.23
11:20:45	22.77
11:21:07	23.2
11:21:32	24.55
11:21:53	25.47
11:22:15	26.53
11:22:36	27.14
11:22:57	27.98
11:23:19	28.89
11:23:40	29.49
11:24:01	29.8
11:24:22	30.81
11:24:44	31.54
11:25:05	32.23
11:25:26	32.93
11:25:48	33.08
11:26:09	33.33
11:26:56	34.2
11:27:17	34.95
11:27:39	35.07
11:28:00	35.8
11:28:21	36.07
11:28:42	36.53
11:29:04	37.13
11:29:25	37.53
11:29:47	37.72
11:30:08	38.57

11:30:30	38.93
11:30:51	39.28
11:31:13	39.52
11:31:34	39.56
11:31:55	40.08
11:32:17	40.53
11:32:38	40.85
11:32:59	40.86
11:33:20	41.39
11:33:42	41.66
11:34:03	41.96
11:34:24	42.5
11:34:46	43
11:35:08	43.29
11:35:29	43.69
11:35:50	43.64
11:36:11	43.16
11:36:33	43.12
11:36:54	43.28
11:37:16	43.58
11:37:39	43.75
11:38:01	43.91
11:38:22	44.27
11:38:43	44.31
11:39:04	44.27
11:39:26	43.92
11:39:47	43.91
11:40:08	43.92
11:40:29	44.23
11:40:51	44.16
11:41:15	44.26
11:41:36	44.13
11:41:57	44.34
11:42:18	44.28
11:42:40	44.51
11:43:01	44.54
11:43:22	44.92
11:43:43	45
11:44:05	44.9
11:44:26	45.02
11:44:47	45.08
11:45:09	45.18

11:45:30	45.47
11:45:51	45.66
11:46:12	45.9
11:46:37	46.05
11:46:58	46.22
11:47:19	46.04
11:47:40	46.22
11:48:02	46.23
11:48:23	46.22
11:48:44	46.47
11:49:06	46.45
11:49:27	46.57
11:49:48	46.57
11:50:11	46.81
11:50:32	46.93
11:50:54	47.07
11:51:15	47.32
11:51:36	47.23
11:51:57	47.77
11:52:19	47.98
11:52:40	48.23
11:53:01	48.27
11:53:23	48.58
11:53:44	48.71
11:54:05	49.21
11:54:27	49.37
11:54:48	49.68
11:55:09	49.75
11:55:30	49.63
11:55:52	49.5
11:56:13	49.8
11:56:35	50.11
11:56:56	50.15
11:57:17	50.23
11:57:38	50.4
11:58:00	50.63
11:58:21	51.03
11:58:43	51.27
11:59:04	51.77
11:59:26	51.9
11:59:47	51.85

ANEXO 13	Datos de peso	1 de 1
-----------------	----------------------	---------------

Hora	Peso
11:14:00	17.7
11:14:54	15.93
11:16:07	13
11:16:29	12.32
11:16:51	11.31
11:17:12	10.36
11:17:33	11.36
11:17:55	10.25
11:18:16	11.06
11:18:38	10.87
11:18:59	11.13
11:19:20	11.97
11:19:42	10.4
11:20:03	12.07
11:20:24	11.42
11:20:45	11.53
11:21:07	11.56
11:21:32	10.83
11:21:53	12.44
11:22:15	11.75
11:22:36	11.32
11:22:57	11.92
11:23:19	10.91
11:23:40	12.28
11:24:01	11
11:24:22	10.91
11:24:44	12.2
11:25:05	10.77
11:25:26	11.65
11:25:48	11.3
11:26:09	11.35
11:26:56	10.72
11:27:17	11.02
11:27:39	11.78
11:28:00	10.75
11:28:21	12.02
11:28:42	11.22
11:29:04	10.96
11:29:25	12.82

11:29:47	11.11
11:30:08	11.68
11:30:30	12.87
11:30:51	11.5
11:31:13	12.48
11:31:34	12.95
11:31:55	12.32
11:32:17	13.5
11:32:38	12.46
11:32:59	13.64
11:33:20	14.06
11:33:42	12.59
11:34:03	14.24
11:34:24	14.01
11:34:46	13.14
11:35:08	14.28
11:35:29	13.93
11:35:50	14.35
11:36:11	15.16
11:36:33	13.57
11:36:54	15.27
11:37:16	15.19
11:37:39	14.08
11:38:01	15.25
11:38:22	14.89
11:38:43	14.35
11:39:04	15.81
11:39:26	14.45
11:39:47	15.57
11:40:08	16.05
11:40:29	14.77
11:40:51	16.4
11:41:15	16.11
11:41:36	14.65
11:41:57	15.49
11:42:18	15.96
11:42:40	14.95
11:43:01	15.48
11:43:22	14.57
11:43:43	15.07

11:44:05	15.7
11:44:26	13.68
11:44:47	15.14
11:45:09	15.3
11:45:30	13.99
11:45:51	15.3
11:46:12	14.63
11:46:37	14.37
11:46:58	15.09
11:47:19	14.12
11:47:40	14.98
11:48:02	15.44
11:48:23	13.78
11:48:44	15.39
11:49:06	14.94
11:49:27	13.68
11:49:48	15.03
11:50:11	13.87
11:50:32	14.41
11:50:54	14.67
11:51:15	12.6
11:51:36	14.35
11:51:57	13.46
11:52:19	12.94
11:52:40	13.24
11:53:01	12.37
11:53:23	13.25
11:53:44	12.2
11:54:05	12.09
11:54:27	13.26
11:54:48	11.66
11:55:09	12.47
11:55:30	12.37
11:55:52	12.23
11:56:13	12.88
11:56:35	11.73
11:56:56	12.88
11:57:17	12.75
11:57:38	11.6

ANEXO 14	Datos de flujo másico	1 de 1
-----------------	------------------------------	---------------

Hora	Flujo Másico
11:14:00	0.11
11:14:54	0.38
11:16:07	0.4
11:16:29	0.38
11:16:51	0.39
11:17:12	0.36
11:17:33	0.35
11:17:55	0.37
11:18:16	0.36
11:18:38	0.38
11:18:59	0.37
11:19:20	0.37
11:19:42	0.35
11:20:03	0.37
11:20:24	0.36
11:20:45	0.38
11:21:07	0.37
11:21:32	0.38
11:21:53	0.37
11:22:15	0.35
11:22:36	0.36
11:22:57	0.36
11:23:19	0.36
11:23:40	0.35
11:24:01	0.36
11:24:22	0.35
11:24:44	0.37
11:25:05	0.36
11:25:26	0.34
11:25:48	0.36
11:26:09	0.37
11:26:56	0.36
11:27:17	0.37
11:27:39	0.36
11:28:00	0.36
11:28:21	0.36
11:28:42	0.37
11:29:04	0.36

11:29:25	0.36
11:29:47	0.35
11:30:08	0.36
11:30:30	0.37
11:30:51	0.36
11:31:13	0.37
11:31:34	0.34
11:31:55	0.36
11:32:17	0.38
11:32:38	0.36
11:32:59	0.34
11:33:20	0.36
11:33:42	0.36
11:34:03	0.35
11:34:24	0.35
11:34:46	0.37
11:35:08	0.36
11:35:29	0.36
11:35:50	0.37
11:36:11	0.37
11:36:33	0.36
11:36:54	0.37
11:37:16	0.35
11:37:39	0.37
11:38:01	0.35
11:38:22	0.35
11:38:43	0.35
11:39:04	0.37
11:39:26	0.35
11:39:47	0.34
11:40:08	0.37
11:40:29	0.36
11:40:51	0.36
11:41:15	0.36
11:41:36	0.36
11:41:57	0.34
11:42:18	0.36
11:42:40	0.35
11:43:01	0.36
11:43:22	0.36

11:43:43	0.35
11:44:05	0.36
11:44:26	0.36
11:44:47	0.35
11:45:09	0.36
11:45:30	0.35
11:45:51	0.35
11:46:12	0.38
11:46:37	0.42
11:46:58	0.36
11:47:19	0.37
11:47:40	0.36
11:48:02	0.37
11:48:23	0.35
11:48:44	0.36
11:49:06	0.36
11:49:27	0.36
11:49:48	0.35
11:50:11	0.36
11:50:32	0.35
11:50:54	0.35
11:51:15	0.35
11:51:36	0.37
11:51:57	0.36
11:52:19	0.36
11:52:40	0.35
11:53:01	0.35
11:53:23	0.36
11:53:44	0.35
11:54:05	0.37
11:54:27	0.36
11:54:48	0.36
11:55:09	0.36
11:55:30	0.35
11:55:52	0.35

ANEXO 15	Tabla de datos para la calibración del peso	1 de 1
----------	---------------------------------------------	--------

Valor conocido de Carga [Kg]	Celda #1	Celda #2	Celda #3
12.58	29484	31369	31369
	29182	31035	31035
	29080	31212	31212
	29031	31141	31141
	28945	31196	31196
	28900	31185	31185
	28849	31220	31220
	28913	31197	31197
	28907	31209	31209
	28884	31210	31210
	28873	31194	31194
	28906	31187	31187
	28891	31211	31211
	28902	31224	31224
	28873	31229	31229
	28898	31211	31211
	28879	31201	31201
	28884	31219	31219
	28887	31218	31218
	28905	31209	31209
	28880	31206	31206
	28873	31224	31224
	28884	31237	31237
	28884	31223	31223
28872	31214	31214	

	28882	31220	31220
	28854	31227	31227
	28872	31222	31222
	28873	31202	31202
	28886	31215	31215
	28872	31207	31207
	28880	31207	31207
	28876	31209	31209
	28891	31228	31228
	28890	31236	31236
	28894	31242	31242
	28879	31220	31220
	28841	31228	31228
	28832	31229	31229
	28847	31239	31239
	28868	31254	31254
	28864	31150	31150
	28862	31065	31065
	28872	31081	31081
	28888	31029	31029
	28870	31051	31051
	28870	31050	31050
	28889	31078	31078
	28862	31066	31066
	28888	31064	31064
	28887	31050	31050
	28888	31047	31047
	28895	31069	31069
Promedio	28904,4906	31180,4906	31180,4906
Peso Calculado	2312,3592	2494,4395	2494,4395

ANEXO 16	Manual de operación	1 de 1
-----------------	----------------------------	---------------

MANUAL DE OPERACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Ingeniería Electromecánica

1. INTRODUCCIÓN

El plan de funcionamiento y mantenimiento del secador automatizado de secado de cacao, el cual es planteado como un método importante, permite optimizar el uso de la máquina y su mantenimiento.

2. INFORMACIÓN DE SEGURIDAD

El manual proporciona información importante acerca del uso y mantenimiento de la máquina, el cual asiste al usuario a prevenir posibles fallos.

2.1 Descripción de la máquina

El secador automatizado de cacao es una máquina que cuenta con sensores de peso, temperatura y flujo masico el cual mediante el control seca los granos de cacao, en el interior de la cámara cuenta con sensores de temperatura el cual mediante un PID se estabiliza a los 60°C, la temperatura del interior del secador se controla mediante un sensor de flujo masico, este proceso se realiza mediante un intercambiador de calor que trabaja a energía fósil (GLP), el grado de humedad del cacao debe oscilar en un rango de 7%, ± 2 para lograr obtener un producto de calidad con lo cual mediante el peso controlamos ese parámetro.

2.2 Funcionamiento de la máquina

La máquina cuenta con un tablero de control donde se encuentra una pantalla que controla de manera automática todo el proceso de secado, se debe verificar al momento de encender la máquina primero encender la pantalla y dar inicio en la pantalla para su correcto funcionamiento, la máquina a su vez cuenta con un sistema de luz piloto en donde se observa si la máquina y el motor están en funcionamiento.

En caso de suceder algún accidente la máquina cuenta con sistema de paro de emergencia donde se puede parar la operabilidad del secador.

2.3 Pasos para el funcionamiento del secador cilíndrico del cacao

1. Conectar la válvula del gas
2. Conectar a una fuente de alimentación de 110v para el encendido del secador cilíndrico
3. Colocar el interruptor en la posición en ON para el encendido el tablero del control.

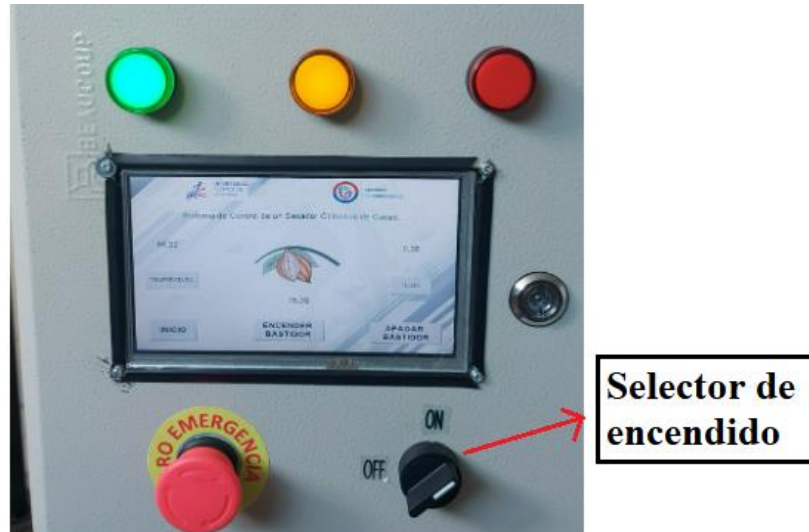


Figura 1. Selector para encender la pantalla

4. En la interfaz principal de la pantalla se visualiza los parámetros a controlarse.
5. El peso máximo permitido del secador cilíndrico es de 23 kg
6. Para comenzar con el proceso del secado se debe pulsar en la pantalla el INICIO.



Figura 2. Inicio del proceso de secado

7. Seleccionar en la pantalla el ENCENDER BASTIDOR para poder encender el motor.



Figura 3. Encendido del bastidor

8. En la interfaz principal de la pantalla se pulsa la TEMPERATURA para poder visualizar en cuantos grados está el flujo de calor en el cilindro.
9. Dentro de la interfaz de la TEMPERATURA se pulsa SP para poder definir la temperatura deseada.



Figura 4. Establecer el Set Piont

10. En la interfaz principal de la pantalla se pulsa FLUJO para visualizar el flujo másico, volumétrico y velocidad del aire.
11. Para finalizar el proceso de secado se pulsa en la pantalla principal APAGAR BASTIDOR.



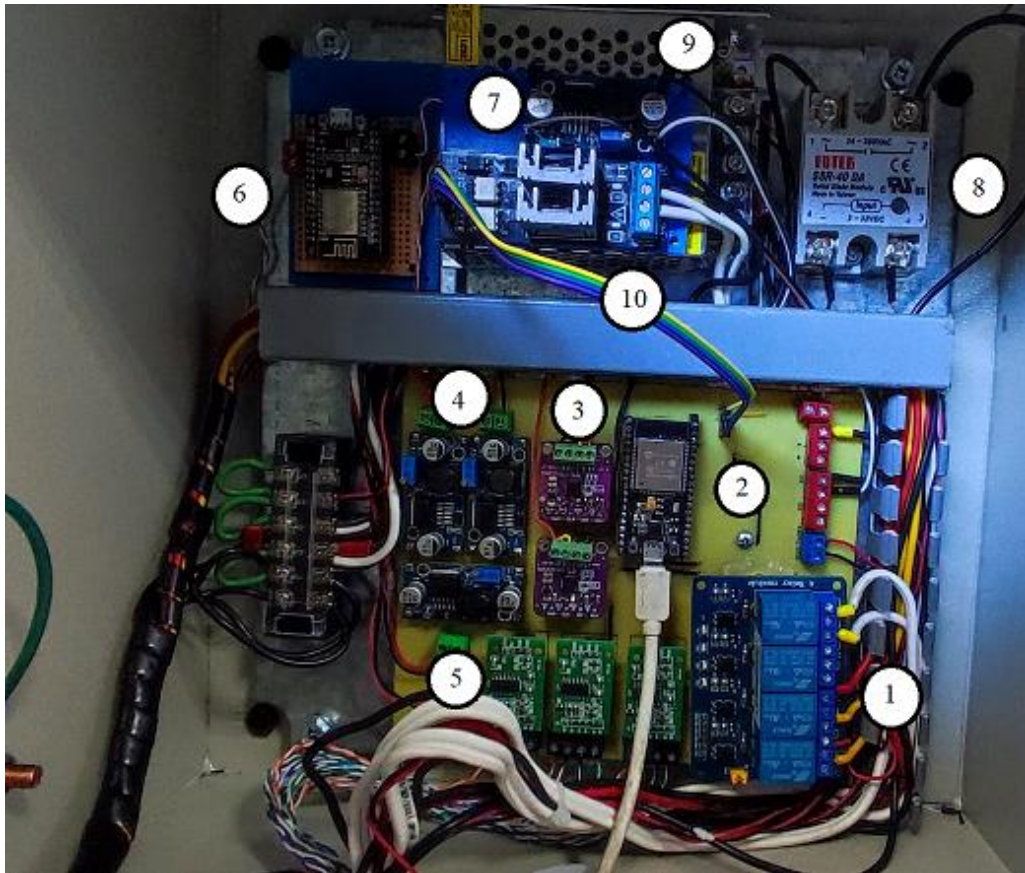
Figura 5. Apagado el proceso de secado.

2.4 Partes que componen al secador cilíndrico



11. Sensor de cargas
12. Tablero de control
13. Bastidor
14. Motor monofásico
15. Tubería de alta temperatura
16. Caldera
17. Blower
18. Sensor de flujo
19. Glp
20. Pt100

2.5 Partes de la placa del sistema de control cilíndrico del cacao.



11. Módulo Relé 4 canales
12. Módulo ESP32
13. Módulo Max31865
14. Módulo Step Down LM2596
15. Módulo Galgas HX711
16. Módulo ESP8266
17. Módulo Step Up XL6009
18. Relé Estado Solido
19. Fuente 12V 5A
20. Módulo Dimmer 2 Canales

MANUAL DE MANTENIMIENTO
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Ingeniería Electromecánica

1. Mantenimiento

- Cada seis meses
- Inspección del cableado
- Inspección del quemador para evitar una fuga de gas
- Inspección de los rodamientos del motor monofásico
- Revisión visual cada componente
- Refuerce las conexiones según se requiera.
- Limpie cualquier acumulación de polvo y suciedad para evitar fallas en el secador

Precaución

El mantenimiento y reparaciones deben realizarse por una persona calificada

2. Fuente de alimentación

El uso de la fuente de alimentación es de fundamental importancia para el sistema de control automatizado, para la selección de la fuente la cual tiene una referencia de corriente de 12 v, 5A esto permite la alimentación de los diferentes componentes como el ESP 32, ESP 8266, módulo Max31865, Modulo de galgas HX711, M.Step Up XL6009, M.Dimmer 2 canales , M. Relé 4 canales , Relé de estado sólido.

Mantenimiento preventivo

Mensual:

- Desconectar el cable de alimentación que entran al sistema.
- Realizar una limpieza interna en el secador cilíndrico
- Retirar los desperdicios del secado del cacao dentro del cilindro
- Mantenimiento correctivo

- En el caso que las fuentes de alimentación no realicen ningún cambio después de realizar el mantenimiento preventivo se debe cambiar las fuentes con las mismas características anteriormente mencionadas para que el sistema funcione correctamente.
- En la fuente de alimentación tener en cuenta y no hacer ningún cambio después de realizar el mantenimiento preventivo, para el respectivo cambio de la fuente se debe tener las mismas características mencionadas de la fuente para que tenga un correcto funcionamiento.

Precaución

Para el mantenimiento y reparación se debe realizar con una persona calificada

3. Controladores

El uso de los microcontroladores es la parte principal del sistema automatizado el cual permite la adquisición y recopilación de datos en donde están ubicados y seguros en tablero de control.

Mantenimiento mensual

- Limpieza de partículas internas en los microcontroladores
- Resetear los microcontroladores como el ESP 8266 para su correcto funcionamiento
- Revisar los cables de alimentación internas de todos los microcontroladores