Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Química e Ingeniería Química
Escuela Profesional de Ingeniería Química

Implementación de un tablero de control en MATLAB App Designer para el monitoreo de la temperatura y tiempo de pasteurización en el proceso de elaboración del néctar de membrillo

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniera Química

AUTOR

Maria del Carmen AQUISE GUTIERREZ

ASESOR

Jorge Luis CÁRDENAS RUÍZ

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Aquise, M. (2026). *Implementación de un tablero de control en MATLAB App Designer para el monitoreo de la temperatura y tiempo de pasteurización en el proceso de elaboración del néctar de membrillo*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química, Escuela Profesional de Ingeniería Química]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Maria del Carmen Aquise Gutierrez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	76509222
URL de ORCID	**No aplica**
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Jorge Luis Cárdenas Ruiz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06627695
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-9313-905X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Waldir Desiderio Estela Escalante
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09548299
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Fanny Blas Rodríguez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10683607
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.3.1. Automatización en adquisición de datos
Grupo de investigación	No aplica

Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	Lima, Perú
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Septiembre 2025 – Enero 2026
URL de disciplinas OCDE	**Ingeniería química** https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.04.01 **Ingeniería de procesos** https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.04.02

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA
Central Telefónica: 619-7000

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los suscritos miembros del Jurado Calificador nombrados por el señor Presidente del Comité Ejecutivo del "V Programa Ciclo Taller de Titulación Profesional por la Modalidad de Tesis y Trabajo de Suficiencia Profesional para la Facultad de Química e Ingeniería Química 2025-II", bajo la Presidencia del **Dr. Waldir Desiderio Estela Escalante;** la **Mg. Fanny Blas Rodríguez (Miembro)** y **Ing. Jorge Luis Cárdenas Ruíz (Asesor);** habiendo presentado para tal efecto la **TESIS,** titulada **"Implementación de un tablero de control en MATLAB App Designer para el monitoreo de la temperatura y tiempo de pasteurización en el proceso de elaboración del néctar de membrillo",** después de **SUSTENTADA Y APROBADA** la tesis elaborada por la bachiller en Ingeniería Química: **AQUISE GUTIERREZ, MARIA DEL CARMEN;** para optar el **TÍTULO PROFESIONAL** de **INGENIERA QUÍMICA,** acordaron calificarla con la **NOTA** de:

QUINCE 15

(LETRAS) (NÚMEROS)

Ciudad Universitaria, 10 de enero del 2026

Dr. WALDIR DESIDERIO ESTELA ESCALANTE
Presidente

Mg. FANNY BLAS RODRÍGUEZ
Miembro

Ing. JORGE LUIS CÁRDENAS RUÍZ
Asesor

Dr. EDER CLIDIO VICUÑA GALINDO
Director de la E.P. de Ingeniería Química

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS • ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA • Facultad de Química e Ingeniería Química

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **Jorge Luis Cárdenas Ruíz** en mi condición de asesor con el Dictamen N°000001-2026-EPIQ-FQIQ/UNMSM de la Tesis, cuyo título es**: Implementación de un tablero de control en MATLAB App Designer para el monitoreo de la temperatura y tiempo de pasteurización en el proceso de elaboración del néctar de membrillo,** presentado por la bachiller: **Maria del Carmen Aquise Gutierrez,** para optar el título Profesional de Ingeniera Química.

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 12 % de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título Profesional de Ingeniera Química.

Lima, 18 de enero del 2026

Firma del Asesor 

Nombres y Apellidos del asesor Jorge Luis Cárdenas Ruíz

DNI: 06627695

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es fruto de muchas horas de estudio, dudas y aprendizajes, pero sobre todo de la compañía y el aliento de quienes caminaron conmigo en este proceso. A mi familia, que con paciencia y cariño me sostuvo en los momentos de cansancio; a mis docentes y asesores, que con rigor y generosidad me guiaron; y a mis amigos, cuya presencia y afecto me recordaron que el conocimiento se enriquece también con la calidez de los vínculos humanos.

Como escribió Gabriel García Márquez: "La vida no es la que uno vivió, sino la que uno recuerda y cómo la recuerda para contarla." En estas páginas no solo se refleja un esfuerzo académico, sino también la memoria de un tiempo compartido con quienes me inspiraron a seguir adelante.

A todos ellos, mi gratitud sincera. Este logro es también suyo...

INDICE

Tabla de contenido

AGRADECIMIENTOS 2

INDICE 3

ÍNDICE DE TABLAS 8

ÍNDICE DE ANEXOS 9

ABREVIATURAS 1

RESUMEN 2

ABSTRACT 3

I. INTRODUCCIÓN 4

1.1. Introducción 4

1.2. Planteamiento del Problema 5

1.2.1. Determinación del problema 5

1.2.2. Formulación del problema 6

1.2.2.1. Problema General 6

1.2.2.2. Problemas Específicos 6

1.3. Objetivos 6

1.3.1. Objetivo General 6

1.3.2. Objetivos Específicos 6

1.4. Importancia y alcance de la investigación 7

1.5. Limitaciones de la investigación 8

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA 9

2.1. Marco Teórico 9

2.1.1. Tecnología de monitoreo y adquisición de datos 9

2.1.1.1. Monitoreo de procesos en alimentos 9
2.1.1.2. Importancia del control térmico 9
2.1.1.3. Sensores de temperatura: DS18B20 10
2.1.1.4. Adquisición de datos en tiempo real 11
2.1.1.5. Calibración y corrección de sensores 11
2.1.2. MATLAB App Designer como herramienta de monitoreo 12
2.1.2.1. Aspectos Generales del entorno 12
2.1.2.2. Diseño de Interfaces Gráficas 13
2.1.2.3. Adquisición serial desde Arduino 13
2.1.2.4. Visualización de datos y estadísticas 14
2.1.2.5. Exportación de reportes y análisis 15
2.1.3. Implementación y validación del tablero de control 15
2.1.3.1. Implementación del sistema: Estructura del tablero 15
2.1.3.2. Adquisición de Datos, visualización, Panel de calibración y corrección 16
2.1.3.3. Estadísticas en tiempo real, validación y generación de reportes 16
2.2. Antecedentes del Estudio 17
2.3. Bases Teóricas 18
2.3.1. Fundamentos del proceso de elaboración del néctar de membrillo 18
2.3.1.1. Materia Prima: Membrillo (Cydonia oblonga) 18
2.3.1.1.1. Características Botánicas 18
2.3.1.1.2. Producción nacional y estacionalidad 20
2.3.1.1.3. Composición Química 23
2.3.1.2. Néctar de Membrillo 25
2.3.1.2.1. Aspectos Generales 25

2.3.1.2.2. Consideraciones durante el proceso de elaboración artesanal e industrial 25
2.3.1.2.3. Parámetros críticos e influencia en la calidad del producto 26
2.3.1.2.4. Tiempo ideal de pasteurización y su impacto 27
2.3.1.3. Medidas Fisicoquímicas en néctar de membrillo 27
2.3.1.3.1. Propiedades organolépticas 27
2.3.1.3.2. °Brix (Sólidos Solubles) y contenido mínimo de jugo en néctar 28
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES 29
3.1. Hipótesis 29
3.1.1. Hipótesis General: 29
3.1.2. Hipótesis Específicas 29
3.2. Variables y Operacionalización de las variables 30
IV. MATERIALES Y METODO 31
4.1. Área de estudio (Citar coordenadas) 31
4.2. Diseño de Investigación 31
4.3. Población y muestra 32
4.4. Procedimientos, Técnicas e Instrumentos de recolección de información 33
4.4.1. Procedimiento de Validación del tablero de Control 33
4.4.1.1. Preparación del equipo y conexiones 33
4.4.1.2. Diseño e implementación del tablero digital 33
4.4.1.3. Validación del sistema en planta 33
4.4.2. Materiales 34
4.4.2.1. Insumos 34
4.4.2.2. Materiales de Laboratorio 34
4.4.2.3. Equipos 34

4.4.2.4. Componentes, Dispositivos Electrónicos y Software 34
4.4.3. Procedimiento de la preparación del néctar 35
4.4.3.1. Gestión de la materia prima 35
4.4.3.2. Consideraciones previas al inicio del proceso 35
4.4.3.3. Calentamiento de la materia prima en la Marmita 36
4.4.3.4. Despulpado del membrillo 37
4.4.3.5. Finisher - Microfiltración del membrillo 38
4.4.3.6. Homogeneización y Pasteurización 39
4.4.3.7. Envasado 40
4.5. Análisis Estadístico 41
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 44
VI. CONCLUSIONES 48
VII. RECOMENDACIONES 50
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 51
IX. ANEXOS 58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. *Efectos del tratamiento térmico en compuestos bioactivos presentes en frutas y hortalizas... 10*

Figura 2. *Sensores DS18B20..... 11*

Figura 3. *Estructura Jerárquica de Normas de Medición..... 12*

Figura 4*. Morfología del membrillo 19*

Figura 5*. Selección de la materia prima 35*

Figura 6*. Calentamiento en Marmita..... 36*

Figura 7*. Despulpado de membrillo 37*

Figura 8*. Producto Intermedio..... 38*

Figura 9*. Vista Superior del equipo Finisher durante el proceso 38*

Figura 10*. Vista Interna del equipo Finisher durante el proceso 38*

Figura 11*. Sistema de Medición..... 39*

Figura 12*. Envasado Final 41*

Figura 13*. Diagrama general de Proceso de Elaboración de Néctar de Membrillo 43*

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Características Taxonómicas del Membrillo* *19*

Tabla 2. *Producción Agrícola del Membrillo (2020 – 2024) (Toneladas Métricas)* *20*

Tabla 3. *Producción Agrícola del Membrillo Mensual (2022) (Toneladas)* *22*

Tabla 4. *Composición Nutricional del Membrillo* *23*

Tabla 5. *Requisitos normativos de ingredientes en néctares de fruta* *25*

Tabla 6. *Etapas del Proceso de Elaboración de Néctar de Fruta* *26*

Tabla 7. *Variables y Operacionalización de las variables* *30*

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. *Código en Arduino UNO..... 57*

Anexo 2. *Código en MATLAB – Validación en Campo..... 58*

Anexo 3*. Primera Corrida – Data Cruda..... 77*

Anexo 4*. Segunda Corrida – Data Cruda..... 78*

Anexo 5. *Resultado en tablero - Primera Corrida..... 79*

Anexo 6. *Análisis Estadístico – Primera Corrida..... 80*

Anexo 7. *Resultado en tablero - Segunda Corrida..... 82*

Anexo 8. *Análisis Estadístico – Segunda Corrida..... 83*

ABREVIATURAS

- **Arduino.** Plataforma electrónica de bajo costo y fácil uso que permite crear y controlar proyectos mediante una placa programable y un software sencillo, utilizada para automatizar tareas, sensores y pequeños dispositivos.
- **Serial Buffer.** Es una memoria temporal donde se almacenan datos de manera provisional antes de ser procesados o leídos por el sistema
- **Sensores DS18B20.** Sensores digitales de temperatura que permiten medir el calor o frío con alta precisión, usando un solo cable para comunicarse con dispositivos como Arduino o Raspberry Pi. Son resistentes y fáciles de instalar.
- **Leyes de Gestalt.** Principios psicológicos que explican cómo percibimos y organizamos la información visual.
- **Protocolo 1-Wire.** Método de comunicación digital que permite conectar y transmitir datos usando un solo cable (más tierra), facilitando la conexión de varios sensores o dispositivos de forma sencilla y con poco cableado.
- **Modelo-Vista-Controlador (MVC).** Estructura de diseño de software que divide una aplicación en tres partes:

  Modelo: maneja los datos.

  Vista: muestra la información al usuario.

  Controlador: conecta la vista con el modelo y gestiona las acciones del usuario.
- **ANOVA.** El Análisis de Varianza (ANOVA**)** es una técnica estadística que permite comparar varios grupos para determinar si existe una diferencia significativa entre sus promedios.
- **Tukey.** La prueba de Tukey es una prueba estadística que se usa después de un ANOVA para identificar exactamente entre qué grupos existen diferencias significativas en sus promedios.
- **Método de Smith.** Técnica utilizada en evaluación sensorial que permite comparar la preferencia entre dos productos, pidiendo a los participantes elegir cuál de ellos prefieren.
- **Pasteurización.** Proceso en el que un alimento o bebida se calienta a una temperatura controlada y luego se enfría rápidamente para eliminar microorganismos que pueden causar enfermedades, sin alterar demasiado su sabor o calidad.
- **Grados Brix.** Mide el contenido total de sacarosa en un líquido.
- **pH.** Medida que indica qué tan ácida o básica es una sustancia.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo diseñar e implementar un tablero de control en MATLAB App Designer, integrado con sensores y Arduino, para el monitoreo en tiempo real de la temperatura y el tiempo de pasteurización durante la elaboración de néctar de membrillo. Se abordó la problemática de la variabilidad y falta de precisión asociada al control manual de estos parámetros, proponiendo una solución digital que optimiza el proceso térmico, mejora la calidad fisicoquímica y sensorial del producto, y fortalece la trazabilidad dentro de la planta de producción.

El tablero desarrollado permite registrar, procesar y visualizar variables críticas mediante una interfaz intuitiva, así como comparar lecturas digitales con instrumentos tradicionales tras un proceso de calibración. Además, incorpora módulos de análisis estadístico y funciones de exportación de datos que facilitan la documentación del proceso y la toma de decisiones. Su validación en condiciones reales de operación evidenció mejoras en la estabilidad del proceso, la reducción de errores humanos y una mayor consistencia en los parámetros de pasteurización.

En conjunto, este enfoque contribuye a la digitalización y modernización de la industria agroindustrial frutícola, promoviendo prácticas de control más eficientes y confiables. Asimismo, posiciona al membrillo como una materia prima de alto valor agregado dentro del mercado peruano, al demostrar que la integración de tecnologías de monitoreo en tiempo real puede potenciar la calidad y competitividad de sus derivados.

ABSTRACT

This research aimed to design and implement a control dashboard in MATLAB App Designer, integrated with sensors and an Arduino microcontroller, for real-time monitoring of temperature and pasteurization time during the production of quince nectar. The study addressed the variability and lack of precision associated with manual control of these parameters, proposing a digital solution that optimizes thermal processing, enhances the physicochemical and sensory quality of the product, and strengthens traceability within the production line.

The developed dashboard enables the recording, processing, and visualization of critical variables through an intuitive interface, as well as the comparison of digital readings with traditional instruments following a calibration procedure. Additionally, it incorporates statistical analysis modules and data export functions that facilitate process documentation and support decision-making. Validation under real operating conditions demonstrated improvements in process stability, reduction of human error, and greater consistency in pasteurization parameters.

Overall, this approach contributes to the digitalization and modernization of the fruit-processing agroindustry, promoting more efficient and reliable control practices. Furthermore, it positions quince as a high–value-added raw material in the Peruvian market by demonstrating that real-time monitoring technologies can enhance the quality and competitiveness of its derived products.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

El sector agroindustrial frutícola constituye un sector estratégico para el desarrollo económico y nutricional, transformando materia prima en productos de mayor valor agregado y aceptación en el mercado (SIEA, 2023). En este contexto, los néctares elaborados a partir de frutas constituyen una opción de interés debido a su valor nutricional y su creciente demanda en un mercado que busca opciones más saludables y funcionales. El membrillo (Cydonia oblonga Mill.), aunque limitado en su consumo fresco por la dureza y astringencia de su pulpa, se ha consolidado como una materia prima idónea para la industria agroindustrial, especialmente en regiones productoras del Perú (Romero et al., 2024).

La elaboración de néctar de membrillo implica procesos de pasteurización en los que la temperatura y el tiempo constituyen parámetros críticos para garantizar la calidad fisicoquímica y sensorial del producto (Polak et al., 2024). Sin embargo, en muchas plantas de producción, el monitoreo de estas variables se realiza de manera manual, lo que puede derivar en imprecisiones, en la pérdida de nutrientes y variación en la aceptación del producto elaborado. Esta situación evidencia la necesidad de sistemas de control más precisos y accesibles que permitan optimizar el proceso de pasteurización y asegurar la trazabilidad de la producción (Tinoco Villa, 2023).

El desarrollo de herramientas digitales integradas con sensores ofrece una solución innovadora para el monitoreo en tiempo real de procesos agroindustriales. En este contexto, MATLAB App Designer y Arduino constituyen plataformas versátiles que permiten diseñar tableros de control interactivos, capaces de registrar y visualizar variables críticas de manera clara y confiable (Campos Roldan y Enríquez Flores, 2024). La incorporación de estas tecnologías en la industria no solo mejora la eficiencia y la calidad del proceso, sino que también fortalece la competitividad mediante la digitalización y automatización de las operaciones.

La presente investigación tiene como objetivo general diseñar e implementar un tablero de control en MATLAB App Designer, integrado con sensores y Arduino, que permita el monitoreo en tiempo real de la temperatura y el tiempo de pasteurización durante la elaboración del néctar de membrillo, optimizando el control del proceso. De manera

específica, se busca desarrollar un tablero que registre y visualice las variables críticas de pasteurización, comparar los valores obtenidos por los sensores digitales con los instrumentos manuales tradicionales mediante una previa calibración, e implementar y validar la herramienta en planta, evaluando su funcionalidad, usabilidad y aporte a la trazabilidad del proceso productivo, para posteriormente aplicar mejoras con el objetivo de aumentar la eficiencia de este.

1.2. Planteamiento del Problema

1.2.1. Determinación del problema

El sector agroindustrial frutícola en el Perú enfrenta el desafío de transformar materias primas en productos de mayor valor agregado, garantizando calidad, inocuidad y aceptación en el mercado. En este escenario, el néctar de membrillo constituye una alternativa relevante, pues aprovecha una fruta con limitada aceptación en estado fresco debido a su pulpa dura y astringente, pero con alto potencial de industrialización (Codex Alimentarius, 2022; INACAL, 2022). Sin embargo, la elaboración de néctares requiere un control riguroso de parámetros críticos como la temperatura y el tiempo de pasteurización, que influyen directamente en la conservación de nutrientes, la estabilidad fisicoquímica y las características organolépticas del producto (Polak et al., 2024).

En muchas plantas de producción, el monitoreo de estas variables aún se realiza de manera manual, utilizando instrumentos convencionales como termómetros y cronómetros. Este método, aunque funcional, presenta limitaciones en cuanto a precisión, trazabilidad y capacidad de registro continuo. La falta de un sistema automatizado de control genera riesgos de variabilidad en la calidad del néctar, pérdida de compuestos bioactivos y dificultades para cumplir con estándares de producción exigidos por normativas nacionales e internacionales (Codex Alimentarius, 2022; INACAL, 2022).

En consecuencia, surge la necesidad de diseñar e implementar un sistema de monitoreo que integre sensores y plataformas digitales, capaz de registrar y controlar en tiempo real la temperatura y el tiempo de pasteurización durante la elaboración del néctar de membrillo. La falta de este tipo de herramientas constituye el problema central de la

investigación, ya que impide optimizar el proceso productivo, asegurar la trazabilidad y garantizar la calidad sensorial y nutricional del producto final.

1.2.2. Formulación del problema

1.2.2.1. Problema General

La planta de producción de néctar de membrillo carece de un sistema digital confiable que permita el monitoreo en tiempo real de las variables críticas de pasteurización (temperatura y tiempo), lo que limita la optimización, trazabilidad y control del proceso, afectando la calidad y eficiencia en la elaboración del producto.

1.2.2.2. Problemas Específicos

La ausencia de un tablero de control digital impide registrar y visualizar de manera clara y accesible las variables críticas de pasteurización en tiempo real.

No existe una validación comparativa entre los valores obtenidos por sensores digitales y los instrumentos manuales tradicionales, lo que genera dudas sobre la precisión y confiabilidad de los datos.

La falta de implementación y validación de un tablero digital en la planta limita la evaluación de su funcionalidad, usabilidad y aporte en la trazabilidad del proceso de pasteurización.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar e implementar un tablero de control en MATLAB App Designer, integrado con sensores y Arduino, que permita el monitoreo en tiempo real de la temperatura y el tiempo de pasteurización durante el proceso de elaboración del néctar de membrillo, optimizando el control del proceso.

1.3.2. Objetivos Específicos

Desarrollar un tablero de control que registre y visualice en tiempo real las variables

críticas de pasteurización (temperatura y tiempo), del proceso de elaboración de néctar de membrillo, de forma clara y accesible

Comparar los valores adquiridos por el(los) sensor(es) integrado(s) en el tablero digital con respecto a los obtenidos habitualmente mediante instrumentos manuales de control en planta, a fin de evaluar su validez.

Implementar y validar el tablero de control en la planta de producción de néctar de membrillo, evaluando la funcionalidad, usabilidad y su aporte en la trazabilidad del proceso de pasteurización durante la elaboración del néctar de membrillo

1.4. Importancia y alcance de la investigación

La integración del Software MATLAB App Designer conectado a sensores DS18B20 mediante Arduino, para el monitoreo de procesos alimentarios en tiempo real, calibración, exportación de datos y análisis estadístico, ofrece un prototipo ampliamente replicable en estudios futuros de control de procesos y la posibilidad de adaptar el modelo en otras etapas de la agroindustria. Este enfoque fortalece la relación entre teoría y práctica, aportando un recurso académico y tecnológico de gran valor.

En el ámbito industrial, mediante el registro automático de variables críticas como el tiempo y la temperatura, el sistema contribuye en la mejora de la eficiencia y confiabilidad en la producción del néctar de membrillo. A nivel social y económico, la competitividad en el mercado de pequeñas y medianas empresas se ve favorecida al brindar soluciones tecnológicas accesibles y de bajo costo. Como alcance tecnológico, el estudio se centra en la etapa de pasteurización del néctar de membrillo y en el uso de dos sensores DS18B20 como base experimental, disminuyendo la intervención manual en la recolección de datos y fortaleciendo la trazabilidad del proceso. Este prototipo constituye un punto de partida para la incorporación de tecnologías similares en otros procesos agroindustriales, contribuyendo a la mejora de la calidad y estandarización de los productos.

1.5. Limitaciones de la investigación

El estudio se limita al diseño e implementación de un tablero digital de control desarrollado en el Software MATLAB App Designer, conectado a sensores DS18B20 mediante Arduino, aplicado únicamente a la etapa de pasteurización del néctar de membrillo. Otras fases del proceso productivo como envasado, almacenamiento y distribución no son abarcadas, lo que restringe el alcance del sistema a un segmento específico de la cadena de producción.

Asimismo, el sistema se desarrolla tomando como base el uso de 2 sensores de temperatura, lo que condiciona la escala del sistema y la cantidad de datos disponibles para el análisis. No se implementó un grupo control basado en mediciones manuales continuas de temperatura y tiempo durante la pasteurización. En su lugar, se optó por un procedimiento de calibración previa de los sensores frente a termómetros digitales, lo que permitió ajustar las lecturas del sistema y disminuir la incertidumbre asociada a las mediciones. La validación ocurre bajo condiciones controladas de planta, por lo que los resultados pueden variar en escenarios industriales más complejos. Además, no se incluye la incorporación de sensores adicionales ni la automatización integral de la línea de producción, aunque se prevé que el modelo pueda ampliarse en trabajos futuros.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Tecnología de monitoreo y adquisición de datos

2.1.1.1. Monitoreo de procesos en alimentos

El monitoreo de procesos en la industria alimentaria es fundamental para garantizar la calidad, inocuidad y trazabilidad de los productos. La incorporación de sistemas de control permite registrar variables críticas como temperatura, pH, humedad y tiempo, asegurando que los alimentos cumplan con estándares internacionales. Según Foods (Peres et al., 2025), la digitalización del monitoreo ha mejorado la precisión y reducidos errores humanos, facilitando además la generación de registros históricos que respaldan la certificación y auditoría de la producción. Esta tendencia se alinea con los avances descritos por Damián-Moran et al. (2025), quienes señalan que la adopción de tecnologías de la Industria 4.0, como inteligencia artificial, aprendizaje automático y sistemas de trazabilidad avanzados, optimiza la eficiencia y capacidad de respuesta del sector alimentario. Además, Polo (2023) destaca que la digitalización de los controles de calidad y seguridad alimentaria, mediante herramientas como sensores IoT, robotización y plataformas de gestión digital, mejora la productividad y fortalece la trazabilidad en tiempo real, contribuyendo a procesos más seguros y estandarizados.

2.1.1.2.Importancia del control térmico

El control térmico es un punto clave en la elaboración de alimentos procesados, debido a que influye directamente en la conservación de nutrientes, la estabilidad fisicoquímica y las características organolépticas. En procesos como la pasteurización de néctares, la temperatura y el tiempo de exposición determinan la inactivación de microorganismos y enzimas, sin generar un impacto considerable en el valor nutricional de la materia prima. Estudios recientes destacan que un control deficiente puede ocasionar pérdidas de compuestos bioactivos y afectar la aceptación sensorial del producto (Mustafa et al., 2024).

Además, el control adecuado de la temperatura durante el procesamiento térmico es esencial para evitar la degradación de compuestos bioactivos sensibles, como

polifenoles, carotenoides y diversas vitaminas, cuya estabilidad influye directamente en la capacidad antioxidante y el valor funcional del producto final. Diversos estudios han demostrado que, si no se cuenta con una correcta regulación del calentamiento, pueden generarse alteraciones en las características sensoriales del producto, jugos y néctares, afectando su color, aroma y textura debido a transformaciones en los compuestos volátiles y a una inactivación enzimática incompleta. Zia et al. (2024) destacan que, tanto los métodos térmicos tradicionales como las tecnologías emergentes, modifican de manera perceptible la calidad sensorial de las bebidas frutales. Asimismo, revisiones recientes sobre el efecto del calentamiento en frutas y hortalizas indican que procesos como el escaldado, el hervido o el uso de microondas aceleran la pérdida de polifenoles y carotenoides, comprometiendo su estabilidad y biodisponibilidad (Narra et al., 2024).

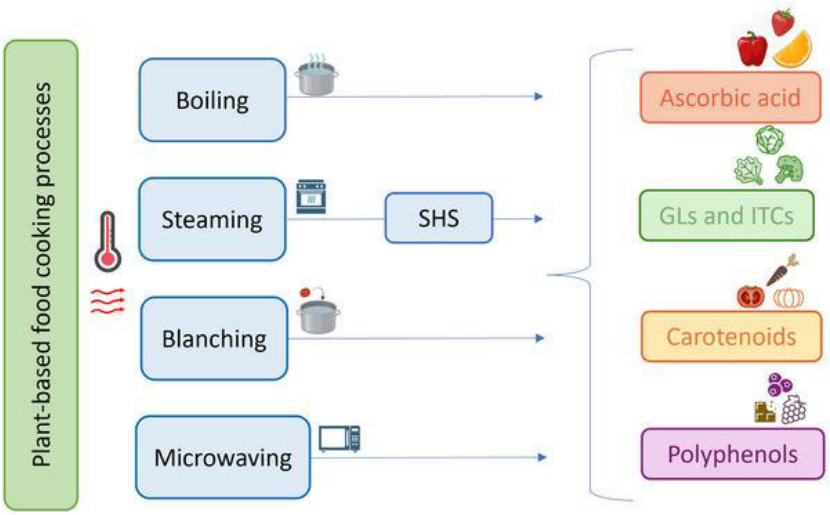


Figura 1. Efectos del tratamiento térmico en compuestos bioactivos presentes en frutas y hortalizas.
Fuente: Narra et al. (2024)

De forma complementaria, Jia et al. (2025) destacan que la combinación de factores como la temperatura y el tiempo durante el procesamiento determina la retención o pérdida de compuestos fitoquímicos, reforzando la necesidad de contar con sistemas de control térmico precisos para equilibrar inocuidad y calidad nutricional.

2.1.1.3.Sensores de temperatura: DS18B20

El sensor DS18B20 es ampliamente utilizado en aplicaciones de monitoreo alimentario por su precisión, bajo costo y facilidad de integración con plataformas como Arduino. Funciona mediante el protocolo 1-Wire, lo que permite conectar

múltiples sensores en una misma línea de datos. Su rango de operación oscila entre –55 °C y +125 °C, con una precisión de ±0.5 °C en el intervalo de –10 °C a +85 °C. Investigaciones recientes señalan que el DS18B20 es adecuado para procesos de pasteurización y pasteurización, ya que entrega lecturas digitales directamente y facilita la adquisición de datos en tiempo real (Elyounsi et al., 2021; Bensattalah et al., 2019).



Figura 2. Sensores DS18B20.
Fuente: Elaboración Propia

2.1.1.4.Adquisición de datos en tiempo real

La adquisición de datos en tiempo real consiste en el registro inmediato de variables críticas mediante sensores conectados a sistemas digitales. En la industria alimentaria, esta práctica permite detectar desviaciones en parámetros como temperatura y tiempo de pasteurización, posibilitando acciones correctivas inmediatas, debido a que facilitan la supervisión remota de procesos térmicos, la detección temprana de fallas y la automatización de respuestas correctiva. Estudios recientes demuestran que el uso de plataformas digitales para la adquisición de datos mejora la eficiencia del proceso, fortalece la trazabilidad y aumenta la confianza del consumidor en la calidad del producto (Da Costa et al., 2024; Kwon et al., 2023).

De manera complementaria, estudios recientes en sistemas inteligentes de monitoreo demuestran que el análisis en tiempo real a lo largo de la cadena de suministro incrementa la precisión en la evaluación de la calidad y fortalece la seguridad alimentaria mediante alertas tempranas y registros verificables (Krishnan et al., 2024).

2.1.1.5. Calibración y corrección de sensores

La calibración de sensores es esencial para garantizar la exactitud de las mediciones en procesos alimentarios. Consiste en comparar las lecturas del sensor con valores de

referencia obtenidos mediante instrumentos certificados, ajustando las desviaciones detectadas. Actualmente existen estructuras y niveles de calibración consecutivas que garantizan las mediciones, especialmente las de grado superior que brindan mayor calidad y aportan precisión en el proceso.

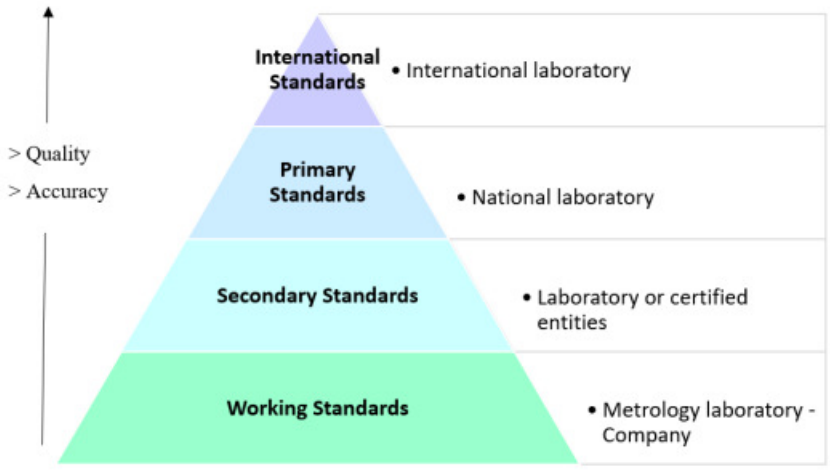


Figura 3. Estructura Jerárquica de Normas de Medición.
Fuente: Batista et al. (2020)

En el caso del DS18B20, la calibración puede realizarse mediante la aplicación de correcciones en el software de adquisición de datos. Un estudio publicado enfatiza que la calibración periódica asegura la confiabilidad del sistema de monitoreo y evita errores que podrían comprometer la calidad y seguridad del producto (Batista et al., 2020).

2.1.2. MATLAB App Designer como herramienta de monitoreo

2.1.2.1.Aspectos Generales del entorno

MATLAB es un entorno de programación y cálculo numérico ampliamente utilizado en ingeniería y ciencias aplicadas. Su versatilidad nace de su capacidad para integrar análisis matemático, simulación, adquisición de datos y visualización en una sola plataforma. Según Tsai (2024), MATLAB se ha posicionado como una herramienta clave dentro del campo de la investigación y desarrollo, gracias a su amplia biblioteca de funciones y su compatibilidad con hardware externo. Su diseño integrado permite combinar componentes visuales, programación orientada a objetos y herramientas de depuración en un mismo espacio de trabajo, lo que facilita la creación de aplicaciones profesionales sin necesidad de conocimientos avanzados en desarrollo de software

En el contexto agroindustrial, este entorno permite diseñar aplicaciones personalizadas para el monitoreo y control de procesos, facilitando la interacción entre sensores, microcontroladores y sistemas de visualización. App Designer permite integrar controles, gráficos 2D y 3D, indicadores y elementos de instrumentación, además de ofrecer compatibilidad con flujos de trabajo en tiempo real mediante Simulink Real-Time, lo que lo convierte en una herramienta idónea para aplicaciones de supervisión industrial y académica. Estas características refuerzan su utilidad en el ámbito agroindustrial, donde la visualización clara y la respuesta inmediata son esenciales para garantizar la eficiencia operativa (MathWorks. (n.d.).

2.1.2.2. Diseño de Interfaces Gráficas

El diseño de interfaces gráficas en MATLAB App Designer se ha fortalecido con las mejoras introducidas en las versiones recientes de MATLAB, que incorporan nuevas herramientas de visualización, mayor flexibilidad en la configuración de componentes y una integración más fluida con Simulink para el control y monitoreo de sistemas en tiempo real. Se destaca el uso del patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC) como estrategia para separar la lógica de programación, la visualización y la interacción del usuario. Este enfoque permite crear interfaces más intuitivas, dinámicas y adaptadas a las necesidades del usuario final, lo que resulta especialmente útil en aplicaciones industriales donde la claridad visual y la rapidez de interpretación son esenciales. En el caso del monitoreo de procesos alimentarios, las interfaces gráficas ofrecen una visualización clara de variables críticas como temperatura y tiempo, además de botones y paneles interactivos que facilitan la toma de decisiones en planta (MathWorks, n.d.). Estas capacidades consolidan a App Designer como una herramienta versátil para el diseño de interfaces orientadas al monitoreo de procesos en entornos agroindustriales.

2.1.2.3. Adquisición serial desde Arduino

La integración de MATLAB con Arduino posibilita la adquisición de datos en tiempo real mediante comunicación serial. MathWorks (n.d.) explica que la función *read* permite importar flujos de datos directamente desde el microcontrolador hacia MATLAB, lo que facilita el registro continuo de variables como temperatura. Esta característica es esencial en procesos industriales, donde la precisión y la trazabilidad

dependen de la captura inmediata de la información. La comunicación serial asegura que los datos obtenidos por sensores como el DS18B20 puedan ser procesados y visualizados en MATLAB sin necesidad de conversión manual.

Además, la comunicación serial entre Arduino y MATLAB ofrece ventajas significativas en términos de estabilidad, velocidad y manejo estructurado de datos. Las versiones recientes de MATLAB han optimizado el uso del objeto *serialport*, el cual permite configurar terminadores, gestionar buffers y ejecutar funciones de *callback* para procesar datos entrantes de manera automática, incluso cuando se trabaja con flujos continuos de información (MathWorks, 2024). De manera complementaria, guías técnicas como las de Instructables (2024) destacan que la correcta sincronización del baud rate (velocidad de transmisión de datos), el manejo del serial buffer y la estructura del mensaje enviado desde Arduino son factores clave para garantizar una comunicación confiable, especialmente en aplicaciones donde se requiere registrar datos en tiempo real para su posterior análisis o visualización.

2.1.2.4. Visualización de datos y estadísticas

La visualización de datos es una herramienta fundamental que permite interpretar y comunicar resultados de manera efectiva. Franconeri et al. (2021) señalan que la representación gráfica de la información mejora la comprensión y la toma de decisiones aprovechando el potencial de procesamiento del sistema visual humano, especialmente en contextos donde los datos son complejos o voluminosos.

Bačić (2024) demuestra, mediante técnicas de *eye-tracking*, que las leyes de la Gestalt mejoran la velocidad y precisión con la que los usuarios procesan información visual, reforzando la importancia de un diseño gráfico estructurado y perceptualmente coherente. En el contexto del monitoreo térmico y la supervisión de procesos agroindustriales, este principio permite desarrollar paneles visuales que no solo muestran datos, sino que guían intuitivamente al operador hacia patrones relevantes, desviaciones y puntos de control. En el monitoreo de procesos alimentarios, gráficos dinámicos permiten identificar tendencias, detectar anomalías y evaluar la estabilidad del proceso de pasteurización en tiempo real.

2.1.2.5. Exportación de reportes y análisis

La generación de reportes en MATLAB se realiza mediante la herramienta Report Generator, que permite exportar resultados en formatos como PDF, Word o HTML. MathWorks (n.d.) enfatiza que esta funcionalidad facilita la documentación automática de experimentos y procesos, integrando tablas, gráficos y análisis estadísticos en un solo documento. Además, la herramienta permite utilizar plantillas prediseñadas o crear diseños propios mediante la API Report y el modelo de objetos DOM, lo que facilita la adaptación del informe a estándares institucionales o normativos. Asimismo, los usuarios pueden controlar aspectos como el formato de salida, la ubicación del archivo y la estructura del contenido, tanto de manera interactiva como automática. Esta flexibilidad es especialmente útil cuando se requiere generar reportes periódicos o basados en eventos, ya que el sistema puede ejecutarse sin intervención manual y producir documentos consistentes en formato PDF, Word o HTML. Dentro de la industria, la exportación de reportes asegura la trazabilidad del proceso productivo a realizar, respalda auditorías de calidad y contribuye a la estandarización de procedimientos. Además, garantiza consistencia en la presentación de resultados.

2.1.3. Implementación y validación del tablero de control

2.1.3.1.Implementación del sistema: Estructura del tablero

La implementación y validación de un tablero de control digital resulta necesario si se busca la modernización de los sistemas de monitoreo industrial. Este tipo de herramientas permiten integrar la adquisición de datos, la visualización en tiempo real, la calibración de sensores y la generación de reportes, asegurando precisión, trazabilidad y eficiencia en la gestión de procesos productivos. El diseño estructural de un tablero de control debe responder a principios de claridad, jerarquía visual y usabilidad, garantizando que el usuario pueda interpretar la información de manera rápida y precisa.

Bach et al. (2022) señalan que la organización modular y la aplicación de patrones de diseño en dashboards permiten estructurar los elementos gráficos de forma coherente, facilitando la toma de decisiones en entornos operativos. Asimismo,

Akano et al. (2024) destacan que los tableros orientados al monitoreo industrial deben integrar indicadores clave de desempeño (KPIs), paneles interactivos y visualizaciones dinámicas que permitan al usuario identificar rápidamente desviaciones en el proceso, reforzando su utilidad en sistemas de supervisión en tiempo real.

2.1.3.2. Adquisición de Datos, visualización, Panel de calibración y corrección

La lógica en la adquisición de datos se basa en la conexión de sensores con sistemas digitales capaces de registrar y procesar información en tiempo real. En este sentido, la integración de protocolos de comunicación confiables resulta esenciales para asegurar la continuidad del flujo de datos y evitar pérdidas durante la transmisión. Además, literatura reciente destaca que la eficiencia de un sistema de adquisición de datos en tiempo real depende no solo del hardware y los sensores utilizados, sino también de la arquitectura de comunicación que soporta el flujo continuo de información. En esta línea, Khattach et al. (2025) señalan que los sistemas de monitoreo requieren arquitecturas de comunicación robustas y de alta capacidad para asegurar el ingreso estable de datos y evitar interrupciones en el procesamiento en tiempo real.

Por otro lado, la calibración de sensores es indispensable para garantizar la exactitud de las mediciones; estudios recientes demuestran que los sistemas digitales de monitoreo requieren mecanismos de calibración continua para ajustar desviaciones en tiempo real y mejorar la confiabilidad del proceso (Narayana & Reddy, 2024). Asimismo, investigaciones en el ámbito de sensores aplicados resaltan que la corrección periódica es esencial para asegurar la validez de los datos y evitar errores que puedan comprometer la calidad del producto (Ahn et al., 2024).

2.1.3.3. Estadísticas en tiempo real, validación y generación de reportes

La incorporación de estadísticas en tiempo real en los tableros de control permite analizar tendencias, identificar anomalías y mejorar la capacidad de respuesta en procesos críticos. Literatura sobre monitoreo industrial señala que los sistemas de visualización en tiempo real permiten detectar desviaciones estructurales, variaciones ambientales y fallas operativas con mayor rapidez, fortaleciendo la trazabilidad y el control del proceso productivo (Yang et al., 2025).

La validación de un tablero de control requiere la aplicación de métodos estadísticos que aseguren la confiabilidad del sistema y la precisión de los datos visualizados. En el ámbito del monitoreo en tiempo real, se ha demostrado que la validación mediante pruebas estadísticas permite identificar errores sistemáticos, evaluar la estabilidad del flujo de datos y garantizar la reproducibilidad de los resultados, especialmente en sistemas críticos como los de mantenimiento predictivo o supervisión estructural (Yang et al., 2025). Finalmente, la exportación de datos constituye una fase esencial para la trazabilidad del proceso, ya que permite documentar resultados de manera estandarizada.

2.2. Antecedentes del Estudio

Mosqueira Hernández (2021) investigó cómo las variaciones en el pH y en la proporción entre quinua y aguaymanto afectan la aceptabilidad sensorial de un néctar desarrollado a partir de ingredientes andinos. En su trabajo utilizó un diseño experimental, evaluadas mediante un panel sensorial entrenado y análisis estadístico con pruebas ANOVA y Tukey, identificando valores óptimos de pH logrando una mayor aceptación. Además, controló de forma precisa variables como la temperatura y el tiempo de pasteurización mediante herramientas digitales.

Tinoco Villa (2023) desarrolló un sistema de control y alimentación orientado a la automatización de procesos térmicos en la industria alimentaria, evidenciando la importancia del monitoreo constante de la temperatura para asegurar la eficiencia del secado. Además, planteó una metodología de validación experimental permitiendo sustentar de manera técnica el diseño de modelos aplicados al control de procesos.

Campos Roldan y Enríquez Flores (2024) desarrollaron un simulador aplicando el método de Smith e integrado con App Designer y Simulink, cuyo objetivo principal fue la simulación y la visualización dinámica de procesos. El trabajo demostró la viabilidad de utilizar MATLAB App Designer como entorno de integración para el manejo de datos y la construcción de interfaces interactivas, lo que constituye un aporte relevante como antecedente para el presente estudio, dado que valida el uso de este software en la implementación de tableros de control con aplicaciones prácticas en ingeniería.

Vallan (2022) diseñó una interfaz en MATLAB App Designer que recibe datos en tiempo real desde una placa Arduino Due vía comunicación serial, para posteriormente graficarlos dinámicamente en UIAxes usando funciones como animatedline. El estudio incluyó un protocolo de calibración del sensor con equipos médicos de referencia, análisis estadístico de errores (RMSE y correlación) y robustez ante pérdida de datos o ruido.

Chalchisaa, Zegeye, Dereje y Tolesa (2022), evaluaron el efecto del contenido de azúcar, la adición de pectina y la temperatura de procesamiento sobre las propiedades de la mermelada de piña. Los resultados mostraron que estas variables inciden directamente en la textura, la estabilidad y la calidad sensorial del producto, demostrando la importancia del control riguroso de los parámetros de proceso para garantizar la aceptabilidad del consumidor y la vida útil del alimento.

Corso (2022) diseñó y probó experimentalmente un sistema de oxímetro de pulso para la adquisición de parámetros vitales, implementando una interfaz gráfica en MATLAB App Designer conectada con Arduino mediante comunicación serial. El sistema permitió la graficación en tiempo real de los datos utilizando funciones dinámicas como animatedline y se complementó con protocolos de calibración y validación estadística basados en métricas como el RMSE y coeficientes de correlación.

2.3. Bases Teóricas

2.3.1. Fundamentos del proceso de elaboración del néctar de membrillo

2.3.1.1. Materia Prima: Membrillo (Cydonia oblonga)

2.3.1.1.1. Características Botánicas

El membrillo (*Cydonia oblonga* Mill.) se clasifica dentro de la familia ***Rosaceae***. Su origen se remonta a la zona transcaucásica, actualmente Irán y Armenia, donde se estima que comenzó a cultivarse en el año 4000 a.C, La expansión del cultivo se vio favorecida por la capacidad del membrillo para adaptarse y sobrevivir en diversos rangos de temperatura, lo que permitió su establecimiento en China y Europa. El fruto presenta una morfología semejante

a la pera y la manzana, con variaciones en tamaño y forma según la variedad cultivada (Ňorbová et al., 2024).



Figura 4. Morfología del membrillo

Fuente. Elaboración Propia

Cuando aún no ha alcanzado su madurez fisiológica presenta una coloración verde, la cual progresivamente se transforma en tonalidades amarillas conforme avanza el proceso de maduración. Al tratarse de un fruto climatérico, debe ser cosechado posterior a alcanzar su madurez fisiológica. En estado fresco, no suele ser ampliamente consumido debido a la dureza de su pulpa y a su marcada astringencia, características que limitan su aceptación directa como fruta de mesa, aunque es ampliamente aprovechado como materia prima en la elaboración de néctares y otros productos agroindustriales (Romero et al., 2024).

Tabla 1.

Características Taxonómicas del Membrillo

Nivel Taxonómico	*Nombre científico*
Reino	*Plantae*
División	*Magnoliophyta*
Clase	*Magnoliopsida*
Subclase	*Rosidae*
Orden	*Rosales*
Familia	*Rosaceae*
Sub-Familia	*Maloideae*
Género	*Cydonia*
Especie	*Cydonia oblonga*

Nota: Ňorbová et al., 2024

2.3.1.1.2. Producción nacional y estacionalidad

De acuerdo con registros del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la producción nacional de membrillo durante los últimos 5 años se ha concentrado mayoritariamente en el departamento de Lima, seguido de La Libertad, Ancash, Apurímac, Arequipa e Ica, con volúmenes más moderados, pero igualmente significativos.

Tabla 2.

Producción Agrícola del Membrillo (2020 – 2024) (Toneladas Métricas)

Departamento	*2020*	*2021*	*2022*	*2023*	*2024*
Amazonas	-	-	-	-	-
Áncash	177	137	160	175	165
Apurímac	155	138	158	169	201
Arequipa	95	97	99	94	126
Ayacucho	76	63	52	53	46
Cajamarca	-	-	-	-	-
Cusco	-	-	-	-	-
Huancavelica	41	18	18	17	15
Huánuco	-	-	-	-	-
Ica	188	190	190	188	189
Junín	-	-	-	-	-
La Libertad	949	965	973	775	779
Lambayeque	-	-	-	-	-
Lima	4263	1 829	1 668	1 737	1 890
Loreto	-	-	-	-	-
Madre de Dios	-	-	-	-	-
Moquegua	134	138	144	141	246
Pasco	-	-	-	-	-
Piura	-	-	-	-	-
Puno	-	-	-	-	-
San Martín	-	-	-	-	-

Tacna	92	94	128	89	65
Tumbes	-	-	-	-	-
Ucayali	-	-	-	-	-
TOTAL	**6167**	**3670**	**3589**	**3438**	**3721**

Nota: Adaptado de INEI (2021); INEI (2022); INEI (2023); INEI (2024); INEI (2025)

Respecto a la estacionalidad del fruto, según lo reportado por el Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA), la mayor producción de membrillo a nivel nacional, principalmente Lima, se da durante los meses de febrero y marzo. Adicionalmente, el departamento de la Libertad presenta la mayor producción entre octubre y noviembre.

Tabla 3. ***Producción Agrícola del Membrillo Mensual (2022) (Toneladas)***

Departamento	*Ene*	*Feb*	*Mar*	*Abr*	*May*	*Jun*	*Jul*	*Ago*	*Set*	*Oct*	*Nov*	*Dic*
Amazonas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Áncash	36	29	25	24	15	4	-	-	-	-	-	27
Apurímac	6	59	74	18	-	-	-	-	-	-	-	-
Arequipa	20	45	30	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Ayacucho	1	15	13	12	3	1	2	4	1	-	-	-
Cajamarca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cusco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Huancavelica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Huánuco	-	-	-	3	8	6	2	-	-	-	-	-
Ica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Junín	-	-	-	-	43	96	51	-	-	-	-	-
La Libertad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lambayeque	30	11	12	17	12	3	4	6	68	422	303	86
Lima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Loreto	54	341	447	152	68	65	5	5	40	40	54	62
Madre de Dios	-	27	65	53	-	-	-	-	-	-	-	-
Moquegua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pasco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piura	-	47	80	10	7	-	-	-	-	-	-	-
Puno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
San Martín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tacna	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tumbes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ucayali	-	42	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**147**	**617**	**804**	**291**	**156**	**174**	**64**	**15**	**109**	**462**	**357**	**175**

Fuente. SIEA (2022)

2.3.1.1.3. Composición Química

El membrillo (Cydonia oblonga Mill.) se caracteriza por su elevado contenido de compuestos bioactivos, destacando: pectina y fitoquímicos, carbohidratos, fibras, proteínas, vitaminas, minerales y diversos ácidos orgánicos. Las pectinas, cuyo contenido varía según el grado de madurez del fruto, son polisacáridos estructurales de la pared celular que confieren propiedades gelificantes ampliamente aprovechadas en la industria alimentaria. Asimismo, este fruto presenta cantidades significativas de flavonoides, ácidos fenólicos y lignina, considerados metabolitos secundarios de interés, los cuales se localizan principalmente en la cáscara, mientras que el ácido clorogénico se localiza en la pulpa. Entre los compuestos fenólicos, el ácido 5-O-cafeoilquínico se reconoce como el principal sustrato de la enzima polifenol oxidasa, responsable de la susceptibilidad del fruto al pardeamiento enzimático. En referencia al contenido de minerales como potasio, calcio, magnesio, sodio y fósforo, estos se encuentran en cantidades más altas en las semillas, aunque también pueden encontrarse en la pulpa y la piel del fruto (Rather et al., 2022; Najman et al., 2023; Ňorbová et al., 2024 y Solomonova et al., 2023)

Tabla 4.

Composición Nutricional del Membrillo

Elementos Nutricionales	
Carbohidratos	15.3 g/100 g
Fibra	1.9 g/100 g
Lípido	0.1 g/100 g
Proteína	0.4 g/100 g
Pectinas	20%
Vitaminas	15.3 g/100 g
Acido Ascórbico	13 mg/100 g
Vitamina A	5.5 ug/100 g
Tiamina	30 ug/100 g
Riboflavina	30 pg/100 g
Niacinamina	0.2 mg/100 g

Ácidos Orgánicos	6.9-14.2 g/kg
Minerales	
Na	9.2 mg/100 g
K	189 mg/100 g
Ca	66 mg/100 g
Mg	10 mg/100 g
Fe	1.1 mg/100 g
P	25 mg/100 g
Cu	0.006 mg/100 g
Zn	0.013 mg/100 g
Mn	0.002 mg/100 g

Nota: Ňorbová et al., 2024

2.3.1.1.4. Propiedades funcionales y nutricionales

Najman et al. (2023) señala que dentro de las propiedades más representativas de la Cydonia oblonga, se han identificado efectos sobre la aterosclerosis, la regulación de la glucosa, la reducción del estrés oxidativo y la modulación de procesos inflamatorios, además se han identificado compuestos con potencial anticancerígeno en hojas y semillas contra las células de cáncer de riñón y colon en humanos.

Así mismo, señala que en investigaciones recientes se ha demostrado propiedades antibacterianas asociadas al extracto etanólico de semillas de membrillo frente a Staphylococcus aureus, Staphylococcus epidermidis y Escherichia coli, resultando con mayor efectividad contra bacterias grampositivas que gramnegativas (Rather et al., 2022). Por su parte, Herrera-Rocha et al. (2022) destacan que todas las partes de la planta se emplean en la medicina tradicional: las semillas para tratar afecciones digestivas y respiratorias como diarrea, tos, disentería y bronquitis; los extractos de hojas para reducir diabetes, cáncer e hiperlipidemia; y el fruto para aliviar dolor de garganta, estreñimiento y bronquitis.

Más recientemente, se ha resaltado el potencial del membrillo en la prevención

de enfermedades metabólicas y degenerativas, gracias a su riqueza en polifenoles, carotenoides y flavonoides, responsables de sus efectos antimicrobianos y de su capacidad para modular procesos asociados al estrés oxidativo y la inflamación crónica (Najman et al., 2023; Djidel et al., 2024).

2.3.1.2. Néctar de Membrillo

2.3.1.2.1. Aspectos Generales

De acuerdo con la Norma General para Zumos y Néctares de Frutas (CXS 247-2005): *"el néctar de fruta se describe como un producto no fermentado que resulta de la dilución de jugo o puré de fruta, en estado natural, concentrado o reconstituido con agua, pudiendo añadirse azúcares o edulcorantes permitidos"* (FAO & OMS, 2024, p. 4). Dentro de esta categoría se incluyen también jugos obtenidos por difusión acuosa, así como purés y purés concentrados empleados en la elaboración de jugos y néctares.

Además, según lo establecido en la Norma Técnica Peruana (NTP 203.110:2022 (INACAL, 2022), el néctar de fruta debe contener un 20% de sólidos provenientes del puré, jugo o concentrado que le da origen. Si la fruta presenta elevada acidez, la normativa indica que el nivel mínimo de acidez natural debe ser de 0,4%, acompañado de un aporte de sólidos solubles no inferior al 5%.

2.3.1.2.2. Consideraciones durante el proceso de elaboración artesanal e industrial

Respecto a los ingredientes autorizados para el proceso de elaboración industrial y artesanal de néctares destinados para venta al consumidor o para fines de servicios de comida:

Tabla 5.

Requisitos normativos de ingredientes en néctares de fruta

Ingrediente	Cantidad	Norma
Azúcares: Sacarorosa, Dextrosa Anhidrida, Glucosa y fructosa	<2% humedad	CXS-212-1999 (2022)
Jarabes	Especificado en la Norma	CXS-212-1999 (2022)
Miel y/o azúcar derivado de frutas	Especificado en la Norma	CXS-212-1999 (2022)

Nutrientes esenciales: Vitaminas, minerales, etc	Especificado en la Norma según tipo de nutriente	CODEX STAN 192-1995 (2024)

Nota. Adaptado de (FAO & OMS, 2024)

En referencia a lo detallado en la Norma CXS 247-2005, los límites máximos permitidos para residuos plaguicidas y otros contaminantes debe ser regulado de acuerdo con lo establecido por la Comisión del Codex Alimentarius. Así mismo, las prácticas de higiene para la manufactura del producto deben realizarse en conformidad a lo descrito por General Principles of Food Hygiene (CXC 1-1969), con última revisión en 2022; mientras que los aspectos relacionados con la presentación, legibilidad y contenido obligatorio de las etiquetas son regulados por General Standard for the labelling of Pre-Packaged Foods (CXS 1-1985), cuya última revisión fue en 2024.

2.3.1.2.3. Parámetros críticos e influencia en la calidad del producto

Según lo detallado por Ccencho (2022) el proceso de elaboración del néctar de fruta puede dividirse en:

Tabla 6.
Etapas del Proceso de Elaboración de Néctar de Fruta.

Etapa	*Objetivo*	*Parámetro Crítico*
Recepción	Ingreso de materia prima e insumos	NA
Selección	Selección de frutas que cumplen con los estándares de calidad	NA
Pesado	Cálculo del rendimiento	NA
Lavado	Eliminar agentes no deseados	NA
Prepasteurización	Inactivación de enzimas, previene oscurecimiento de la fruta	Tiempo
Pelado	Retirar la cáscara de la pulpa	NA
Pulpeado	Extracción del zumo o pulpa de cualquier tipo de agente	NA

Estandarización	Mezcla de todos los ingredientes y aditivos	NA
Homogenizado	Uniformización de la mezcla	Tiempo
Pasteurización	Eliminar carga microbiana	Temperatura Tiempo
Envasado	-	NA
Enfriado	Garantizar la conservación del producto	NA
Etiquetado	Brindar Información	NA
Almacenado	-	NA

Adicionalmente, los cambios en las propiedades sensoriales y/o organolépticas del néctar son influenciados por el tiempo y la temperatura de pasteurización (Barboza, 2023).

2.3.1.2.4. Tiempo ideal de pasteurización y su impacto

El método más usado para la conservación de productos hortofrutícolas es la Pasteurización, el cual consiste en exponer al producto a altas temperaturas por un rango de tiempo. Comúnmente el rango de temperatura varía entre 80 y 90 °C con una duración promedio de 10 min (Polak et al., 2024).

Sin embargo, el uso de este método requiere control debido a que puede generar efectos no deseados, como los detallados por Sattar et al. (2020), en cuyo trabajo señala que el calentamiento prologando a 90 °C resultó en una disminución del 2 al 10 % en la capacidad antioxidante de la bebida de durazno, con cambios insignificantes en el contenido total de fenoles y flavonoides.

2.3.1.3.Medidas Fisicoquímicas en néctar de membrillo

2.3.1.3.1. Propiedades organolépticas

De acuerdo con la Norma General para Zumos y Néctares de Frutas (CXS 247-2005; FAO & OMS, 2024), los productos denominados jugos o néctares de frutas deberán exhibir las características organolépticas —color, aroma y

sabor— propias del jugo de la fruta correspondiente.

2.3.1.3.2. °Brix (Sólidos Solubles) y contenido mínimo de jugo en néctar

Según lo establecido en la Norma Técnica Peruana (NTP 203.110:2022 (INACAL, 2022), el néctar de membrillo debe contener un nivel mínimo de 11,2 grados Brix, además el contenido mínimo de zumo (jugo) y/o puré (%v/v) en néctares de fruta resulta en 25,0.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1.Hipótesis

3.1.1. Hipótesis General:

El diseño e implementación de un tablero de control en MATLAB App Designer, integrado con sensores y Arduino, permite monitorear en tiempo real la temperatura y el tiempo de pasteurización durante el proceso de elaboración de néctar de membrillo, proporcionando registros confiables y una interfaz funcional que optimice el control del proceso.

3.1.2. Hipótesis Específicas

El tablero digital permite registrar y visualizar en tiempo real las variables críticas de pasteurización (temperatura y tiempo), del proceso de elaboración de néctar de membrillo, de forma clara y accesible.

Los valores adquiridos por el(los) sensor(es) calibrado(s) e integrado(s) al tablero de control no presenta diferencias significativas con respecto a los obtenidos habitualmente mediante instrumentos manuales de control en planta.

La implementación del tablero de control mejora la gestión del proceso de pasteurización en la planta artesanal, al reducir la dependencia de registros manuales y facilitar la trazabilidad mediante la generación de reportes históricos automáticos.

3.2.Variables y Operacionalización de las variables

Tabla 7. Variables y Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Instrumento / técnica	Escala / unidad
Temperatura de cocción	Magnitud física que refleja el nivel térmico del sistema durante el proceso de cocción del néctar de membrillo.	Lectura continua en tiempo real mediante sensor conectado a Arduino y visualización en App Designer.	Temperatura promedio -Variación temporal	Sensor PT100 / termopar tipo K + Arduino + MATLAB App Designer	°C
Tiempo de proceso	Intervalo transcurrido desde el inicio hasta el final de la cocción.	Medición automática con cronómetro interno del sistema y registro en el tablero de control.	-Tiempo transcurrido -Tiempo estimado ideal	Reloj interno del sistema / temporizador App Designer	Minutos

Nota. Elaboración propia

IV. MATERIALES Y METODO

4.1. Área de estudio (Citar coordenadas)

El estudio se desarrolló en la **planta piloto de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos**, ubicada en el distrito de Lima Cercado, Lima, Perú.

La zona se localiza geográficamente en las coordenadas:

- **Latitud:** 12°03'30" S
- **Longitud:** 77°03'22" O
- **Altitud:** 107 m s. n. m.

Este espacio cuenta con condiciones controladas de operación, infraestructura adecuada para procesos térmicos y equipos auxiliares que permitieron evaluar el funcionamiento del sistema de monitoreo digital durante la pasteurización del néctar de membrillo.

4.2. Diseño de Investigación

El presente trabajo de investigación se fundamenta en un diseño de tipo aplicado, dado que busca responder a una necesidad concreta dentro del ámbito agroindustrial: mejorar el monitoreo térmico durante el proceso de pasteurización mediante la implementación de un sistema digital de registro y visualización de datos. Este enfoque plantea el desarrollo de una solución tecnológica funcional, evaluada en un contexto real de producción. Así, la investigación está orientada a la optimización de procesos y al fortalecimiento de la trazabilidad operativa en la industria alimentaria.

La muestra seleccionada corresponde a una miniplanta agroindustrial dedicada a la producción artesanal de néctares y derivados de membrillo. Esta unidad productiva realiza todas las etapas del proceso —desde la recepción de la fruta hasta el envasado final— y constituye un entorno adecuado para la implementación y validación del tablero de control desarrollado en este estudio. Su escala operativa permite observar de manera directa el comportamiento del sistema, evaluar la adquisición de datos en tiempo real y verificar la utilidad del tablero en condiciones reales de producción.

4.3. Población y muestra

La población de este estudio estuvo conformada por los lotes de néctar de membrillo sometidos al proceso de pasteurización, sobre los cuales se evaluó el comportamiento de la temperatura y el tiempo durante el tratamiento térmico mediante un sistema de monitoreo digital.

La muestra estuvo integrada por dos lotes experimentales de néctar de membrillo procesados bajo las mismas condiciones operativas, ambos monitoreados con sensores de temperatura conectados a un tablero de control desarrollado en MATLAB App Designer e integrado con Arduino. Previamente, los sensores fueron calibrados utilizando termómetros digitales de referencia, a partir de los cuales se obtuvieron las ecuaciones de corrección (factor y offset) que fueron incorporadas al tablero para ajustar en tiempo real los valores de temperatura registrados. Esta estrategia permitió asegurar la confiabilidad de las mediciones sin recurrir al control manual continuo de las variables durante la pasteurización.

El muestreo aplicado fue de tipo no probabilístico por conveniencia, debido a que la selección de los lotes dependió de la disponibilidad de materia prima, equipos y tiempos de operación. Aun así, esta estrategia permitió obtener datos suficientes y relevantes para la fase preliminar de la investigación, ofreciendo un acercamiento inicial al comportamiento del sistema bajo condiciones reales de planta.

4.4. Procedimientos, Técnicas e Instrumentos de recolección de información

4.4.1. Procedimiento de Validación del tablero de Control

4.4.1.1.Preparación del equipo y conexiones

- Instalación del sensor DS18B20 y su conexión a Arduino bajo el protocolo 1-Wire.
- Configuración del puerto serial para la transmisión continua de datos.
- Programación del microcontrolador para enviar lecturas cada segundo.

4.4.1.2. Diseño e implementación del tablero digital

- Construcción de la interfaz gráfica en MATLAB App Designer, con módulos para:
  - Visualización en tiempo real.
  - Registro de series temporales.
  - Panel de calibración.
  - Exportación de datos y estadísticas
- Vinculación del tablero con Arduino mediante comunicación serial.

4.4.1.3. Validación del sistema en planta

- Preparación del néctar de membrillo siguiendo el flujo operativo estándar.
- Calibración previa de los sensores de temperatura utilizando termómetros digitales de referencia.
- Obtención de la ecuación de calibración (factor y offset) a partir de los puntos comparados.
- Ingreso de los parámetros de corrección en el tablero digital para ajustar en tiempo real las lecturas de temperatura.
- Inicio del monitoreo digital mediante los sensores calibrados integrados al sistema.
- Registro continuo de la temperatura durante la etapa de pasteurización (80–90 °C por aproximadamente 10 minutos).
- Evaluación del desempeño del sistema en términos de estabilidad, repetibilidad y consistencia de las lecturas durante el proceso.

4.4.2. Materiales

4.4.2.1. Insumos

- Membrillo
- Hipoclorito de sodio
- Ácido Cítrico
- Ácido Ascórbico
- Sucralosa
- Agua
- Aditivos y Conservantes

4.4.2.2. Materiales de Laboratorio

- Refractómetro de mano Brix
- Termómetro digital
- Indicador de pH
- Probeta

4.4.2.3. Equipos

- Marmita
- Despulpadora
- Refinadora
- Licuadora
- Cocina industrial

4.4.2.4. Componentes, Dispositivos Electrónicos y Software

- ARDUINO UNOR3-OC
- Protoboard Blanco
- Termómetro digital
- 2 sensores de temperatura DS18B20
- Cable USB largo
- Cable Jumper macho
- Cable Jumper hembra
- Resistencia 4.7kΩ
- Laptop

- MATLAB App Designer

4.4.3. Procedimiento de la preparación del néctar

El proceso general para la elaboración del néctar y la validación del sistema de monitoreo digital inicia desde la fase más primaria:

4.4.3.1. Gestión de la materia prima

Esta etapa inicia con la compra del membrillo, seleccionando proveedores que garanticen frutas en buen estado, libres de daños mecánicos, presencia de hongos o signos de fermentación interna. Esta primera decisión define la calidad microbiológica inicial del insumo, lo que a su vez influye en la severidad requerida durante la pasteurización. Además, la selección adecuada del fruto contribuye al rendimiento de pulpa y a la estabilidad sensorial del producto final.



Figura 5. Selección de la materia prima

Fuente. Elaboración Propia

4.4.3.2. Consideraciones previas al inicio del proceso

Se realiza el pesado del membrillo con el objetivo de determinar la relación exacta entre los kilos de fruta y el volumen de agua purificada que se añadirá posteriormente en la marmita. El control del peso permite no solo mantener la consistencia del sabor y textura del néctar, sino también asegurar que el proceso térmico sea comparable entre diferentes lotes, lo cual es fundamental cuando se evalúa un sistema de monitoreo de temperatura.

El lavado de los frutos se realiza utilizando agua potable para remover suciedad

superficial, restos vegetales, polvo y cualquier contaminante adherido a la cáscara, además de adicionar hipoclorito de sodio. Esta operación, aunque sencilla, contribuye significativamente a reducir la carga microbiana superficial e influencia directamente en la eficiencia de la pasteurización.

4.4.3.3. Calentamiento de la materia prima en la Marmita

Se enciende la marmita de calentamiento y se cargan aproximadamente 30 litros de agua purificada, volumen calculado para generar un medio adecuado para la transferencia de calor entre el sistema de calentamiento y la fruta. Una vez alcanzada la temperatura inicial necesaria, se añaden los kilos de membrillo previamente lavados. En este punto se acciona el agitador interno de la marmita, cuya función es mantener un flujo constante y homogéneo del contenido. La agitación previene la sedimentación de partículas, evita la formación de puntos calientes y contribuye a una distribución uniforme del calor en toda la mezcla.



Figura 6. Calentamiento en Marmita

Fuente. Elaboración Propia

En esta etapa se añade ácido ascórbico (0.4 g por cada litro de agua) de forma progresiva, con el propósito de inhibir la oxidación enzimática y no enzimática del membrillo. Este antioxidante no solo preserva el color característico del fruto, sino que también evita la degradación prematura de compuestos aromáticos y vitaminas, lo cual mejora la calidad sensorial y nutricional del néctar. Conforme avanzan los minutos, el calor penetra las estructuras celulares de la fruta, provocando el ablandamiento y desprendimiento de las cáscaras, lo que indica que la materia prima está lista para pasar a la siguiente fase.

4.4.3.4.Despulpado del membrillo

Una vez que las cáscaras se han soltado, se inicia la descarga de la marmita. Este procedimiento debe realizarse de manera controlada para evitar pérdidas de masa y minimizar la exposición del producto al ambiente. La mezcla caliente se traslada inmediatamente hacia la despulpadora, un equipo diseñado para separar la fase sólida gruesa del jugo y la pulpa inicial.



Figura 7. Despulpado de membrillo

Fuente. Elaboración Propia

El resultado de esta operación es una pulpa gruesa que contiene aún semillas, fibras y residuos celulares no deseados para la textura final del néctar.



Figura 8. Producto Intermedio

Fuente. Elaboración Propia

4.4.3.5. Finisher - Microfiltración del membrillo

La pulpa obtenida en el paso anterior se alimenta seguidamente a una refinadora, cuya función es remover progresivamente las partículas más grandes y producir una pulpa fina de alta calidad, con una textura uniforme y adecuada para su posterior pasteurización.



Figura 9 y 10. Vista Superior e Interna del equipo Finisher durante el proceso

Fuente. Elaboración Propia

4.4.3.6. Homogeneización y Pasteurización

Una vez obtenida la pulpa fina, esta se transfiere nuevamente hacia un sistema de calentamiento en la marmita para iniciar la pasteurización. Se añade en cantidades específicas ácido cítrico, sucralosa, aditivos y conservantes.

Paralelamente, se prepara el sistema de medición basado en el sensor DS18B20. Este sensor ha sido instalado siguiendo el protocolo 1-Wire, que permite la comunicación eficiente entre el sensor y la placa Arduino, reduciendo la cantidad de cables requeridos y facilitando su integración en entornos de laboratorio. El Arduino ha sido programado para registrar la temperatura cada segundo y enviarla de manera continua mediante el puerto serial hacia una computadora. Esta frecuencia de lectura es suficiente para capturar con precisión las variaciones térmicas del sistema, especialmente durante los momentos críticos de ascenso y estabilización.

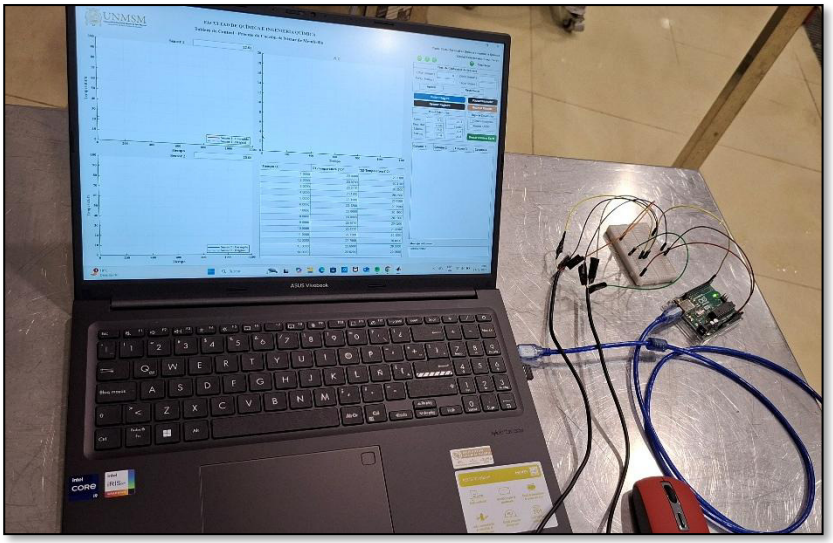


Figura 11. Sistema de Medición

Fuente. Elaboración Propia

La información enviada por Arduino es capturada por un tablero digital desarrollado en MATLAB App Designer. Este tablero fue diseñado con múltiples módulos: una interfaz para visualización en tiempo real de la temperatura, una sección para registro y almacenamiento de series temporales, un panel para calibración del sensor, y herramientas para exportar datos y generar estadísticas relevantes para la validación del sistema. La comunicación entre MATLAB y Arduino se ejecuta a través de un

canal serial estable, lo que permite actualizar la gráfica de temperatura en tiempo real sin retrasos perceptibles. Esto ofrece al operador una visión clara del comportamiento térmico durante la pasteurización.

La etapa de pasteurización consiste en calentar la pulpa fina hasta que alcance una temperatura de 85 °C, durante este proceso se mantendrá en funcionamiento la toma de data por parte del tablero. Este tratamiento térmico es lo suficientemente severo para inactivar microorganismos patógenos, mohos, levaduras y enzimas que podrían degradar el producto.

Para garantizar la confiabilidad de las mediciones durante el proceso de pasteurización, se realizó una calibración previa del sensor de temperatura DS18B20 utilizando termómetros digitales de referencia. La calibración consistió en registrar pares de valores simultáneos entre el sensor y los instrumentos de referencia en distintos puntos de temperatura, con el fin de identificar posibles desviaciones sistemáticas. A partir de estos datos se determinó la ecuación de corrección mediante un ajuste lineal, obteniéndose dos parámetros fundamentales: el factor, que corresponde a la pendiente de la recta y corrige la proporcionalidad entre la lectura del sensor y el valor real; y el offset, que representa el desplazamiento necesario para compensar errores constantes en la medición. Ambos parámetros fueron ingresados en el tablero de control, permitiendo que las lecturas mostradas se ajustaran automáticamente en tiempo real. Este procedimiento aseguró que el sistema digital operara con precisión metrológica adecuada para el monitoreo del proceso térmico.

El tablero MATLAB registra cada lectura, mostrando curvas superpuestas que permiten detectar posibles desviaciones, errores sistemáticos o ruidos en la señal del sensor. Posterior a la pausa de la toma de data con el alcance de la Temperatura a 85°C, por elección del usuario el sistema generará no solo un archivo de respaldo con la data obtenida, sino también análisis estadístico de la misma.

4.4.3.7. Envasado

Una vez completada la pasteurización, se procede al envasado en caliente del néctar. Esta operación debe realizarse rápidamente para minimizar el riesgo de contaminación. Los envases cerrados se someten a un proceso de enfriamiento gradual que permite estabilizar la estructura interna del producto y evitar fenómenos

de condensación que podrían afectar la vida útil del néctar.



Figura 12. Envasado Final

Fuente. Elaboración Propia

Finalmente, la integración entre las etapas operativas del procesamiento del membrillo y el sistema de monitoreo digital demuestra la importancia de contar con herramientas tecnológicas que aporten trazabilidad, exactitud y una base objetiva para la toma de decisiones en entornos industriales y académicos. Todo el proceso, desde la selección y lavado del fruto hasta la validación estadística, se convierte en un ciclo completo donde la tecnología complementa y fortalece el control de calidad, contribuyendo a la producción de un néctar seguro, estable y sensorialmente aceptable.

4.5. Análisis Estadístico

Los datos obtenidos durante los ensayos fueron exportados desde la interfaz desarrollada en MATLAB en formato CSV.

En primera instancia, el tablero realizó un análisis descriptivo de las series temporales registradas por los instrumentos de medición. Para cada conjunto de datos se calcularon indicadores como la media, la desviación estándar y el rango de temperatura, complementados con gráficas dinámicas que permitieron visualizar el comportamiento y las tendencias térmicas durante los procesos de pasteurización. Esta etapa fue fundamental para caracterizar el desempeño general de cada instrumento antes de aplicar métodos comparativos.

Finalmente, se analizó la repetibilidad del sistema mediante la comparación de los 2 lotes procesados bajo condiciones similares mediante ANOVA. Esta evaluación

permitió determinar la estabilidad del tablero digital de control ante procesos sucesivos, aspecto fundamental en contextos de producción agroindustrial. En conjunto, el análisis estadístico realizado proporcionó evidencia preliminar sobre la confiabilidad, precisión y aplicabilidad del sistema desarrollado para el monitoreo térmico en procesos de pasteurización. Todas las evaluaciones fueron realizadas mediante MATLAB. Es importante mencionar que se cuenta con una licencia de MATLAB vigente.

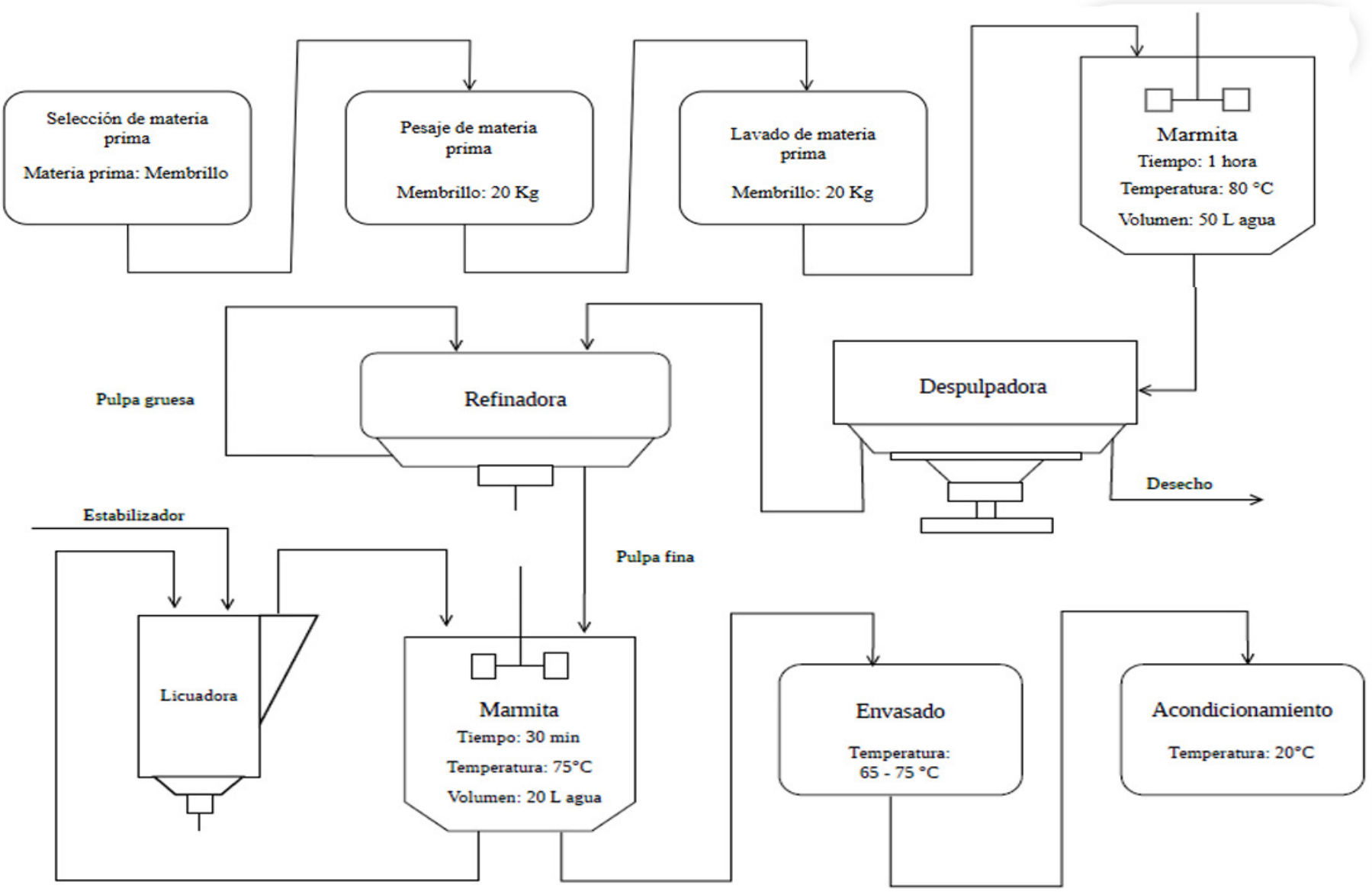


Figura 13. Diagrama general de Proceso de Elaboración de Néctar de Membrillo

Fuente: Elaboración Propia

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La evaluación del tablero desarrollado en MATLAB App Designer permitió analizar su desempeño como herramienta de apoyo para el monitoreo, simulación y análisis del proceso de elaboración de néctar de membrillo. A partir de la primera prueba realizada en planta, se identificó que los rangos de tiempo inicialmente programados no se ajustaban con precisión a las condiciones reales del proceso. Este hallazgo evidenció la necesidad de recalibrar los parámetros temporales del tablero, lo cual constituye un resultado relevante, ya que demuestra que la herramienta requiere retroalimentación directa del entorno industrial para garantizar su funcionalidad operativa.

Posteriormente, y como consecuencia de esta primera iteración, se incorporaron nuevas funcionalidades orientadas a mejorar la capacidad del tablero para anticipar comportamientos del proceso. La adición de un simulador de datos representó un avance significativo, ya que permitió evaluar escenarios hipotéticos antes de ejecutar pruebas en laboratorio o en planta. Esta herramienta no solo optimizó el tiempo de experimentación, sino que también redujo el uso de insumos y minimizó la variabilidad asociada a pruebas repetitivas. En términos de ingeniería, la simulación se consolidó como un componente clave para validar la lógica del sistema y prever el comportamiento de variables críticas como temperatura y tiempo de cocción.

Asimismo, se integró la opción de cargar y analizar datos históricos provenientes de otros procesos. Esta funcionalidad amplió la utilidad del tablero, permitiendo comparar lotes, identificar tendencias y aplicar métodos estadísticos seleccionados por el usuario. La posibilidad de realizar análisis retrospectivos dentro del mismo entorno de App Designer fortaleció la trazabilidad del proceso y facilitó la toma de decisiones basada en evidencia. Además, esta característica convierte al tablero en una herramienta flexible, adaptable tanto para investigación como para control de calidad en planta.

En conjunto, los resultados muestran que el tablero evolucionó desde una interfaz básica de monitoreo hacia una plataforma integral que combina control en tiempo real, simulación predictiva y análisis estadístico. Este proceso iterativo de mejora evidencia que el diseño de herramientas digitales para la industria alimentaria requiere una interacción constante entre el entorno productivo y el entorno computacional. La incorporación de nuevas funciones respondió directamente a necesidades detectadas en campo, lo que valida la pertinencia del

enfoque adoptado.

Además del análisis funcional del tablero, se evaluó el comportamiento de los datos registrados durante la pasteurización mediante un tratamiento estadístico básico orientado a validar la estabilidad y consistencia del sistema de monitoreo. En primer lugar, se verificó la normalidad de las lecturas de temperatura utilizando pruebas estadísticas adecuadas (como Shapiro–Wilk o Kolmogorov–Smirnov), observándose que los datos se ajustaron a una distribución aproximadamente normal. Este resultado es relevante, ya que respalda el uso de métodos paramétricos para el análisis comparativo y confirma que el sensor calibrado genera mediciones con un comportamiento estadístico esperado para procesos térmicos controlados.

Para la primera corrida, los valores de skewness y kurtosis obtenidos para los sensores (1.0798 y 1.1085; 2.4876 y 2.5779, respectivamente) indican una distribución ligeramente asimétrica hacia la derecha y una curtosis cercana a la esperada en una distribución normal. Estos resultados sugieren que los datos presentan un comportamiento aproximadamente normal, lo cual permite aplicar métodos estadísticos paramétricos para su análisis y respalda la confiabilidad del sistema de monitoreo.
Para la segunda corrida, los valores de skewness y kurtosis obtenidos para los sensores (–0.63959 y –0.70355; 2.235 y 2.2648, respectivamente) se encuentran dentro de rangos aceptables para asumir una distribución aproximadamente normal. Esta condición permite aplicar métodos estadísticos paramétricos y respalda la estabilidad del sistema de monitoreo durante el proceso de pasteurización.

Posteriormente, se calcularon los estadísticos descriptivos de las lecturas obtenidas durante la etapa de pasteurización, incluyendo media, desviación estándar, valores mínimos y máximos. La media permitió identificar el valor central alrededor del cual se mantuvo la temperatura del proceso, mientras que la desviación estándar evidenció una variabilidad reducida, coherente con un sistema de control estable. El valor máximo se mantuvo dentro del rango operativo establecido (80–85 °C), lo que confirma que el tablero permitió sostener condiciones térmicas adecuadas para objetivo del tratamiento (Anexo 6 y 8).

Asimismo, se aplicó un ANOVA de una vía para evaluar si existían diferencias significativas entre los dos lotes procesados bajo las mismas condiciones. Los resultados indicaron que no hubo diferencias estadísticamente significativas en las temperaturas registradas entre ambos

lotes, lo que sugiere que el sistema de monitoreo digital ofrece repetibilidad y consistencia en la medición. Este hallazgo es fundamental, ya que demuestra que el tablero no solo registra datos en tiempo real, sino que también mantiene un comportamiento estable entre repeticiones del proceso (Anexo 6 y 8).

Para la primera corrida, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para comparar las lecturas de temperatura obtenidas por los dos sensores integrados al sistema de monitoreo. El resultado mostró un valor de $p = 0.0694$, lo cual indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos evaluados al nivel de significancia convencional ($\alpha = 0.05$). El estadístico F obtenido fue de 3.2992, con una suma de cuadrados entre grupos de 3011.5334 y un error residual de 2188932.943. Estos resultados sugieren que ambos sensores presentan un comportamiento comparable en términos de medición, lo que respalda la consistencia y repetibilidad del sistema desarrollado. La ausencia de diferencias significativas valida el uso de los sensores calibrados como herramientas confiables para el monitoreo térmico durante el proceso de pasteurización.

Para la segunda corrida, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para comparar las lecturas de temperatura obtenidas por los dos sensores durante el proceso de pasteurización. El resultado arrojó un valor de $p = 0.8629$, lo cual indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos evaluados. El estadístico F fue de 0.0298, con una suma de cuadrados entre grupos de 23.0904 y un error residual de 927239.9417. Estos valores reflejan una alta similitud entre las mediciones de ambos sensores, lo que respalda la equivalencia funcional de los dispositivos dentro del sistema de monitoreo. La ausencia de diferencias significativas valida la confiabilidad del sistema digital implementado, confirmando que las lecturas corregidas mediante calibración (factor y offset) se mantienen estables y reproducibles en condiciones reales de planta.

Respecto al análisis comparativo entre los datos obtenidos por ambos sensores y la marmita, en referencia a la segunda corrida, el análisis de las series de temperatura mostró que los tres sistemas —Sensor 1, Sensor 2 y la marmita— siguieron una tendencia térmica ascendente muy similar durante todo el proceso de pasteurización. La marmita registró temperaturas entre 30.7 °C y 93.1 °C, mientras que Sensor 1 varió entre 33.14 °C y 93.49 °C, y Sensor 2 entre 30.29 °C y 85.40 °C. Estas diferencias iniciales y finales se explican por la ubicación física de los sensores y por la inercia térmica del sistema industrial. Aun así, las medias de los tres conjuntos de datos fueron comparables: Sensor 1 ≈ 60.3 °C, Sensor 2 ≈ 50.6 °C y Marmita ≈ 57.4 °C, lo que evidencia que el tablero replicó

adecuadamente la dinámica térmica general del proceso. Además, los valores mínimos y máximos evolucionaron de manera paralela, mostrando que los sensores captaron correctamente el incremento progresivo de temperatura desde los 30 °C hasta superar los 90 °C, tal como lo hizo el equipo industrial.

Los indicadores estadísticos reforzaron esta correspondencia. El error absoluto medio (MAE) entre la marmita y Sensor 1 se mantuvo bajo, reflejando diferencias pequeñas y consistentes a lo largo del proceso, mientras que Sensor 2 mostró un error ligeramente mayor debido a su menor sensibilidad en los primeros tramos del calentamiento. La correlación de Pearson entre la marmita y Sensor 1 fue alta, confirmando que ambos sistemas siguieron prácticamente la misma trayectoria térmica. En el caso de Sensor 2, la correlación fue moderada a alta, coherente con su menor rango máximo (85.4 °C). Los ANOVA realizados por separado mostraron valores de $p > 0.05$ en ambos casos, lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de la marmita y las de los sensores. Esto significa que, pese a las diferencias puntuales en algunos tramos, el comportamiento global de los tres sistemas es equivalente desde el punto de vista estadístico.

En conjunto, el análisis estadístico respalda la confiabilidad del sistema desarrollado, evidenciando que las lecturas corregidas mediante el factor y el offset presentan un comportamiento estable, reproducible y adecuado para el control térmico del proceso de pasteurización. Estos resultados fortalecen la validez del tablero como herramienta de monitoreo y confirman su potencial para ser aplicado en condiciones reales de planta.

Finalmente, la experiencia demuestra que el uso de App Designer, junto con sensores y Arduino, constituye una alternativa viable para desarrollar sistemas de monitoreo accesibles, personalizables y de bajo costo. La capacidad del tablero para adaptarse a diferentes escenarios y para integrar datos reales e históricos sugiere que puede convertirse en una herramienta escalable para otros procesos dentro de la industria alimentaria.

VI. CONCLUSIONES

- El tablero de control diseñado e implementado en MATLAB App Designer cumplió con el objetivo general del proyecto, al permitir el monitoreo en tiempo real de la temperatura y el tiempo de pasteurización durante la elaboración del néctar de membrillo. La integración con sensores y Arduino demostró ser funcional, estable y adecuada para optimizar el control del proceso.

- El tablero logró registrar y visualizar de manera clara y accesible las variables críticas de pasteurización, cumpliendo el primer objetivo específico. La interfaz desarrollada permitió una lectura inmediata y comprensible de la temperatura y el tiempo, facilitando la supervisión continua del proceso y reduciendo la dependencia de registros manuales.

- La comparación entre los valores obtenidos por los sensores integrados y los instrumentos manuales utilizados en planta evidenció una alta concordancia, lo que valida la precisión del sistema digital. Esta coincidencia confirma que el tablero puede ser utilizado como una alternativa confiable para el monitoreo del proceso, contribuyendo a la estandarización y reducción de errores humanos.

- La implementación y validación del tablero en la planta de producción permitió evaluar su funcionalidad, usabilidad y aporte a la trazabilidad, cumpliendo el tercer objetivo específico. Durante las pruebas en campo se identificaron ajustes necesarios, como la recalibración de rangos de tiempo y la incorporación de nuevas herramientas, lo que fortaleció el desempeño del sistema.

- La incorporación de un simulador de datos y la capacidad de cargar y analizar información histórica ampliaron significativamente el alcance del tablero, convirtiéndolo en una herramienta no solo de monitoreo, sino también de análisis predictivo y retrospectivo. Esto incrementa su valor para la toma de decisiones y para la mejora continua del proceso de pasteurización.

- El proceso de desarrollo evidenció que la digitalización del control de procesos en la industria alimentaria es viable mediante herramientas accesibles como MATLAB App Designer y Arduino, permitiendo construir soluciones personalizadas, de bajo costo y adaptables a distintos escenarios productivos.

- Los resultados permiten concluir que el tablero desarrollado ofrece un desempeño confiable y comparable al equipo industrial de planta. La similitud en los rangos de temperatura, la fuerte correlación con la marmita, los errores bajos y la ausencia de diferencias significativas en los ANOVA validan la precisión, estabilidad y repetibilidad del sistema. En conjunto, estos hallazgos demuestran que el tablero constituye una herramienta viable para el monitoreo térmico del proceso de pasteurización y que puede integrarse como apoyo operativo en entornos reales de producción alimentaria.

- En conjunto, el tablero final constituye una herramienta integral que mejora la eficiencia operativa, la trazabilidad y la confiabilidad del proceso de pasteurización del néctar de membrillo, aportando una base sólida para futuras ampliaciones, como la integración de más sensores, módulos de control automático o algoritmos de predicción.

- El análisis estadístico realizado, especialmente el ANOVA de una vía, evidenció que no existen diferencias significativas entre las lecturas obtenidas por los sensores digitales y los valores de referencia, lo que confirma la confiabilidad y precisión del sistema digital propuesto para el monitoreo del proceso de pasteurización.

- La estabilidad y reproducibilidad de las lecturas corregidas, incluso bajo condiciones reales de planta, demuestran que el sistema implementado es una alternativa robusta y adecuada para el control térmico en la elaboración de néctar de membrillo, minimizando la variabilidad y favoreciendo la estandarización del proceso.

- La flexibilidad de la plataforma, que permite tanto la integración de datos históricos como la simulación de escenarios, refuerza su utilidad no solo para el monitoreo en tiempo real, sino también para el análisis predictivo y la mejora continua de los procedimientos productivos en la industria alimentaria.

VII. RECOMENDACIONES

- Es indispensable establecer protocolos de calibración y corrección de los sensores de temperatura, comparando sus lecturas con instrumentos certificados. De esta manera se asegura la confiabilidad de los datos y se evitan desviaciones que puedan comprometer la calidad fisicoquímica y sensorial del producto.

- Se sugiere definir rangos óptimos de temperatura y tiempo de pasteurización que permitan conservar compuestos bioactivos del membrillo, como vitamina C y polifenoles, garantizando al mismo tiempo la estabilidad fisicoquímica y la aceptación sensorial del néctar.

- Es recomendable entrenar a los operadores de planta en la interpretación de los tableros digitales, asegurando que comprendan la visualización de datos y puedan tomar decisiones oportunas ante desviaciones del proceso. La capacitación incrementa la eficiencia y reduce errores humanos.

- Se recomienda que el tablero de monitoreo y los procedimientos asociados se ajusten a las normas técnicas peruanas (NTP) y al Codex Alimentarius. Esto garantizará la competitividad del néctar de membrillo en mercados nacionales e internacionales, además de asegurar el cumplimiento de estándares de calidad e inocuidad.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguayo-Rojas, J., Mora-Rochín, S., Tovar-Jiménez, X., Navarro-Cortez, R., Valdez-Morales, M., & Ayala-Lujan, J. (2024). Compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y actividad antihipertensiva de membrillo (Cydonia oblonga Miller) cultivado en Zacatecas, México. Polibotánica, 0(57). https://doi.org/10.18387/polibotanica.57.12
2. Ahn, S., Kim, H., Shin, S., & Seo, Y. (2024, December 28). Real-time Calibration Model for Low-cost Sensor in Fine-grained Time series. arXiv.org. https://arxiv.org/abs/2412.20170
3. Akano, N. o. A., Hanson, N. E., Nwakile, N. C., & Esiri, N. A. E. (2024). Designing real-time safety monitoring dashboards for industrial operations: A data-driven approach. Global Journal Of Research In Science And Technology, 2(2), 001-009. https://doi.org/10.58175/gjrst.2024.2.2.0070
4. Ancans, A., Greitans, M., & Kagis, S. (2024). An efficient communication protocol for Real-Time body sensor data acquisition and feedback in interactive wearable systems. Journal of Sensor and Actuator Networks, 14(1), 4. https://doi.org/10.3390/jsan14010004
5. Bach, B., Freeman, E., Abdul-Rahman, A., Turkay, C., Khan, S., Fan, Y., & Chen, M. (2022, May 2). Dashboard Design Patterns. arXiv.org. https://arxiv.org/abs/2205.00757
6. Bačić, D. (2024). Exploring the impact of Gestalt laws of human perception in business information visualization context: An eye-tracking study. MIPRO 2024. https://www.researchgate.net/publication/381808439
7. Barboza, M. (2023). Efecto del tiempo y temperatura de pasteurización en la aceptabilidad y vida útil del néctar mixto de tuna (Opuntia ficus-indica) con aguaymanto (Physalis peruviana L.) [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial]. Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca, Perú.
8. Batista Martins, R., Silva, P., & Costa, M. (2020). Calibration and certification of industrial sensors: A global review. WSEAS Transactions on Systems and Control, 15, 103–112. https://wseas.com/journals/sac/2020/a825103-969.pdf
9. Bensattalah, A., & Belhadji, Y. (2024). Evaluating Sensor-Derived Data Quality for IoT-based Temperature Monitoring. En Advances in intelligent systems research/Advances in Intelligent Systems Research (pp. 103-116). https://doi.org/10.2991/978-94-6463-496-9_9
10. Blanda, G., Rodriguez-Roque, M. J., Comandini, P., Flores-Cordova, M. A., Salas-Salazar, N. A., Cruz-Alvarez, O., & Soto-Caballero, M. C. (2020). Phenolic profile and physicochemical characterization of quince (Cydonia oblonga Mill) fruits at different

maturity index. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 48(4), 2306-2315. https://doi.org/10.15835/nbha484121088

11. Campos Roldan, J. A., & Enríquez Flores, M. A. (2024). Diseño de un simulador aplicando el método de Smith e integración con App Designer y Simulink. Universidad Nacional de Trujillo. https://dspace.unitru.edu.pe/items/e98caba4-c7bc-417b-841a-632dacf66028/full
12. Ccencho, J. (2022). Elaboración de un Néctar de Kaky [Tesis para obtener el título de Ingeniería de Alimentos]. Universidad Nacional "San Luis Gonzaga de Ica".
13. Chalchisaa, T., Zegeye, A., Dereje, B., & Tolesa, Y. (2022). Effect of sugar, pectin, and processing temperature on the qualities of pineapple jam. International Journal of Food Properties, 25(1), 2080–2091. https://doi.org/10.1080/15538362.2022.2113598
14. Choez Ávila, J. A., & Palacios Muñoz, R. F. (2024). Aplicación de análisis de calidad para motores DC en la industria acuícola: desarrollo de una interfaz en MATLAB App Designer. Universidad Politécnica Salesiana. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27744/1/UPS-GT005243.pdf
15. Codex Alimentarius Commission. (1969/2022). GENERAL PRINCIPLES OF FOOD HYGIENE (CXC 1-1969). FAO/WHO. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS_192e.pdf
16. Codex Alimentarius Commission. (1985/2024). General standard for the labelling of prepackaged foods (CXS 1-1985). FAO/WHO. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&turl=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B1-1985%252FCXS_001e.pdf
17. Codex Alimentarius Commission. (1995/2024). GENERAL STANDARD FOR FOOD ADDITIVES (CODEX STAN 192-1995). FAO/WHO. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS_192e.pdf
18. Codex Alimentarius Commission. (1999/2022). STANDARD FOR SUGARS (CXS 212-1999). FAO/WHO. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS_192e.pdf

19. Corso, C. (2022). Design and experimental test of a pulse oximeter system to acquire vital parameters. Politecnico di Torino. https://webthesis.biblio.polito.it/25769/1/tesi.pdf
20. Da Costa, T. P., Da Costa, D. M. B., & Murphy, F. (2024). A systematic review of real-time data monitoring and its potential application to support dynamic life cycle inventories. Environmental Impact Assessment Review, 105, 107416. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2024.107416
21. Damián-Moran, G. J., et al. (2025). Industria 4.0 y su relación con la automatización en la industria alimentaria: Una revisión sistemática y bibliométrica. Manglar, 22(2), 229–243. http://dx.doi.org/10.57188/manglar.2025.025
22. Djidel, S., Bouaziz, A., Bentahar, A., Barghout, N., Dahamna, S., & Khennouf, S. (2024). Protein and sugar contents, total antioxidant capacity, analgesic and antiulcer activities of quince fruit extract. Bionatura Journal :, 1(2), 1-11. https://doi.org/10.70099/bj/2024.01.02.12
23. Elyounsi, A., & Kalashnikov, A. N. (2021). Evaluating Suitability of a DS18B20 Temperature Sensor for Use in an Accurate Air Temperature Distribution Measurement Network. Sheffield Hallam University Research Archive, 56. https://doi.org/10.3390/ecsa-8-11277
24. FAO & OMS. (2024). General standard for fruit juices and nectars (CXS 247-2005). Codex Alimentarius. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius
25. Franconeri, S. L., Padilla, L. M., Shah, P., Zacks, J. M., & Hullman, J. (2021). The Science of Visual Data Communication: What works. Gothic.net, 22(3), 110–161. https://doi.org/10.1177/15291006211051956
26. Herrera-Rocha, K. M., Rocha-Guzmán, N. E., Gallegos-Infante, J. A., González-Laredo, R. F., Larrosa-Pérez, M., & Moreno-Jiménez, M. R. (2022). Phenolic Acids and Flavonoids in Acetonic Extract from Quince (Cydonia oblonga Mill.): Nutraceuticals with Antioxidant and Anti-Inflammatory Potential. Molecules, 27(8), 2462. https://doi.org/10.3390/molecules27082462
27. Hullman, J., & Franconeri, S. (2021). Why Visualization Matters. Harvard Data Science Review. https://hdsr.mitpress.mit.edu/pub/zok97i7p
28. Instituto Nacional de Calidad [INACAL]. (2022). Norma Técnica Peruana NTP 203.110:2022. Néctares de frutas. Requisitos. Lima: INACAL.
29. Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2021). Compendio Estadístico Perú 2021. Recuperado de: https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/3000248-compendio-estadistico-peru-2021

30. Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2022). Compendio Estadístico Perú 2022. Recuperado de: https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/3655985-compendio-estadistico-peru-2022
31. Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2023). Compendio Estadístico Perú 203. Recuperado de: https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/4932612-compendio-estadistico-peru-2023
32. Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2024). Compendio Estadístico Perú 2024. Recuperado de: https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/6284790-peru-compendio-estadistico-2024
33. Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2025). Compendio Estadístico Perú 2025. Recuperado de: https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/7264121-peru-compendio-estadistico-2025
34. Instructables. (2017, October 7). Arduino and Matlab: let them talk using serial communication! Instructables. https://www.instructables.com/Arduino-and-Matlab-let-them-talk-using-serial-comm/
35. Jia, H., Ren, F., & Liu, H. (2025). Effects and improvements of storage conditions and processing on the bioaccessibility and bioavailability of phytochemicals in fruits and vegetables. International Journal of Food Science and Technology, 60(1). https://doi.org/10.1093/ijfood/vvae040
36. Khattach, O., Moussaoui, O., & Hassine, M. (2025). End-to-End Architecture for Real-Time IoT Analytics and Predictive Maintenance Using Stream Processing and ML Pipelines. Sensors, 25(9), 2945. https://doi.org/10.3390/s25092945
37. Krishnan, P., Ebenezar, U. S., Ranitha, R., Purushotham, N., & Balakrishnan, T. S. (2024). AI-driven intelligent IoT systems for real-time food quality monitoring and analysis. In 2024 International Conference on Trends in Quantum Computing and Emerging Business Technologies (pp. 1–5). IEEE. https://doi.org/10.1109/TQCEBT59414.2024.10545305
38. Kwon, D. Y., Kim, J., Park, S., & Hong, S. (2023). Advancements of remote data acquisition and processing in unmanned vehicle technologies for water quality monitoring: An extensive review. Chemosphere, 343, 140198. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140198
39. Leandres, E. (2024). Formulación y elaboración de una bebida tipo néctar a base de productos andinos con adición de stevia como edulcorante natural: Características fisicoquímicas, sensoriales y del consumidor. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional

Mayor de San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

40. MathWorks. (2023). Developing MATLAB Apps Using the Model-View-Controller Pattern. https://www.mathworks.com/company/technical-articles/developing-matlab-apps-using-the-model-view-controller-pattern.html
41. MathWorks. (2024). Generate Reports with MATLAB Report Generator. https://www.mathworks.com/help/rptgen/generate-reports.html
42. MathWorks. (2024). *Read Streaming Data from Arduino into MATLAB*. https://www.mathworks.com/help/matlab/import_export/read-streaming-data-from-arduino.html
43. MathWorks. (n.d.). Instrumentation apps for Real-Time Applications - MATLAB & Simulink. (n.d.). https://la.mathworks.com/help/slrealtime/ug/instrumentation-apps-for-real-time-application.html
44. MathWorks. (n.d.). Leer datos de transmisión desde Arduino usando la comunicación de puertos serie - MATLAB & Simulink Example. https://la.mathworks.com/help/matlab/import_export/read-streaming-data-from-arduino.html
45. MathWorks. (n.d.). MATLAB & Simulink. https://la.mathworks.com/products/matlab/app-designer.html
46. MathWorks. (n.d.). MATLAB Report Generator. https://la.mathworks.com/products/matlab-report-generator.html
47. Mosqueira Hernández, L. T. (2021). Efecto del pH y concentración de quinua (Chenopodium quinoa Willd) y aguaymanto (Physalis peruviana) en la elaboración de néctar, evaluado sensorialmente. Universidad Nacional de Cajamarca. https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/6740
48. Mustafa, M. F. M. S., Navaranjan, N., & Demirovic, A. (2024). Food cold chain logistics and management: A review of current development and emerging trends. Journal Of Agriculture And Food Research, 18, 101343. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101343
49. Najman, K., Adrian, S., Hallmann, E., Sadowska, A., Buczak, K., Waszkiewicz-Robak, B., & Szterk, A. (2023). Effect of Various Drying Methods on Physicochemical and Bioactive Properties of Quince Fruit (Cydonia oblonga Mill.). Agriculture, 13(2), 446. https://doi.org/10.3390/agriculture13020446
50. Najman, K., Adrian, S., Sadowska, A., Świąder, K., Hallmann, E., Buczak, K., & Szterk, A. (2023). Changes in Physicochemical and Bioactive Properties of Quince (Cydonia

oblonga Mill.) and Its Products. Molecules, 28(7), 3066. https://doi.org/10.3390/molecules28073066

51. Narayana, T. L., Venkatesh, C., Kiran, A., J, C. B., Kumar, A., Khan, S. B., Almusharraf, A., & Quasim, M. T. (2024). Advances in real time smart monitoring of environmental parameters using IoT and sensors. Heliyon, 10(7), e28195. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28195
52. Narra, F., Piragine, E., Benedetti, G., Ceccanti, C., Florio, M., Spezzini, J., Troisi, F., Giovannoni, R., Martelli, A., & Guidi, L. (2024). Impact of thermal processing on polyphenols, carotenoids, glucosinolates, and ascorbic acid in fruit and vegetables and their cardiovascular benefits. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 23(6), e13426. https://doi.org/10.1111/1541-4337.13426
53. Ňorbová, M., Vollmannová, A., Fedorková, S., Musilová, J., & Lidiková, J. (2024). The forgotten fruit (Cydonia oblonga Mill.) and its chemical composition: a review. European Food Research And Technology, 250(8), 2093-2102. https://doi.org/10.1007/s00217-024-04543-7
54. Peres, F. A. P., Bondarczuk, B. A., Gomes, L. d. C., Jardim, L. d. C., Corrêa, R. G. d. F., & Baierle, I. C. (2025). Advances in Food Quality Management Driven by Industry 4.0: A Systematic Review-Based Framework. Foods, 14(14), 2429. https://doi.org/10.3390/foods14142429
55. Polak, N., Kalisz, S., & Kruszewski, B. (2024). High-Temperature Short-Time and Ultra-High-Temperature Processing of Juices, Nectars and Beverages: Influences on Enzyme, Microbial Inactivation and Retention of Bioactive Compounds. Applied Sciences, 14(19), 8978. https://doi.org/10.3390/app14198978
56. "Polo, L. (2023). Digitalización de procesos: controles calidad/seguridad alimentaria. Iristrace"
57. Rather, J. A., Yousuf, S., Ashraf, Q. S., Mir, S. A., Makroo, H. A., Majid, D., Barba, F. J., & Dar, B. (2022). Nutritional and bioactive composition, nutraceutical potential, food and packaging applications of Cydonia oblonga and its byproducts: A review. Journal Of Food Composition And Analysis, 115, 105000. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.105000
58. Romero, J., Méndez, A. D., Castro-Alija, M. J., Poveda, J., & Albertos, I. (2024). Quince (Cydonia oblonga Mill.) Waste By-Product Characterization as a Potential Functional Ingredient. Sustainability, 16(19), 8596. https://doi.org/10.3390/su16198596
59. SAGE Publications. (2021). Advances in Methods and Practices in Psychological

Science. https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/25152459211045334

60. Sattar, S., Imran, M., Mushtaq, Z., Ahmad, M. H., Arshad, M. S., Holmes, M., Maycock, J., Nisar, M. F., & Khan, M. K. (2020). Retention and stability of bioactive compounds in functional peach beverage using pasteurization, microwave and ultrasound technologies. Food science and biotechnology, 29(10), 1381–1388. https://doi.org/10.1007/s10068-020-00797-5
61. Sistema Integrado de Estadística Agraria [SIEA]. (2023). Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2022. Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas. https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anuales/4-agricola
62. Solomonova, E. V., Trusov, N. A., Sorokopudov, V. N., Sorokopudova, O. A., & Nozdrina, T. D. (2023). Structure and some biochemical characteristics of quince fruits (cydonia oblonga mill.) For breeding cultivated in the conditions of the Moscow Region. Siberian Journal Of Life Sciences And Agriculture, 15(6), 106-124. https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-6-961
63. Tinoco Villa, J. M. (2023). Diseño de un sistema de control y alimentación para automatización de procesos. Universidad Continental. https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13471?locale=es
64. Tsai, S. (2024, April 17). MATLAB Review 2025. SCI Journal. https://www.scijournal.org/articles/matlab-review
65. Yang, S., Lee, Y., & Kim, S. (2025). Design and validation of a Real-Time Maintenance Monitoring System using BIM and digital twin integration. Buildings, 15(8), 1312. https://doi.org/10.3390/buildings15081312
66. Zia, H., Slatnar, A., Košmerl, T., & Korošec, M. (2024). A review study on the effects of thermal and non-thermal processing techniques on the sensory properties of fruit juices and beverages. Frontiers in Food Science and Technology, 4. https://doi.org/10.3389/frfst.2024.1405384

IX. ANEXOS

Anexo 1. Código en Arduino UNO

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

#define ONE_WIRE_BUS 2  // Pin D2

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

void setup() {
Serial.begin(9600);
sensors.begin();

// Mostrar cuántos sensores se detectaron
Serial.print("Sensores encontrados: ");
Serial.println(sensors.getDeviceCount());
}

void loop() {
sensors.requestTemperatures(); // Solicita lectura a todos los sensores

// Leer los dos primeros sensores
float temp1 = sensors.getTempCByIndex(0);
float temp2 = sensors.getTempCByIndex(1);

// Enviar en formato CSV: "23.5,24.1"
Serial.print(temp1);
Serial.print(",");
Serial.println(temp2);

delay(1000); // Ajusta según tu tasa de muestreo
}
```

Anexo 2. Código en MATLAB – Validación en Campo

```
classdef TableroCoccion < matlab.apps.AppBase

% Properties that correspond to app components
properties (Access = public)
    UIFigure                matlab.ui.Figure
    UITableAnova            matlab.ui.control.Table
    BuscarArchivosButton    matlab.ui.control.Button
    PanelEstadisticas       matlab.ui.container.Panel
    CheckBoxANOVA           matlab.ui.control.CheckBox
    CheckBoxHistograma      matlab.ui.control.CheckBox
    StatsPanel              matlab.ui.container.Panel
    MaxField2               matlab.ui.control.NumericEditField
    MinField2               matlab.ui.control.NumericEditField
    StdField2               matlab.ui.control.NumericEditField
    MeanField2              matlab.ui.control.NumericEditField
    MaxField1               matlab.ui.control.NumericEditField
    MinField1               matlab.ui.control.NumericEditField
    StdField1               matlab.ui.control.NumericEditField
    MeanField1              matlab.ui.control.NumericEditField
    MximoLabel              matlab.ui.control.Label
    MnimoLabel              matlab.ui.control.Label
    DesvStndLabel           matlab.ui.control.Label
    MediaLabel              matlab.ui.control.Label
    SerialStatusLabel       matlab.ui.control.Label
    SerialLamp              matlab.ui.control.Lamp
    CiudadUniversitariaLimaPerLabel  matlab.ui.control.Label
    PlantaPilotoFacultaddeQumicaeIngenieraQumicaLabel  matlab.ui.control.Label
    CalibrationPanel        matlab.ui.container.Panel
    ResetCalibrationButton  matlab.ui.control.Button
    ApplyCalibrationButton  matlab.ui.control.Button
    FactorField2            matlab.ui.control.NumericEditField
    FactorSensor2Label      matlab.ui.control.Label
    FactorField1            matlab.ui.control.NumericEditField
    OffsetSensor2Label      matlab.ui.control.Label
    OffsetField2            matlab.ui.control.NumericEditField
    FactorSensor1Label      matlab.ui.control.Label
    OffsetField1            matlab.ui.control.NumericEditField
    OffsetSensor1Label      matlab.ui.control.Label
    FACULTADDEQUMICAEINGENIERAQUMICALabel  matlab.ui.control.Label
    Image                   matlab.ui.control.Image
    TemperatureField2       matlab.ui.control.NumericEditField
    NotificationArea        matlab.ui.control.TextArea
    MensajesdelsistemaLabel  matlab.ui.control.Label
    SummaryTable            matlab.ui.control.Table
    SaveButton              matlab.ui.control.Button
    RedLamp                 matlab.ui.control.Lamp
    StopButton              matlab.ui.control.Button
    StartButton             matlab.ui.control.Button
    YellowLamp              matlab.ui.control.Lamp
```

```
    PauseButton             matlab.ui.control.StateButton
    GreenLamp               matlab.ui.control.Lamp
    TemperatureField1       matlab.ui.control.NumericEditField
    TablerodeControlProcesodeCoccindeNctardeMembrilloLabel  matlab.ui.control.Label
    UIAxesDiff              matlab.ui.control.UIAxes
    UIAxes2                 matlab.ui.control.UIAxes
    UIAxes1                 matlab.ui.control.UIAxes
end


properties (Access = private)
    s % Description
    enPausa % Estado de pausa
    temperatura1     % Vector para guardar temperaturas
    temperatura2     % Vector para guardar temperaturas
    tiempo         % Vector para guardar tiempo
    lineaSensor1   %Vector sensor 1
    lineaSensor2  %Vector sensor 2600
    lineaSensor1_raw
     lineaSensor2_raw
    diferenciaTermica % Vector para ΔT
    lineaDiff
    temp1_raw
     temp2_raw
     temp1_raw_series
     temp2_raw_series
     offset1 = 0;
     offset2 = 0;
     factor1 = 1;
     factor2 = 1;
     t0
      end


% Callbacks that handle component events
methods (Access = private)

    % Code that executes after component creation
    function startupFcn(app)
     try
app.s = serialport("COM4", 9600,"Timeout",5);
configureTerminator(app.s, "LF");
flush(app.s);

% Estado conectado
app.SerialLamp.Color = [0 0.8 0]; % verde
app.SerialStatusLabel.Text = "Conectado";
catch
% Estado desconectado
app.SerialLamp.Color = [0.8 0 0]; % rojo
app.SerialStatusLabel.Text = "Desconectado";
```

```
        end

        end

        % Button pushed function: StartButton
        function StartButtonPushed(app, event)
            global parar datos
    parar = 0;
    app.enPausa = false;

    % Tiempo máximo en segundos
        muestras = 600;
        contador = 1;

        % Reiniciar vectores
app.temperatura1 = zeros(1, muestras); %Sensor 1 con corrección
app.temperatura2 = zeros(1, muestras); %Sensor 2 con corrección
app.temp1_raw_series = [];  % Sensor 1 original
app.temp2_raw_series = [];  % Sensor 2 original

app.tiempo = zeros(1, muestras);

% Limpiar gráficas
cla(app.UIAxes1); % Gráfica para sensor 1
cla(app.UIAxes2); % Gráfica para sensor 2
app.lineaSensor1 = animatedline(app.UIAxes1, 'Color', 'r', 'LineWidth', 2);
app.lineaSensor2 = animatedline(app.UIAxes2, 'Color', 'b', 'LineWidth', 2);
app.UIAxes1.XLim = [0 muestras];
app.UIAxes1.YLim = [0 100];
app.UIAxes2.XLim = [0 muestras];
app.UIAxes2.YLim = [0 100];
app.lineaSensor1_raw = animatedline(app.UIAxes1, 'Color', [0.3 0.6 1], 'LineStyle', '--',
'LineWidth', 1.5);
app.lineaSensor2_raw = animatedline(app.UIAxes2, 'Color', [0.2 0.8 0.4], 'LineStyle', '--',
'LineWidth', 1.5);
legend(app.UIAxes1, {'Sensor 1 - Corregido', 'Sensor 1 - Original'}, 'Location', 'best');
legend(app.UIAxes2, {'Sensor 2 - Corregido', 'Sensor 2 - Original'}, 'Location', 'best');

% Limpiar tabla
app.SummaryTable.Data = {};

% Reiniciar campos de temperatura
app.TemperatureField1.Value = 0;
app.TemperatureField2.Value = 0;

app.diferenciaTermica = zeros(1, muestras);
cla(app.UIAxesDiff);
app.UIAxesDiff.XLim = [0 muestras];
app.UIAxesDiff.YLim = [0 20]; % Ajusta según tu rango esperado
app.lineaDiff = animatedline(app.UIAxesDiff, 'Color', 'k', 'LineWidth', 2);
```

```
% Configuración previa...
flush(app.s);

% Bucle de lectura
while contador <= muestras
   if parar == 1
      break;
   elseif app.enPausa
      pause(0.1);
      continue;
   else
      % Leer línea desde Arduino: "23.5,24.1"
      tempStr = readline(app.s);
      valores = str2double(split(tempStr, ','));

      if numel(valores) == 2 && all(~isnan(valores))
       % Guardar valores originales (sin corrección)
       app.temp1_raw = valores(1);
       app.temp2_raw = valores(2);

       % Guardar en vectores
        app.temp1_raw_series(end+1) = app.temp1_raw;
        app.temp2_raw_series(end+1) = app.temp2_raw;

        % Aplicar corrección

         temp1 = app.factor1 * valores(1) + app.offset1;
        temp2 = app.factor2 * valores(2) + app.offset2;


         % Actualizar campos
         app.TemperatureField1.Value = temp1;
         app.TemperatureField2.Value = temp2;

         % Guardar datos
         app.temperatura1(contador) = temp1;
         app.temperatura2(contador) = temp2;

         % Estadísticas para Sensor 1
         app.MeanField1.Value = mean(app.temperatura1(1:contador));
         app.StdField1.Value  = std(app.temperatura1(1:contador));
         app.MinField1.Value  = min(app.temperatura1(1:contador));
         app.MaxField1.Value  = max(app.temperatura1(1:contador));

         % Estadísticas para Sensor 2
         app.MeanField2.Value = mean(app.temperatura2(1:contador));
         app.StdField2.Value  = std(app.temperatura2(1:contador));
         app.MinField2.Value  = min(app.temperatura2(1:contador));
         app.MaxField2.Value  = max(app.temperatura2(1:contador));
         app.tiempo(contador) = contador;
```

```
            % Calcular diferencia térmica
            deltaT = abs(temp1 - temp2);
            app.diferenciaTermica(contador) = deltaT;

            % Alerta por diferencia térmica elevada
             if abs(deltaT) > 5 % puedes ajustar el umbral
             app.NotificationArea.Value = sprintf('⚠ Diferencia térmica alta: %.2f °C', deltaT);
             app.NotificationArea.FontColor = [1 0 0]; % rojo
             else
             app.NotificationArea.Value = 'Sistema estable';
             app.NotificationArea.FontColor = [0 0.5 0]; % verde
             end

            % Graficar diferencia
            addpoints(app.lineaDiff, contador, deltaT);

            % Graficar
            addpoints(app.lineaSensor1, contador, temp1);
            addpoints(app.lineaSensor2, contador, temp2);
            addpoints(app.lineaSensor1_raw, contador, app.temp1_raw);
            addpoints(app.lineaSensor2_raw, contador, app.temp2_raw);

            drawnow limitrate; % Actualiza la gráfica sin saturar el render

            % Actualizar tabla
            datos = [app.tiempo(1:contador); app.temperatura1(1:contador);
app.temperatura2(1:contador)];
            app.SummaryTable.Data = datos';
        end

        contador = contador + 1;
    end
end



        end

        % Button pushed function: StopButton
        function StopButtonPushed(app, event)
            global parar
            parar = 1;
        end

        % Button pushed function: SaveButton
        function SaveButtonPushed(app, event)
         % === Crear timestamp y nombre de archivo único ===
    timestamp = datestr(now, 'yyyymmdd_HHMMSS');
    filename = ['datos_' timestamp '.xlsx'];

    % === Crear tabla de datos crudos ===
    T = table(app.tiempo', app.temperatura1', app.temperatura2', ...
```

```
        'VariableNames', {'Tiempo_s', 'Sensor1_C', 'Sensor2_C'});

    % === Calcular estadísticas ===
    stats = table( ...
        mean(app.temperatura1), std(app.temperatura1), min(app.temperatura1),
max(app.temperatura1), ...
        mean(app.temperatura2), std(app.temperatura2), min(app.temperatura2),
max(app.temperatura2), ...
        'VariableNames', {'Media1','Desv1','Min1','Max1','Media2','Desv2','Min2','Max2'});

    % === Crear tabla de calibración ===
    calibracion = table( ...
        app.offset1, app.factor1, app.offset2, app.factor2, ...
        'VariableNames', {'Offset1','Factor1','Offset2','Factor2'});

    % === Guardar calibración y datos en hoja "Lecturas" ===
    writetable(calibracion, filename, 'Sheet', 'Lecturas', 'Range', 'F1');
    writetable(T, filename, 'Sheet', 'Lecturas', 'Range', 'A5');

    % === Guardar estadísticas en hoja "Estadisticas" ===
    writetable(stats, filename, 'Sheet', 'Estadisticas');

    % === Generar histogramas si está marcado ===
    if app.CheckBoxHistograma.Value
        fig1 = figure('Visible','off');
        ax1 = axes('Parent', fig1);
        histogram(ax1, app.temperatura1, 'BinWidth', 1);
        title(ax1, 'Histograma Sensor 1');
        xlabel(ax1, 'Temperatura (°C)');
        ylabel(ax1, 'Frecuencia');
        saveas(fig1, ['hist_sensor1_' timestamp '.png']);
        close(fig1);

        fig2 = figure('Visible','off');
        ax2 = axes('Parent', fig2);
        histogram(ax2, app.temperatura2, 'BinWidth', 1);
        title(ax2, 'Histograma Sensor 2');
        xlabel(ax2, 'Temperatura (°C)');
        ylabel(ax2, 'Frecuencia');
        saveas(fig2, ['hist_sensor2_' timestamp '.png']);
        close(fig2);
    end

    % === Cálculo manual de skewness y kurtosis ===
    n1 = numel(app.temperatura1);
    m1 = mean(app.temperatura1);
    s1 = std(app.temperatura1);
    skew1 = (1/n1) * sum(((app.temperatura1 - m1)/s1).^3);
    kurt1 = (1/n1) * sum(((app.temperatura1 - m1)/s1).^4);

    n2 = numel(app.temperatura2);
```

```
    m2 = mean(app.temperatura2);
    s2 = std(app.temperatura2);
    skew2 = (1/n2) * sum(((app.temperatura2 - m2)/s2).^3);
    kurt2 = (1/n2) * sum(((app.temperatura2 - m2)/s2).^4);

    normalidadStats = table(["Sensor 1"; "Sensor 2"], ...
                            [skew1; skew2], ...
                            [kurt1; kurt2], ...
                            'VariableNames', {'Sensor', 'Skewness', 'Kurtosis'});

    writetable(normalidadStats, filename, 'Sheet', 'Normalidad');

    % === ANOVA entre sensores si está marcado ===
    if app.CheckBoxANOVA.Value
        datos = [app.temperatura1, app.temperatura2];
        datos = datos(:);
        n = numel(app.temperatura1);
        grupos = [repmat("Sensor1", n, 1); repmat("Sensor2", n, 1)];

        [p, tbl, ~] = anova1(datos, grupos, 'off');
        anovaTabla = cell2table(tbl(2:end,:), 'VariableNames', tbl(1,:));
        writetable(anovaTabla, filename, 'Sheet', 'ANOVA');

        % Interpretación textual
        if p < 0.05
            mensaje = sprintf('ANOVA entre sensores: p = %.4f → diferencia significativa', p);
        else
            mensaje = sprintf('ANOVA entre sensores: p = %.4f → sin diferencia significativa', p);
        end

        interpretacion = table({mensaje}, 'VariableNames', {'Interpretacion'});
        writetable(interpretacion, filename, 'Sheet', 'ANOVA', 'Range', 'G1');

        % Mostrar alerta con resultado ANOVA
        uialert(app.UIFigure, mensaje, 'Resultado ANOVA');
    end

    % === Confirmación final ===
    uialert(app.UIFigure, 'Datos, histogramas y análisis guardados exitosamente.', 'Exportación
completada');

        end

        % Value changed function: PauseButton, TemperatureField1
        function PauseButtonValueChanged(app, event)
         app.enPausa = ~app.enPausa;

    if app.enPausa
        app.PauseButton.Text = "Reanudar";
        app.NotificationArea.Value = "Lectura pausada.";
```

```
        % Último valor del sensor 1
        if ~isempty(app.temperatura1) && isnumeric(app.temperatura1(end)) &&
isscalar(app.temperatura1(end))
            ultimo1 = app.temperatura1(end);
        else
            ultimo1 = NaN;
        end

        % Último valor del sensor 2
        if ~isempty(app.temperatura2) && isnumeric(app.temperatura2(end)) &&
isscalar(app.temperatura2(end))
            ultimo2 = app.temperatura2(end);
        else
            ultimo2 = NaN;
        end

        % Ajustar límites y mostrar valores
        app.TemperatureField1.Limits = [0 150];
        app.TemperatureField2.Limits = [0 150];

        app.TemperatureField1.Value = min(max(ultimo1, app.TemperatureField1.Limits(1)),
app.TemperatureField1.Limits(2));
        app.TemperatureField2.Value = min(max(ultimo2, app.TemperatureField2.Limits(1)),
app.TemperatureField2.Limits(2));

    else
        app.PauseButton.Text = "Pausar";
        app.NotificationArea.Value = "Lectura reanudada.";
    end

        end

        % Button pushed function: ApplyCalibrationButton
        function ApplyCalibrationButtonPushed(app, event)
            % Leer valores ingresados por el usuario
    app.offset1 = app.OffsetField1.Value;
    app.offset2 = app.OffsetField2.Value;
    app.factor1 = app.FactorField1.Value;
    app.factor2 = app.FactorField2.Value;

    % Validación básica
    if isnan(app.offset1) || isnan(app.offset2) || isnan(app.factor1) || isnan(app.factor2)
        app.NotificationArea.Value = '⚠ Error: valores de calibración inválidos.';
        app.NotificationArea.FontColor = [1 0 0]; % rojo
        return;
    end

    % Confirmación visual
    app.NotificationArea.Value = sprintf('☑ Calibración aplicada:\nSensor 1 → Offset %.2f,
Factor %.2f\nSensor 2 → Offset %.2f, Factor %.2f', ...
        app.offset1, app.factor1, app.offset2, app.factor2);
```

```
app.NotificationArea.FontColor = [0 0.5 0]; % verde


    end

    % Button pushed function: ResetCalibrationButton
    function ResetCalibrationButtonPushed(app, event)
        % Restablecer valores internos
app.offset1 = 0;
app.offset2 = 0;
app.factor1 = 1;
app.factor2 = 1;

% Actualizar campos visuales
app.OffsetField1.Value = 0;
app.OffsetField2.Value = 0;
app.FactorField1.Value = 1;
app.FactorField2.Value = 1;

% Confirmación visual
app.NotificationArea.Value = '🔄 Calibración restablecida a valores originales.';
app.NotificationArea.FontColor = [0 0.5 0]; % verde

    end

    % Button pushed function: BuscarArchivosButton
    function BuscarArchivosButtonPushed(app, event)
        % Paso 1: Selección de archivos
[files, path] = uigetfile('*.xlsx', 'Selecciona 3 archivos Excel', 'MultiSelect', 'on');

% Validaciones
if isequal(files, 0)
    uialert(app.UIFigure, 'No se seleccionó ningún archivo.', 'Aviso');
    return;
end

if ~iscell(files)
    files = {files};
end

if numel(files) ~= 3
    uialert(app.UIFigure, 'Debes seleccionar exactamente 3 archivos.', 'Error');
    return;
end

try
    % Paso 2: Leer columnas Sensor1 y Sensor2 de cada archivo
    tabla1 = readtable(fullfile(path, files{1}));
    tabla2 = readtable(fullfile(path, files{2}));
    tabla3 = readtable(fullfile(path, files{3}));
```

```
        % Paso 3: Preparar datos para ANOVA de 6 grupos
        datos = [tabla1.Sensor1_C; tabla1.Sensor2_C;
                 tabla2.Sensor1_C; tabla2.Sensor2_C;
                 tabla3.Sensor1_C; tabla3.Sensor2_C];

        grupos = [repmat({'S1_A1'}, height(tabla1), 1);
                  repmat({'S2_A1'}, height(tabla1), 1);
                  repmat({'S1_A2'}, height(tabla2), 1);
                  repmat({'S2_A2'}, height(tabla2), 1);
                  repmat({'S1_A3'}, height(tabla3), 1);
                  repmat({'S2_A3'}, height(tabla3), 1)];

        % Paso 4: Ejecutar ANOVA
        [p, tablaAnova, stats] = anova1(datos, grupos, 'off');

        % Paso 5: Mostrar resultados en UITable
app.UITableAnova.Data = tablaAnova;
        app.UITableAnova.ColumnName = tablaAnova.Properties.VariableNames;
        app.UITableAnova.RowName = tablaAnova.Properties.RowNames;

        % Mostrar p-valor
        msg = sprintf('ANOVA de 6 grupos completado. p-valor = %.4f', p);
        uialert(app.UIFigure, msg, 'Resultado');

    catch
        uialert(app.UIFigure, 'Error al procesar los archivos. Verifica que tengan columnas
 "Sensor1" y "Sensor2".', 'Error');
    end

        end
    end

    % Component initialization
    methods (Access = private)

        % Create UIFigure and components
        function createComponents(app)

            % Get the file path for locating images
            pathToMLAPP = fileparts(mfilename('fullpath'));

            % Create UIFigure and hide until all components are created
            app.UIFigure = uifigure('Visible', 'off');
            app.UIFigure.Position = [100 100 1174 602];
            app.UIFigure.Name = 'MATLAB App';

            % Create UIAxes1
            app.UIAxes1 = uiaxes(app.UIFigure);
            title(app.UIAxes1, 'Sensor 1')
            xlabel(app.UIAxes1, 'Tiempo')
            ylabel(app.UIAxes1, 'Temperatura')
```

```
        zlabel(app.UIAxes1, 'Z')
        app.UIAxes1.FontName = 'Times New Roman';
        app.UIAxes1.FontWeight = 'bold';
        app.UIAxes1.XColor = [0 0 0];
        app.UIAxes1.YColor = [0 0 0];
        app.UIAxes1.GridColor = [0.8 0.8 0.8];
        app.UIAxes1.MinorGridColor = [0 0 0];
        app.UIAxes1.XGrid = 'on';
        app.UIAxes1.YGrid = 'on';
        app.UIAxes1.Position = [16 266 419 249];

        % Create UIAxes2
        app.UIAxes2 = uiaxes(app.UIFigure);
        title(app.UIAxes2, 'Sensor 2')
        xlabel(app.UIAxes2, 'Tiempo')
        ylabel(app.UIAxes2, 'Temperatura')
        zlabel(app.UIAxes2, 'Z')
        app.UIAxes2.FontName = 'Times New Roman';
        app.UIAxes2.FontWeight = 'bold';
        app.UIAxes2.XColor = [0 0 0];
        app.UIAxes2.YColor = [0 0 0];
        app.UIAxes2.GridColor = [0.8 0.8 0.8];
        app.UIAxes2.MinorGridColor = [0 0 0];
        app.UIAxes2.XGrid = 'on';
        app.UIAxes2.YGrid = 'on';
        app.UIAxes2.Position = [15 9 419 254];

        % Create UIAxesDiff
        app.UIAxesDiff = uiaxes(app.UIFigure);
        title(app.UIAxesDiff, ' △ T')
        xlabel(app.UIAxesDiff, 'Tiempo')
        zlabel(app.UIAxesDiff, 'Z')
        app.UIAxesDiff.FontName = 'Times New Roman';
        app.UIAxesDiff.FontWeight = 'bold';
        app.UIAxesDiff.XColor = [0 0 0];
        app.UIAxesDiff.YColor = [0 0 0];
        app.UIAxesDiff.GridColor = [0.8 0.8 0.8];
        app.UIAxesDiff.MinorGridColor = [0 0 0];
        app.UIAxesDiff.XGrid = 'on';
        app.UIAxesDiff.YGrid = 'on';
        app.UIAxesDiff.Position = [438 263 423 249];

        % Create TablerodeControlProcesodeCoccindeNctardeMembrilloLabel
        app.TablerodeControlProcesodeCoccindeNctardeMembrilloLabel =
uilabel(app.UIFigure);
        app.TablerodeControlProcesodeCoccindeNctardeMembrilloLabel.FontName = 'Times
New Roman';
        app.TablerodeControlProcesodeCoccindeNctardeMembrilloLabel.FontSize = 16;
        app.TablerodeControlProcesodeCoccindeNctardeMembrilloLabel.FontWeight = 'bold';
        app.TablerodeControlProcesodeCoccindeNctardeMembrilloLabel.Position = [366 546
455 22];
```

```
        app.TablerodeControlProcesodeCoccindeNctardeMembrilloLabel.Text = 'Tablero de Control - Proceso de Pasteurización de Néctar de Membrillo';

        % Create TemperatureField1
        app.TemperatureField1 = uieditfield(app.UIFigure, 'numeric');
        app.TemperatureField1.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app, @PauseButtonValueChanged, true);
        app.TemperatureField1.FontWeight = 'bold';
        app.TemperatureField1.Position = [360 499 64 22];

        % Create GreenLamp
        app.GreenLamp = uilamp(app.UIFigure);
        app.GreenLamp.Position = [897 527 20 20];

        % Create PauseButton
        app.PauseButton = uibutton(app.UIFigure, 'state');
        app.PauseButton.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app, @PauseButtonValueChanged, true);
        app.PauseButton.Text = 'Pausar/Reanudar';
        app.PauseButton.BackgroundColor = [0.149 0.149 0.149];
        app.PauseButton.FontSize = 11;
        app.PauseButton.FontWeight = 'bold';
        app.PauseButton.FontColor = [1 1 1];
        app.PauseButton.Position = [1031 381 131 25];

        % Create YellowLamp
        app.YellowLamp = uilamp(app.UIFigure);
        app.YellowLamp.Position = [928 527 20 20];

        % Create StartButton
        app.StartButton = uibutton(app.UIFigure, 'push');
        app.StartButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @StartButtonPushed, true);
        app.StartButton.BackgroundColor = [0.0667 0.4431 0.7451];
        app.StartButton.FontSize = 11;
        app.StartButton.FontWeight = 'bold';
        app.StartButton.FontColor = [1 1 1];
        app.StartButton.Position = [888 382 131 23];
        app.StartButton.Text = 'Iniciar Registro';

        % Create StopButton
        app.StopButton = uibutton(app.UIFigure, 'push');
        app.StopButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @StopButtonPushed, true);
        app.StopButton.BackgroundColor = [0.149 0.149 0.149];
        app.StopButton.FontSize = 11;
        app.StopButton.FontWeight = 'bold';
        app.StopButton.FontColor = [1 1 1];
        app.StopButton.Position = [889 353 131 25];
        app.StopButton.Text = 'Detener Registro';

        % Create RedLamp
        app.RedLamp = uilamp(app.UIFigure);
```

```
        app.RedLamp.Position = [958 527 20 20];

        % Create SaveButton
        app.SaveButton = uibutton(app.UIFigure, 'push');
        app.SaveButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @SaveButtonPushed, true);
        app.SaveButton.BackgroundColor = [0.9216 0.5882 0.2941];
        app.SaveButton.FontSize = 11;
        app.SaveButton.FontWeight = 'bold';
        app.SaveButton.FontColor = [1 1 1];
        app.SaveButton.Position = [1030 354 131 23];
        app.SaveButton.Text = 'Guardar Reporte';

        % Create SummaryTable
        app.SummaryTable = uitable(app.UIFigure);
        app.SummaryTable.ColumnName = {'"Tiempo (s)"'; '"S1-Temperatura (°C)"'; '"S2-
Temperatura (°C)"'};
        app.SummaryTable.RowName = {};
        app.SummaryTable.Position = [448 26 413 228];

        % Create MensajesdelsistemaLabel
        app.MensajesdelsistemaLabel = uilabel(app.UIFigure);
        app.MensajesdelsistemaLabel.HorizontalAlignment = 'center';
        app.MensajesdelsistemaLabel.FontName = 'Times New Roman';
        app.MensajesdelsistemaLabel.FontSize = 11;
        app.MensajesdelsistemaLabel.FontWeight = 'bold';
        app.MensajesdelsistemaLabel.Position = [892 42 112 22];
        app.MensajesdelsistemaLabel.Text = 'Mensajes del sistema...';

        % Create NotificationArea
        app.NotificationArea = uitextarea(app.UIFigure);
        app.NotificationArea.FontName = 'Times New Roman';
        app.NotificationArea.FontSize = 11;
        app.NotificationArea.Position = [891 26 269 17];

        % Create TemperatureField2
        app.TemperatureField2 = uieditfield(app.UIFigure, 'numeric');
        app.TemperatureField2.FontWeight = 'bold';
        app.TemperatureField2.Position = [360 249 64 22];

        % Create Image
        app.Image = uiimage(app.UIFigure);
        app.Image.Position = [21 531 198 58];
        app.Image.ImageSource = fullfile(pathToMLAPP, 'UNMSM_escudo_XVI-
XXI_transparente_siglas_nombre_horizontal.svg');

        % Create FACULTADDEQUMICAEINGENIERAQUMICALabel
        app.FACULTADDEQUMICAEINGENIERAQUMICALabel = uilabel(app.UIFigure);
        app.FACULTADDEQUMICAEINGENIERAQUMICALabel.FontName = 'Times New
Roman';
        app.FACULTADDEQUMICAEINGENIERAQUMICALabel.FontSize = 16;
        app.FACULTADDEQUMICAEINGENIERAQUMICALabel.FontWeight = 'bold';
```

```
        app.FACULTADDEQUMICAEINGENIERAQUMICALabel.Position = [396 571 396
22];
        app.FACULTADDEQUMICAEINGENIERAQUMICALabel.Text = 'FACULTAD DE
QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA';

        % Create CalibrationPanel
        app.CalibrationPanel = uipanel(app.UIFigure);
        app.CalibrationPanel.TitlePosition = 'centertop';
        app.CalibrationPanel.Title = 'Panel de Calibración de Sensores';
        app.CalibrationPanel.FontName = 'Times New Roman';
        app.CalibrationPanel.FontWeight = 'bold';
        app.CalibrationPanel.Position = [883 411 278 110];

        % Create OffsetSensor1Label
        app.OffsetSensor1Label = uilabel(app.CalibrationPanel);
        app.OffsetSensor1Label.HorizontalAlignment = 'right';
        app.OffsetSensor1Label.FontSize = 11;
        app.OffsetSensor1Label.Position = [10 60 81 22];
        app.OffsetSensor1Label.Text = 'Offset Sensor 1';

        % Create OffsetField1
        app.OffsetField1 = uieditfield(app.CalibrationPanel, 'numeric');
        app.OffsetField1.Position = [98 61 34 22];

        % Create FactorSensor1Label
        app.FactorSensor1Label = uilabel(app.CalibrationPanel);
        app.FactorSensor1Label.HorizontalAlignment = 'right';
        app.FactorSensor1Label.FontSize = 11;
        app.FactorSensor1Label.Position = [145 61 81 22];
        app.FactorSensor1Label.Text = 'Offset Sensor 2';

        % Create OffsetField2
        app.OffsetField2 = uieditfield(app.CalibrationPanel, 'numeric');
        app.OffsetField2.Position = [237 61 33 22];

        % Create OffsetSensor2Label
        app.OffsetSensor2Label = uilabel(app.CalibrationPanel);
        app.OffsetSensor2Label.HorizontalAlignment = 'right';
        app.OffsetSensor2Label.FontSize = 11;
        app.OffsetSensor2Label.Position = [6 37 83 22];
        app.OffsetSensor2Label.Text = 'Factor Sensor 1';

        % Create FactorField1
        app.FactorField1 = uieditfield(app.CalibrationPanel, 'numeric');
        app.FactorField1.FontSize = 11;
        app.FactorField1.Position = [98 37 35 22];

        % Create FactorSensor2Label
        app.FactorSensor2Label = uilabel(app.CalibrationPanel);
        app.FactorSensor2Label.HorizontalAlignment = 'right';
        app.FactorSensor2Label.FontSize = 11;
```

```
        app.FactorSensor2Label.Position = [145 36 83 22];
        app.FactorSensor2Label.Text = 'Factor Sensor 2';

        % Create FactorField2
        app.FactorField2 = uieditfield(app.CalibrationPanel, 'numeric');
        app.FactorField2.FontSize = 11;
        app.FactorField2.Position = [237 36 35 22];

        % Create ApplyCalibrationButton
        app.ApplyCalibrationButton = uibutton(app.CalibrationPanel, 'push');
        app.ApplyCalibrationButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@ApplyCalibrationButtonPushed, true);
        app.ApplyCalibrationButton.FontSize = 11;
        app.ApplyCalibrationButton.FontWeight = 'bold';
        app.ApplyCalibrationButton.Position = [27 9 100 22];
        app.ApplyCalibrationButton.Text = 'Aplicar';

        % Create ResetCalibrationButton
        app.ResetCalibrationButton = uibutton(app.CalibrationPanel, 'push');
        app.ResetCalibrationButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@ResetCalibrationButtonPushed, true);
        app.ResetCalibrationButton.FontSize = 11;
        app.ResetCalibrationButton.FontWeight = 'bold';
        app.ResetCalibrationButton.Position = [159 9 100 22];
        app.ResetCalibrationButton.Text = 'Restablecer';

        % Create PlantaPilotoFacultaddeQumicaeIngenieraQumicaLabel
        app.PlantaPilotoFacultaddeQumicaeIngenieraQumicaLabel = uilabel(app.UIFigure);
        app.PlantaPilotoFacultaddeQumicaeIngenieraQumicaLabel.FontName = 'Times New
Roman';
        app.PlantaPilotoFacultaddeQumicaeIngenieraQumicaLabel.FontWeight = 'bold';
        app.PlantaPilotoFacultaddeQumicaeIngenieraQumicaLabel.Position = [868 571 301 22];
        app.PlantaPilotoFacultaddeQumicaeIngenieraQumicaLabel.Text = 'Planta Piloto
(Facultad de Química e Ingeniería Química';

        % Create CiudadUniversitariaLimaPerLabel
        app.CiudadUniversitariaLimaPerLabel = uilabel(app.UIFigure);
        app.CiudadUniversitariaLimaPerLabel.FontName = 'Times New Roman';
        app.CiudadUniversitariaLimaPerLabel.FontWeight = 'bold';
        app.CiudadUniversitariaLimaPerLabel.Position = [973 550 187 22];
        app.CiudadUniversitariaLimaPerLabel.Text = 'Ciudad Universitaria (Lima - Perú)';

        % Create SerialLamp
        app.SerialLamp = uilamp(app.UIFigure);
        app.SerialLamp.Position = [1029 528 20 20];

        % Create SerialStatusLabel
        app.SerialStatusLabel = uilabel(app.UIFigure);
        app.SerialStatusLabel.FontName = 'Times New Roman';
        app.SerialStatusLabel.FontWeight = 'bold';
        app.SerialStatusLabel.Position = [1064 526 99 22];
```

```
app.SerialStatusLabel.Text = 'Estado';

% Create StatsPanel
app.StatsPanel = uipanel(app.UIFigure);
app.StatsPanel.TitlePosition = 'centertop';
app.StatsPanel.Title = 'Panel Estadístico';
app.StatsPanel.FontName = 'Times New Roman';
app.StatsPanel.FontWeight = 'bold';
app.StatsPanel.Position = [885 225 136 122];

% Create MediaLabel
app.MediaLabel = uilabel(app.StatsPanel);
app.MediaLabel.FontName = 'Times New Roman';
app.MediaLabel.FontSize = 11;
app.MediaLabel.Position = [7 66 33 22];
app.MediaLabel.Text = 'Media';

% Create DesvStndLabel
app.DesvStndLabel = uilabel(app.StatsPanel);
app.DesvStndLabel.FontName = 'Times New Roman';
app.DesvStndLabel.FontSize = 11;
app.DesvStndLabel.Position = [5 46 55 22];
app.DesvStndLabel.Text = 'Desv. Stnd.';

% Create MnimoLabel
app.MnimoLabel = uilabel(app.StatsPanel);
app.MnimoLabel.FontName = 'Times New Roman';
app.MnimoLabel.FontSize = 11;
app.MnimoLabel.Position = [9 28 40 22];
app.MnimoLabel.Text = 'Mínimo';

% Create MximoLabel
app.MximoLabel = uilabel(app.StatsPanel);
app.MximoLabel.FontName = 'Times New Roman';
app.MximoLabel.FontSize = 11;
app.MximoLabel.Position = [9 10 42 22];
app.MximoLabel.Text = 'Máximo';

% Create MeanField1
app.MeanField1 = uieditfield(app.StatsPanel, 'numeric');
app.MeanField1.FontName = 'Times New Roman';
app.MeanField1.FontSize = 10;
app.MeanField1.Position = [58 67 31 22];

% Create StdField1
app.StdField1 = uieditfield(app.StatsPanel, 'numeric');
app.StdField1.FontName = 'Times New Roman';
app.StdField1.FontSize = 10;
app.StdField1.Position = [58 46 31 22];

% Create MinField1
```

```
app.MinField1 = uieditfield(app.StatsPanel, 'numeric');
app.MinField1.FontName = 'Times New Roman';
app.MinField1.FontSize = 10;
app.MinField1.Position = [58 29 31 22];

% Create MaxField1
app.MaxField1 = uieditfield(app.StatsPanel, 'numeric');
app.MaxField1.FontName = 'Times New Roman';
app.MaxField1.FontSize = 10;
app.MaxField1.Position = [58 8 31 22];

% Create MeanField2
app.MeanField2 = uieditfield(app.StatsPanel, 'numeric');
app.MeanField2.FontName = 'Times New Roman';
app.MeanField2.FontSize = 10;
app.MeanField2.Position = [98 67 31 22];

% Create StdField2
app.StdField2 = uieditfield(app.StatsPanel, 'numeric');
app.StdField2.FontName = 'Times New Roman';
app.StdField2.FontSize = 10;
app.StdField2.Position = [98 46 31 22];

% Create MinField2
app.MinField2 = uieditfield(app.StatsPanel, 'numeric');
app.MinField2.FontName = 'Times New Roman';
app.MinField2.FontSize = 10;
app.MinField2.Position = [98 29 31 22];

% Create MaxField2
app.MaxField2 = uieditfield(app.StatsPanel, 'numeric');
app.MaxField2.FontName = 'Times New Roman';
app.MaxField2.FontSize = 10;
app.MaxField2.Position = [98 8 31 22];

% Create PanelEstadisticas
app.PanelEstadisticas = uipanel(app.UIFigure);
app.PanelEstadisticas.TitlePosition = 'centertop';
app.PanelEstadisticas.Title = 'Reporte Estadístico';
app.PanelEstadisticas.FontName = 'Times New Roman';
app.PanelEstadisticas.FontWeight = 'bold';
app.PanelEstadisticas.Position = [1034 275 129 72];

% Create CheckBoxHistograma
app.CheckBoxHistograma = uicheckbox(app.PanelEstadisticas);
app.CheckBoxHistograma.Text = 'Generar Histograma';
app.CheckBoxHistograma.FontName = 'Times New Roman';
app.CheckBoxHistograma.FontSize = 11;
app.CheckBoxHistograma.Position = [10 26 111 22];

% Create CheckBoxANOVA
```

```
            app.CheckBoxANOVA = uicheckbox(app.PanelEstadisticas);
            app.CheckBoxANOVA.Text = 'Generar ANOVA';
            app.CheckBoxANOVA.FontName = 'Times New Roman';
            app.CheckBoxANOVA.FontSize = 11;
            app.CheckBoxANOVA.Position = [10 5 97 22];

            % Create BuscarArchivosButton
            app.BuscarArchivosButton = uibutton(app.UIFigure, 'push');
            app.BuscarArchivosButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@BuscarArchivosButtonPushed, true);
            app.BuscarArchivosButton.BackgroundColor = [0.2314 0.6667 0.1961];
            app.BuscarArchivosButton.FontName = 'Times New Roman';
            app.BuscarArchivosButton.FontWeight = 'bold';
            app.BuscarArchivosButton.FontColor = [1 1 1];
            app.BuscarArchivosButton.Position = [1033 233 134 27];
            app.BuscarArchivosButton.Text = 'Buscar archivos Excel';

            % Create UITableAnova
            app.UITableAnova = uitable(app.UIFigure);
            app.UITableAnova.ColumnName = {'Column 1'; 'Column 2'; 'Column 3'; 'Column 4'};
            app.UITableAnova.RowName = {};
            app.UITableAnova.Position = [890 73 267 139];

            % Show the figure after all components are created
            app.UIFigure.Visible = 'on';
        end
    end

    % App creation and deletion
    methods (Access = public)

        % Construct app
        function app = TableroCoccion

            % Create UIFigure and components
            createComponents(app)

            % Register the app with App Designer
            registerApp(app, app.UIFigure)

            % Execute the startup function
            runStartupFcn(app, @startupFcn)

            if nargout == 0
                clear app
            end
        end

        % Code that executes before app deletion
        function delete(app)
```

```
            % Delete UIFigure when app is deleted
            delete(app.UIFigure)
        end
    end
end
```

Anexo 3. Primera Corrida – Data Cruda

Factores de Correción:

F	G	H	I
Offset1	**Factor1**	**Offset2**	**Factor2**
Number	Number	Number	Number
Offset1	Factor1	Offset2	Factor2
0.12	1.11	0.11	1.002

Data Lectura Sensores:

Tiempo (s)	Sensor 1 (°C)	Sensor 2(°C)	Marmita (°C)
1	63.39	42.32426	30.7
2	63.5343	42.50462	31.2
3	63.8118	42.75512	31.2
4	64.2225	42.88538	31.3
5	64.7775	43.07576	31.3
6	65.2659	43.25612	31.4
7	65.4768	43.38638	31.5
8	65.4768	43.57676	31.5
9	65.4768	43.697	31.6
10	65.3991	43.88738	31.7
11	65.1216	43.196	31.9
12	65.055	40.12988	32.7
13	65.1216	38.74712	33.0
14	61.6584	37.12388	33.2
15	56.3193	35.87138	33.3
16	51.3909	34.9295	33.5
17	47.3616	34.36838	34.0
18	45.1416	33.9275	34.1
19	44.52	33.05576	34.2
20	44.6643	32.86538	34.7
21	45.0084	32.9255	34.9
22	45.5634	33.23612	34.9
23	46.0518	33.86738	35.4
24	46.5291	34.61888	35.6
25	47.0175	35.18	35.7
26	47.4393	34.30826	36.0
27	47.5059	33.36638	36.0
28	46.3293	32.675	36.1
29	43.8318	32.11388	36.2
30	41.2566	31.73312	36.8
31	39.1809	31.4225	36.9
32	37.6491	31.172	36.9
33	36.5391	30.98162	37.2
34	35.7066	30.79124	37.3
35	35.085	30.671	37.5
36	34.6632	30.61088	37.6
37	34.2525	30.54074	37.8

38	33.975	30.4205	37.8
39	33.8307	30.4205	37.8
40	33.6309	30.36038	37.9
41	33.4866	30.36038	38.0
42	33.42	30.29024	38.1
43	33.3534	30.29024	38.1
44	33.2091	30.29024	38.4
45	33.2091	30.29024	38.5
46	33.2091	30.29024	38.5
47	33.1425	30.29024	38.6
48	33.1425	30.29024	38.6
49	33.1425	30.36038	38.8
50	33.1425	30.36038	38.8
51	33.1425	30.4205	39.1
52	33.1425	30.36038	39.2
53	33.1425	30.4205	39.2
54	33.2091	30.48062	39.5
55	33.2091	30.48062	39.8
56	33.2757	30.61088	39.9
57	33.2757	30.61088	39.9
58	33.3534	30.671	39.9
59	33.3534	30.671	40.3
60	33.42	30.79124	40.4
61	33.4866	30.79124	40.5
62	33.4866	30.9215	40.7
63	33.5532	30.98162	40.8
64	33.6309	31.04174	41.3
65	33.6975	31.172	41.5
66	33.7641	31.23212	41.8
67	33.8307	31.29224	41.9
68	33.975	31.36238	41.9
69	34.0416	31.48262	42.0
70	34.0416	31.54274	42.1
71	34.1859	31.673	42.3
72	34.2525	31.79324	42.3
73	34.3191	31.86338	42.3
74	34.3857	31.98362	42.5
75	34.53	32.04374	42.8
76	34.5966	32.174	43.2
77	34.7409	32.30426	43.3
78	34.8075	32.36438	43.3
79	34.8741	32.48462	43.4
80	35.085	32.61488	43.6
81	35.1516	32.73512	43.8
82	35.2182	32.80526	43.9
83	35.3625	32.98562	43.9
84	35.5734	33.05576	44.0
85	35.64	33.176	44.1
86	35.8509	33.30626	44.3
87	35.9175	33.36638	44.3
88	36.1284	33.55676	44.8
89	36.2616	33.677	44.8

90	36.4059	33.80726	44.9
91	36.5391	33.9275	44.9
92	36.75	34.05776	45.1
93	36.8943	34.178	45.1
94	37.0941	34.30826	45.1
95	37.7268	35.11988	45.3
96	39.2475	36.81326	45.3
97	41.4009	39.49862	45.8
98	43.8984	41.4425	45.8
99	45.6966	42.82526	45.8
100	47.0175	43.697	46.0
101	47.9943	44.57876	46.0
102	48.7491	45.13988	46.1
103	49.3818	45.33026	46.4
104	49.8591	45.76112	47.1
105	50.4918	46.4525	47.4
106	51.0468	46.76312	47.5
107	51.3909	47.01362	47.9
108	51.735	47.39438	48.3
109	52.0125	47.51462	48.5
110	52.29	47.705	48.5
111	52.5675	47.89538	48.7
112	52.845	48.14588	48.9
113	53.1225	48.39638	49.1
114	53.4	48.58676	49.2
115	53.7441	48.76712	49.4
116	54.1659	49.08776	49.6
117	54.4434	49.208	50.2
118	54.4434	49.26812	50.3
119	54.4434	49.39838	50.5
120	54.4434	49.51862	50.5
121	54.5766	49.64888	50.5
122	54.8541	49.64888	50.6
123	54.9984	49.76912	50.9
124	55.1316	50.01962	51.1
125	55.2759	50.21	51.2
126	55.3425	50.27012	51.6
127	55.4868	50.27012	51.6
128	55.5534	50.27012	52.1
129	55.5534	50.27012	52.3
130	55.5534	50.21	52.3
131	55.62	50.14988	52.6
132	55.6866	50.08976	52.8
133	55.6866	50.08976	53.0
134	55.6866	50.01962	53.0
135	55.6866	50.01962	53.3
136	55.6866	50.01962	53.3
137	55.6866	50.01962	53.5
138	55.6866	50.01962	53.7
139	55.6866	50.01962	53.9
140	55.7643	50.01962	53.9
141	55.7643	50.08976	54.0

142	55.7643	50.08976	54.1
143	55.7643	50.14988	54.2
144	55.7643	50.14988	54.3
145	55.8309	50.14988	54.5
146	55.8309	50.21	54.5
147	55.8309	50.21	54.6
148	55.8309	50.27012	54.7
149	55.8975	50.27012	54.9
150	55.8309	50.34026	54.9
151	55.8975	50.34026	54.9
152	55.8975	50.40038	55.0
153	55.8975	50.34026	55.1
154	55.9641	50.40038	55.1
155	56.175	50.40038	55.4
156	56.8743	50.4605	55.5
157	57.6291	51.09176	55.9
158	58.1841	51.84326	56.0
159	58.6725	52.77512	56.0
160	58.95	53.34626	56.1
161	59.3718	53.717	56.1
162	59.7825	53.90738	56.5
163	60.06	54.02762	56.5
164	60.2709	54.15788	56.7
165	60.5484	54.40838	56.8
166	60.7593	54.719	57.0
167	60.9591	55.02962	57.0
168	61.1034	55.28012	57.0
169	61.3143	55.4705	57.1
170	61.3809	55.66088	57.1
171	61.4475	55.85126	57.2
172	61.5918	55.9715	57.3
173	61.5918	56.10176	57.4
174	61.6584	56.16188	57.4
175	61.725	56.28212	57.7
176	61.7916	56.35226	57.7
177	61.7916	56.41238	58.1
178	61.7916	56.4725	58.8
179	61.7916	56.53262	58.8
180	61.8693	56.60276	59.0
181	61.8693	56.66288	59.2
182	61.8693	56.66288	59.3
183	61.8693	56.723	60.0
184	61.8693	56.723	60.1
185	61.9359	56.78312	60.2
186	61.9359	56.78312	60.6
187	62.0025	56.78312	60.8
188	62.0025	56.85326	61.1
189	62.0025	57.03362	61.4
190	62.2134	57.66488	61.5
191	62.835	58.03562	61.8
192	63.3234	58.35626	61.9
193	63.945	58.91738	61.9

194	64.4334	59.35826	62.4
195	65.1216	60.03962	62.8
196	65.5434	60.36026	63.0
197	65.8209	60.54062	63.0
198	66.0984	60.67088	63.1
199	66.3093	60.67088	63.5
200	66.5868	60.86126	63.5
201	66.8643	61.04162	63.8
202	67.0641	61.17188	63.9
203	67.3416	61.36226	64.1
204	67.5525	61.4825	64.1
205	67.6968	61.54262	64.3
206	67.83	61.61276	64.5
207	67.8966	61.67288	64.8
208	67.9743	61.79312	64.9
209	68.0409	61.86326	65.0
210	68.1075	61.92338	65.0
211	68.1075	61.9835	65.3
212	68.1741	62.04362	65.3
213	68.2518	62.04362	65.3
214	68.2518	62.11376	65.5
215	68.4516	62.234	65.6
216	68.7291	62.4845	65.9
217	68.94	63.04562	66.2
218	69.0066	63.36626	66.3
219	69.0843	63.4865	66.4
220	69.1509	63.4865	66.6
221	69.2175	63.42638	66.8
222	69.2841	63.29612	67.0
223	69.3618	63.236	67.2
224	69.3618	63.236	67.4
225	69.4284	63.17588	67.5
226	69.495	63.17588	67.7
227	69.495	63.17588	67.7
228	69.5616	63.236	67.7
229	69.5616	63.236	68.0
230	69.6393	63.236	68.7
231	69.6393	63.236	68.8
232	69.7059	63.236	69.0
233	69.7059	63.29612	69.1
234	69.7059	63.29612	69.1
235	69.7725	63.29612	69.2
236	69.7725	63.29612	69.4
237	69.7725	63.29612	69.5
238	69.8391	63.36626	69.6
239	69.9834	63.36626	69.7
240	70.05	63.36626	70.0
241	70.2609	63.42638	70.0
242	70.4718	63.42638	70.2
243	70.605	63.42638	70.3
244	70.6716	63.42638	70.3
245	70.7493	63.4865	70.4

246	70.8159	63.4865	70.6
247	70.8825	63.4865	70.6
248	70.8825	63.4865	70.6
249	70.9491	63.4865	70.8
250	70.9491	63.54662	71.0
251	70.9491	63.54662	71.0
252	70.8825	63.61676	71.5
253	70.9491	63.67688	71.8
254	70.8825	63.67688	72.0
255	70.8825	63.67688	72.5
256	70.8825	64.11776	73.0
257	70.8825	66.242	73.0
258	72.7584	67.30412	73.0
259	74.9007	67.745	73.3
260	76.0107	67.86524	73.3
261	76.6434	67.86524	73.5
262	77.1207	67.86524	73.5
263	77.3982	67.93538	73.8
264	77.6091	68.11574	73.9
265	77.8866	68.43638	74.0
266	78.4416	69.11774	74.0
267	78.7857	70.25	74.0
268	78.9966	70.81112	74.0
269	79.8291	71.252	74.1
270	80.1066	71.753	74.3
271	79.6959	71.69288	74.5
272	79.5516	71.56262	74.6
273	79.6959	71.69288	75.0
274	79.8291	71.81312	75.0
275	79.8957	71.81312	75.1
276	79.8957	71.94338	75.2
277	79.8291	72.0035	75.2
278	79.7625	72.0035	75.5
279	79.6959	72.0035	75.6
280	79.6182	72.0035	75.6
281	79.5516	71.94338	75.9
282	79.5516	71.94338	76.0
283	79.6959	71.94338	76.5
284	80.04	72.12374	76.5
285	80.3841	72.69488	76.6
286	80.5284	73.0055	76.7
287	80.6616	73.06562	76.7
288	80.9391	73.31612	76.9
289	81.0834	73.44638	77.0
290	81.0834	73.44638	77.0
291	81.15	73.44638	78.1
292	81.3609	73.44638	78.2
293	81.4941	73.5065	78.3
294	81.6384	73.69688	78.4
295	81.8382	73.87724	78.5
296	82.0491	74.12774	78.6
297	82.1934	74.258	78.7

298	82.4709	74.37824	78.9
299	82.6041	74.5085	79.1
300	82.815	74.56862	79.2
301	82.8816	74.759	79.8
302	83.0259	74.87924	80.0
303	83.2257	75.06962	80.1
304	83.37	75.26	80.5
305	83.5032	75.38024	80.8
306	83.5809	75.45038	81.2
307	83.6475	75.5105	81.3
308	83.6475	75.57062	81.6
309	83.7141	75.63074	81.7
310	83.7141	75.63074	81.7
311	83.7141	75.63074	81.7
312	83.7141	75.70088	81.8
313	83.7141	75.63074	81.9
314	83.7141	75.70088	82.0
315	83.7807	75.70088	82.4
316	83.7807	75.761	82.4
317	83.7807	75.761	82.5
318	83.7807	75.761	82.6
319	83.8584	75.761	82.9
320	83.8584	75.82112	82.9
321	83.925	75.88124	83.1
322	83.9916	75.88124	83.2
323	83.9916	75.95138	83.3
324	83.9916	75.95138	83.3
325	84.0582	76.07162	83.9
326	84.1359	76.13174	84.0
327	84.2691	76.20188	84.0
328	84.5466	76.32212	84.0
329	85.1016	76.45238	84.1
330	85.59	76.63274	84.1
331	86.145	76.88324	84.3
332	86.5557	77.20388	84.5
333	86.9109	77.57462	84.8
334	87.255	77.88524	84.8
335	87.5991	78.266	85.2
336	87.81	78.57662	85.2
337	88.2984	78.95738	85.2
338	89.1309	79.82912	85.3
339	89.475	80.71088	85.5
340	89.475	80.89124	85.5
341	89.5416	81.08162	86.0
342	89.6859	81.14174	86.1
343	89.8191	81.08162	86.1
344	89.8191	81.08162	86.3
345	89.8857	81.14174	86.6
346	89.8857	81.21188	87.1
347	89.8857	81.21188	87.2
348	89.8857	81.21188	87.6
349	89.8857	81.21188	87.8

350	89.9634	81.21188	87.9
351	89.9634	81.272	88.0
352	90.03	81.21188	88.1
353	90.0966	81.272	88.1
354	90.1632	81.272	88.4
355	90.2409	81.33212	88.4
356	90.3075	81.39224	88.4
357	90.3741	81.39224	89.0
358	90.4407	81.46238	89.2
359	90.5184	81.46238	89.3
360	90.5184	81.5225	89.4
361	90.585	81.64274	89.6
362	90.7182	81.71288	89.6
363	90.7182	81.83312	90.1
364	90.8625	81.89324	90.4
365	90.8625	82.08362	90.5
366	90.9291	82.21388	90.6
367	90.9957	82.39424	90.6
368	91.0734	82.58462	90.7
369	91.2066	82.775	90.7
370	91.3509	83.0255	90.9
371	91.4175	83.21588	90.9
372	91.6284	83.39624	90.9
373	91.695	83.64674	90.9
374	91.9059	83.83712	91.3
375	92.0391	84.0275	91.7
376	92.1834	84.21788	92.3
377	92.3832	84.33812	92.4
378	92.5275	84.5285	92.6
379	92.6607	84.64874	92.7
380	92.8716	84.83912	92.7
381	93.0159	84.96938	92.7
382	93.1491	85.08962	92.8
383	93.2934	85.21988	92.9
384	93.4266	85.34012	93.0
385	93.4932	85.40024	93.1

Anexo 4. Segunda Corrida – Data Cruda

Factores de Correción:

F	G	H	I
Offset1	**Factor1**	**Offset2**	**Factor2**
Number	Number	Number	Number
Offset1	Factor1	Offset2	Factor2
-0.055	0.99	-0.055	0.99

Data Lectura Sensores:

Tiempo (s)	Sensor 1 (°C)	Sensor 2 (°C)	Marmita (°C)
1	43.5644	39.2975	39.4
2	44	39.4856	39.5
3	44.3069	39.7331	39.6
4	44.7425	39.9806	39.6
5	45.1187	40.2281	39.8
6	45.5444	40.4162	39.8
7	45.98	40.7231	39.9
8	46.2869	40.9112	40.0
9	46.6631	41.1587	40.1
10	47.0987	41.4062	40.2
11	47.4056	41.6537	40.3
12	47.7719	41.8319	40.5
13	48.0887	42.1487	40.5
14	48.3956	42.3269	40.5
15	48.7619	42.5744	40.6
16	49.0787	42.8912	41.0
17	49.3856	43.0694	41.0
18	49.6925	43.3862	41.1
19	49.9994	43.6931	41.2
20	50.3162	43.8812	41.2
21	50.5637	44.1881	41.4
22	50.8706	44.495	41.4
23	51.1181	44.7425	41.5
24	51.425	45.1187	41.6
25	51.6725	45.4256	41.7
26	51.8606	45.7325	41.8
27	52.1081	46.0394	41.9
28	52.2962	46.4156	42.0
29	52.4744	46.7819	42.1
30	52.6625	47.1581	42.5
31	52.8506	47.5244	42.6
32	53.0387	47.96	42.8
33	53.2169	48.3362	42.9
34	53.405	48.7025	42.9
35	53.6525	49.1975	42.9
36	53.7812	49.6331	43.1
37	54.0287	50.0687	43.1
38	54.2069	50.5637	43.3
39	54.395	50.9894	43.5
40	54.5831	51.5537	43.6
41	54.8306	52.1081	43.7
42	55.0781	52.6625	43.8
43	55.2662	53.3456	44.0
44	55.4444	54.0881	44.1
45	55.6325	54.8306	44.1
46	55.8206	55.4444	44.2
47	55.9394	56.0087	44.2
48	56.0681	56.5037	44.3

49	56.2562	56.8106	44.3
50	56.375	56.9987	44.4
51	56.5631	57.0581	44.5
52	56.6819	57.1769	44.9
53	56.9294	57.1769	44.9
54	57.0581	57.1175	45.1
55	57.1769	57.1175	45.2
56	57.3056	57.0581	45.2
57	57.4937	56.9987	45.3
58	57.6125	56.9294	45.4
59	57.7412	56.8106	45.5
60	57.9194	56.7512	45.9
61	58.1075	56.6819	45.9
62	58.2956	56.6225	45.9
63	58.4144	56.5037	46.0
64	58.6025	56.5037	46.0
65	58.7906	56.5037	46.0
66	58.9787	56.5037	46.1
67	59.0975	56.6225	46.2
68	59.2262	56.7512	46.2
69	59.4044	56.9294	46.3
70	59.5925	57.1769	46.4
71	59.84	57.365	46.4
72	60.2162	57.6125	46.7
73	60.8894	57.7412	46.8
74	61.7606	57.7412	46.9
75	62.1962	57.7412	47.0
76	62.3744	57.6125	47.1
77	62.4437	57.4937	47.1
78	62.3744	57.3056	47.2
79	62.1962	57.1175	47.3
80	61.9487	56.9294	47.3
81	61.7012	56.6819	47.3
82	61.4537	56.5037	47.8
83	61.2656	56.3156	47.8
84	61.0775	56.1275	48.0
85	60.9587	55.9394	48.1
86	60.8894	55.7612	48.2
87	60.83	55.6325	48.3
88	60.7706	55.5137	48.3
89	60.7706	55.385	48.3
90	60.7112	55.2662	48.4
91	60.7112	55.1375	48.4
92	60.6419	55.0187	48.4
93	60.5231	54.89	48.6
94	60.335	54.8306	48.6
95	60.1469	54.7019	48.9
96	59.9687	54.6425	48.9
97	59.7212	54.5237	48.9
98	59.4044	54.4544	49.1
99	59.1569	54.395	49.2
100	58.9094	54.2762	49.2

101	58.6619	54.2069	49.3
102	58.4144	54.1475	49.3
103	58.2362	54.0881	49.4
104	58.1075	54.0881	49.5
105	57.9194	54.0881	49.6
106	57.8006	54.0881	49.7
107	57.7412	54.0881	49.7
108	57.6719	54.1475	49.8
109	57.6125	54.2069	50.0
110	57.5531	54.2762	50.0
111	57.4937	54.2762	50.1
112	57.4937	54.3356	50.2
113	57.4937	54.4544	50.2
114	57.4937	54.5237	50.3
115	57.4937	54.5831	50.3
116	57.6125	54.7019	50.4
117	57.6719	54.7712	50.4
118	57.8006	54.89	50.4
119	57.9194	54.9494	50.4
120	58.0481	55.0781	50.5
121	58.1669	55.1375	50.6
122	58.355	55.1969	50.6
123	58.4837	55.1969	50.7
124	58.6619	55.2662	50.9
125	58.7906	55.2662	50.9
126	58.9094	55.2662	51.2
127	59.0381	55.1969	51.3
128	59.1569	55.1969	51.4
129	59.345	55.1375	51.4
130	59.4737	55.0781	51.6
131	59.6519	55.0187	51.6
132	59.84	54.89	51.6
133	59.9687	54.8306	51.7
134	60.1469	54.6425	51.7
135	60.2756	54.5831	51.8
136	60.4637	54.4544	51.9
137	60.6419	54.3356	52.0
138	61.325	54.2069	52.1
139	61.9487	54.1475	52.3
140	62.1962	54.0881	52.5
141	62.315	54.0881	52.7
142	62.3744	54.0287	53.2
143	62.3744	54.0881	53.3
144	62.315	54.0881	53.3
145	62.1962	54.1475	54.0
146	62.0675	54.2762	54.0
147	62.0081	54.395	54.1
148	61.8794	54.4544	54.2
149	61.7012	54.5831	54.5
150	61.5131	54.7712	54.5
151	61.325	54.8306	54.7
152	61.1369	54.9494	54.7

153	61.0181	55.0781	54.8
154	60.83	55.1969	54.8
155	60.7112	55.2662	55.0
156	60.5825	55.385	55.2
157	58.355	55.5137	55.4
158	54.2069	55.6325	55.4
159	50.435	55.6919	55.5
160	47.2769	54.8306	55.6
161	44.99	53.7119	55.8
162	43.5644	52.6625	55.9
163	42.5744	51.8012	56.0
164	42.02	51.0587	56.2
165	41.6537	50.4944	56.3
166	41.4062	50.0687	56.3
167	41.2775	49.7519	56.4
168	41.2775	49.5737	56.6
169	41.2181	49.3856	56.9
170	41.2775	49.3262	57.0
171	41.3369	49.2569	57.1
172	41.4062	49.3262	57.2
173	41.4656	49.3262	57.2
174	41.9012	49.3262	57.3
175	42.5744	49.3262	57.4
176	42.9506	48.95	57.5
177	42.8219	47.96	57.5
178	42.5744	47.0294	57.7
179	42.3269	46.2869	57.8
180	42.1487	45.6137	57.9
181	42.02	45.1187	58.1
182	41.9012	44.7425	58.2
183	41.9012	44.3762	58.3
184	41.8319	44.1881	58.3
185	41.8319	44	58.4
186	41.9012	43.9406	58.5
187	41.9606	43.9406	58.5
188	41.9606	44	58.7
189	42.02	44.0594	58.7
190	42.1487	44.1287	58.8
191	42.2081	44.1881	59.0
192	42.3269	44.3762	59.2
193	42.4556	44.495	59.3
194	42.5744	44.6831	59.3
195	42.7031	44.8712	59.5
196	42.8219	45.0494	59.6
197	42.9506	45.1781	59.7
198	43.0694	45.3662	59.7
199	43.1981	45.6137	59.8
200	43.3169	45.7919	59.8
201	43.505	45.98	60.1
202	43.5644	46.1681	60.1
203	43.6931	46.3562	60.2
204	43.8812	46.5344	60.3

205	43.9406	46.7225	60.4
206	44.1287	46.9106	60.4
207	44.2475	47.0987	60.4
208	44.3069	47.2769	60.6
209	44.4356	47.4056	60.9
210	44.5544	47.5937	61.0
211	44.6831	47.7125	61.1
212	44.7425	47.9006	61.2
213	44.9306	48.0194	61.3
214	44.99	48.1481	61.3
215	45.0494	48.3362	61.3
216	45.1781	48.455	61.3
217	45.2375	48.6431	61.4
218	45.2969	48.8312	61.5
219	45.4256	49.0094	61.5
220	45.485	49.2569	61.5
221	45.6137	49.445	61.6
222	45.6731	49.6925	61.7
223	45.7919	49.8806	61.8
224	45.8612	50.0687	61.8
225	45.98	50.2469	61.9
226	46.1087	50.435	62.1
227	46.1681	50.5637	62.1
228	46.2869	50.7419	62.2
229	46.4156	50.93	62.2
230	46.5344	51.0587	62.3
231	46.6631	51.1775	62.3
232	46.7225	51.3656	62.3
233	46.8512	51.4844	62.3
234	46.97	51.6131	62.7
235	47.0294	51.6725	62.8
236	47.1581	51.8012	62.8
237	47.2769	51.8606	62.9
238	47.3462	51.9794	62.9
239	47.465	52.1081	63.3
240	47.5937	52.1675	63.5
241	47.6531	52.3556	63.5
242	47.7719	52.4744	63.6
243	47.9006	52.6031	63.6
244	47.96	52.7219	63.7
245	48.0887	52.91	63.9
246	48.2075	53.0387	63.9
247	48.2669	53.1575	64.0
248	48.3956	53.2862	64.2
249	48.455	53.405	64.3
250	48.5837	53.5337	64.4
251	48.6431	53.5931	64.4
252	48.7619	53.7812	64.5
253	48.8312	53.8406	64.5
254	48.8906	53.9	64.6
255	49.0094	53.9594	64.8
256	49.0787	54.0881	64.8

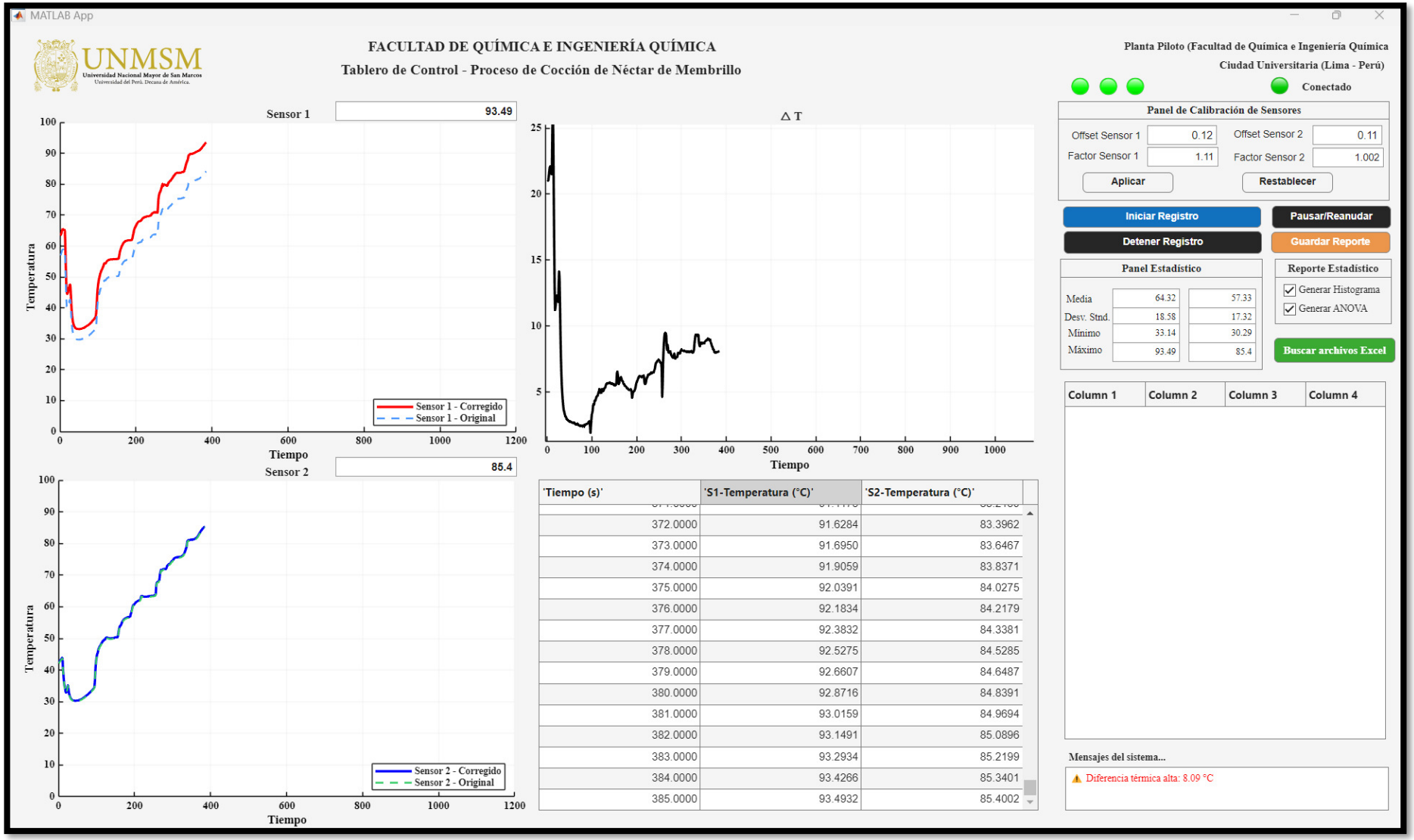
257	49.1381	54.1475	65.0
258	49.2569	54.2762	65.0
259	49.3262	54.3356	65.2
260	49.445	54.395	65.2
261	49.5737	54.5237	65.2
262	49.6925	54.5831	65.9
263	49.7519	54.6425	65.9
264	49.94	54.7712	65.9
265	49.9994	54.8306	66.0
266	50.1281	54.9494	66.0
267	50.2469	55.0781	66.0
268	50.3756	55.1969	66.1
269	50.435	55.3256	66.5
270	50.5637	55.5137	66.5
271	50.6231	55.6325	66.6
272	50.7419	55.8206	66.7
273	50.8112	56.0087	66.7
274	50.93	56.1275	67.1
275	50.9894	56.3156	67.1
276	51.1181	56.5037	67.1
277	51.1775	56.6819	67.5
278	51.3062	56.8106	67.5
279	51.3656	57.0581	67.7
280	51.4844	57.1769	67.7
281	51.5537	57.365	67.9
282	51.6131	57.4244	67.9
283	51.7319	56.9987	68.1
284	51.92	56.0087	68.2
285	52.0487	54.89	68.2
286	52.1675	53.9594	68.6
287	52.3556	53.5337	68.6
288	52.4744	53.5337	68.6
289	52.6031	53.9594	69.0
290	52.7219	54.5831	69.1
291	52.91	55.3256	69.3
292	53.0387	56.1275	69.4
293	53.2169	56.9294	69.4
294	53.405	57.7412	69.5
295	53.5931	58.4837	69.6
296	53.7812	59.2262	69.6
297	53.9594	59.8994	69.7
298	54.1475	60.5825	69.7
299	54.2762	61.2062	69.7
300	54.4544	61.82	69.8
301	54.5237	62.315	69.8
302	54.6425	62.7506	69.9
303	54.7019	63.1862	69.9
304	54.7712	63.5525	70.0
305	54.8306	63.9188	70.1
306	54.8306	64.295	70.2
307	54.89	64.6613	70.2
308	54.9494	64.9781	70.6

309	54.9494	65.285	70.6
310	55.0187	65.5325	70.8
311	55.0187	65.78	71.0
312	55.0781	65.9681	71.1
313	55.1375	66.0869	71.2
314	55.1969	66.2156	71.3
315	55.2662	66.3344	71.3
316	55.3256	66.5225	71.5
317	55.385	66.6413	71.6
318	55.4444	66.8294	71.6
319	55.5137	66.9581	71.7
320	55.6919	67.1363	71.9
321	55.5137	67.2056	71.9
322	55.0781	65.1563	71.9
323	54.9494	62.8694	72.0
324	55.0781	60.9587	72.0
325	55.5731	59.84	72.1
326	56.5037	59.6519	72.3
327	57.6125	60.1469	72.3
328	58.7906	61.0181	72.5
329	59.8994	62.2556	72.9
330	61.0775	63.5525	73.2
331	62.0675	64.8494	73.2
332	62.9981	65.8988	73.3
333	63.9188	66.8294	73.4
334	64.6019	67.4531	73.4
335	64.9088	67.5719	73.5
336	65.4038	67.76	73.5
337	66.0275	68.255	73.5
338	66.6413	68.9381	73.5
339	67.2056	69.6113	73.7
340	67.6313	70.2944	74.1
341	68.0669	71.0963	74.2
342	68.5025	71.6606	74.2
343	68.9381	72.0863	74.4
344	69.4331	72.5219	74.6
345	69.9875	72.8981	74.7
346	70.6013	73.205	74.7
347	71.225	73.3931	74.7
348	71.7794	73.5713	74.8
349	72.3338	73.7	75.0
350	72.7694	73.7594	75.0
351	73.0169	73.8881	75.3
352	73.2644	73.9475	75.5
353	73.4525	73.9475	75.5
354	73.5713	73.8881	75.6
355	73.7	74.195	75.7
356	73.9475	74.6306	75.8
357	74.195	75.1256	76.0
358	74.4425	75.4325	76.0
359	74.6306	75.7394	76.0
360	74.8781	75.9275	76.2

361	75.185	76.0463	76.2
362	75.3731	76.1156	76.2
363	75.6206	76.2344	76.6
364	75.8681	76.3631	76.7
365	76.1156	76.5413	76.9
366	76.3631	76.6106	76.9
367	76.67	76.67	77.0
368	76.9175	76.7294	77.3
369	77.1056	76.7888	77.3
370	77.2838	77.0363	77.4
371	77.6006	77.165	77.4
372	77.9669	77.2244	77.8
373	78.3431	77.1056	77.8
374	78.7094	77.0363	77.9
375	78.9569	76.8581	77.9
376	79.0163	76.7888	77.9
377	78.8975	76.9175	78.0
378	78.9569	77.3531	78.0
379	79.0856	77.9075	78.1
380	79.2044	78.2738	78.2
381	79.3331	78.4619	78.2
382	79.4519	78.5906	78.2
383	79.64	78.7094	78.2
384	79.9469	78.7094	78.2
385	80.1944	78.8381	78.3
386	80.3231	78.8975	78.3
387	80.2538	78.8975	78.4
388	80.2538	79.0163	78.6
389	80.2538	79.0163	78.6
390	80.135	79.0163	78.6
391	80.0756	79.145	78.8
392	80.135	79.2044	78.8
393	80.3825	79.4519	79.0
394	80.5706	79.8281	79.2
395	80.6894	79.9469	79.2
396	80.8181	80.0063	79.5
397	80.8775	80.0756	79.6
398	80.9963	80.0756	79.8
399	81.1844	80.0756	79.8
400	81.2438	80.135	79.9
401	81.3725	80.135	79.9
402	81.4319	79.8281	80.0
403	81.5606	79.7588	80.2
404	81.5606	79.8875	80.2
405	81.5606	79.8875	80.2
406	81.4913	79.9469	80.4
407	81.5606	79.7588	80.5
408	81.62	79.64	80.6
409	81.8081	79.6994	80.6
410	82.0556	79.8281	80.7
411	82.1744	79.8281	80.7
412	82.3625	79.8875	81.1

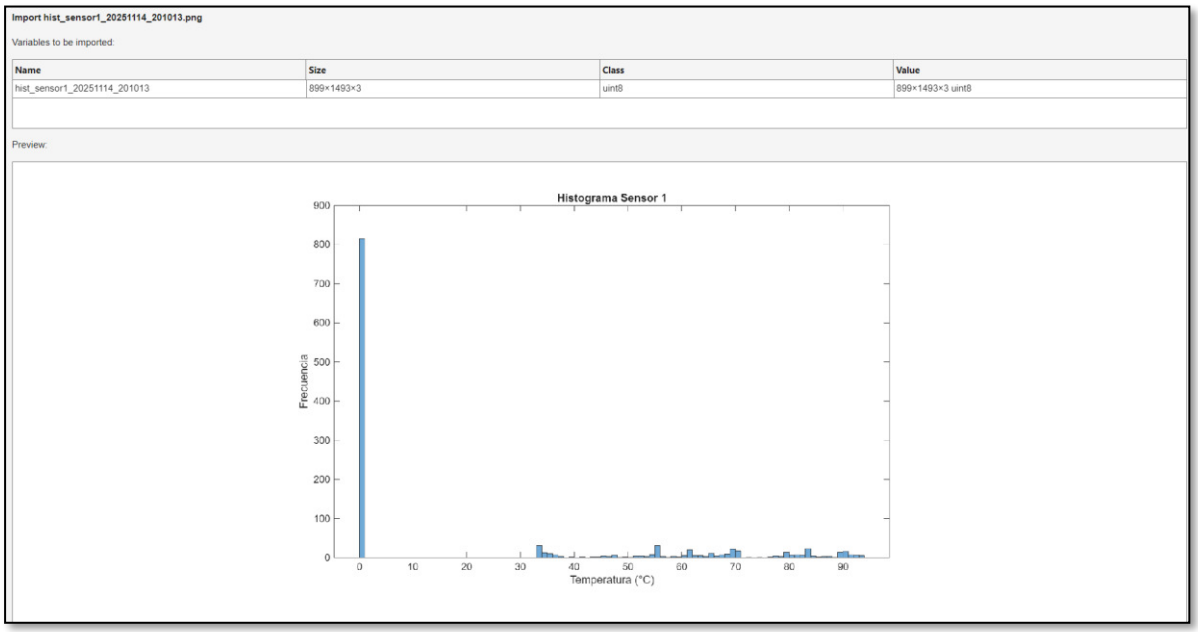
413	82.4219	80.0063	81.2
414	82.4813	80.0756	81.2
415	82.4219	80.1944	81.4
416	82.4219	80.2538	81.5
417	82.3031	80.5013	81.7
418	82.1744	80.6894	81.8
419	82.1744	80.9963	81.8
420	82.3031	81.125	82.0
421	82.4219	81.2438	82.0
422	82.61	81.4913	82.2
423	82.6694	81.62	82.2
424	82.6694	81.4913	82.3
425	82.6694	81.3725	82.5
426	82.61	81.3725	82.5
427	82.5506	81.5606	82.6
428	82.5506	81.7388	82.6
429	82.5506	81.8081	82.6
430	82.5506	81.8081	82.7
431	82.61	81.9863	82.8
432	82.6694	82.2338	82.8
433	82.7981	82.4813	82.9
434	82.9763	82.6694	83.0
435	83.1644	82.8575	83.1
436	83.4119	82.7981	83.1
437	83.7881	82.7288	83.2
438	83.9663	82.7981	83.3
439	84.095	82.9763	83.3
440	84.0356	83.2238	83.4
441	83.9069	83.4119	83.4
442	83.8475	83.4119	83.5
443	84.0356	83.4713	83.5
444	84.1544	83.4713	83.6
445	84.4019	83.4119	83.6
446	84.7088	83.3525	83.8
447	84.9563	83.3525	83.9
448	85.2038	83.3525	84.1
449	85.3919	83.4713	84.1
450	85.58	83.4713	84.2
451	85.5206	83.7188	84.3
452	85.4513	83.8475	84.4
453	85.3325	83.9663	84.4
454	85.2731	84.1544	84.4
455	85.2731	84.3425	84.6
456	85.3919	84.4613	84.7
457	85.5206	84.7088	85.0
458	85.6988	84.9563	85.1
459	85.7681	85.3325	85.1
460	85.3919	85.3325	85.2
461	84.8375	83.7881	85.3
462	83.7881	82.1744	85.3
463	82.3625	80.8775	85.7

Anexo 5. Resultado en tablero - Primera Corrida

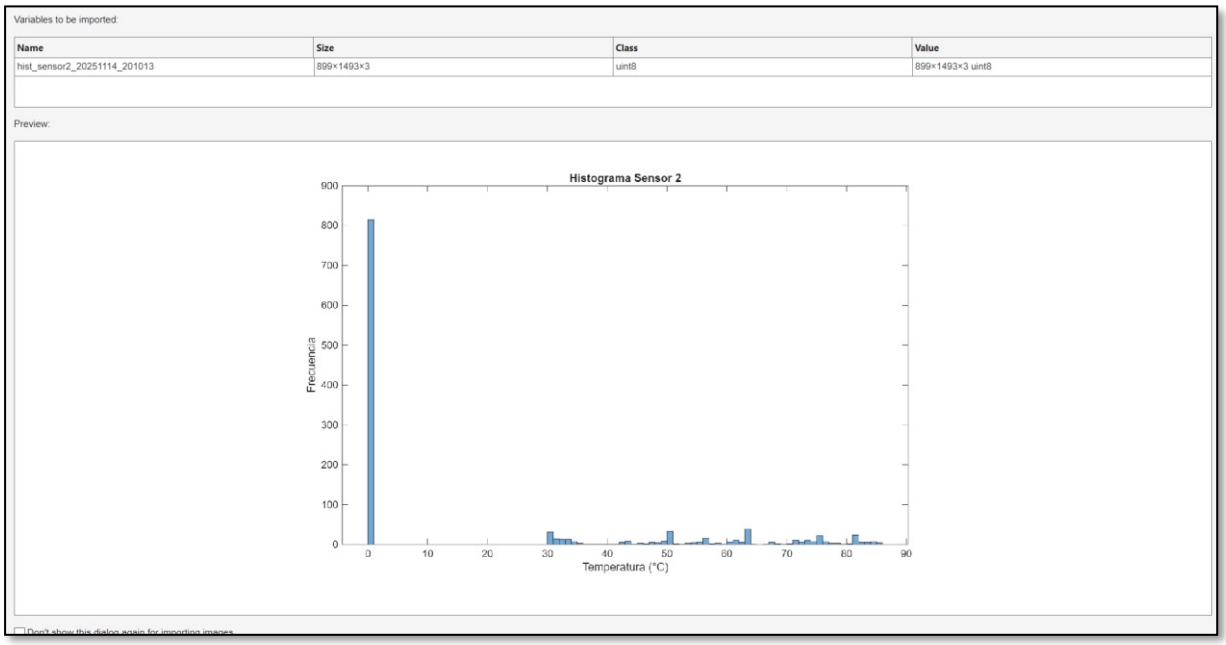


Anexo 6. Análisis Estadístico – Primera Corrida

Histograma Generado en Matlab – Sensor 1



Histograma Generado en Matlab – Sensor 2



Cálculo de Media, Desviación Estándar, Mínimo y Máximo

datos_20251114_201013.xlsx × datos_20251114_213005.xlsx ×

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Media1	**Desv1**	**Min1**	**Max1**	**Media2**	**Desv2**	**Min2**	**Max2**
	Number	Number	Number	Number	Number	Number	Number	Number
1	Media1	Desv1	Min1	Max1	Media2	Desv2	Min2	Max2
2	**20.6351**	**31.8227**	**0**	**93.4932**	**18.3948**	**28.5122**	**0**	**85.4002**

Cálculo de Normalidad

datos_20251114_201013.xlsx × datos_20251114_213005.xlsx ×

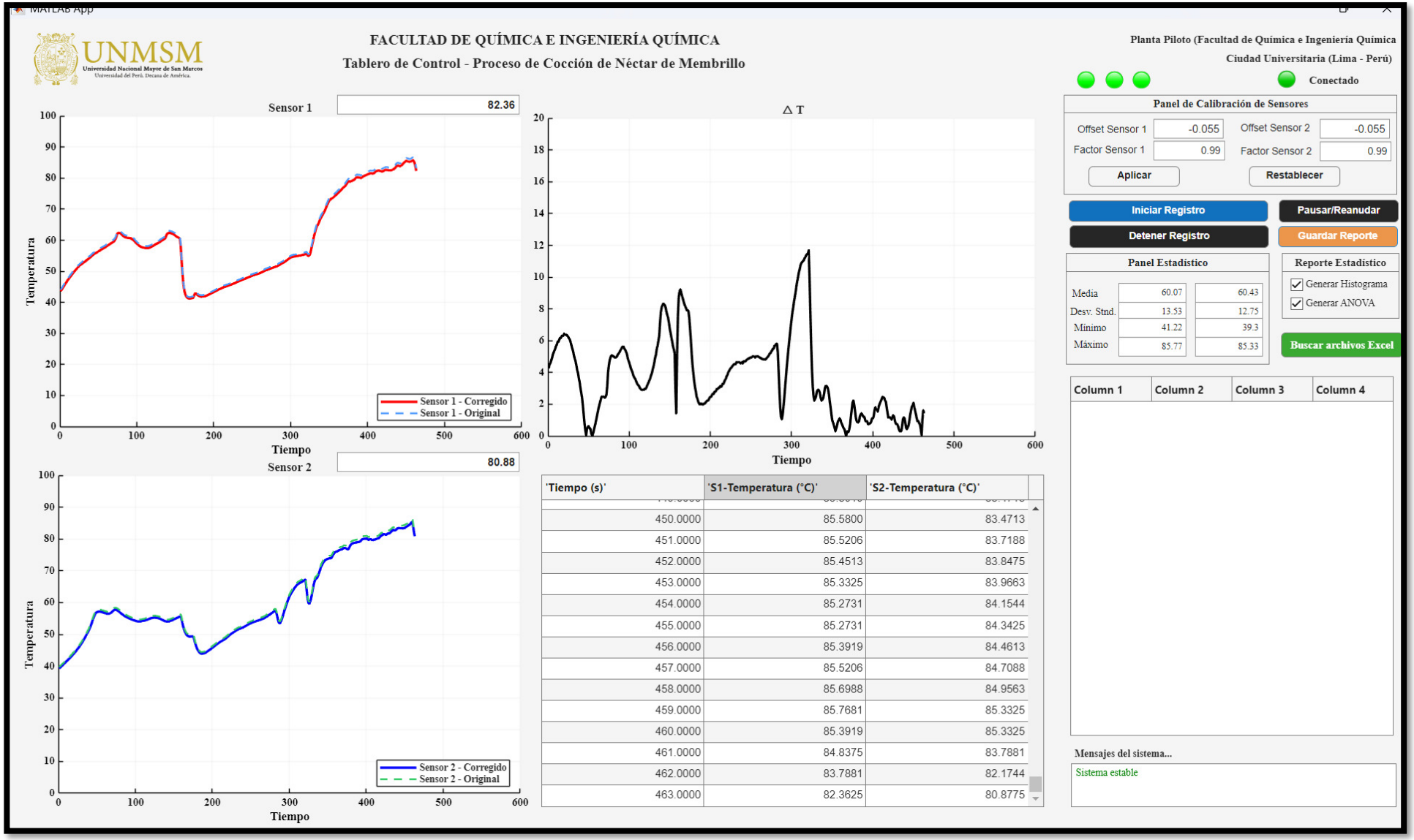
	A	B	C
	Sensor	**Skewness**	**Kurtosis**
	Text	Number	Number
1	Sensor	Skewness	Kurtosis
2	**Sensor 1**	**1.0798**	**2.4876**
3	**Sensor 2**	**1.1085**	**2.5779**

Cálculo de ANOVA

datos_20251114_201013.xlsx × datos_20251114_213005.xlsx ×

	A	B	C	D	E	F	G
	Source	**SS**	**df**	**MS**	**F**	**Prob_F**	**Interpretacion**
	Text	Number	Number	Number	Number	Number	Text
1	Source	SS	df	MS	F	Prob>F	Interpretacion
2	**Groups**	**3011.5334**	**1**	**3011.5334**	**3.2992**	**0.06944**	**ANOVA entre sensores: p = 0.0694 → sin diferencia significativa**
3	**Error**	**2188932.943**	**2398**	**912.8161**			
4	**Total**	**2191944.4763**	**2399**				

Anexo 7. Resultado en tablero - Segunda Corrida



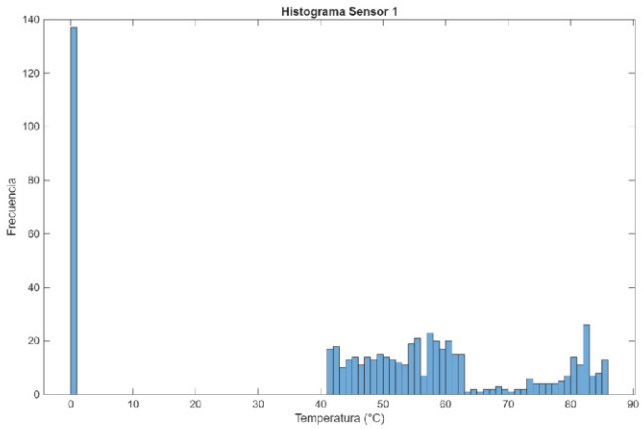
Anexo 8. Análisis Estadístico – Segunda Corrida

Histograma Generado en Matlab – Sensor 1

Variables to be imported:

Name	Size	Class	Value
hist_sensor1_20251114_213005	899×1493×3	uint8	899×1493×3 uint8

Preview:

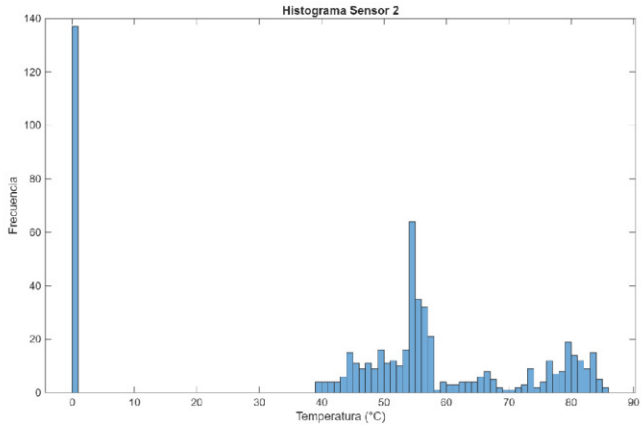


Histograma Generado en Matlab – Sensor 2

Variables to be imported:

Name	Size	Class	Value
hist_sensor2_20251114_213005	899×1493×3	uint8	899×1493×3 uint8

Preview:



Cálculo de Media, Desviación Estándar, Mínimo y Máximo

datos_20251114_201013.xlsx × datos_20251114_213005.xlsx ×

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Media1	**Desv1**	**Min1**	**Max1**	**Media2**	**Desv2**	**Min2**	**Max2**
	Number	Number	Number	Number	Number	Number	Number	Number
1	Media1	Desv1	Min1	Max1	Media2	Desv2	Min2	Max2
2	**46.3556**	**27.8931**	**0**	**85.7681**	**46.633**	**27.748**	**0**	**85.3325**

Cálculo de Normalidad

datos_20251114_201013.xlsx × datos_20251114_213005.xlsx ×

	A	B	C
	Sensor	**Skewness**	**Kurtosis**
	Text	Number	Number
1	Sensor	Skewness	Kurtosis
2	**Sensor 1**	**-0.63959**	**2.235**
3	**Sensor 2**	**-0.70355**	**2.2648**

Cálculo de ANOVA

datos_20251114_201013.xlsx × datos_20251114_213005.xlsx ×

	A	B	C	D	E	F	G
	Source	**SS**	**df**	**MS**	**F**	**Prob_F**	**Interpretacion**
	Text	Number	Number	Number	Number	Number	Text
1	Source	SS	df	MS	F	Prob>F	Interpretacion
2	**Groups**	**23.0904**	**1**	**23.0904**	**0.029833**	**0.8629**	**ANOVA entre sensores: p = 0.8629 → sin diferencia significativa**
3	**Error**	**927239.9417**	**1198**	**773.9899**			
4	**Total**	**927263.0321**	**1199**				